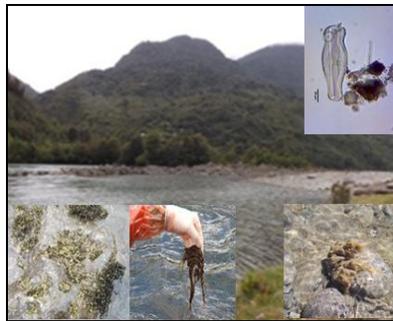


INFORME FINAL PROYECTO FIP N° 2014-58

PROSPECCIÓN DE LA ESPECIE PLAGA
***Didymosphenia geminata* EN CUERPOS DE AGUA DE LA ZONA**
CENTRO-SUR AUSTRAL



PARA
SUBSECRETARÍA DE PESCA Y ACUICULTURA
FONDO DE INVESTIGACIÓN PESQUERA



NOVIEMBRE 2015

Contenido

Contenido	i
Equipo de trabajo	xii
Resumen ejecutivo	xiv
2. Antecedentes	1
3. Objetivos	6
3.1 Objetivo General	6
3.2 Objetivos Específicos	6
4. Metodología	7
4.1 Coordinación	7
4.2 Flujo metodológico	7
4.3 Área de estudio	8
4.4 Etapa de planificación del muestreo	9
4.4.1 Taller de trabajo Didymo	9
4.4.2 Diseño de muestreo	10
4.5 Monitoreo <i>D. geminata</i>	13
4.5.1 Etapas del monitoreo	13
4.5.2 Tipos de muestreo	26
4.6 Cartografía	27
4.7 Base de dato Access	28
4.8 Análisis integral	28
4.8.1 Análisis global	29
4.8.2 Análisis a nivel local	30
4.8.3 Validación modelo distribución Didymo	31
4.9 Zoobentos	32

4.10 Evaluación del programa de seguimiento y estimación de costos.....	33
4.10.1 <i>Evaluación al Programa de Control, Seguimiento y Fiscalización</i>	34
4.10.2 <i>Estimación de costos por región</i>	35
4.11 Ejecución de Cursos de capacitación	36
4.11.1 <i>Curso capacitación</i>	36
4.11.2 <i>Elaboración de Video demostrativo</i>	36
5. Resultados por objetivo	37
5.1 Objetivo 1: Prospeccionar la presencia/ausencia de <i>D. geminata</i> en ríos seleccionados pertenecientes a subcuencas no considerados en estudios anteriores	37
5.1.1 Presencia–Ausencia en ríos prospectados por cuenca	37
5.2 Objetivo 2: Determinar cambios de <i>D. geminata</i> en cuencas positivas y otras prospectadas en ocasiones anteriores.	48
5.3 Resultados componente Biológico.....	53
5.3.1 Fitoplancton	53
5.3.2 Diatomeas de fitobentos	68
5.4 Objetivo 3: Determinar los parámetros físicos químicos en cada uno de los ríos prospectados.	88
5.5. Objetivo 4: Analizar la información histórica de cada río prospectado respecto a parámetros físicos y químicos y a la presencia/ausencia de la especie a fin de establecer una asociación con <i>D geminata</i>	157
5.5.1 Base de dato Access	157
5.5.2 Análisis integral: Análisis global	157
5.5.3 <i>Análisis integral: Análisis local</i>	160
5.5.4 Modelo distribución de nicho	166
5.6 Análisis de Zoobentos	168
5.7 Objetivo 5. Evaluar y proponer medidas específicas al programa de control, seguimiento y fiscalización que actualmente se aplica y estimar el costo de su implementación por cuenca o por región.	175

5.7.1 Programa de vigilancia, detección y control de la plaga <i>Didymo</i>	175
5.8 Realizar cursos de entrenamiento en medidas de bioseguridad e identificación de <i>D.geminata</i> orientados a técnicos que operan en laboratorios de análisis y en estudios de línea de base	206
6. Análisis y discusión de resultados	216
6.1 Distribución de <i>D. geminata</i> en la zona Centro Sur Austral basado en presencias/ausencias.	216
6.1.1 Monitoreo de prospección	216
6.1.2 Monitoreo de seguimiento	217
6.1.3 Asociación <i>D.geminata</i> con variables físicas y químicas	218
6.1.4 Modelo de distribución	220
6.1.5 Análisis biológico	220
6.2 Plan de Vigilancia	223
7. Actividades realizadas	226
8. Conclusiones	228
9. Referencias bibliográficas	234

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Flujo metodológico	8
Figura 2. Componentes de muestreo <i>D. geminata</i>	13
Figura 3. Instrumento de georreferencia, Trimble Juno.....	14
Figura 4. Red de muestreo para Fitoplancton.	16
Figura 5. Procedimiento de análisis de fitoplancton.	17
Figura 6. Procesamiento de muestras para oxidación.	19
Figura 7. Procesamiento de muestras para confeccionar preparaciones permanentes.	19
Figura 8. Equipo portátil multiparamétrico YSI professional plus	22
Figura 9. Correntómetro FP111.	23
Figura 10. Procedimiento de limpieza y desinfección.	26
Figura 11. Análisis estadístico de los datos.....	29
Figura 12. Red tipo Surber.....	33
Figura 13. Flujo metodológico Plan Vigilancia Detección y Control	34
Figura 14. Abundancia total (cél/mL) del fitoplancton en campaña C1.	54
Figura 15. Abundancia total (cél/mL) del fitoplancton en campaña C2.	55
Figura 16. Riqueza de especies del fitoplancton en campaña C1.	56
Figura 17. Riqueza de especies del fitoplancton en campaña C2.	57
Figura 18. Índice de diversidad de especies (H') del fitoplancton campaña C1.	58
Figura 19. Índice de diversidad de especies (H') del fitoplancton en campaña C2.	59
Figura 20. Índice de equitatividad (J) del fitoplancton campaña C1.	60
Figura 21. Índice de equitatividad (J) del fitoplancton campaña C2.	61
Figura 22. Clúster de parámetros comunitarios en fitoplancton, para los ríos de las cuencas de Biobío, Itata, Toltén e Imperial (C1).	62
Figura 23. Clúster de parámetros comunitarios en fitoplancton, para los ríos de las cuencas de Biobío, Itata, Toltén e Imperial (C2).	63
Figura 24. Clúster de parámetros comunitarios en fitoplancton, para los ríos de las cuencas de Valdivia, Puelo, costeras entre río Puelo y río Bueno, río Yelcho y río Bueno (C1).....	64
Figura 25. Clúster de parámetros comunitarios en fitoplancton, para los ríos de las cuencas de Valdivia, Puelo, costeras entre río Puelo y río Bueno, río Yelcho y río Bueno (C2).....	65

SBP 0010

Arch: Informe Final Proyecto FIP N° 2014-58.doc

Noviembre 2015

Figura 26. Clúster parámetros comunitarios en fitoplancton, para los ríos de las cuencas de río Palena y costeras límite X Región, costeras e islas entre río Palena y río Aysén, río Aysén y río Baker (C1).	66
Figura 27. Clúster de parámetros comunitarios en fitoplancton, para los ríos de las cuencas de río Palena y costeras límite X Región, costeras e islas entre río Palena y río Aysén, río Aysén y río Baker (C2).	67
Figura 28. Riqueza de fitobentos por cuencas (C1).....	72
Figura 29. Riqueza de fitobentos por cuencas (C2).....	73
Figura 30. Biodiversidad de fitobentos por cuencas (C1).....	74
Figura 31. Biodiversidad de fitobentos por cuencas (C2).....	75
Figura 32. Equitatividad de fitobentos por cuencas (C1).	76
Figura 33. Equitatividad de fitobentos por cuencas (C2).	77
Figura 34. Clúster de parámetros de comunitarios para los ríos de las cuencas de Biobío, Itata, Toltén e Imperial (C1).....	78
Figura 35. Clúster de parámetros comunitarios para los ríos de las cuencas de Biobío, Itata, Toltén e Imperial (C2).	79
Figura 36. Clúster de parámetros comunitarios para los ríos de las cuencas Valdivia, Yelcho, Bueno, costeras entre Puelo y Bueno y Puelo (C1).	80
Figura 37. Clúster de parámetros comunitarios para los ríos de las cuencas Valdivia, Yelcho, Bueno, Costeras entre Puelo y Bueno y Puelo (C2).	81
Figura 38. Clúster de parámetros comunitarios para los ríos de las cuencas Palena, costeras e islas entre Palena y Aysén, Aysén y Baker (C1).....	82
Figura 39. Clúster de parámetros comunitarios para los ríos de las cuencas Palena, costeras e islas entre Palena y Aysén, Aysén y Baker (C2).....	83
Figura 40. Temperatura, Cuenca del río Itata. (color rojo: presencia).....	89
Figura 41. Temperatura, Cuenca del río Biobío. (color rojo: presencia).	89
Figura 42. Temperatura, Cuenca del río Imperial.	90
Figura 43. Temperatura, Cuenca del río Toltén. (color rojo: presencia).....	91
Figura 44. Temperatura, Cuenca del río Valdivia. (color rojo: presencia).....	91
Figura 45. Temperatura, Cuenca del río Bueno. (color rojo: presencia).....	92
Figura 46. Temperatura, C. e islas entre río Bueno y Puelo. (color rojo: presencia) ...	93
Figura 47. Temperatura, Cuenca río Puelo. (color rojo: presencia)	93
Figura 48. Temperatura, Cuenca río Yelcho. (color rojo: presencia).....	94

Figura 49. Temperatura, Cuenca río Palena y Costeras limite X Región. (color rojo: presencia)	95
Figura 50. Temperatura, Cuenca río Palena y Costeras limite X Región y Costeras e Islas entre río Palena y río Aysén. ((color rojo: presencia)	95
Figura 51. Temperatura, Cuenca río Aysén. (color rojo: presencia).	96
Figura 52. Temperatura, Cuenca río Baker. (color rojo: presencia).....	96
Figura 53. Oxígeno Disuelto, Cuenca del río Itata. (color rojo: presencia).	97
Figura 54. Oxígeno Disuelto, Cuenca del río Biobío. (color rojo: presencia).	98
Figura 55. Oxígeno Disuelto, Cuenca del río Imperial.	98
Figura 56. Oxígeno Disuelto, Cuenca del río Toltén. (color rojo: presencia).	99
Figura 57. Oxígeno Disuelto, Cuenca del río Valdivia. (color rojo: presencia).....	100
Figura 58. Oxígeno Disuelto, Cuenca del río Bueno. (color rojo: presencia).	100
Figura 59. Oxígeno Disuelto, Cuencas e Islas entre río Bueno y río Puelo. (color rojo: presencia).	101
Figura 60. Oxígeno Disuelto, Cuenca río Puelo. (color rojo: presencia).	102
Figura 61. Oxígeno Disuelto, Cuenca río Yelcho. (color rojo: presencia).	102
Figura 62. Oxígeno Disuelto, Cuenca río Palena y Costeras límite X Región. (color rojo: presencia).	103
Figura 63. Oxígeno Disuelto, Cuenca río Palena y Costeras límite X Región y Costeras e islas entre río Palena y río Aysén. (color rojo: presencia).....	104
Figura 64. Oxígeno Disuelto, Cuenca río Aysén. (color rojo: presencia).	104
Figura 65. Oxígeno Disuelto, Cuenca río Baker. (color rojo: presencia).	105
Figura 66. pH, Cuenca del río Itata. (color rojo: presencia).	106
Figura 67. pH, Cuenca del río Biobío. (color rojo: presencia).	106
Figura 68. pH, Cuenca del río Imperial.	107
Figura 69. pH, Cuenca del río Toltén. (color rojo: presencia).	108
Figura 70. pH, Cuenca del río Valdivia. (color rojo: presencia).....	108
Figura 71. pH, Cuenca del río Bueno, (color rojo: presencia).	109
Figura 72. pH, Cuenca e Islas entre río Bueno y río Puelo. (color rojo: presencia)...	110
Figura 73. pH, Cuenca río Puelo. (color rojo: presencia).	110
Figura 74. pH, Cuenca río Yelcho. (color rojo: presencia).....	111
Figura 75. pH, Cuenca río Palena y Costeras limite X Región. (color rojo: presencia)112	

Figura 76. pH, Cuenca río Palena y Costeras limite X Región y Costeras e Islas entre río Palena y río Aysén. (color rojo: presencia)	112
Figura 77. pH, Cuenca río Aysén. (color rojo: presencia)	113
Figura 78. pH, Cuenca río Aysén y Cuenca río Baker. (color rojo: presencia)	113
Figura 79. Conductividad Eléctrica, Cuenca del río Itata, (color rojo: presencia)	114
Figura 80. Conductividad Eléctrica, Cuenca del río Biobío, (color rojo: presencia) ...	115
Figura 81. Conductividad Eléctrica, Cuenca del río Imperial.....	115
Figura 82. Conductividad Eléctrica, Cuenca del río Toltén. (color rojo: presencia) ...	116
Figura 83. Conductividad Eléctrica, Cuenca del río Valdivia, (color rojo: presencia) .	117
Figura 84. Conductividad Eléctrica, Cuenca del río Bueno. (Rojo: presencia)	117
Figura 85. Conductividad Eléctrica, Cuenca e Islas entre río Bueno y río Puelo. (color rojo: presencia).....	118
Figura 86. Conductividad Eléctrica, Cuenca río Puelo. (color rojo: presencia).....	119
Figura 87. Conductividad Eléctrica, Cuenca río Yelcho, (color rojo: presencia)	119
Figura 88. Conductividad Eléctrica, Cuenca río Palena y Costeras limite X Región. (color rojo: presencia).....	120
Figura 89. Conductividad Eléctrica, Cuenca río Palena y Costeras limite X Región y Costeras e Islas entre río Palena y río Aysén. (color rojo: presencia).....	121
Figura 90. Conductividad Eléctrica, Cuenca Aysén. (color rojo: presencia)	121
Figura 91. Conductividad Eléctrica, Cuenca Baker. (color rojo: presencia).....	122
Figura 92. Velocidad Media Superficial, Cuenca del río Itata. (color rojo: presencia)	123
Figura 93. Velocidad Media Superficial, Cuenca del río Biobío. (color rojo: presencia)	123
Figura 94. Velocidad Media Superficial, Cuenca del río Imperial.	124
Figura 95. Velocidad Media Superficial, Cuenca del río Toltén. (color rojo: presencia)	125
Figura 96. Velocidad Media Superficial, Cuenca del río Valdivia. (color rojo: presencia)	125
Figura 97. Velocidad Media Superficial, Cuenca del río Bueno. (color rojo: presencia).	126
Figura 98. Velocidad Media Superficial, Cuenca e islas entre los ríos Bueno y río Puelo. (color rojo: presencia).....	127
Figura 99. Velocidad Media Superficial, Cuenca del río Puelo. (color rojo: presencia)	127

Figura 100. Velocidad Media Superficial, Cuenca del río Yelcho, (color rojo: presencia).	128
Figura 101. Velocidad Media Superficial, Cuenca del río Palena y Costeras límite X región. (color rojo: presencia)	129
Figura 102. Velocidad Media Superficial, Cuenca del río Palena y Costeras límite X región y Costeras e islas entre río Palena y río Aysén. (color rojo: presencia)	129
Figura 103. Velocidad Media Superficial, Cuenca del río Aysén. (color rojo: presencia).	130
Figura 104. Velocidad Media Superficial, Cuenca río Baker. (color rojo: presencia)..	130
Figura 105. Fósforo Inorgánico, Cuenca río Itata. (color rojo: presencia).	132
Figura 106. Fósforo Inorgánico, Cuenca río Biobio. (color rojo: presencia).	132
Figura 107. Fósforo Inorgánico, Cuenca río Imperial.	133
Figura 108. Fósforo Inorgánico, Cuenca río Toltén. (color rojo: presencia).	134
Figura 109. Fósforo Inorgánico, Cuenca río Valdivia. (color rojo: presencia).	134
Figura 110. Fósforo Inorgánico, Cuenca río Bueno. (color rojo: presencia).	135
Figura 111. Fósforo Inorgánico, Cuenca entre R. Bueno y R. Puelo (color rojo: presencia)	136
Figura 112. Fósforo Inorgánico, Cuenca río Puelo (color rojo: presencia).	136
Figura 113. Fósforo Inorgánico, Cuenca río Yelcho (color rojo: presencia).	137
Figura 114. Fósforo Inorgánico, Cuenca R. Palena y Costeras límite X región (color rojo: presencia).	138
Figura 115. Fósforo Inorgánico, Cuenca Costeras e Islas R. Palena y R. Aysén (color rojo: presencia).	138
Figura 116. Fósforo Inorgánico, Cuenca río Aysén (color rojo: presencia).	139
Figura 117. Fósforo Inorgánico, Cuenca río Baker (color rojo: presencia).	139
Figura 118. Sílice, Cuenca río Itata (color rojo: presencia).	140
Figura 119. Sílice, Cuenca río Biobio (color rojo: presencia).	141
Figura 120. Sílice, Cuenca río Imperial.	141
Figura 121. Sílice, Cuenca río Toltén (color rojo: presencia).	142
Figura 122. Sílice, Cuenca río Valdivia (color rojo: presencia).	143
Figura 123. Sílice, Cuenca río Bueno (color rojo: presencia).	143
Figura 124. Sílice, Cuenca entre R. Bueno y R. Puelo (color rojo: presencia).	144
Figura 125. Sílice, Cuenca río Puelo (color rojo: presencia).	145

Figura 126. Sílice, Cuenca río Yelcho (color rojo: presencia).....	145
Figura 127. Sílice, Cuenca Costeras e Islas R. Palena y R. Aysen (color rojo: presencia).	146
Figura 128. Sílice, Cuenca R. Palena y Costeras Límite X Región (color rojo: presencia).	147
Figura 129. Sílice, Cuenca rio Aysen (color rojo: presencia).	147
Figura 130. Sílice, Cuenca rio Baker (color rojo: presencia).	148
Figura 131. Análisis de componentes principales: variables bioclimáticas por cuenca.	159
Figura 132. Biplot de los dos primeros componentes principales (a y b).....	162
Figura 133. Probabilidad de ocurrencia de <i>D. geminata</i> por orden del río	166
Figura 134. Modelo de distribución <i>Didymo</i>	167
Figura 135. Análisis de ordenamiento n-MDS	169
Figura 136. Análisis de componentes principales (con biplot)	170
Figura 137. Análisis de componentes principales (sin biplot)	170
Figura 138. Estaciones de desinfección en la Región del Biobío.	179
Figura 139. Inspección visual sin muestreo en la Región del Biobío.	180
Figura 140. Control de pasos fronterizos en la Región de la Araucanía.	180
Figura 141. Control de zonas prioritarias en la Región de la Araucanía.	181
Figura 142. Control carretero y en eventos masivos.	182
Figura 143. Control en fronteras y a pescadores recreativos.	182
Figura 144. Difusión en medios de comunicación.	185
Figura 145. Difusión en otras instancias.	185
Figura 146. Esquema conceptual del " <i>biosecurity continuum</i> ", (Hulme, 2014).	189
Figura 147. Probabilidad de ocurrencia y nivel de impacto, (Hulme, 2014).	190
Figura 148. Total llegada de turistas a establecimientos de alojamiento turístico por región en los años 2011, 2012 y 2013.....	203
Figura 149. Presencia <i>D.geminata</i> (%) por sitio de muestreo prospectado por cuenca.	217
Figura 150. Presencias en monitoreo de seguimiento.	218
Figura 151. Gráfica de fosforo total por cuencas.	219
Figura 152. Gráfica de sílice por cuencas.	219

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Cuencas de la zona Centro Sur Austral monitoreadas.....	9
Tabla 2. Variables físicas y químicas registradas <i>in situ</i>	21
Tabla 3. Componentes químicos analizados en el laboratorio.....	23
Tabla 4. Modalidad de muestreo prospectivo	26
Tabla 5. Muestreo de prospección <i>D. geminata</i>	38
Tabla 6. Muestreo de seguimiento <i>D. geminata</i>	50
Tabla 7. Monitoreo de seguimiento por cuenca.	52
Tabla 8. Abundancia relativa de <i>D. geminata</i> (en %) en el fitobentos (bentos).	69
Tabla 9. Abundancias relativas promedio de las especies más abundantes para cada cuenca.	86
Tabla 10. Orden del río primera y segunda campaña FIP2015.	148
Tabla 11. Contribución de las variables bioclimáticas incorporadas en ACP.	157
Tabla 12. Contribución de las variables fisicoquímicas incorporadas en el ACP.	160
Tabla 13. Contribución de las variables fisicoquímicas del ADL.....	163
Tabla 14. Casos en número y porcentaje, asignados a cada uno de los grupos de acuerdo a la primera función discriminante obtenida del ADL.	164
Tabla 15. Valores de Chi-cuadrado y significancia (P) para cada una de las variables categóricas analizadas.....	165
Tabla 16. Estadísticos obtenidos luego de la validación empírica de los modelos de distribución geográfica obtenidos para Chile desde Chile y desde USA.	168
Tabla 17. Análisis de componentes principales.	169
Tabla 18. Análisis de medianas.....	171
Tabla 19. Parámetros comunitarios zoobentos en ríos con ausencias.	171
Tabla 20. Parámetros comunitarios zoobentos en ríos con presencias.....	173
Tabla 21. Participantes panel de expertos	193
Tabla 22. Costos operacionales año 2013.	200
Tabla 23. Inversión en difusión.....	201
Tabla 24. Llegadas de pasajeros (N°) a alojamientos turísticos, año 2011.	201
Tabla 25. Llegadas de pasajeros (N°) a alojamientos turísticos, año 2012.	202
Tabla 26. Llegadas de pasajeros (N°) a alojamientos turísticos al año 2013.	202
Tabla 27. Inversión promedio por turista en difusión al año 2013.	204
Tabla 28. Inversión promedio por turista en difusión al año 2013.	204

SBP 0010

Arch: Informe Final Proyecto FIP N° 2014-58.doc

Noviembre 2015

Tabla 29. Estimación de Inversión promedio por turista en difusión al año 2014.	205
Tabla 30. Contenido del programa de curso <i>Conviviendo con Didymo</i>	207
Tabla 31. Resumen de respuestas consensuadas en trabajo taller.....	209
Tabla 32. Resumen aportes a Medidas de manejo Didymo.	212
Tabla 33. Resumen de actividades por objetivo.	226

ANEXOS

- I. Descripción hidrológica por cuenca.
- II. Fichas Inspección Visual en ríos con presencia *D. geminata*.
- III. Mapas temáticos de monitoreo de prospección y de seguimiento.
- IV. Base de dato Access.
- V. Fitoplancton
- VI. Fitobentos
- VII. Análisis Físico y químico
- VIII. Certificados de laboratorio de análisis químico ANAM.
- IX. Zoobentos.
- X. Capacitación-Difusión-Otros
- XI. Video "Muestreo y Bioseguridad Didymo"
- XII. Actividades Terreno

Equipo de trabajo

El proyecto fue ejecutado en conjunto entre la consultora Poch Ambiental S.A y la Universidad de Chile. Contó con la participación del Instituto de Ecología y Biodiversidad IEB. Se detallan todos los que realizaron funciones a lo largo del proyecto, en sus distintas etapas.

Equipo de trabajo del proyecto

Participante	Rol desempeñado
Dra. Ximena Molina P. Poch Ambiental S.A Prof. Adjunta, Fac.Ciencias U. de Chile	Jefe de Proyecto Componente físico y químico Gestión de plaga Actividades de difusión
Vivian Montecino B. Prof. Titular, Fac. De Ciencias. Depto. Cs. Ecológicas, U. de Chile	Jefe Alterno Componente Biológico Actividades de Difusión
Dr. Ramiro Bustamante Prof. Titular, Fac. de Ciencias. Depto. Cs. Ecológicas, U. de Chile Instituto de Ecología y Biodiversidad	Invasiones biológicas Análisis estadístico, Modelo de distribución Actividades de Difusión
Leonardo Palacios Biólogo Marino Poch Ambiental S.A	Análisis de Zoobentos
Luis Albornoz Biólogo Marino Poch Ambiental S.A	Análisis estadísticos
Stephanie Oyaneder Químico Ambiental Poch Ambiental S.A	Análisis físico-químico, Informes
Joaquín Cortínez Ing. Civil Hidráulico Poch Ambiental S.A	Análisis físico, hidrología.
Cristián Manque Biólogo Marino Poch Ambiental S.A	Coordinación terreno y ejecución campañas
Joaquín Lambert Técnico Poch Ambiental S.A	Ejecución campañas
Oscar Guerra Biólogo Marino Poch Ambiental S.A	Ejecución campañas
Dra. Laura Carrevedo Instituto de Ecología y Biodiversidad	Análisis biológico, Fitobentos. Informe.
Paola Muñoz Bióloga Ambiental, Fac. de Ciencias. U. de Chile.	Análisis biológico, Fitoplancton. Ejecución campañas.
M Loreto Castillo	Análisis estadísticos, Modelo de

SBP 0010

Arch: Informe Final Proyecto FIP N° 2014-58.doc

Noviembre 2015

Participante	Rol desempeñado
Lic. Biología, Fac. de Ciencias. U. de Chile.	distribución
Francisco Salinas Lic. Biología. Fac. de Ciencias. U. de Chile.	Apoyo técnico biológico
Max Barra Dibujante Estructural Poch Ambiental S.A	Elaboración Cartografías
Fabiola Fuentealba Geógrafa, Poch Ambiental S.A	Base de dato Access
Hugo Salazar Acuicultor, Poch Ambiental S.A	Base de dato Access
Rodrigo Morera Magister Economía-Medio Ambiente Poch Ambiental S.A	Plan de Vigilancia y costos
Romina Echaiz Ing. Recursos Naturales Poch Ambiental S.A	Plan de Vigilancia y costos
David Bustamante Cineasta	Elaboración Video
Marta Cariceo Administración , U. de Chile	Administración
Equipo Administrativo POCH. Sedes Concepción, P. Montt y Coyaique	Administración
Dr. Sunil Kumar Colorado State University	Asesor Modelación
Dr. Max Bothwell Vancouver Island University, Nanaimo, BC	Asesor Ecofisiología-Gestión
Dr. Aníbal Pauchard Laboratorio Invasiones Biológicas U. de Concepción	Patrocinio

Fuente: Elaboración propia.

Resumen ejecutivo

Este documento corresponde al Informe Final del proyecto *Didymosphenia geminata* (Didymo) en cuerpos de agua de la zona centro-sur Austral” LICITACIÓN ID: 4728-15-LP14, Proyecto FIP N°2014-58. Se entregan tres versiones en papel de este informe junto a material en medios magnéticos que incorpora todos los Anexos (un total de 12 Anexos) y un material audiovisual elaborado para apoyo de actividad de capacitación.

Se llevaron a cabo tres reuniones de coordinación extensivas en la Subsecretaría de Pesca con la contraparte técnica y que incluyeron al Servicio Nacional de Pesca. En estas reuniones se coordinaron desde el inicio las distintas actividades del proyecto: campañas de terreno, material audiovisual, organización de la modalidad de ejecución de la evaluación del Programa de Vigilancia Detección y Control (PVDC), y de los cursos de capacitación.

A continuación se expone un resumen por cada Objetivo.

Se revisó el plan de trabajo con la contraparte técnica, donde se elaboró el programa de muestreo, que incluye las localidades de monitoreo tanto de prospección (Objetivo 1) como de seguimiento (Objetivo 2), y de mediciones de variables físicas y químicas (Objetivo 3).

Previo a dar inicio a las campañas de terreno (primavera-verano 2014; otoño 2015) se realizó un seminario técnico con el equipo ejecutor del proyecto, con el fin de contar con un buen diseño de muestreo. En este seminario técnico participó el equipo de proyecto y el asesor en modelación Dr. Sunil Kumar. Se revisó la distribución de los puntos de muestreo que se habían propuesto en la oferta técnica y aprobados por la contraparte técnica, para evaluar la dispersión de los sitios a monitorear. El objetivo fue poder contar con un diseño de muestreo al azar pero restringido a algunas condiciones ambientales de interés ajustada a la temática *Didymosphenia geminata*, enfocada a criterios de probabilidad de riesgo de la plaga Didymo. Los puntos propuestos en el programa de muestreo fueron validados con este diseño, y cumplieron la condición de satisfacer una buena distribución de los sitios, de manera de contar con una representación espacial con respaldo matemático. Nuevamente para la ejecución de la Campaña 2 (de otoño, C2), se revisó el Programa de muestreo,

donde algunos sitios fueron modificados, especialmente los de prospección a solicitud de SUBPESCA y de SERNAPESCA, dado el interés de confirmar presencia/ausencia de *D. geminata*. Se ajustó el programa de muestreo y nuevamente se cruzaron con el diseño muestral ya elaborado para la campaña anterior, de manera de conservar los criterios de espacialidad del diseño de muestreo.

Los resultados indicaron que la distribución de la especie en la zona Centro Sur Austral, fue a partir de la Cuenca del río Itata, con detección en el río Chillán en el bentos hasta la Cuenca del río Baker. De las trece cuencas monitoreadas sólo en la cuenca del río Imperial no se presentó *D. geminata* para estos monitoreos. De las cuencas prospectadas los mayores registros ocurrieron en la campaña de primavera-verano, a partir de Puelo se alcanzó un 30 % de presencias y hasta un 100 % para la cuenca de Aysén. Para el caso de otoño esta última cuenca alcanzó un 90% de presencia.

En los 52 sitios de seguimiento la presencia de *D. geminata* fue reconfirmada para 96,1-84,6 % de los sitios (50 y 44 sitios respectivamente) en el fitobentos en las dos campañas ejecutadas, C1 y C2. En los 157 sitios de prospección de la campaña C1 *D. geminata* estuvo presente en 28 sitios (17,8%). En los 161 sitios de prospección de la campaña C2 se encontró en 21 (13%). Los resultados también indicaron que la presencia de *D. geminata* parece ser más frecuente de detectar en el fitoplancton que en el bentos. En algunos lugares no se registró el alga en el muestreo de otoño, lo cual podría ser atribuible por un lado a la dinámica propia de la plaga ya publicada en trabajos científicos y/o cambios en el sitio específico de muestreo dentro del tramo en estudio por razones de crecidas en la época de otoño.

El objetivo principal de monitorear la presencia/ ausencia de la especie *D. geminata* en los ríos seleccionados (prospección y seguimiento) permitió comparar cada uno de los sitios entre las dos campañas, separadamente para fitoplancton y para fitobentos. Los monitoreos de seguimiento confirmaron la presencia del alga en un 100 %, el monitoreo de prospección las presencias de *D. geminata*, en la campaña de primavera-verano 2014-2015 fue de un 21 % y para la campaña de otoño fue de un 20 %. Por lo que basado en la frecuencia de ríos que se mantienen con el alga se puede decir que la probabilidad de continuar con presencia de esta, fue altamente significativa. Las probabilidades no fueron significativas para las ausencias. Esto es

SBP 0010

Arch: Informe Final Proyecto FIP N° 2014-58.doc
Noviembre 2015

importante para considerarlo en las mejoras al Programa de Vigilancia. Asimismo la abundancia relativa (%) en fitoplancton y fitobentos cambió estacionalmente, en fitobentos fue mayor en primavera-verano, en fitoplancton la abundancia relativa de *D. geminata* fue mayor en otoño.

Al comparar los muestreos de los sitios de prospección entre C1 y C2 en forma cualitativa, generalmente el mayor número de presencias se observó para la campaña de primavera-verano, a excepción de la cuenca del Puelo. En Puelo se observó un 21 % mayor de presencia en la campaña de otoño respecto a la de primavera-verano. Al comparar los muestreos de los sitios de seguimiento entre C1 y C2: la presencia del alga fue tanto en el bentos como en el fitoplancton, con mayor frecuencia en el bentos, con dos excepciones en las cuales no hubo presencia en el bentos (río Cisnes y Arroyo Cea) para C1, y la excepción fue para 5 estaciones de muestreo en las cuales no se presentó en el bentos para la campaña de otoño C2.

La comparación a escala temporal intra-anual (entre la campaña de primavera-verano y otoño) de los parámetros comunitarios promedio por cuenca, en términos de riqueza, diversidad y equitatividad de especies en fitoplancton, revelan valores promedio y máximos deprimidos en otoño. Para esta campaña de otoño la riqueza promedio en el bentos fue de 17 taxa y de 14 en fitoplancton, presentando las diatomeas del bentos mayor diversidad ($H' = 2,5$ versus 1,6 de fitoplancton). Se analizó como se observaba la estructura comunitaria, mediante agrupamientos por cuencas. Se obtuvo que bajo el análisis de la estructura comunitaria de cada sitio, no fue posible proponer un patrón latitudinal entre las cuencas estudiadas.

Se observaron agrupaciones de sitios de diferentes cuencas, lo cual se atribuye a reflejar características hidrológicas o tróficas similares. Se ordenaron las cuencas en tres sectores norte-sur para realizar el análisis (Grupos Itata, Bio-Bio a Imperial; Valdivia a Yelcho-Puelo y Palena-Aysen a Baker), y los resultados muestran que los mismos ríos se agruparon de manera poco robusta en ambas campañas C1 y C2 en los tres sectores descritos.

Luego de registrar presencia/ausencia y contar con la base de dato físico y química por cada campaña realizada, se elaboraron análisis estadísticos para

determinar asociaciones con presencia/ausencia *D. geminata*. Se realizaron de dos tipos, uno a escala global y otro a escala local.

El análisis a nivel global consideró variables climáticas para caracterizar climáticamente las presencias y las ausencias de *D. geminata*. Las capas bioclimáticas se obtuvieron de la base de datos WorldClim (www.worldclim.org) de libre disposición en la red (considera 19 variables bioclimáticas). Las variables bioclimáticas definen tendencias generales y toman en cuenta la estacionalidad, además desde la biología cobran relevancia sobre las tolerancias eco-fisiológicas de las especies. Con esta información se realizó un Análisis de Componentes Principales (ACP) con el fin de identificar las variables bioclimáticas que mejor explican la variabilidad en los datos. Además se realizó también ACP a escala local considerando las variables físicas y químicas (continuas y categóricas) para examinar la mejor combinación de variables que permite caracterizar los ríos con y sin *D. geminata* en las dos campañas de terreno. Se destacaron las siguientes variables Calcio, pH, Fosforo inorgánico y sílice, como también el orden del río. Por otro lado también se efectuaron Análisis discriminante (ADL), que permite establecer relaciones lineales entre las variables que mejor discriminan los diferentes estados de un sistema (en el caso de este proyecto, ríos con y sin *D. geminata*). Los resultados mostraron que los ríos con presencia/ausencia es posible diferenciarlos, y de acuerdo al patrón encontrado es posible sugerir que la especie podría estar alcanzando un equilibrio de distribución, de acuerdo a sus requerimientos de nicho.

Por otro lado se destacaron variables ambientales (de acuerdo al ADL), con un buen valor predictivo para discernir entre un río con presencia/ausencia la temperatura, el pH (primera función discriminante) y en menor medida la concentración de calcio y el silicio (segunda función discriminante). De las variables categóricas posibles de obtener, nuevamente el orden del río resultó con un buen valor predictivo, destacándose los ríos de orden 3 y 4 como favorables para presencia de *D. geminata*.

El modelo de distribución de las especies publicado para *D. geminata* (Montecino *et al.*, 2014) en Chile fue validado experimentalmente en este proyecto a partir de un diseño de muestreo estadísticamente robusto, asignando puntos (sitios) de muestreo en forma aleatoria ajustado a las condiciones para 2014-2015. El

SBP 0010

Arch: Informe Final Proyecto FIP N° 2014-58.doc
Noviembre 2015

contraste entre las presencias/ausencias predichas por el modelo y las presencias/ausencia obtenidas en terreno, permiten concluir que el modelo construido con información de Chile, es más robusto que el modelo construido con la ocurrencias de U.S.A. La importancia de este tipo de análisis es la contribución que puede tener en las evaluaciones de riesgo de invasión de especies.

Se realizó una evaluación del “Programa de Vigilancia, Detección y Control (PVDC) de la diatomea *Didymosphenia geminata* en la zona centro-sur”. Este PVDC tiene la finalidad de controlar la plaga Didymo para contener, al máximo, las probabilidades de su dispersión. Para ello, se implementó un PVDC de la plaga Didymo y se realizan muestreos periódicos para conocer la distribución de ésta en varias cuencas del sur del país. Junto con lo anterior, se implementaron medidas de control del Didymo en el área declarada con plaga por medio de la restricción al traslado de vectores para evitar su diseminación dentro del país o hacia otros países.

En este estudio se evaluó el PVDC de la plaga *Didymosphenia geminata* de regiones de la zona centro-sur del país y de Magallanes., de manera de sugerir medidas de mejora, desde una perspectiva teórico y práctica, mediante un Plan de Acción a seguir.

Las principales fuentes de información para el proceso de evaluación del programa, la constituyeron:

Reuniones con el Servicio Nacional de Pesca (SERNAPESCA), para analizar y recoger información sobre diversos aspectos del programa.

Encuestas a los encargados de la implementación del programa en las siguientes regiones: Biobío, Araucanía, Los Ríos, Los Lagos, Aysén y Magallanes, además la Región Metropolitana.

Revisión de informes regionales sobre implementación de las campañas de control y difusión, y las acciones realizadas en el marco de éstas durante los años 2013 y 2014 (regiones del Biobío y de la Araucanía).

Taller con Panel de Expertos nacionales e internacionales en Didymo, ecología, biodiversidad, gestión de plagas, entre otros.

Los principales resultados dan cuenta de la importancia de enfocar los esfuerzos de las medidas de control en las instancias adecuadas, así como de potenciar la difusión del tema para la creación de conciencia entre la ciudadanía, que ésta se empodere y que a la vez, sea capaz de contribuir al control de la plaga de manera directa. Además de la ciudadanía, es importante recalcar la importancia de la participación conjunta y coordinada entre los distintos servicios públicos del país, con la finalidad de maximizar y optimizar los recursos disponibles para el control del Didymo.

La capacitación/sensibilización es uno de las herramientas más poderosas para internalizar la importancia de proteger el valor ambiental de nuestros ríos, y tiene efectos directos en mejorar la gestión de plaga. Es así que dentro de los Objetivos del estudio se propuso desarrollar cursos de capacitación en las cinco regiones de la zona centro sur-austral. Estos fueron posibles gracias a la colaboración de entidades universitarias regionales que patrocinaron esta actividad las que fueron: Universidad Austral de Chile; Universidad de Concepción; Universidad Mayor que pusieron a disposición la infraestructura de salas y laboratorios. El Programa del Curso realizado en Coyhaique, Pto. Montt, Concepción, Valdivia y Temuco fue discutido con la contraparte técnica, como también la selección del público objetivo. Participaron diversos actores de interés del servicio público y privado, consultoras, académicos, y estudiantes. Se desarrolló una modalidad Teórico práctica, para darle un enfoque interactivo y poder recopilar, discutir y consensuar aportes al PVDC de manera participativa. Se recogieron las observaciones de los integrantes a través de taller de trabajo y mesa redonda orientada a Tema Didymo en relación a su control de plaga. Se capacitó en el tema de plaga revisando el estado del arte de Didymo, revisión del tema de especies invasoras para sentar las bases de esta problemática de relevancia internacional y nacional, y conceptos básicos que aportaron con criterios necesarios de incluir en la gestión de plaga nacional. Además para la identificación del alga y monitoreo se elaboró y distribuyó un Video demostrativo de la actividad de Monitoreo y Bioseguridad, mediante metodología estandarizada.

Los principales aportes al PVDC fueron dirigidos a los siguientes temas: Educación; Investigación y Estudios; Difusión-Comunicación; al Programa; a la Gestión.

Sensibilizar para fomentar la valoración del patrimonio ambiental de nuestros ecosistemas acuáticos; realizar estudios para generar información y fortalecer el PVDC y evaluarlo en términos socioeconómico; mejorar plan comunicacional; establecer sitios prioritarios para aplicar el PVDC; incorporar un enfoque de Prevención; establecer medidas de manejo y evaluación de riesgo. Realizar un mejoramiento continuo, aprovechar lo ya aprendido para la gestión de plaga, de manera de mantener los servicios ecosistémicos acuáticos, hacia la protección de la sustentabilidad ambiental de las cuencas.

Finalmente se realizaron 4 Talleres de difusión de resultados en localidades de Pucón, Pangupilli, Castro y Santiago. En esta asistieron diversos actores de interés representados principalmente por Servicios públicos, Municipio, Autoridades, Colegios, Consultorías, Universidades.

Executive Summary

This document is the final report of "*Didymosphenia geminata* (Didymo) in water bodies of the Central Southern Austral Zone" project "TENDER ID: 4728-15-LP14, FIP Project No. 2014-58. Three paper versions are delivered of this report and with magnetic media we deliver all annexes (a total of 11 annexes) and audiovisual materials developed to support training activities.

Three meetings of extensive coordination took place in the Undersecretary of Fisheries with the technical counterpart SUBPESCA and that included the National Fisheries Service SERNAPESCA. These meetings coordinated the various project activities from the beginning: field campaigns, audiovisual material, organization of the mode of implementation of the Evaluation Surveillance Detection and Control program (PVDC), and the training courses.

Below a summary for each objective:

The work plan was revised with the technical counterpart, where the sampling program was set, including the follow-up sites (Objective 1) and the prospecting (new) sites (Objective 2), and the measurements of physical and chemical variables (Objective 3).

Prior starting the field campaigns (spring-summer 2014, fall 2015) a technical seminar was held with the scientific team, in order to achieve a good sampling design. This technical seminar was attended by the project team modeling consultant Dr. Sunil Kumar. The distribution of the sampling points, that had been proposed in the technical offer and approved by the technical counterpart to evaluate the dispersion of the sites monitored, was once again reviewed. The goal was to have a random sampling design but restricted to certain environmental conditions adjusted to the theme *Didymosphenia geminata*, focused on the criteria of Didymo plague risk probability. The points proposed in the sampling program were validated with this design, fulfilling the condition of satisfying a good distribution of sites, to have a spatial representation with mathematical support. Again for the implementation of Campaign 2 (autumn, C2), the sampling program was revised, and some sites were modified, especially the prospecting sites at the request of SUBPESCA and SERNAPESCA, given the interest of confirming the presence / absence of *D. geminata*. The sampling program was adjusted and again crossed with the sampling design prepared for the previous campaign, in order to preserve the spatial criteria of the sampling design.

The results indicated that the distribution of the species in the Central Southern Austral Zone was from Itata River Basin, with detection in the benthos at the site of Chillán River, to the Baker River Basin. Of the thirteen basins monitored only in the Imperial River Basin *D. geminata* was not present. For all catchments the higher presence records occurred in the spring-summer season, reaching from 30% of the sites in Puelo Basin and up to 100% for the Aysén Basin. In the case of the latter basin it reached 90% presence during autumn.

In the 52 follow-up monitored sites the presence of *D. geminata* was reconfirmed for 96.1 to 84.6% of the sites (50 and 44 places respectively) in the phytobenthos in the C1 and C2 campaigns. In the 157 prospecting sites *D. geminata*

was present in 28 sites (17.8%) in the C1 campaign. In the 161 prospecting sites during campaign C2 *D. geminata* was found in 21 sites (13%). The results also indicated that the presence of *D. geminata* appears to be detected more often in phytoplankton than in the benthos. In some places the algae were not recorded in autumn sampling, which could be attributed on one hand to the dynamics of the pest according to published scientific papers and / or changes in the specific sampling site within the stretch section under consideration by flooding in the autumn time.

The main objective of monitoring the presence / absence of the species *D. geminata* in all selected rivers (prospecting and follow-up sites) allowed comparing each of the sites between the two campaigns separately for phytoplankton and phytobenthos from 2014 to 2015. The follow-up monitoring confirmed 100% for the presence of *D. geminata*. The prospecting monitoring in the C1 spring-summer campaign *D. geminata* was present in 21% of the sites and 20 % for the C2 autumn campaign. Therefore, based on the frequency of rivers that remain with the algae it can be said that the probability of continuing with the presence of *D. geminata* was highly significant. The probabilities were not significant for the absences. This is important to consider for the improvements in the monitoring program. Also *D. geminata* relative abundance (%) in phytoplankton and phytobenthos changed seasonally, in phytobenthos was higher in spring and summer, and in phytoplankton it was higher in autumn.

When comparing the prospecting sites between C1 and C2 qualitatively, usually the largest number of occurrences was observed for C1 spring-summer campaign, except for the Puelo basin. In Puelo a 21% greater presence was found in the C2 campaign compared to C1. By comparing follow up sites between C1 and C2: the presence of algae was both in the benthos and in phytoplankton, but most often in the benthos, with two exceptions where there was no presence in the benthos (Cisnes River and Arroyo Cea) for C1, and the exception was five sampling stations which did not appear in the benthos for the fall campaign C2.

The comparison at intra-annual time scale (between the spring-summer and autumn campaigns) of the average basin community parameters in terms of richness, diversity and evenness of phytoplankton species, maximum average parameter values were depressed in autumn. For this C2 campaign, average benthic richness was 17

SBP 0010

Arch: Informe Final Proyecto FIP N° 2014-58.doc
Noviembre 2015

taxa and 14 taxa in phytoplankton, presenting the benthic diatoms the highest diversity ($H' = 2.5$ versus 1.6 in phytoplankton). The catchments community structure was studied through groupings analysis. Basins were ordered in three north-south sections for analysis (Groups Itata, Bio-Bio to Imperial; Valdivia-Puelo Yelcho and Palena-Aysen Baker), and the results show that these rivers were not strongly grouped in both campaigns C1 and C2 in the three sectors described. Through these community parameters it was not possible to propose a latitudinal pattern between different rivers and basins. The observed groupings of sites from different studied basins, seems reflecting similar hydrological or trophic characteristics.

After recording the presence / absence and have the physical and chemical data base for each campaign, statistical analyzes were developed to determine associations with the presence / absence of *D. geminata*. This analyses were of two types, one global and one at the local level.

For climatically characterize presences and absences of *D. geminata*, the analysis considered global climate bioclimatic layers obtained from the database WorldClim (www.worldclim.org) freely available online (with 19 bioclimatic variables). Bioclimatic variables define general trends and take into account seasonality, and also is relevant from biology because of the eco-physiological tolerances of the species. With this information, a Principal Component Analysis (PCA) was performed in order to identify the bioclimatic variables that best explain the variability in the data. Besides a PCA also was performed locally considering the physical and chemical variables (continuous and categorical) to examine the best combination of variables to characterize the rivers with and without *D. geminata* in the two field campaigns. The following variables calcium, pH, inorganic phosphorus and silica, as well as the order of the river were highlighted. Moreover discriminant analysis (LDA), which allows for linear relationships between variables that best discriminate the different states of a system (in the case of this project, rivers without *D. geminata*) were also conducted. The results showed that is possible to differentiate the rivers with presence / absence, and according to the pattern found it is possible to suggest that the species may be reaching an equilibrium distribution according to their niche requirements.

Moreover environmental variables (according to LDA) stood out with a good predictive value of temperature and pH (first discriminant function) and to a lesser

SBP 0010

Arch: Informe Final Proyecto FIP N° 2014-58.doc
Noviembre 2015

extent the concentration of calcium and silicon (second discriminating function) to discern between a river with *D. geminata* presence/absence. In relation to the categorical variables that were possible to obtain, the river order was a good predictive value, especially the rivers of order 3 and 4 as favorable for the presence of *D. geminata*.

The species distribution model published for *D. geminata* (Montecino *et al.*, 2014) in Chile, was validated experimentally in this project from a statistically robust sampling design, assigning randomly the sampling points (sites) for 2014-2015 conditions. The contrasting between the presence / absence predicted by the model and the presence / absence obtained in the field, allowed to conclude that the model built with information from Chile, is more robust than the model built with the occurrences of USA. The importance of this type of analysis is the contribution it can have on risk assessments of invasive species.

During this study of the diatom *D. geminata* in the Central Southern Austral Zone an assessment was made of the Surveillance, Detection and Control (PVDC) program. This PVDC is for the containment at maximum possible for the probabilities of the pest Didymo and their dispersion. For this purpose, the PVDC is implemented by periodic sampling and was conducted to determine the distribution in several basins. Along with this, Didymo control measures are implemented in the plague declared areas by restricting the vector transfer and to prevent its spread within the country or to other countries.

This study evaluated the *D. geminata* plague regions of south-central and Magallanes area. So as to suggest measures for improvement of the PVDC, from a theoretical and practical perspective, through an action plan of to be followed.

The main sources of information for the evaluation of the program set up:

- Meetings with the National Fisheries Service (SERNAPESCA) to analyze and gather information on various aspects of the program.
- Inquire to the people in charge for implementing the program in the following regions: Bío Bio, Araucanía, Los Ríos, Los Lagos, Aysén and Magallanes, plus the Metropolitan Region.

- Review of regional reports on implementation of control campaigns and dissemination, and the actions taken for the years 2013 and 2014 (regions of Biobío and Araucanía).
- Workshop with national and international panel of Didymo experts, ecology, biodiversity, pest management, among others.

The main results show the importance of focusing efforts on the control measures in the appropriate instances, as well as to enhance the dissemination of the subject to create awareness among the public, its empowering and at the same time, be able to contribute to pest control directly. In addition to citizens, it is important to emphasize the importance of joint and coordinated participation between different public services in the country, in order to maximize and optimize the resources available to control Didymo.

Training / awareness is one of the most powerful tool to internalize the importance of protecting the environmental value of our rivers, and has a direct impact on improving pest management. Thus, within the objectives of the study is to develop training courses in the five southern regions of the south-central region. These courses were possible thanks to the collaboration of regional university organizations that sponsored this activity which were: Austral University of Chile; University of Concepción; Universidad Mayor making available infrastructure facilities and laboratories. This course programs held in Coyhaique, Pto. Montt, Concepcion, Valdivia and Temuco, were discussed with the technical counterpart, as the selection of the target audience. They involve various actors of public interest and private services, consultants, academics, and students. A theoretical and practical method was developed to provide an interactive approach to gather, discuss and agree on contributions to the PVDC in a participatory manner. The observations of the members throughout the workshops and roundtable about the Didymo topic that were oriented in relation to the pest control were collected. We trained in the plague subject reviewing the state of the art Didymo, review the issue of invasive species to lay the foundation and conceptual framework of this problem of international and national importance, and basic concepts provided with necessary criteria to include in the management of national plague. In addition to the identification and monitoring of the

algae a demonstrative video was produced and distributed of the monitoring activity and Bio-safety procedures, using standardized methodology.

The main contributions to the PVDC were directed to the following issues: Education; Research and Studies; Dissemination and communication; PVDC Program; Management. Raise awareness to encourage assessment of the environmental heritage of our aquatic ecosystems; studies to generate information and strengthen the PVDC and evaluate in socioeconomic terms; improve communication plan; establish priority sites for implementing the PVDC; incorporate a precautionary approach; establish management measures and risk assessment. Make continuous improvement, learn how to handle pest management in order to maintain aquatic ecosystem services, for the protection of the environmental sustainability of the watersheds.

Finally, four workshops were held to disseminate results in different localities Pucon, Pangupilli, Castro and Santiago. This was attended by various stakeholders mainly represented by Public Services, Municipality, authorities, schools, consultancies, universities.

2. Antecedentes

Las invasiones biológicas, se definen como la ocupación de especies en áreas que están más allá de su rango geográfico original (Elton 1958). Hoy en día estas son reconocidas como el tercer vector más relevante del cambio global, por sus considerables consecuencias a la biodiversidad (Sala *et al.*, 2011). El hombre ha sido reconocido ser una de las fuentes principales de especies invasoras e introducidas. Este como producto de sus actividades, ha permitido la diseminación (voluntaria o involuntaria) de especies exóticas perjudiciales, prácticamente a todas las regiones del planeta (Pimentel, 2002). Sin embargo atribuir que todas las invasiones se deben a introducciones recientes o a una expansión de sus rangos es incorrecto, dado que hay especies nativas invasoras (Alpert *et al.* 2000; Taylor & Bothwell 2014).

Las investigaciones sobre invasiones biológicas han documentado impactos ecológicos negativos sobre la diversidad de especies nativas, generando interrupciones en interacciones biológicas claves, cambios de ciclos biogeoquímicos en ecosistemas terrestres y acuáticos (McKinney & Lockwood 1999, Rahel 2000, D' Antonio *et al.* 2001, Vilá *et al.* 2011, Pyšek *et al.* 2010, Pyšek *et al.* 2012).

Los ecosistemas acuáticos son particularmente sensibles a la llegada y establecimiento de especies introducidas e invasoras (Didham *et al.*, 2005; Dudgeon *et al.*, 2006; Connelly *et al.*, 2007; Strayer, 2010). Específicamente, las plantas invasoras han recibido especial atención y se han documentado impactos ecológicos y económicos significativos a escala local y global (Dudgeon *et al.*, 2006; Connelly *et al.*, 2007; Strayer, 2010). Estas especies alteran la biodiversidad, variable que sirve de indicador tanto del valor ambiental de la localidad respectiva, como de la funcionalidad ecosistémica, dado que es reflejo de la integridad ecológica de este (Parrish *et al.*, 2003).

La diatomea *Didymosphenia geminata* (Lyngbye) M. Schmidt, es una especie nativa de ríos del Hemisferio Norte, y se ha registrado en los cursos de agua dulce de Sud América, alcanzando un desarrollo visible a la forma de Didymo, en cuencas hidrográficas de Chile y Argentina. Se ha registrado en sistemas lacustres (Beamud, *et al.*, 2013) y cuencas binacionales fluviales (Segura, 2011; Sastre *et al.*, 2013).

Anteriormente ya se habían considerado a los ríos del hemisferio Sur vulnerables a la introducción y dispersión de *D. geminata* en especial a las cuencas de Australia, Argentina, Chile y Perú (Spaulding y Elwell, 2007).

Según la literatura se registra en Chile la presencia de *D. geminata* en las regiones XI y XII, en el Río Cisnes y Lago Sarmiento, desde los años 60 (Asprey *et al.*, 1964) incluso en Mejillones, II Región Mejillones, rotulado *Gomphonema geminatum*, (Rivera & Gebauer, 1989) y se confirma la especie con material proveniente de la Desembocadura del Río Espolón, Comuna de Futaleufú, X Región de Los Lagos y del Río Biobío, Sector Tallón y Balsa Caracoles, IX Región de la Araucanía (Rivera *et al.*, 2013).

A partir del primer registro a la forma de proliferaciones el año 2010 (Reid *et al.*, 2010) la Subsecretaría de Pesca (SUBPESCA), promueve diversos estudios prospectivos entre los cuales están POCH-U. Chile, (2011 a, b, c y 2012). La finalidad es la detección presencia/ausencia de *D. geminata*, y aplicar el D.S. 345/2005 Reglamento sobre Plagas Hidrobiológicas Publ. D.O.14/12/2006, con las correspondientes emisión de resoluciones de declaración de plaga por parte del Servicio Nacional de Pesca (SERNAPESCA) (www.sernapesca.cl), y el inicio del establecimiento de programas de vigilancia, detección control y/o erradicación de plagas (PV).

En Chile actualmente producto de la dispersión del alga, la SUBPESCA ha declarado área de plaga desde cuencas correspondientes a la VIII Región del Biobío a la XII Región de Magallanes (Res/Ex 659, 2015; Res/Ex. 918, 2015).

La expansión puede atribuirse a dos tipos de vectores: antrópicos y naturales. Entre los de origen antrópico, están las actividades acuáticas recreativas, tales como por ejemplo, pesca recreativa, canotaje, kayak, entre otras (Bothwell *et al.*, 2009 y 2014; Kilroy & Unwin, 2011; POCH-U. Chile, 2011 a). Entre los vectores de tipo natural, están los animales silvestres, (Kumar *et al.*, 2009; Cullis *et al.*, 2012), sobre los cuales las medidas de bioseguridad tal cual se consideran actualmente resultan ser ineficientes (Reid, *et al.*, 2012). Entre los potenciales vectores naturales en Chile se encuentra el visón detectado en el río Huemules y aves en el río Simpson (Bus Leone *et al.*, 2014). Para el caso del visón, este vector se encuentra preferentemente en la

zona ripariana con una capacidad de desplazamiento de kilómetros desde aguas arriba a aguas abajo (Bus Leone, op.cit.).

Las invasiones “de Dydimó” por su rápida expansión pueden traer consecuencias negativas con implicancias ecológicas, económicas, sociales y estéticas (Kilroy, 2005 y 2004; Kilroy *et al.* 2005 a, 2007; Kilroy & Dale, 2006; Campbell 2008, Branson 2006). Estableciendo a la cuenca como la unidad básica territorial para la vigilancia de *D. geminata* y/o *Didymo* (POCH U Chile, 2011b), dado por el espacio geográfico que integra y relaciona los sistemas naturales, productivos, sociales y económicos (UICN, 20016; Molina, 2012), su análisis debe ser bajo un enfoque de integridad, como lo es el ecosistémico, con el hombre formando parte de este (Naiman *et al.*, 1992). Bajo esta perspectiva lo importante es proteger la salud de este, de tal forma de proporcionar un crecimiento económico sostenible, bajo la mantención de 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). Se ha demostrado que las invasiones *Didymo* causan diversos impactos (Whitton *et al.*, 2009), afectando los cuatro tipos de servicios que son: de soporte, de aprovisionamiento, de regulación y cultural (Millennium Ecosystem Assessment, 2005). Esto constituye una amenaza para la salud del ecosistema, afecta su funcionamiento (Reid & Torres, 2013), con consecuencias en la sustentabilidad ambiental de la cuenca (Poch-UChile 2011).

Algunos ejemplos de estos son:

- Altas biomásas afectan las condiciones físicas y químicas del hábitat (Whitton *et al.*, 2009; Poch-UChile, 2011 y 2011 a); alteraciones en la comunidad de peces (Hoglund *et al.*, 2009) como también de macroinvertebrados bentónicos (Shelby, 2006), con disminución de índices bióticos lo cual trae consigo cambios en la calidad del agua (Richardson, 2012). Se altera el ciclado de nutrientes, la producción secundaria (Kilroy *et al.* 2009; Gillis & Chalifour, 2010), y la biodiversidad, con repercusiones en la trama trófica (Kilroy *et al.* 2007 y 2009; Hoglund *et al.*, 2009), como también cambios en la estética del paisaje (Poch-UChile 2011, 2011 a, b).

Se han establecido condiciones para el desarrollo de proliferaciones en una amplia variación de condiciones ambientales, entre las cuales se puede mencionar:

Incrementos a bajas velocidades de flujo (Kilroy *et al.* 2005); frente a aumentos de caudal disminuye la biomasa (Larned *et al.* 2006; Duncan, 2006; Cullis *et al.*, 2015); preferencia sustratos de rocas y bolones (Kilroy, 2004; Poch-UChile, 2011 a, b y c) ; aumento proliferaciones en ríos regulados (Kawecka & Sanecki, 2003) y bajas temperaturas (Kilroy, 2004); condiciones oligotróficas (Sundareshwar *et al.* 2011) principalmente en ríos donde el fósforo disponible limita la producción primaria (Bothwell & Kilroy, 2011).

En relación a su distribución se han analizado diversos modelos de hábitat potencial a distintas escalas, desde global, regional y local (Spaulding & Elwell, 2007; Kumar *et al.*, 2009; Kilroy *et al.*, 2008). Como primera aproximación se han realizado avances en un modelo predictivo de distribución potencial de la especie, construido a partir de variables de nicho, tales como variables climáticas, físicas y químicas del agua. Este modelo predice un rango de distribución latitudinal a partir de los 36° S (Montecino *et al.* 2014; 2015), lo cual corrobora lo encontrado por otras investigaciones similares en el hemisferio Norte (Kumar *et al.*, 2009).

A escala local, se han establecido algunas variables físicas y químicas que mejor han explicado la distribución de esta especie en los ríos patagónicos, tales como sustrato, pendiente, saturación de oxígeno, conductividad eléctrica. También se ha observado que el hábitat disponible basado en condiciones físicas y químicas de los sitios con presencia de *D. geminata* no difiere de los sitios con ausencia del alga (U.Chile-Poch, 2012), lo que indicaría que la especie está en expansión (Montecino *et al.*, 2014; Muñoz & Montecino, 2014; Muñoz, 2012; Molina *et al.*, 2012; Tapia, 2012), lo cual es consistente con lo que se sabe de especies exóticas acuáticas altamente agresivas (Whitton *et al.*, 2009; Kilroy *et al.*, 2007 y 2009; Spaulding *et al.*, 2007; Sherbot & Bothwell., 1993).

Respecto a potenciales consecuencias económicas de *D. geminata*, se dispone de antecedentes en Nueva Zelanda, donde los costos son de USD 129.699 (Branson, 2006) y preliminarmente para Chile (POCH, 2012), cuando la plaga estaba en su etapa inicial de detección sin un presupuesto nacional destinado a la vigilancia de esta, y con

un conocimiento ciudadano muy limitado. A pesar de estas condiciones en las regiones afectadas por la plaga la ciudadanía detectaba a *Didymo* como un problema, en especial para el uso recreativo para la pesca deportiva.

Debido a los impactos ecológicos y económicos significativos documentados por esta especie en otras regiones del hemisferio Norte y Sur (Spaulding & Elwell, 2007; Kilroy *et al.*, 2009; Cullis *et al.*, 2012; Reid & Torres, 2013; Sastre *et al.*, 2013) y a la rápida expansión geográfica detectada, es relevante evaluar el proceso de invasión de esta especie, entregar antecedentes para poder clasificar las cuencas o subcuencas en alguna de las categorías establecidas por el MINECOM D.S. N° 345/2005 reglamento de plagas, realizar aportes al programa de vigilancia del alga para mejorar y/o fortalecer la toma de decisiones a la autoridad pesquera y de acuicultura respecto a este tipo de invasiones. Con estos resultados se espera generar a partir del 2015 nueva información para respaldar y mejorar las medidas de control de *D. geminata* que deben establecerse en el marco del MINECOM (D.S. N° 345/2005) para el programa de vigilancia (RES. EX. 1070).

3. Objetivos

3.1 Objetivo General

Ampliar, analizar y difundir información respecto a la presencia/ausencia de *Didymosphenia geminata*, en aquellos ríos de importancia para la acuicultura y pesca recreativa de las regiones del Biobío, La Araucanía, Los Ríos, Los Lagos y Aysén.

3.2 Objetivos Específicos

3.2.1 Prospeccionar la presencia/ausencia de *D. geminata* en ríos seleccionados pertenecientes a subcuencas no considerados en estudios anteriores.

3.2.2 Determinar cambios de *D. geminata* en cuencas con presencia y otras prospectadas en ocasiones anteriores.

3.2.3 Determinar los parámetros físicos y químicos en cada uno de los ríos prospectados.

3.2.4 Analizar la información histórica de cada río prospectado respecto a parámetros físicos y químicos y a la presencia/ausencia de la especie a fin de establecer una asociación con *D. geminata*.

3.2.5 Evaluar y proponer medidas específicas al programa de control, seguimiento y fiscalización que actualmente se aplica y estimar el costo de implementación por cuenca o región.

3.2.6 Realizar cursos de entrenamiento en medidas de bioseguridad e identificación de *D. geminata* orientados a técnicos que operan en laboratorios de análisis y en estudios de línea base.

4. Metodología

4.1 Coordinación

Se realizó una reunión inicial de coordinación con el representante de FIP, la contraparte técnica de la Subsecretaría de Pesca y Acuicultura, y Sernapesca en la ciudad de Valparaíso. Se analizaron las distintas actividades del proyecto por etapas.

Plan de trabajo: Se discutió y se revisaron los distintos ríos a monitorear, en conjunto con los asistentes. Se seleccionaron 110 ríos distribuidos en 13 cuencas hidrográficas distribuidos desde la región de Biobío a Aysén. Se indicó que se realizaría un Seminario técnico para revisar la distribución de los puntos de muestreo con el equipo del proyecto, donde se contaría con la participación del Dr. Sunil Kumar, asesor en la parte de modelación.

Se discutió las metodologías para fines del estudio.

Se solicitó información actualizada en relación a los muestreos Didymo.

Se solicitó la carta de respaldo para el desarrollo del muestreo.

4.2 Flujo metodológico

En la Figura 1, se señala en general el Flujo metodológico desarrollado. Lo primero fue elaborar un Programa de trabajo para coordinar las diferentes actividades, se desarrolló un Taller de trabajo para elaborar la propuesta final de muestreo. Se indica además contenidos de la actividad de capacitación y proyecciones que consiste en el plan de actividades futuras.



Figura 1. Flujo metodológico

4.3 Área de estudio

El área de estudio comprendió la zona Centro Sur Austral, donde se realizaron dos tipos de muestreo, uno de prospección (no considerados en estudios anteriores) y otro de seguimiento (ya registrados anteriormente, y que forma parte del plan de vigilancia de acuerdo al procedimiento de plagas), RES.Ex.1070/2014.

El muestreo se extendió en 13 cuencas hidrográficas indicadas en la Tabla 1, las cuales fueron monitoreadas en dos temporadas, una primera campaña en la estación de primavera-verano y la segunda campaña en otoño. Se realizó una descripción hidrológica de cada cuenca en estudio (ver Anexo I). Se procedió a muestrear entre ambas campañas un total de 159 ríos de prospección y 117 ríos de seguimiento.

Tabla 1. Cuencas de la zona Centro Sur Austral monitoreadas

Cuenca hidrográfica	Código (DGA)
Río Itata	081
Río Biobío	083
Río Imperial	091
Río Toltén	094
Río Valdivia	101
Río Bueno	103
Cuencas e Islas entre río Bueno y río Puelo	104
Río Puelo	105
Río Yelcho	107
Río Palena y Costeras límite X Región	110
Costeras e Islas entre R. Palena y R. Aysén	111
Río Aysén	113
Río Baker	115

Fuente: Elaboración propia.

4.4 Etapa de planificación del muestreo

4.4.1 Taller de trabajo Didymo

Se realizó un taller de trabajo técnico, con el equipo de proyecto el día Viernes 26 de Septiembre del 2014 (ANEXO X). En este taller se revisaron las diversas actividades del proyecto, y particularmente se dio énfasis al ítem de diseño de muestreo. Para este diseño uno de los insumos a usar fue el modelo potencial de distribución geográfica de *D. geminata* (Montecino *et al.*, 2014), para su validación.

Las actividades realizadas en este seminario consistieron en:

- a) revisión de literatura que aportó a corroborar el diseño de muestreo de carácter prospectivo (nuevo) y de seguimiento (vigilancia). Esto en función de contar con una buena distribución de puntos.
- b) exposición de modelos de distribución a cargo del Asesor en modelación del proyecto, Dr. Sunil Kumar, (Colorado State University).
- c) exposición de invasiones biológicas a cargo del Dr. Ramiro Bustamante, experto en invasiones del proyecto.
- d) exposición del diseño de muestreo expuesto en la propuesta a cargo de Dra. Ximena Molina, Jefe proyecto.
- e) exposición de modelo potencial de distribución geográfica de *D.geminata* a validar, a cargo de Prof. Vivian Montecino, (Montecino *et al.*, 2014), Co-Directora del proyecto.
- f) elaboración de propuesta de diseño de muestreo para validación del modelo de distribución, dirigido por Dr. Sunil Kumar.

4.4.2 Diseño de muestreo

Se acotó una región geográfica entre las latitudes 36,5°S y 47,7 °S y se procedió a realizar el diseño en dos etapas: a) selección de variables ambientales y b) selección de los puntos de muestreo en función de las variables ambientales elegidas, basadas en trabajos previos (POCH-UChile 2011 b y c). Así se generó un diseño de muestreo al azar ajustado.

a) Selección de variables ambientales para definir los puntos de muestreo:

Se seleccionaron las variables que mejor explicaban la distribución geográfica de la especie (Kumar *et al.* 2009, Montecino *et al.* 2014):

Acumulación de flujo: Es una manera indirecta de evaluar la cantidad de agua que pasa por un punto (o celda) determinada. Según trabajos ya indicados, este es uno de los predictores más importantes para explicar la distribución de *Didymo*.

Edad geológica de las rocas: Esta variable está asociada indirectamente a la composición química del agua, y fue la segunda variable predictora de la distribución de Didymo, (Kumar *et al.*, 2009 y Montecino *et al.*, 2014).

Temperatura diaria acumulada: Según Kumar *et al.* (2009) y Montecino *et al.* (2014), éste fue el tercer mejor predictor de la distribución de Didymo.

Se incorporaron dos variables adicionales que dan cuenta de la accesibilidad a los ríos: la distancia a los caminos más cercanos y la topografía.

b) Protocolo para la selección de los puntos de muestreo.

Se seleccionaron al azar puntos en el espacio geográfico que dieran cuenta de toda las variaciones ambientales ya indicadas. Este protocolo se realizó utilizando *Arc GIS* limitado al rango geográfico acotado al proyecto es decir a la zona centro Sur Austral, que abarca desde 5.951.287 (Cuenca del río Itata) hasta 4.711.160 (Cuenca del río Baker) latitud Sur, como se indica a continuación, y consistió en los puntos que se indican:

El mapa generado bajo un modelo de elevación digital (DEM) usando una resolución espacial de 90 m a partir de SRTM (Shuttle Radar Topography Mission; <http://www.cgiar-csi.org/data/srtm-90m-digital-elevation-database-v4-1>); se usaron las herramientas hidrológicas existentes en in Arc Map. El DEM obtenido fue usado para calcular la acumulación de flujo (Flow accumulation) usando las Herramientas hidrológicas presentes en Arc Map.

La Edad Geológica de las rocas fue obtenida desde USGS HYDRO1K; la acumulación diaria de la Temperatura fue obtenida de WORLDCLIM a un nivel de resolución de 90 m para ajustarse con la resolución espacial del DEM. La red de caminos fue obtenida del sitio web de DIVA GIS. La distancia a los caminos (90 m de resolución) fue generada usando la herramienta "Distancia Euclidiana" presente en Spatial Analyst. Si bien esta variable no fue usada para la construcción del modelo de distribución, es importante de considerar para definir los niveles de accesibilidad de los puntos seleccionados.

Las capas ambientales así obtenidas fueron "recortadas" y pegadas sobre el mapa de los ríos y esteros a la zona acotada al proyecto. Se usó el método "Quantile"

SBP 0010

Arch: Informe Final Proyecto FIP N° 2014-58.doc
Noviembre 2015

en Arc Map para reclasificar la Acumulación de flujo en 10 categorías de modo de asegurar una representación proporcional de cada una de estas categorías (las categorías que representaban valores pequeños obtuvieron menos muestras que otras categorías que tenían una representación mayor).

Se generaron 4000 puntos aleatorios en el espacio representando las 10 categorías de Acumulación de Flujo junto con el resto de las otras variables seleccionadas.

Finalmente, se seleccionaron 800 puntos representando toda la variación ambiental definida con las variables seleccionadas.

Se incluyeron algunos criterios adicionales para asegurar la variación intra-río, entre los cuales están establecidos en el Manual SUBPESCA (2012). **Entre los principales criterios incluidos estuvieron los siguientes:**

- Características hidromorfológicas del río, representatividad de los distintos hábitats del río, desde zonas rítrónicas a potámicas, considerando así el orden del río, disposición de afluentes.
- Río localizado bajo un sistema lacustre: (Kawecka & Sanecki, 2003).
- Pasos Transfronterizos: contemplado en el Plan de Vigilancia, Detección y Control (PVDC), de SERNAPESCA (RES.Ex.90/2012).
- Uso del río y actividades recreativas asociadas: algunas actividades tales como pesca recreativa, deportes náuticos o deportes aventura (*kayaking* y *rafting*), acuicultura, deportivas, turística, poblados.
- Valor ambiental del río prospectado: en relación a cercanía de áreas silvestre protegida (SNASPE), por ejemplo parques nacionales.
- Sitios que dada sus características podrían ser críticos, y con alta probabilidad de riesgo (POCH-U.Chile, 2011 b y c; Kilroy *et al.*, 2004; Informe Técnico D.A.C. 2064/2010).

Así, el diseño muestral definitivo de los puntos para visitar en terreno, fue un diseño al azar pero restringido a algunas condiciones ambientales de interés ajustada a la temática Didymo, enfocada a criterios de probabilidad de riesgo de la plaga (Poch-UChile 2011 b y c). En estos puntos se prospectó presencia/ausencia y todas las otras

variables físico-químicas de los ríos (Campaña primavera-verano 2014-2015 y Campaña Otoño 2014, dando un total de 320 sitios de muestreo).

4.5 Monitoreo *D. geminata*

Cada detalle del procedimiento de Monitoreo y Bioseguridad está descrito en el Video elaborado "Protocolo de muestreo *Didymosphenia geminata*" (Objetivo 6), para este proyecto, Anexo: XI.

4.5.1 Etapas del monitoreo

El procedimiento de muestreo se puede resumir en las siguientes etapas, indicadas en la Figura 2, las directrices para la ejecución de cada uno de los ítems se especifican en el Manual SUBPESCA, 2012:

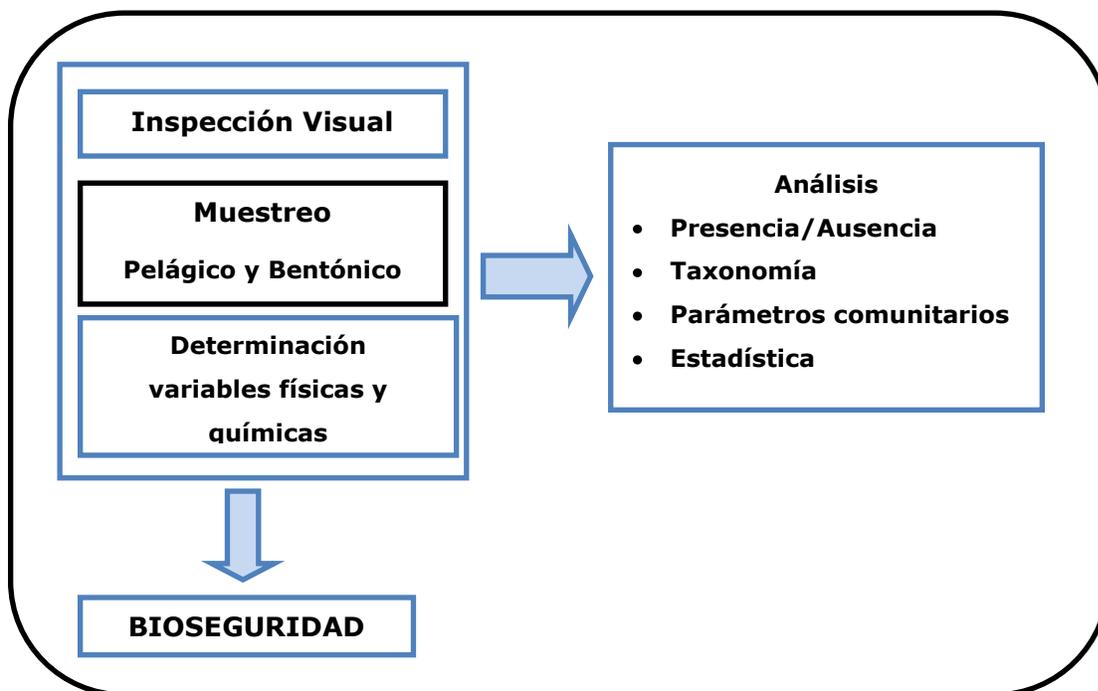


Figura 2. Componentes de muestreo *D. geminata*.

Inspección visual

En cada sitio de muestreo se fijó un transecto georreferenciado mediante un GPS de última generación Trimble Juno, serie 3B (Figura 3).



Figura 3. Instrumento de georreferencia, Trimble Juno

Se describió cada transecto mediante las indicaciones contenidas en la ficha de terreno estándar elaborada, basada en el Manual anteriormente mencionado, con algunas modificaciones menores. En general este consiste en la observación de presencia o ausencia de masa mucilaginoso, cobertura (%) según color y profundidad, tipo de hábitat, escala de crecimiento del alga de acuerdo a su espesor, diversas observaciones hidromorfológicas tales como forma del canal, condiciones climáticas, columna de agua, tipo de flujo, conectividad, presencia de lugares de conservación, ubicación del sistema, zona del río muestreada, actividad del entorno, etc. Además se incorporaron observaciones para poder caracterizar lo mejor posible el sitio de muestreo. Algunas de estas son observaciones propia de la ribera, presencia de material alóctono, color, olor, paisaje circundante, entre otros, recomendados en otros estudios de Didymo, realizados (POCH-U.Chile, 2011 a y b).

Un ejemplo de la información registrada por cada río con resultados positivos, basado en la "Ficha de terreno" se indica en el Anexo II. Además se elaboró una matriz de resultados, que conformará parte de la base de datos generada, para la descripción de las estaciones de muestreo, que será desplegada a través del Informe en tablas. Esta base de datos contiene: las coordenadas de los sitios de muestreo, toda

la información obtenida en terreno, los resultados de los análisis químicos de laboratorio. Además con esta matriz se conformó una Base de dato en formato Access que permite manejar planillas de gran tamaño, y adecuado para alimentar plataforma de base de dato de resultados generados por diversos monitoreos, administrados por SERNAPESCA.

Componente Biológico

b1) Fitoplancton

Se recolectaron muestras de fitoplancton en las cuencas seleccionadas, utilizando una red de fitoplancton de apertura de malla de 40 μm en el cono principal y de 20 μm en el copo recolector (Figura 4), la que fue suspendida horizontalmente en el flujo central (1 m de profundidad aproximadamente) durante 10 minutos. Las muestras fueron preservadas en una solución de Lugol al 4 % en frascos de PVC debidamente etiquetados y herméticos para su posterior transporte al laboratorio. Para todos los procedimientos se siguieron las indicaciones del manual para el monitoreo e identificación de la microalga bentónica *D. geminata* (Manual SUBPESCA, Díaz *et al.* 2012).



Figura 4. Red de muestreo para Fitoplancton.

- Se determinó presencia/ausencia de *D. geminata* bajo microscopio de contraste de fases (OLYMPUS Bx-40) y barrido de una gota en portaobjeto a 200x.
- Se realizó un análisis cualitativo, bajo microscopio de contraste de fases (OLYMPUS Bx-40) a 200x, para hacer un barrido preliminar de las taxas presentes en cada muestra.
- Se determinó las abundancias células/L, de cada una de los taxa presentes, utilizando una cámara Sedgewick Rafter, y microscopio de contraste de fases (OLYMPUS BC-40) a 100x y 200x, considerando un número mínimo de 200 células para el taxón más abundante, anotando el volumen analizado de acuerdo a los transectos recorridos recorridos (Wetzel & Likens 1991).
- Se utilizó literatura taxonómica pertinente (i.e. Hustedt 1977, Parra *et al.*, 1983, Parra & Bicudo 1996, Barber & Haworth 1981, Bourrelly, 1968, Round 1990) y se tomaron registros fotográficos utilizando una cámara digital para microscopio (CELESTRON) (Figura 5).

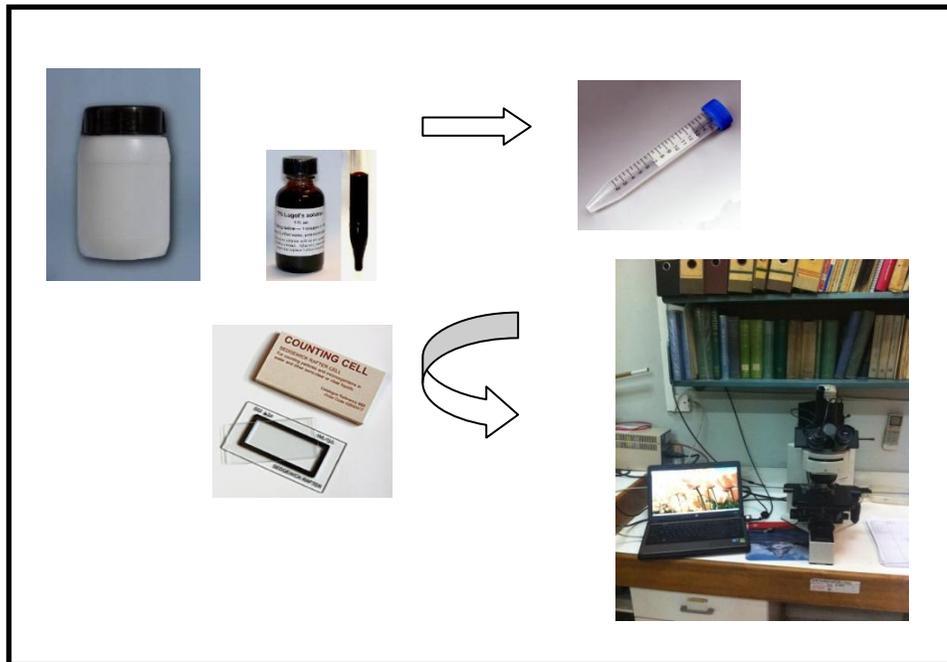


Figura 5. Procedimiento de análisis de fitoplancton.

Se indica la muestra, fijación, transferencia a tubo Falcon, cámara de conteo, microscopio con cámara fotográfica y computador.

Se aplicaron, análisis exploratorios: Análisis de Componentes Principales, con PAST, CANOCO 4.0 (ter Braak & Smilauer, 1998) y/o C2 1.5. (Juggins 2003).

b2) Diatomeas Bentónicas

En el transecto determinado para la prospección visual se procedió a tomar muestras del sustrato rocoso al azar, de acuerdo a la cobertura dominante en 3 subtransectos, se realizó una muestra compuesta de tal manera de capturar la mayor variabilidad del transecto. Se procedió al raspado de los sustratos rocosos (perifiton adherido a rocas), mediante espátulas descartables (escobillas de diente o palitos de helado) siguiendo el manual para el monitoreo e identificación de la microalga bentónica *D. geminata* (Manual SUBPESCA, Díaz *et al.* 2012). El material algal recolectado se vació a un frasco de PVC debidamente etiquetado, sellado y

SBP 0010

Arch: Informe Final Proyecto FIP N° 2014-58.doc
Noviembre 2015

previamente fijado con Lugol acético glacial al 2 %. Se utilizó el Lugol acético como preservante "*in vivo*" para recuentos cuantitativos en reemplazo de la formalina la cual aparte de ser tóxica a la salud, genera cambios en las células. Así el Lugol es más adecuado para tinción y ver estructuras como vaina de mucilago (Thronsen, 1978). En el laboratorio se cuantifico la biomasa de diatomeas bentónicas recolectadas registrando la superficie muestreada (6 cm²/roca) y volumen muestreado. Los resultados se expresan en células/L o abundancias relativas en porcentaje (%).

En cada muestra se cuantifico también el número de células viables siguiendo el protocolo de Root & O'Reilly (2012). También se procesan las muestras siguiendo el método de degradación de la materia orgánica (oxidación), de acuerdo a Patrick & Reimer (1966) y preparados permanentes utilizando Naphrax® (Battarbee *et al.*, 2001). Las diatomeas fueron identificadas (objetivo de inmersión 1000X) y cuantificadas (400X) bajo un microscopio trinocular Carl Zeiss. Se realizaron análisis cuantitativos calculando abundancias relativas a partir del recuento de aproximadamente 200 valvas (en algunas muestras ~100 valvas cuando las diatomeas eran escasas). Las diatomeas se clasificaron a nivel de especie o variedad (Battarbee, *et al.*, 2001., Rivera, 1970, *et al.* 1974, 1973; 1982; Round *et al.*, 1990). Se utilizaron floras estándares para referencias (Hustedt, 1961-1966; Krammer, 2000, 2002, 2003, 2009; Krammer and Lange-Bertalot, 1991, a y b 1997; Lange-Bertalot, 1999a, 1999b, 2001; Levkov, 2009; Patrick & Reimer, 1966; 1975; Rumrich & Lange-Bertalot, 2000). Las imágenes de microscopía óptica (1000X) fueron tomadas utilizando una cámara digital SLR (Canon EOS Rebel) adosada al microscopio. El status nomenclatural de las especies o variedades fue verificado utilizando el Catálogo de Nombres de Diatomeas (California Academy of Sciences, <http://researcharchive.calacademy.org/research/diatoms/names/index.asp>). Las diatomeas fueron agrupadas de acuerdo a su hábito y características ecológicas (<http://westerndiatoms.colorado.edu/>).

Se informa presencia/ausencia (positivo/negativo) de *D. geminata*; y parámetros comunitarios. En la Figuras 6 y 7 se indican los pasos que implica el procesamiento de muestras para análisis de diatomeas:

- 1,2: cálculo del volumen de la muestra
- 3: toma de submuestra con micropipeta

SBP 0010

Arch: Informe Final Proyecto FIP N° 2014-58.doc
Noviembre 2015

- 4,5 oxidación con agua oxigenada (30% v/v) sumergido en vaso con agua a ebullición, (utilizar delantal plástico).
- 6,7 centrifugación y re suspensión para extracción de productos de oxidación de la muestra.



Figura 6. Procesamiento de muestras para oxidación.



Figura 7. Procesamiento de muestras para confeccionar preparaciones permanentes.

En la Figura 7 se indican los pasos para preparaciones permanentes de diatomeas:

- 1-3 agregado de 0.7-1 ml de muestra a un cubreobjetos y evaporar en placa calefactora, colocar una gota de resina de alta refracción (Naphrax) en un portaobjetos y luego adherir el cubre.
- 4-8 los preparados permanentes se observan al microscopio óptico con aceite de inmersión.

Las abundancias se expresan en células/l. Se guardó una submuestra de la muestra original cuantificada. Los resultados se refieren a presencia/ausencia (positivo/negativo) de *D. geminata*; la abundancia de cada uno de los taxa registrados y los parámetros comunitarios de riqueza de especies, índices de diversidad (H') y de equitatividad o Evenness (J').

Se confeccionaron tablas con los datos obtenidos (ver Anexos VI) y se compararon los resultados entre campañas C1 y C2 sobre índices comunitarios: riqueza de taxa, de diversidad (Shannon-Wiever) y de equitatividad.

Análisis biológico

Se determinó presencia/ausencia de *D. geminata*; abundancia de los taxa registrados (células/L) e índices comunitarios de riqueza de especies, diversidad (H'), de equitatividad de Evenness (J').

En base a los índices comunitarios de diversidad de Shannon-Wiever y de equitatividad, se realizaron análisis de agrupamiento para bosquejar patrones de distribución, para lo cual se usó el software PAST 3.05 (Hammer *et al.*, 2001). Finalmente se guardan submuestra de la muestra original cuantificada.

Registro de variables físicas y químicas *in situ*

Se determinaron las variables *in situ* en cada sitio de muestreo las que aportaron a la caracterización limnológica, según se indica en la Tabla 2. Las variables registradas fueron: pH, conductividad eléctrica, temperatura, oxígeno disuelto, realizado con el equipo YSI professional plus (Figura. 8). Los registros se graban en el GPS Trimble JUNO, descrito anteriormente, para posteriormente desplegar la información al computador.

Tabla 2. Variables físicas y químicas registradas *in situ*.

Variables	Unidad	Especificaciones de instrumento
pH	Unidades de pH	Equipo YSI Professional Plus. Rango: 0 a 14. Resolución 0,01. Exactitud $\pm 0,2$.
Conductividad eléctrica	$\mu\text{S}/\text{cm}$	Equipo YSI Professional Plus. Rango 0 a 200 mS/cm. Resolución: 0,001 mS (0 a 500 mS) 0,01 mS (0,501 a 50 mS) 0,1 mS (50 a 200 mS) Exactitud $\pm 0,001$ mS/cm
Temperatura	$^{\circ}\text{C}$	Equipo YSI Professional Plus. Rango -5°C a 70°C . Resolución $0,1^{\circ}\text{C}$. Exactitud $\pm 0,2^{\circ}\text{C}$.
Oxígeno disuelto	mg/L	Equipo YSI Professional Plus. Rango: 0 a 50 mg/L. Resolución $\pm 0,01$ mg/L. Exactitud $\pm 0,2$ mg/L.
% de Saturación de Oxígeno	%	Equipo YSI Professional Plus. Rango: 0 a 500 %. Resolución 1 % a $0,1$ %. Exactitud 0 a 200 %.

Fuente: Elaboración propia.



Figura 8. Equipo portátil multiparamétrico YSI professional plus

Todos los electrodos fueron calibrados antes de su uso en terreno, con soluciones de referencia correspondientes, descrito en el Programa de monitoreo, de acuerdo a lo que indica el sistema de aseguramiento de la calidad NCh-ISO 17025, del laboratorio acreditado de POCH Ambiental, sede Puerto Montt.

Velocidad de corriente

En cada tramo de los ríos muestreado se estimó la velocidad de la corriente (m/s). En cada tramo se obtiene el valor de la velocidad (m/s) media en una altura representativa del perfil de velocidades de la sección utilizando para esto un flujómetro, que entrega directamente la velocidad del punto en el que se están realizando las mediciones. Además se midió la velocidad de fondo. Para la medición de la velocidad, se utilizó el molinete modelo FP111 Global Water Flow Probe (Figura 9), el cual tiene un rango de medición de 0,1 a 6,1 m/s; precisión de 0,1 m/s y resolución de 0,1 m/s.



Figura 9. Correntómetro FP111.

Toma de muestra de agua superficial para análisis químico

Se tomaron muestras de agua superficial para la determinación de los componentes químicos indicados en la Tabla 3. 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 ANAM acreditado a la NCh 17025, Of. 2005.

Tabla 3. Componentes químicos analizados en el laboratorio.

Componentes	Método	LD
Calcio	SM 3120 B en Standard Methods 21 th 2005.	1,78 mg/L
Nitrito	SM 4110B, en Standard Methods, 21 th Ed., 2005	9 µg/L
Nitrato	SM 4110B, en Standard Methods, 21 th Ed., 2005	46 µg/L
NKT	SM 4500-Norg B-C	0,01 mg/L
Nitrógeno total	Cálculo	270 µg/L

SBP 0010

Arch: Informe Final Proyecto FIP N° 2014-58.doc

Noviembre 2015

Componentes	Método	LD
Fosfato	SM 4500-P E en Standard Methods, 21 th Ed., 2005	1 µg/L
Fósforo total	SM 4500-P E en Standard Methods, 21 th Ed., 2005	0,4 µg/L
Fósforo orgánico (estimado)	Diferencia entre fósforo total e inorgánico.	-
Silicato	SM 3120 B en Standard Methods 21 th 2005.	1,78 mg/L
Turbidez	SM 2130 B en Standard Methods 21 th 2005	0,072 NTU

Fuente: Laboratorio ANAM.

Fósforo orgánico estimado

Se realiza mediante dos pasos, primero se obtiene el fósforo inorgánico (Pi) para luego estimar el fósforo orgánico (P. org.) según Chang, 2002.

Así se procede de la siguiente forma:

A partir del ortofosfato (P-PO₄⁻²) se obtiene el fosforo inorgánico, se extrae el valor de masa que correspondería al Fosforo presente en cada sitio de muestreo, bajo la siguiente fórmula:

$$P_i = (P-PO_4^{-2}) * 0,32$$

Finalmente, este valor es sustraído al Fosforo Total y se obtiene el Fosforo orgánico.

$$P_{org.} = P. total - P_i$$

Procedimiento de Bioseguridad

Se aplicó un procedimiento de limpieza y desinfección según RES. Ex. 332, SERNAPESCA, especificado en el Manual de Subpesca, 2012 y tal cual lo establece la autoridad Sernapesca para muestreo Didymo. El procedimiento se llevó a cabo a todos los implementos utilizados en el muestreo (Figura 10). Se usaron las soluciones de desinfección pertinentes (bajo la concentración y tiempo indicado) para evitar propagación y transporte de células entre un sitio y otro. Los frascos y contenedores de las muestras fueron debidamente sellados para prevenir su vertido y acomodarlos bien en el transporte para evitar los derrames.

Cada vez que el material previamente desinfectado se reutilizó, fue sumergido antes de muestrear nuevamente, para evitar posibles alteraciones de las futuras muestras a recolectar, con presencia de células inviables.

Al término del día de muestreo todo el material lavado se dejó secar para asegurar que no quede material potencialmente capaz de propagarse en otros sistemas acuáticos.

La solución de desinfección (de sal 5%) una vez ocupada se vierte lejos del cuerpo de agua, en sitios sin riesgo de dispersión. Además en los sitios de muestreo donde se visualizó la presencia potencial de Didymo se procedió a realizar aparte de la desinfección con sal, la desinfección con solución de cloro (2%), para evitar cualquier contaminación, como indica el Manual.

Todo el material desechable, guantes, espátulas, papel etc., se depositó en una bolsa plástica sellada para su posterior eliminación en un lugar adecuado.



Figura 10. Procedimiento de limpieza y desinfección.

4.5.2 Tipos de muestreo

El estudio comprende dos tipos de muestreo: de prospección y de seguimiento.

4.5.2.1 Muestro de prospección

El muestreo prospectivo se realizó en relación al cumplimiento del objetivo, la metodología anteriormente expuesta en el punto 4.4.2 y requerimientos de SUBPESCA y SERNAPESCA. Este muestreo debería contener al menos dos puntos por río, localizado preferentemente lo más aguas arriba (del origen) codificado con letra "A" y aguas abajo codificado con letra "B".

Modalidad de muestreo:

La modalidad de este tipo de muestreo se indica en la Tabla 4.

Tabla 4. Modalidad de muestreo prospectivo

ITEM	Punto aguas arriba	Punto aguas abajo
Inspección visual	X	X
Fitobentos	"muestras A"	"muestras B"
Fitoplancton	-	X
Registro variables <i>in situ</i>	X	X

SBP 0010

Arch: Informe Final Proyecto FIP N° 2014-58.doc
Noviembre 2015

ITEM	Punto aguas arriba	Punto aguas abajo
Recolección de muestras de agua.	-	X
Bioseguridad.	X	X

Fuente: Elaboración propia.

4.5.2.2 Muestro de seguimiento

Para su selección se revisó fuentes de información disponible y resoluciones vigentes. El muestreo de seguimiento consiste en ríos y sitios de muestreo los cuales se han evaluado en ocasiones anteriores, se ha determinado presencia de *D. geminata* y muchos ya forman parte de áreas declarada plaga en las resoluciones disponibles. Los sitios de muestreo cuentan con la georreferencia, pues debe representar una continuidad temporal respecto de la medición previa realizada.

Modalidad de muestreo:

La modalidad de muestreo consistió en que en cada punto se realizó el muestreo completo de *Didymo* indicado en la sección Metodología (4.5.1): Inspección visual, muestro biológico completo (fitoplancton y fitobentos), variables *in situ*, toma de muestras de agua para análisis de laboratorio, y bioseguridad.

4.6 Cartografía

Se llevó a cabo la cartografía temática integrada indicando los puntos de muestreos prospectivos y de seguimiento para cada río, que se observan en el Anexo III, por cada cuenca.

Generación de capas de información y subunidades temáticas: La información se trabajó en formato *Shape*, a través del software Arcgis 10.2, el cual fue apoyado técnicamente con la generación y modificación de información a través de Autocad Lt 2010. La información se agrupa en un formato de "geodatabase" en orden según su unidad temática y para cada archivo *shape* se diseña una interfaz dinámica, que permita incorporar la base de dato a ser generada *a posteriori* e ir actualizando.

SBP 0010

Arch: Informe Final Proyecto FIP N° 2014-58.doc
Noviembre 2015

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. La georreferenciación y digitalización de cada figura es de carácter áreal (polígono) y puntual.

Salida Gráfica: Se elaboraron planos de cada cuenca y se identifican: Cada sitio de muestreo por cada campaña realizada y su condición de presencia/ausencia de acuerdo *D. geminata* vaciado en mapas por cada cuenca.

4.7 Base de dato Access

Se construyó una base de dato en formato Access para reunir toda la información. Se incorporó la información generada en la Campaña 1 de primavera-verano y de la Campaña 2 de otoño. Los datos son de tipo físico, químico y biológico (Anexo IV). Esta base de dato podrá servir para alimentar una plataforma *on line*. Ya existe un modelo de una plataforma para la región de Los Lagos, generada en un proyecto CORFO-INNOVA, ejecutado por U.Chile-POCH 2011-2013. Para incorporar la información a esta plataforma *on line* se requiere planillas en formato Excel, lo cual es posible con la base de dato Access.

4.8 Análisis integral

Se considera dos tipos de análisis a dos escalas espaciales, uno global y otro local.

a) a escala global, considerando variables climáticas para caracterizar climáticamente las presencias y las ausencias de *Didymosphenia geminata*.

b) a escala local considerando las variables físico-químicas obtenidas de los ríos con la presencia y la ausencia de esta diatomea.

Estos análisis se realizaron para la primera y segunda campaña. Se analizó además si existen diferencias entre las dos campañas en términos de las variables ambientales consideradas.

En la siguiente figura 11 se expone el flujo metodológico para el análisis estadístico a dos escalas.

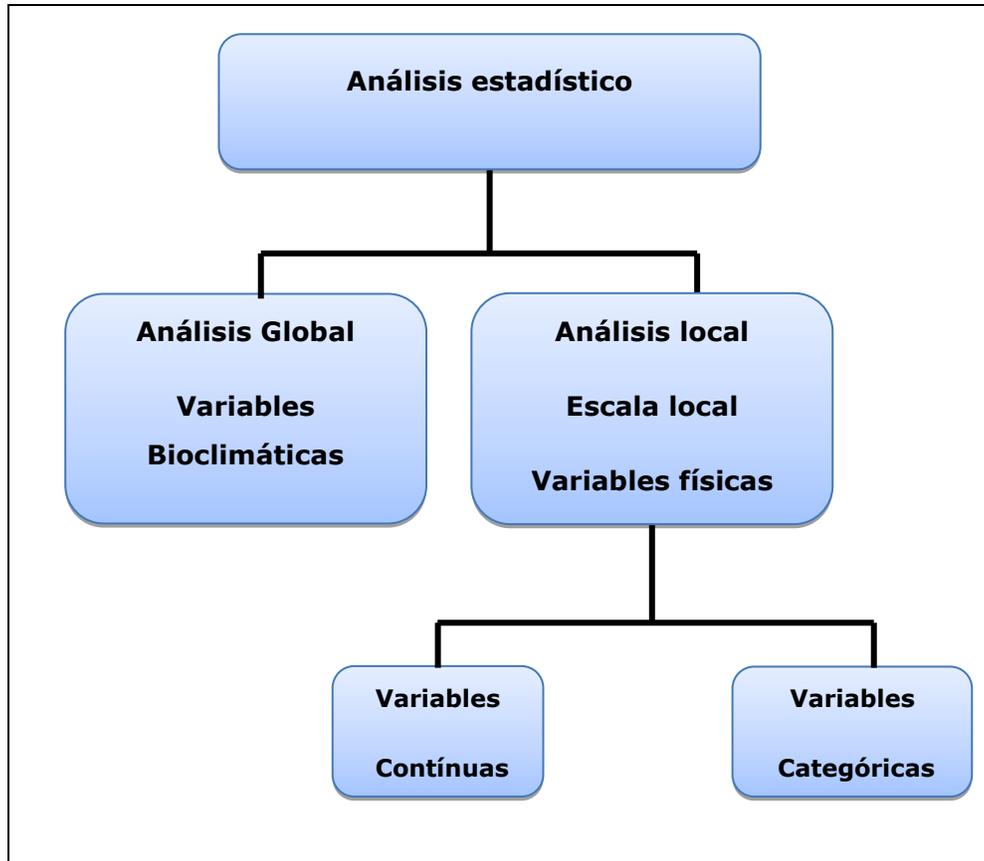


Figura 11. Análisis estadístico de los datos.

4.8.1 Análisis global

Para representar los espacios bioclimáticos de los sitios con presencia y con ausencia de *D. geminata* se obtuvieron las capas bioclimáticas obtenidas de la base de datos WorldClim (www.worldclim.org) de libre disposición en la red; esta base de datos fue generada utilizando registros globales de precipitación y temperatura entre los años 1950 y 2000. Existen 19 variables bioclimáticas que además de definir tendencias generales (promedios), incorporan también valores que reflejan estacionalidad o bien extremos de temperatura y precipitaciones. Se considera que la variación climática, desde un punto de vista biológico poseen una mayor importancia que los valores promedios dado que ejercen un efecto mayor sobre las tolerancias eco-

fisiológicas de las especies (Nix 1986; Kumar *et al.* 2009). Debido a que el trabajo de recolección de datos se realizó en dos campañas a distinta escala temporal pero replicando los sitios de muestreo en cada campaña, se extrajeron los valores bioclimáticos desde WorldClim sólo una vez. Se realizó un Análisis de Componentes Principales (ACP) para identificar aquellas variables bioclimáticas que mejor explican la variabilidad climática observada en los datos.

4.8.2 Análisis a nivel local

Para cada río visitado dentro de cada cuenca, se midieron variables físico químicas continuas y categóricas; para cada tipo de variables se realizaron diferentes análisis.

a) Variables continuas

Para las variables continuas, se verificó la existencia de correlación entre las variables fisicoquímicas a través de una matriz de correlación. Adicionalmente, se realizó un Análisis de Componentes Principales (ACP) para examinar la mejor combinación de variables que permite caracterizar los ríos con y sin *Didymo* en las dos campañas de terreno. Este método multivariado permite reducir el número de variables en un número de ejes (los Componentes Principales) construidos como la combinación lineal de las variables originales más importantes; además permite visualizar en un espacio multivariado un conjunto de datos de modo de discernir la existencia de gradientes o bien de grupos claramente diferenciables.

Por otro lado se realizó un Análisis de Discriminante Lineal (ADL). Este tipo de análisis multivariado difiere del ACP pues es equivalente a un análisis de regresión donde la variable dependiente es categórica (en nuestro caso ríos con y sin *Didymo*), la cual puede tener dos o más estados, y las variables independientes (continuas) son las variables ambientales que caracterizan un cierto punto, en nuestro caso un sitio de muestreo. Así la función discriminante, permite establecer relaciones lineales entre las variables que mejor discriminan en los diferentes estados de un sistema (en el caso de este proyecto, ríos con y sin *Didymo*). Para implementar el ADL se extrajeron las variables altamente correlacionadas entre sí, y que tuvieran poca relevancia en la discriminación de los grupos.

SBP 0010

Arch: Informe Final Proyecto FIP N° 2014-58.doc
Noviembre 2015

Para la realización de estos análisis (ACP y ADL) los de presencia y ausencia fueron divididos en 4 grupos: Campaña 1 (presencias), Campaña 1 (ausencias), Campaña 2 (presencias) y Campaña 2 (ausencias). Este tipo de información permitió examinar a) si el espacio de las ausencias es similar al de las presencias; b) si estas comparaciones cambian en el tiempo; c) identificar el set de variables que permiten predecir si un río tiene o no tiene *Didymo*. En este análisis la hipótesis nula es que la probabilidad de pertenecer a cada uno de los grupos es la misma, ya que sólo tenemos cuatro opciones de pertenencia y la probabilidad de pertenecer a cada uno es independiente del número de muestras. Para determinar la capacidad de predicción de la función discriminante se realizó un muestreo azaroso de los individuos y se procedió a identificar su grupo de pertenencia (presencia o ausencia), obteniendo así una frecuencia la cual fue contrastada con lo predicho por el modelo.

Se realizó una regresión logística incluyendo las variables que permitieran discriminar entre los grupos: presencias-ausencias para ambas campañas; Campaña 1 (presencias) - Campaña 1 (ausencias); Campaña 2 (presencias) - Campaña 2 (ausencias). Todos los análisis fueron realizados utilizando el programa R (R Core Team 2014).

b) Variables categóricas

Para las variables categóricas tales como Orden, Ubicación del río, Etapa de crecimiento, Cobertura, Hábitat, Índice de sinuosidad, Clima y Morfología, se realizó un análisis de Chi-Cuadrado para evaluar si probabilidad de ocurrencia de *D. geminata* está asociada a alguna de estas variables. Todos los análisis fueron realizados utilizando el programa R (R Core Team 2014).

4.8.3 Validación modelo distribución *Didymo*

Montecino *et al.* (2014) proyectaron dos modelos de distribución potencial para el *Didymo* en Chile: (i) un modelo desde las presencias obtenidas en USA (Kumar *et al.* 2008); (ii) un modelo desde las presencias y ausencias obtenidas en proyectos anteriores realizados por nuestro grupo. El paso siguiente en este proceso es la validación empírica de los modelos. Desde una perspectiva de manejo y gestión de plagas, este paso es crítico para de esta manera, usar los modelos como herramientas

SBP 0010

Arch: Informe Final Proyecto FIP N° 2014-58.doc
Noviembre 2015

predictivas que permitan anticipar la colonización de especies invasoras o para ser utilizados como input para realizar análisis de riesgo.

Durante la ejecución de este proyecto, tuvimos la oportunidad de realizar un diseño de muestreo estadísticamente robusto (estratificado, al azar y geográficamente no sesgado), de modo que la información obtenida pudiera servir para realizar la validación empírica de los modelos propuestos por Montecino *et al.* (2014). Este procedimiento estadístico fue realizado con la asesoría del Dr. Sunil Kumar (Colorado State University, USA). Este procedimiento consistió en lo siguiente:

Las coordenadas geográficas de 72 presencias y 65 ausencias fueron colectadas durante la campaña 2015, las cuales fueron convertidas en un "shape" usando Arc GIS. Este archivo obtenido de la primera campaña 2015 fue usado para extraer las probabilidades predichas por el modelo de distribución proyectado desde el Sur de Chile y el modelo de distribución proyectado desde US. Usando la herramienta "Extract Multi Value to Points" del 'Spatial Analyst Tools' existente en Arc Map, estos valores extraídos fueron usados para generar una matriz de confusión para calcular la sensibilidad (i.e. porcentaje de presencias correctamente predichas, la especificidad (i.e. porcentaje de ausencias correctamente predichas, el área bajo la curva ROC (AUC), la tasa de clasificaciones correctas y el estadístico kappa (Fielding & Bell 1997; Peterson *et al.* 2011), usando el software roc/auc tool (Schroeder, 2015).

4.9 Zoobentos

La recolección de zoobentos se realizó para la estación de muestreo "Primavera" correspondiente a la campaña 1, se obtuvo lavando el sustrato del lecho del río en un área de 0,09 m², los organismos fueron arrastrados por la corriente hasta una red tipo Surber de 250 µm de abertura de malla (Figura 12), según metodología estandarizada (ISO 7828, Of. 85; ISO 8265; NCh 411/2).



Figura 12. Red tipo Surber.

- Para el muestreo se consideraron ríos con presencia de Didymo, de estos ríos se seleccionaron 10 sitios con Ausencia de Didymo (más aguas arriba) y 10 sitios con Presencia de Didymo (mas aguas abajo). De tal manera de poder comparar sitios con condiciones de hábitat similares pero con Presencia/Ausencia de Didymo. En cada sitio de muestreo se recolectaron tres réplicas aleatorias. Los organismos se fijaron en alcohol al 70% y fueron transportados al laboratorio en frascos plásticos etiquetados (Molina & Vila, 2006). Las muestras fueron analizadas y reconocidas hasta el nivel taxonómico más bajo. Para lo cual se usó una lupa estereoscópica con cámara incluida. La clasificación taxonómica se basó en claves generadas por expertos: Roldan, 2003; Camousseight, 2006; Jara *et al.*, 2006; Jerez & Moroni. 2006; Rojas 2006; Valdovinos 2006 y 2008; Vera & Camousseight 2006 y páginas de expertos disponibles en la red.

A partir de la información colectada se determinó los parámetros comunitarios, riqueza, diversidad, abundancia. Se realizó análisis estadístico (PRIMER, 6,0; PAST), para establecer diferencias entre sitios presencia/ausencia de Didymo, respecto al zoobentos.

4.10 Evaluación del programa de seguimiento y estimación de costos.

Se describe la metodología con el objetivo de evaluar y proponer medidas específicas de mejora al Programa de Vigilancia Detección y Control (PVDC) (Res.EX.1070, 2014), que actualmente se aplica. También se realizó una estimación de

los costos de las medidas críticas del Plan de Acción, evaluado a través de fuentes primarias, encuestas e informes de su aplicación (Fig. 13).

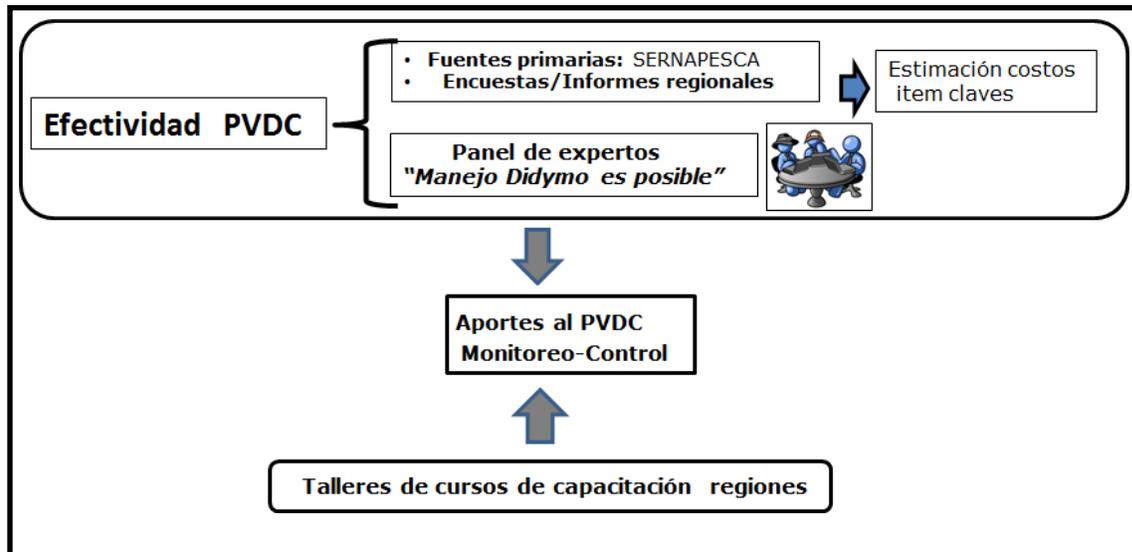


Figura 13. Flujo metodológico Plan Vigilancia Detección y Control

4.10.1 Evaluación al Programa de Control, Seguimiento y Fiscalización

Con tal de identificar y analizar la efectividad de las diferentes medidas propuestas para el mejoramiento del programa (PVDC) se realizaron las siguientes actividades:

1. Revisión y análisis de resultados de muestreos de seguimiento y prospección (ver 5.6.1 Programa de Vigilancia, Detección y Control de la plaga Didymo del presente documento).
2. Talleres interactivos con actores de interés en cursos de capacitación sobre medidas de vigilancia para Didymo, lo cual permitió recoger información en relación a la efectividad de las medidas implementadas en el marco de las campañas de control y difusión.
3. Revisión de gabinete de estudios y publicaciones nacionales e internacionales y simposios de Didymo (ver 5.6.2. *Marco Teórico del Control de la Plaga Didymo* del presente documento).
4. Coordinación y ejecución de Taller con Panel de Expertos con la finalidad de discutir temáticas asociadas al Didymo, sobre todo en lo que respecta a la

posibilidad de manejar la plaga (ver 5.6.3. Análisis Práctico del presente documento).

Adicionalmente, durante el desarrollo de estas actividades se contó con la asesoría de expertos internacionales en el tema, en las áreas de ecofisiología y modelación. Estos fueron el Dr. Max Bothwell y Dr. Sunil Kumar. Esto aportó a apoyar en el enfoque teórico y experiencia internacional sobre medidas para el seguimiento y control de la plaga.

4.10.2 Estimación de costos por región

En primer lugar, se planteó la necesidad de contar con un estudio en detalle en cada región de la zona Centro Sur, que permita identificar las zonas con alto valor ambiental, identificar presencia/ausencia de *Didymo*, a modo de priorizar los esfuerzos en el manejo de la plaga.

En segundo lugar, se propuso enfatizar las campañas de difusión del *Didymo*, priorizando las instancias que fueron mejor evaluadas en las encuestas regionales, es decir: difusión a través de los medios de comunicación (en radios locales, spots publicitarios televisivos en canales regionales), además de la difusión con publicidad grande y vistosa en lugares como carreteras y aeropuertos. Por otra parte, se deben mantener y reforzar las campañas de difusión entre la población local y flotante en las regiones, por medio de la entrega de información (dípticos, trípticos, panfletos) y el apoyo en actividades deportivas y recreativas donde la presencia de *Didymo* podría generar algún impacto.

Para la estimación de costos, se utilizó información empírica disponible, de datos de costos de las últimas campañas de control y difusión implementadas por SERNAPESCA. En caso de no contarse con información para determinados ítems, se establecieron supuestos o estimaciones en base a la información disponible.

La descripción de la estimación de los costos se encuentra en mayor detalle en el apartado 5.6.4 Implementación de acciones y costos.

4.11 Ejecución de Cursos de capacitación

4.11.1 Curso capacitación

Se ejecutaron cinco cursos de capacitación en las regiones que comprende el proyecto. Este fue de carácter intensivo, teórico y práctico de un día de duración, destinado a actores de interés entre los que fueron: profesionales de fiscalización y consultores, académicos de ecosistemas acuáticos y otros usuarios i.e. lodges de pesca, con el fin de promover las buenas prácticas de muestreo Didymo.

Se elaboró un programa de trabajo que fue consensuado con la contraparte técnica en reunión de trabajo, de acuerdo a los términos de referencia. Para la elaboración del programa se consideró lo siguiente:

- a) un enfoque teórico para abordar la temática de invasiones, y estado del arte de *D. geminata*. Consecuencias sobre los servicios ecosistémicos, legislación y acciones que se realizan en el país para su contención.
- b) un enfoque práctico con los elementos y medidas de bioseguridad para realizar muestreos para la prospección y seguimiento de *D. geminata*.
- c) consideraciones específicas que permitan mejorar las prácticas de bioseguridad.
- d) incorporación de actividades interactivas para realizar aportes al manejo de Didymo y al programa de vigilancia con carácter participativo, considerando las diferencias locales.

4.11.2 Elaboración de Video demostrativo

Se realizó un video demostrativo "Protocolo de muestreo Didymo" de apoyo para los cursos de capacitación. En este se describen actividades de muestreo y de bioseguridad. Previamente se elaboró un libreto el cual fue discutido y consensuado con la contraparte técnica, como también el formato del producto.

El equipo técnico dispuesto para este efecto consideró una cámara Canon 7D digital con registro de 1920 X1080 Full HD, y accesorios, equipos de iluminación y equipos de sonido directo para grabación. El material registrado es entregado para ser

desplegable en forma universal y leíble por cualquier plataforma computacional sea Mac, Windows u otra.

5. Resultados por objetivo

A continuación se describen los resultados por cada objetivo. Para los objetivos 1 y 2 relacionados con monitoreo de prospección y de seguimiento, se debe considerar que se aplicó en terreno una misma Ficha de Inspección Visual (ver Anexo II) y la cartografía temática por cuenca se muestra en el Anexo III.

Se considera como resultado de “presencia” de *D. geminata* una vez confirmada la presencia del alga por análisis de laboratorio, ya sea detectada en el Fitoplancton y/o en el Fitobentos.

- El alga se puede presentar de la siguiente manera:
- En el Fitoplancton en forma unialgal sin pedúnculo.
- En el Fitobentos en forma unialgal sin pedúnculo.
- En el Fitobentos como una agrupación de células unialgales con pedúnculo conformando un tapete. Esta forma presenta diferente cobertura en el sustrato como también diferentes estados de crecimiento. Ambas especificaciones constituyen especificaciones de Inspección visual (Manual Subpesca, 2012).

5.1 Objetivo 1: Prospeccionar la presencia/ausencia de *D. geminata* en ríos seleccionados pertenecientes a subcuencas no considerados en estudios anteriores

5.1.1 Presencia–Ausencia en ríos prospectados por cuenca

En la Tabla 5 se indica un resumen de los resultados de la prospección de *D. geminata*, indicando presencia/ausencia por cada estación de muestreo, para las dos estaciones de muestreo Primavera-Verano (Campaña 1, C1) y Otoño (Campaña 2, C2), en once cuencas hidrográficas. Estos sitios de prospección fueron seleccionados de acuerdo con el diseño de muestreo realizado junto al Dr. Sunil Kumar. En caso de presencia del alga se indica si esta fue registrada en el fitobentos y/o fitoplancton. En total se prospectaron para la Campaña 1 (C1) 100 ríos con 158 estaciones de muestreo, en un total de 28 muestras se registró el alga en fitobentos, y sólo en 5

casos se registró solo en las muestras correspondientes a fitoplancton, los que fueron: Estero Calbuco B, Mininco B, Renaico B, Azul B, Estero seco B. Para el caso de la Campaña 2 (C2), se prospectaron un total de 101 ríos con 162 estaciones de muestreo, en un total de 21 muestras se registró el alga en fitobentos, y sólo en 11 casos se registró el alga solo en las muestras correspondientes a fitoplancton. Los detalles de los resultados por ambas campañas se indican en la Tabla 5, especificando la cuenca, subcuenca, estación de muestreo en cada río, y coordenadas geográficas georreferenciadas en Datum WGS84, Huso 18.

Tabla 5. Muestreo de prospección *D. geminata*.

C1: campaña 1; C2: Campaña 2; Presencia: color rojo; Ausencia: color verde; NA: no aplica; B: Bentos; F: Fitoplancton. Se indican las coordenadas geográficas, Datum y Huso.

Cuenca	Subcuenca	Estación muestreo	Coordenadas Geográficas Datum WGS84 HUSO 18		Presencia Ausencia	
			UTM ESTE	UTM NORTE	C ₁	C ₂
Rio Itata	Ñuble bajo	Ñuble 2 B	759.895	5.951.287		
Rio Itata	Ñuble bajo	Ñuble 2 A	760.077	5.951.211		
Rio Itata	Ñuble bajo	Cato B	764.444	5.950.293		
Rio Itata	Ñuble bajo	Cato A	764.604	5.950.127		
Rio Itata	Ñuble alto	Ñuble 1 B	808.050	5.947.082		
Rio Itata	Ñuble alto	Ñuble 1 A	808.112	5.946.923		
Rio Itata	Ñuble bajo	Niblinto B	788.461	5.945.031		
Rio Itata	Ñuble bajo	Niblinto A	788.534	5.944.877		
Rio Itata	Ñuble bajo	Chillán B	785.701	5.928.061	B	
Rio Itata	Ñuble bajo	Chillán A	785.742	5.928.042		
Rio Itata	Itata medio	Itata B	729.591	5.926.813		
Rio Itata	Itata medio	Itata A	729.604	5.926.611		
Rio Itata	Itata medio	Diguillin A	778.443	5.916.563		
Rio Itata	Itata medio	Diguillin B	778.290	5.916.473		
Rio Itata	Itata Alto (hasta rio Diguillin)	Danicalqui B	773.825	5.894.678		
Rio Itata	Itata Alto (hasta rio Diguillin)	Danicalqui A	773.994	5.894.310		

SBP 0010

Arch: Informe Final Proyecto FIP N° 2014-58.doc
Noviembre 2015

Cuenca	Subcuenca	Estación muestreo	Coordenadas Geográficas Datum WGS84 HUSO 18		Presencia Ausencia	
			UTM ESTE	UTM NORTE	C ₁	C ₂
Rio Itata	Itata Alto (hasta rio Diguillin)	Cholguan B	788.418	5.887.195		
Rio Itata	Itata Alto (hasta rio Diguillin)	Cholguan A	788.708	5.887.177		
Rio Bío Bío	Rio Laja Alto (hasta bajo junta Rio Rucue)	Laja	805.844	5.862.947	NA	
Rio Bío Bío	Rio Laja Alto (hasta bajo junta Rio Rucue)	Laja C	805.453	5.863.140		NA
Rio Bío Bío	Laja bajo	Caliboro	728.411	5.874.281		
Rio Bío Bío	Rio Laja Alto (hasta bajo junta Rio Rucue)	Laja A	797.324	5.865.790		
Rio Bío Bío	Rio Laja Alto (hasta bajo junta Rio Rucue)	Laja B	797.304	5.865.789		
Rio Bío Bío	Rio Laja Alto (hasta bajo junta Rio Rucue)	Rucue B	783.479	5.862.329		
Rio Bío Bío	Rio Laja Alto (hasta bajo junta Rio Rucue)	Rucue A	783.632	5.862.270		
Rio Bío Bío	Rio Laja Alto (hasta bajo junta Rio Rucue)	Rucue C	777.382	5.860.968		
Rio Bío Bío	Rio Bio-Bio entre Rio Vergara y Rio Laja	Guaqui B	721.076	5.858.863		
Rio Bío Bío	Rio Bio-Bio entre Rio Vergara y Rio Laja	Guaqui A	720.795	5.858.623		
Rio Bío Bío	Rio Bio-Bio entre Rio Vergara y Rio Laja	Nicodahue B	699.036	5.851.144		
Rio Bío Bío	Rio Bio-Bio entre Rio Vergara y Rio Laja	Nicodahue A	698.798	5.850.631		
Rio Bío Bío	Rio Bio-Bio entre Rio Vergara y Rio Laja	Tavoleo B	704.270	5.850.105		
Rio Bío Bío	Rio Bio-Bio entre Rio Vergara y Rio Laja	Tavoleo A	704.236	5.849.877	B	
Rio Bío Bío	Rio Duqueco	Cañicura B	780.848	5.845.621		
Rio Bío Bío	Rio Duqueco	Cañicura A	780.717	5.845.517		
Rio Bío Bío	Rio Duqueco	Duqueco A	724.793	5.841.711		
Rio Bío Bío	Rio Duqueco	Duqueco B	724.757	5.841.524		
Rio Bío Bío	Rio Bío Bio entre Duqueco y río	Estero Calbuco B	735.523	5.825.231	F	

SBP 0010

Arch: Informe Final Proyecto FIP N° 2014-58.doc
Noviembre 2015

Cuenca	Subcuenca	Estación muestreo	Coordenadas Geográficas Datum WGS84 HUSO 18		Presencia Ausencia	
			UTM ESTE	UTM NORTE	C ₁	C ₂
	Vergara					
Río Bío Bío	Río Bío Bio entre Duqueco y río Vergara	Estero Calbuco A	735.561	5.825.046		NA
Río Bío Bío	Río Bio-Bio entre Río Duqueco y Río Vergara	Mulchen B	743.309	5.819.775		F
Río Bío Bío	Río Bio-Bio entre Río Duqueco y Río Vergara	Mulchen A	743.148	5.819.475		
Río Bío Bío	Río Renaico	Mininco B	723.499	5.814.770	F	F
Río Bío Bío	Río Renaico	Renaico B	725.776	5.814.496	F	F
Río Bío Bío	Río Bio-Bio entre Río Duqueco y Río Vergara	Bureo B	762.482	5.814.425		
Río Bío Bío	Río Renaico	Mininco A	723.263	5.814.392		B
Río Bío Bío	Río Bio-Bio entre Río Duqueco y Río Vergara	Bureo A	762.697	5.814.355		
Río Bío Bío	Río Renaico	Renaico A	725.923	5.814.318		
Río Bío Bío	Río Bio-Bio entre Río Ranquil y Río Duqueco	Lirquen B	773.153	5.812.416		NA
Río Bío Bío	Río Bio-Bio entre Río Ranquil y Río Duqueco	Lirquen A	773.099	5.812.381		NA
Río Bío Bío	Río Bio-Bio entre Río Ranquil y Río Duqueco	Lirquen	776.023	5.813.680	NA	
Río Bío Bío	Río Bio-Bio entre Río Ranquil y Río Duqueco	Estero Coihueco	773.116	5.812.388	NA	
Río Bío Bío	Río Bio-Bio entre Río Ranquil y Río Duqueco	Bío Bío B	792.592	5.809.611	B	B F
Río Bío Bío	Río Bio-Bio entre Río Ranquil y Río Duqueco	Bío Bío A	792.547	5.809.223	B F	B
Río Bío Bío	Río Bio-Bio entre Río Ranquil y Río Duqueco	Queuco A	803.234	5.808.892		
Río Bío Bío	Río Bio-Bio entre Río Ranquil y Río Duqueco	Queuco B	802.850	5.808.667		F

SBP 0010

Arch: Informe Final Proyecto FIP N° 2014-58.doc
Noviembre 2015

Cuenca	Subcuenca	Estación muestreo	Coordenadas Geográficas Datum WGS84 HUSO 18		Presencia Ausencia	
			UTM ESTE	UTM NORTE	C ₁	C ₂
Rio Bío Bío	Rios Malleco y Vergara	Malleco B	711.097	5.806.106		F
Rio Bío Bío	Rios Malleco y Vergara	Malleco A	711.287	5.805.791		NA
Rio Bío Bío	Rio Bio-Bio entre Rio Ranquil y Rio Duqueco	Pangue A	797.726	5.800.322		
Rio Bío Bío	Rio Bio-Bio entre Rio Ranquil y Rio Duqueco	Pangue B	797.451	5.800.245		
Rio Bío Bío	Rio Bio-Bio Alto (Hasta después junta Rio Lamin)	Nirreco A	814.359	5.713.914		
Rio Bío Bío	Rio Bio-Bio Alto (Hasta después junta Rio Lamin)	Nirreco B	814.593	5.713.770		
Rio Bío Bío	Rio Malleco y Vergara	Malleco 1	779.656	5.765.620	NA	B F
Rio Bío Bío	Rio Bio-Bio entre Rio Ranquil y Rio Duqueco	Huequecura	787.756	5.827.727	NA	
Rio Imperial	Rio Lumaco	Quino A	735.313	5.757.127		
Rio Imperial	Rio Lumaco	Quino B	735.249	5.757.013		NA
Rio Imperial	Rio Lumaco	Quino C	702.115	5.756.063		NA
Rio Imperial	Rio Lumaco	Quino D	701.361	5.755.809		
Rio Imperial	R. Chol Chol	Quillehe	764.559	5.753.043		
Rio Imperial	Cautín Alto (hasta antes junta R. Quepe)	Indio A	784.126	5.740.000		
Rio Imperial	Cautín Alto (hasta antes junta R. Quepe)	Indio B	784.324	5.739.213		
Rio Imperial	Rio Quepe	Vilcun B	737.723	5.716.299		
Rio Imperial	Rio Quepe	Vilcun A	737.804	5.716.238		
Rio Imperial	Rio Quepe	Quepe A	736.315	5.715.404		NA
Rio	Rio Quepe	Quepe B	736.286	5.715.296		

SBP 0010

Arch: Informe Final Proyecto FIP N° 2014-58.doc
Noviembre 2015

Cuenca	Subcuenca	Estación muestreo	Coordenadas Geográficas Datum WGS84 HUSO 18		Presencia Ausencia	
			UTM ESTE	UTM NORTE	C ₁	C ₂
Imperial						
Rio Imperial	Rio Quepe	Quepe C	759.041	5.712.961		NA
Rio Imperial	Rio Quepe	Quepe D	759.218	5.712.461		
Rio Toltén	Rio Pucón	Quilleihue	797.095	5.616.073	NA	
Rio Toltén	Rio Allipen	Allipén B	792.695	5.691.209		
Rio Toltén	Rio Allipen	Allipén A	792.643	5.691.030		
Rio Toltén	Rio Allipen	Trafapulli B	770.345	5.667.422		
Rio Toltén	Rio Allipen	Trafapulli A	770.380	5.667.310		
Rio Toltén	Tolten Bajo	Donguil B	710.677	5.652.679		
Rio Toltén	Tolten Bajo	Donguil A	710.793	5.652.664		
Rio Toltén	Tolten Bajo	Huiscapi A	723.085	5.648.825		
Rio Toltén	Tolten Bajo	Huiscapi B	723.220	5.648.754	B	
Rio Toltén	Lago Villarica y Tolten Alto	Voipir	737.580	5.643.589	B	
Rio Toltén	Río Allipen	Trufu-Triful	790.260	5.695.740	NA	
Rio Valdivia	Rio Cruces	Cruces B	671.864	5.620.924		
Rio Valdivia	Rio Cruces	Cruces A	674.377	5.620.553		
Rio Valdivia	Rio Cruces	Iñaque	701.223	5.605.294		
Rio Valdivia	Rio Cruces	Mafil	673.818	5.605.162		
Rio Valdivia	Rio Cruces	Putregal	683.923	5.604.522		
Rio Valdivia	Rio Calle Calle	Estero Choco	667.379	5.591.142		
Rio Valdivia	Rio San Pedro	Quinchilca B	691.973	5.585.692		
Rio Valdivia	Rio San Pedro	Quinchilca A	692.480	5.585.259		
Rio Valdivia	Rio San Pedro	Putraique	709.377	5.579.087		
Rio Valdivia	Rio San Pedro	Remehue B	708.354	5.578.593		
Rio Valdivia	Rio San Pedro	Remehue A	708.067	5.578.344		
Rio Valdivia	Rio San Pedro	Trafun B	711.864	5.571.884		

SBP 0010

Arch: Informe Final Proyecto FIP N° 2014-58.doc
Noviembre 2015

Cuenca	Subcuenca	Estación muestreo	Coordenadas Geográficas Datum WGS84 HUSO 18		Presencia Ausencia	
			UTM ESTE	UTM NORTE	C ₁	C ₂
Rio Valdivia	Rio San Pedro	Trafun A	712.415	5.571.875		
Rio Valdivia	R. San Pedro (Entre desagüe L. Panguipulli y Bajo R. Quinchilca)	San Pedro	717.700	5.594.031	NA	
Rio Valdivia	Rio Calle Calle	Calle Calle	687.452	5.585.760	NA	B F
Rio Valdivia	R. Valdivia Bajo	Valdivia	649.783	5.591.156	NA	B F
Rio Bueno	Afluentes Lago Ranco	Calcurrupe	737.037	5.545.244	NA	
Rio Bueno	Afluentes Lago Ranco	Lago Maihue	753.882	5.539.416	NA	
Rio Bueno	Afluentes Lago Ranco	Quilman A	726.013	5.555.859		
Rio Bueno	Afluentes Lago Ranco	Quilman B	725.548	5.555.248		
Rio Bueno	Rio Bueno entre Lago Ranco y rio Pilmaiquen	Ignao	697.381	5.540.292		
Rio Bueno	Rio Bueno entre Lago Ranco y rio Pilmaiquen	Traiquen A	669.790	5.534.840		
Rio Bueno	Rio Bueno entre Lago Ranco y rio Pilmaiquen	Traiquen B	669.731	5.534.655		
Rio Bueno	Rio Bueno entre Lago Ranco y rio Pilmaiquen	Bueno B	665.297	5.534.409		
Rio Bueno	Rio Bueno entre Lago Ranco y rio Pilmaiquen	Bueno A	671.841	5.533.583		
Rio Bueno	Rio Pilmaiquen	Pilmaiquen B	667.190	5.527.794		
Rio Bueno	Rio Pilmaiquen	Currileufu	703.906	5.523.596	B	
Rio Bueno	Rio Pilmaiquen	Pilmaiquen A	677.029	5.521.285		NA
Rio Bueno	Rio Rahue Bajo	Damas B	660.617	5.506.562		F
Rio Bueno	Rio Rahue Bajo	Damas A	664.165	5.501.108		
Rio Bueno	Rio Negro	Forrahue A	651.189	5.481.601		B

SBP 0010

Arch: Informe Final Proyecto FIP N° 2014-58.doc
Noviembre 2015

Cuenca	Subcuenca	Estación muestreo	Coordenadas Geográficas Datum WGS84 HUSO 18		Presencia Ausencia	
			UTM ESTE	UTM NORTE	C ₁	C ₂
Rio Bueno	Rio Negro	Forrahue B	650.953	5.481.518	B	
Rio Bueno	Rio Rahue hasta antes junta Rio Negro	Coihueco B	689.504	5.470.049		
Rio Bueno	Rio Rahue hasta antes junta Rio Negro	Coihueco A	694.984	5.465.840		
Rio Bueno	Rio Bueno entre Lago Ranco y Rio Pilmaiquen	Puerto Lapi	702.555	5.541.434	-	
Rio Bueno	Rio Bueno entre Lago Ranco y Rio Pilmaiquen	Puente Río Bueno 1	673.847	5.533.851	-	
Rio Bueno	Rio Pilmaiquen	Desague Puyehue	702.234	5.493.941	-	
Rio Bueno	Rio Rahue hasta antes junta Rio Negro	Rahue	694.871	5.482.170	-	
Cuencas e Islas entre R.Bueno y R. Puelo	Rio Petrohue	Hueñu B	711.519	5.429.461		
Cuencas e Islas entre R.Bueno y R. Puelo	Rio Petrohue	Hueñu A	711.016	5.429.266		
Cuencas e Islas entre R.Bueno y R. Puelo	Costeras entre río Petrohue y río Puelo	del Este A	727.891	5.415.014		
Cuencas e Islas entre R.Bueno y R. Puelo	Costeras entre río Petrohue y río Puelo	del Este B	727.549	5.414.860		
Cuencas e Islas entre R.Bueno y R. Puelo	Costeras entre Rio Chamiza y Rio Petrohue	Rollizo A	722.940	5.408.239		
Cuencas e Islas entre R.Bueno y R. Puelo	Costeras entre Rio Chamiza y Rio Petrohue	Rollizo B	722.999	5.408.058		
Cuencas e Islas entre R.Bueno y R. Puelo	Costeras entre Rio Chamiza y Rio Petrohue	Chaica A	695.086	5.390.242		

SBP 0010

Arch: Informe Final Proyecto FIP N° 2014-58.doc
Noviembre 2015

Cuenca	Subcuenca	Estación muestreo	Coordenadas Geográficas Datum WGS84 HUSO 18		Presencia Ausencia	
			UTM ESTE	UTM NORTE	C ₁	C ₂
R. Puelo						
Cuencas e Islas entre R. Bueno y R. Puelo	Costeras entre Rio Chamiza y Rio Petrohue	Chaica B	694.934	5.390.064		
Cuencas e Islas entre R. Bueno y R. Puelo	Rio Petrohue	Petrohue/Hueñu Hueñu	714.608	5.439.817		
Cuencas e Islas entre R. Bueno y R. Puelo	Rio Maullin	Maullin	664.927	5.428.430		F
Rio Puelo	Río Manso	Río Frío B	751.116	5.379.116	B F	B F
Rio Puelo	Río Manso	Río Frío A	751.140	5.378.985	B	B F
Rio Puelo	Río Manso	Río Palace A	749.124	5.378.216	B	B F
Rio Puelo	Río Manso	Río Palace B	749.175	5.378.166	B F	B F
Rio Puelo	Rio Puelo Alto	Río Negro B	752.234	5.363.973		
Rio Puelo	Rio Puelo Alto	Río Negro A	752.308	5.363.898		
Rio Puelo	Rio Puelo Alto	Rio Mapocho	756.963	5.356.242		
Río Palena y Costeras límite X Región	Rio Palena entre frontera y rio Rosselot	Palena A	715.125	5.159.572	B F	
Río Palena y Costeras límite X Región	Rio Palena entre frontera y rio Rosselot	Palena C	715.292	5.158.979	B	NA
Río Palena y Costeras límite X Región	Rio Palena entre frontera y rio Rosselot	Azul B	755.543	5.157.480	F	F
Río Palena y Costeras límite X Región	Rio Palena entre frontera y rio Rosselot	Azul A	755.221	5.157.096		
Río Palena y Costeras límite X	Costeras entre limite X región y rio Palena	Rodríguez	682.063	5.144.538		

SBP 0010

Arch: Informe Final Proyecto FIP N° 2014-58.doc
Noviembre 2015

Cuenca	Subcuenca	Estación muestreo	Coordenadas Geográficas Datum WGS84 HUSO 18		Presencia Ausencia	
			UTM ESTE	UTM NORTE	C ₁	C ₂
Región						
Río Palena y Costeras límite X Región	Río Rosselot	Quinto B	722.065	5.129.278		
Río Palena y Costeras límite X Región	Río Rosselot	Quinto A	722.230	5.129.204		
Río Palena y Costeras límite X Región	Río Rosselot	Estero Seco A	724.472	5.117.682		
Río Palena y Costeras límite X Región	Río Rosselot	Estero Seco B	724.295	5.117.562	F	
Río Palena y Costeras límite X Región	Río Palena Bajo	Estero Bravo A	701.014	5.106.676		B
Río Palena y Costeras límite X Región	Río Palena Bajo	Estero Bravo B	700.914	5.106.650		
Costeras e Islas entre R. Palena y R. Aysén	Río Cisnes	Queulat B	698.178	5.065.083		
Costeras e Islas entre R. Palena y R. Aysén	Costeras entre Seno Ventisquero y Río Cisnes	Queulat A	699.961	5.063.855		
Islas entre R. Palena y R. Aysén	Río Cisnes	Cisnes 4	686.871	5.040.073	NA	F
Costeras e Islas entre R. Palena y R. Aysén	Río Cisnes	De Las Torres A	728.309	5.043.451	B	
Costeras e Islas entre R. Palena y R. Aysén	Río Cisnes	De Las Torres B	727.739	5.043.399	B F	B F
Costeras e Islas entre	Río Cisnes	Travieso B	721.493	5.040.874		

SBP 0010

Arch: Informe Final Proyecto FIP N° 2014-58.doc
Noviembre 2015

Cuenca	Subcuenca	Estación muestreo	Coordenadas Geográficas Datum WGS84 HUSO 18		Presencia Ausencia	
			UTM ESTE	UTM NORTE	C ₁	C ₂
R. Palena y R. Aysén						
Costeras e Islas entre R. Palena y R. Aysén	Rio Cisnes	Travieso A	721.462	5.040.840		NA
Río Aysén	Rio Mañihuales	Mañihuales A	724.309	5.002.001	B	B
Río Aysén	Rio Mañihuales	Mañihuales B	723.832	5.001.496	B F	B F
Río Aysén	Rio Mañihuales	Cañon A	718.283	4.988.395	B	B
Río Aysén	Rio Mañihuales	Cañon B	716.980	4.987.359	B F	B F
Río Aysén	Rio Mañihuales	Esperanza A	701.526	4.976.470	B	B F
Río Aysén	Rio Mañihuales	Esperanza B	699.913	4.975.734	B F	B F
Río Aysén	Rio Aisén entre Rio Riesco y Desembocadura	Pangal A	683.369	4.974.796	B	
Río Aysén	Rio Aisén entre Rio Riesco y Desembocadura	Pangal B	682.992	4.974.778	B	F
Río Aysén	Rio Aisén entre Rio Riesco y Desembocadura	Claro P	690.113	4.973.593	B F	B F
Río Baker	R. Baker entre Desague L. J. M. Carrera y R. de La Colonia	Chacabuco A	711.031	4.785.392	B	B
Río Baker	R. Baker entre Desague L. J. M. Carrera y R. de La Colonia	Chacabuco B	710.442	4.785.356	B F	F
Río Baker	R. Baker entre Desague L. J. M. Carrera y R. de La Colonia	Estero Maitén B	667.194	4.776.734		NA
Río Baker	R. Baker entre Desague L. J. M. Carrera y R. de La Colonia	Estero Maitén A	667.149	4.776.468		NA
Río Baker	R. Baker entre arriba R. de La Colonia y Desembocadura	Los Ñadis B	661.217	4.726.748		
Río Baker	R. Baker entre arriba R. de La Colonia y	Los Ñadis A	661.756	4.726.494	B	

SBP 0010

Arch: Informe Final Proyecto FIP N° 2014-58.doc
Noviembre 2015

Cuenca	Subcuenca	Estación muestreo	Coordenadas Geográficas Datum WGS84 HUSO 18		Presencia Ausencia	
			UTM ESTE	UTM NORTE	C ₁	C ₂
	Desembocadura					
Río Baker	Vertiente Sur Lago José Miguel Carrera	Mallín/Gral. Carrera	688.929	4.822.290	NA	

Fuente: Elaboración propia.

Se puede observar que en otoño no se observó *Didymo* en la cuenca del Itata ni en la de Toltén. Los mayores registros ocurrieron hacia el sur, con una importante presencia para la cuenca de Aysén, en la que de los ríos prospectados un 100 % fue registrado con *D. geminata* para la campaña de primavera-verano (C1) y cercano a un 90% para la campaña de otoño (C2).

No se observaron presencias para la C1 en las cuencas de Imperial y Costeras e Islas entre R. Palena y R. Aysén; y para la C2 en las cuencas de Itata, Imperial y Toltén. Comparando cualitativamente la C1 y C2 solo para la segunda campaña se observó un mayor número de presencias (57 %) en la cuenca Puelo respecto a la primera campaña (36 %). Sin embargo los sitios de prospección para la C1 fueron un total de 11 y para C2 fueron 7. La tendencia es que la factibilidad de registrar presencias fue mayor en primavera-verano que en otoño.

5.2 Objetivo 2: Determinar cambios de *D. geminata* en cuencas positivas y otras prospectadas en ocasiones anteriores.

Este tipo de muestreo corresponde a seguimiento, el cual consiste en registrar en un punto de muestreo ya georreferenciado, presencia/ausencia de acuerdo a la metodología indicada anteriormente (ver 4.5.2.2).

Se recopiló fuentes de información disponible, considerando principalmente las siguientes:

- Informes disponibles de Subpesca y Sernapesca desde el año 2011 a 2013. Esto incorporan monitoreos ejecutados por POCH-UChile; CIEP, Cien Austral, AMAKAIK.
- Base de dato de Los Lagos, del proyecto ejecutado por UChile-POCH. "Desarrollo de una plataforma *online* para el apoyo a la gestión de ecosistemas dulceacuícolas para la sustentabilidad productiva y recreativa de cuencas ante la amenaza del alga invasiva *Didymosphenia geminata*". Proyecto de Bienes Públicos para la Competitividad. CORFO INNOVA.
- Solicitud de interés de información por parte de SUBPESCA y SERNAPESCA.

En la Tabla 6, se indica un resumen de los resultados de evaluación de seguimiento de *D. geminata* por cada estación de muestreo. Se indica específicamente la información por cuenca, subcuenca, río y georreferencia correspondiente. En total se informan para 9 cuencas hidrográficas con 52 estaciones de muestreo, para la Campaña 1 y 53 estaciones de muestreo para la Campaña 2.

Para la campaña 1 se observó que en un 100 % de las estaciones de muestreo se registró Presencia de *D.geminata* y para la campaña 2 la presencia fue de un 94,2 %. Para la campaña 1, específicamente para el componente bentos hubo dos excepciones en los cuales no fue detectado, pues estuvo ausente en la cuenca Costeras e Islas entre R. Palena y R. Aysén, con la estación de muestreo río Cisnes y en la cuenca de Aysén con la estación de muestreo Arroyo Cea. Para el componente fitoplancton, también se presentaron excepciones, e cuatro casos, cuenca Puelo con la estación Puelo A; cuenca Yelcho con estación Yelcho B; y cuenca Aysén con las estaciones Mañihuales C y Emperador Guillermo A. Para la campaña 2 de las estaciones de muestreo con presencias la mayoría fue registrado en el bentos a excepción de cinco casos en que sólo fue detectado en el fitoplancton, las que fueron las siguientes: cuenca Bío Bío estación Bío Bío C; cuenca Toltén con estación Pucón; cuenca Valdivia con estación Enco; cuenca Yelcho con estación Yelcho A; y cuenca Río Palena y Costeras límite X Región con estación Risopatrón (Tabla 6).

Tabla 6. Muestreo de seguimiento *D. geminata*.

C1: campaña 1; C2: Campaña 2; Presencia: color rojo; Ausencia: color verde; B: Bentos; F: Fitoplancton. Se indican las coordenadas geográficas, Datum y Huso.

Cuenca	Subcuenca	Estación	Coordenadas Geográficas Datum WGS 84 HUSO 18		Presencia Ausencia	
			UTM ESTE	UTM NORTE	C ₁	C ₂
Río Bío Bío	Río Bio-Bio Alto (Hasta después junta Río Lamin)	Bío Bío C	823.998	5.764.769	B F	F
Río Bío Bío	Río Bio-Bio Alto (Hasta después junta Río Lamin)	Bío Bío D	824.013	5.749.694	B F	B F
Río Bío Bío	Río Bio-Bio Alto (Hasta después junta Río Lamin)	Bío Bío E	827.838	5.742.084	B F	B F
Río Bío Bío	Río Bio-Bio Alto (Hasta después junta Río Lamin)	Bío Bío F	831.098	5.731.480	B F	B F
Río Tolten	Río Pucón	Pucón	767.154	5.649.318	B F	F
Río Tolten	Río Pucón	Liucura	768.420	5.649.234	B F	B F
Río Valdivia	Río San Pedro	San Pedro	695.303	5.592.102	B F	B F
Río Valdivia	Río Valdivia Alto	Fuy	757.043	5.587.417	B F	B F
Río Valdivia	Río Valdivia Alto	Llanquihue	753.127	5.587.256	B F	B F
Río Valdivia	Río San Pedro	Enco	742.772	5.578.508	B F	F
Río Puelo	Río Puelo bajo	Puelo A	735.641	5.385.893	B	B F
Río Puelo	Río Puelo Alto	Puelo B	743.005	5.377.342	B F	B F
Río Puelo	Río Puelo Alto	Puelo C	754.999	5.352.426	B F	B F
Río Puelo	Río Puelo Alto	Puelo D	756.624	5.345.332	B F	B F
Río Yelcho	Río Yelcho	Yelcho A	685.717	5.239.917	B F	F
Río Yelcho	Río Yelcho	Yelcho B	708.828	5.216.550	B	
Río Yelcho	Río Futaleufu	Noroeste A	751.849	5.215.730	B F	B F
Río Yelcho	Río Futaleufu	Bellavista	752.841	5.214.663	B F	B F
Río Yelcho	Río Futaleufu	Futaleufu A	763.335	5.214.098	B F	B F
Río Yelcho	Río Futaleufu	Noroeste B	751.689	5.213.735	B F	B F
Río Yelcho	Río Futaleufu	Espolon A	754.105	5.213.627	B F	B F
Río Yelcho	Río Futaleufu	Espolon B	750.871	5.212.323	B F	B F

SBP 0010

Arch: Informe Final Proyecto FIP N° 2014-58.doc

Noviembre 2015

Cuenca	Subcuenca	Estación	Coordenadas Geográficas Datum WGS 84 HUSO 18		Presencia Ausencia	
			UTM ESTE	UTM NORTE	C ₁	C ₂
Río Yelcho	Río Futaleufu	Espolon C	754.244	5.212.245	B F	B F
Río Yelcho	Río Futaleufu	Espolon D	754.884	5.211.701	B F	B F
Río Yelcho	Río Futaleufu	Futaleufu B	755.472	5.210.876	B F	B F
Río Yelcho	Río Futaleufu	Futaleufu C	735.562	5.187.661	B F	B F
Río Palena y Costeras límite X Región	Río Palena entre frontera y río Rosselot	Palena B	740.214	5.162.732	B F	B F
Río Palena y Costeras límite X Región	Río Palena Bajo	Palena D	697.708	5.125.705	B F	
Río Palena y Costeras límite X Región	Río Palena Bajo	Palena E	694.413	5.123.732	B F	
Río Palena y Costeras límite X Región	Río Rosselot	Figueroa B	722.686	5.118.041	B F	B F
Río Palena y Costeras límite X Región	Río Palena Bajo	Risopatrón	703.571	5.114.069	B F	F
Río Palena y Costeras límite X Región	Río Rosselot	Figueroa A	733.960	5.103.895	B F	B F
Río Palena y Costeras límite X Región	Río Rosselot	Pico B	744.825	5.101.671	B F	B F
Río Palena y Costeras límite X Región	Río Rosselot	Pico D	751.752	5.101.274	B F	B F
Río Palena y Costeras límite X Región	Río Rosselot	Pico C	751.966	5.101.200	B F	B F
Río Palena y Costeras límite X Región	Río Rosselot	Pico A	753.173	5.100.877	B F	B F
Costeras e Islas entre R. Palena y R. Aysén	Río Cisnes	Cisnes	718.115	5.048.448	F	B
Río Aysén	Río Mañihuales	Mañihuales C	724.720	5.013.670	B	B F
Río Aysén	Río Mañihuales	Ñirehuao	726.202	4.994.658	B F	B F
Río Aysén	Río Mañihuales	Emperador Guillermo A	721.030	4.981.849	B	B F
Río Aysén	Río Mañihuales	Emperador Guillermo B	730.369	4.976.961	B F	B F
Río Aysén	Río Aysén entre Río Riesco y	Aysén	685.194	4.969.138	B F	B F

SBP 0010

Arch: Informe Final Proyecto FIP N° 2014-58.doc

Noviembre 2015

Cuenca	Subcuenca	Estación	Coordenadas Geográficas Datum WGS 84 HUSO 18		Presencia Ausencia	
			UTM ESTE	UTM NORTE	C ₁	C ₂
	Desembocadura					
Río Aysén	Río Simpson	Simpson A	701.257	4.966.655	B F	B F
Río Aysén	Río Simpson	Coyhaique A	740.686	4.952.399	B F	B F
Río Aysén	Río Simpson	Coyhaique B	731.260	4.949.798	B F	B F
Río Aysén	Río Simpson	Claro S	726.154	4.947.790	B F	B F
Río Aysén	Río Simpson	Arroyo Cea	717.985	4.939.259	F	B F
Río Aysén	Río Simpson	Pollux	729.143	4.935.982	B F	B F
Río Aysén	Río Simpson	Simpson B	725.798	4.932.771	B F	B F
Río Aysén	Río Simpson	Arroyo El Arco	723.990	4.929.304	B F	B F
Río Aysén	Río Riesco	Afluente Lago La Paloma	727.551	4.915.387	B F	B F
Río Baker	R. Baker entre arriba R. de La Colonia y Desembocadura	Baker	632.141	4.711.160	B F	B F

Fuente: Elaboración propia.

A continuación se señala una tabla resumen de los resultados de seguimiento por cuenca (tabla 7), donde se observa que en todas las estaciones de muestreo se registró presencia del alga, a excepción de tres estaciones para la campaña de otoño.

Tabla 7. Monitoreo de seguimiento por cuenca.

Cuenca	Campaña 1			Campaña 2		
	N° estaciones	P	A	N° estaciones	P	A
Río Biobío	4	4	0	4	4	0
Río Toltén	2	2	0	2	2	0
Río Valdivia	4	4	0	4	4	0
Río Puelo	4	4	0	4	4	0
Yelcho	12	12	0	12	11	1
Río Palena y Costeras límite X Región	10	10	0	10	8	2

SBP 0010

Arch: Informe Final Proyecto FIP N° 2014-58.doc

Noviembre 2015

Cuenca	Campaña 1			Campaña 2		
	N° estaciones	P	A	N° estaciones	P	A
Costeras e Islas entre R. Palena y R. Aysén	1	1	0	1	1	0
Río Aysén	14	14	0	14	14	0
Río Baker	1	1	0	1	1	0
Total	52	52	0	52	49	3

Fuente: Elaboración propia.

5.3 Resultados componente Biológico

5.3.1 Fitoplancton

Se realizó un análisis integrado de fitobentos considerando monitoreo de prospección y seguimiento.

5.3.1.1 Abundancia

La distribución de las abundancias de cada una de las cuencas estudiadas durante C1 (Figura 14), muestra que los valores máximos obtenidos superaron las 100.000 cél/m y que las cuencas de Bueno y Yelcho alcanzaron los promedios más altos.

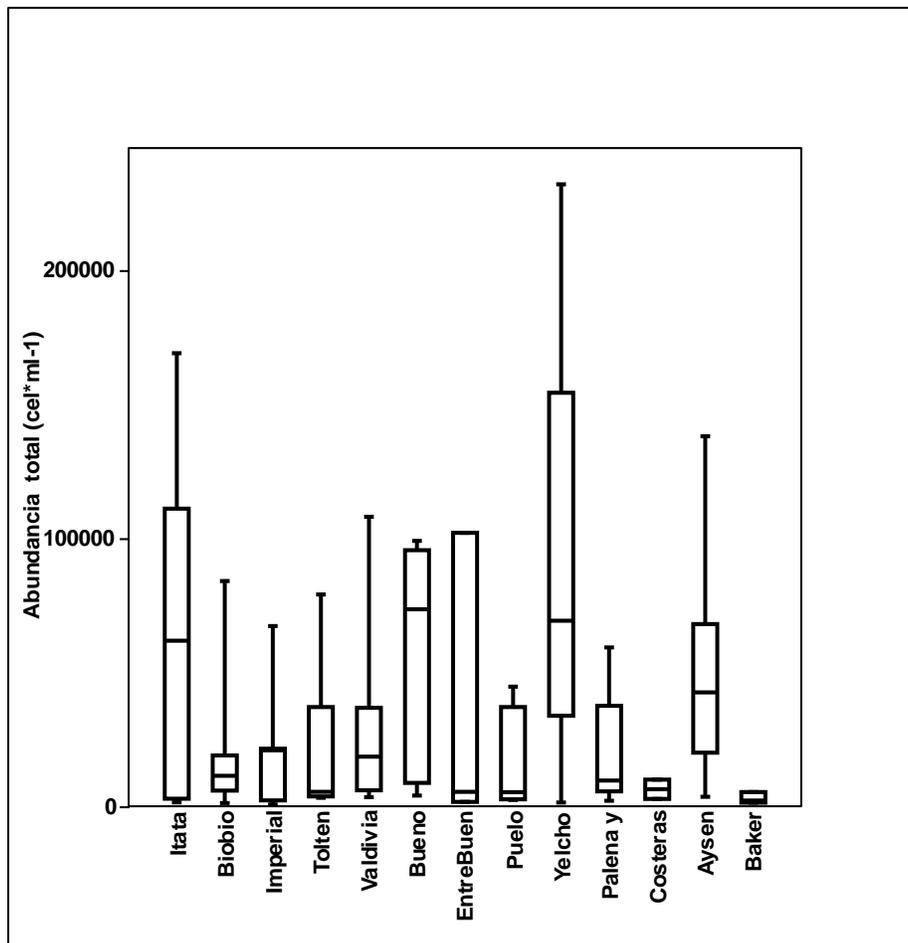


Figura 14. Abundancia total (cél/ml) del fitoplancton en campaña C1.

La distribución de las abundancias de cada una de las cuencas estudiadas durante C2 (Figura 15) muestra que el valor máximo para el fitoplancton supera sólo para el caso de la cuenca del Bueno las 80.000 células/ml. Se destacan también Aysén y Yelcho con valores máximos altos y los valores máximos más bajos se observaron en las cuencas Costeras límite X Región y Baker. Los valores promedio más altos se observaron en Valdivia, Yelcho y Bio Bio (Figura 15).

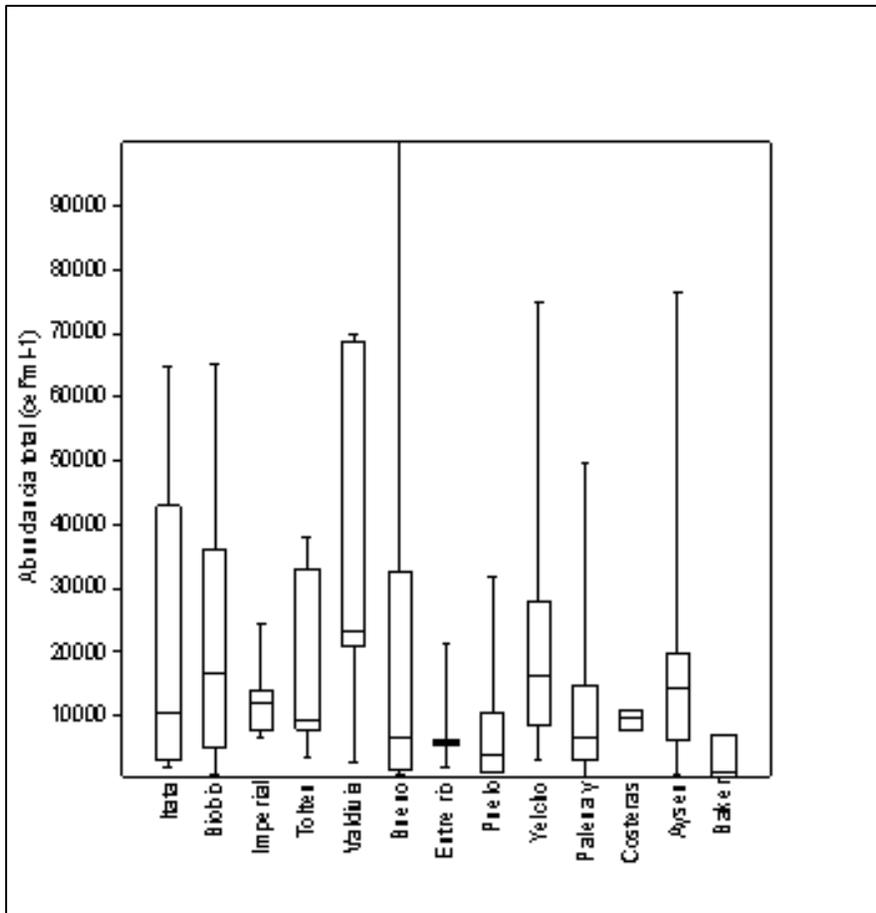


Figura 15. Abundancia total (cél/mL) del fitoplancton en campaña C2.

5.3.1.2 Riqueza

La Figura 16 muestra la riqueza de especies que fluctúa entre 6 y 24 taxones, las cuencas más variables fueron: Valdivia, Bueno, Puelo, Palena Costeras límite X region.

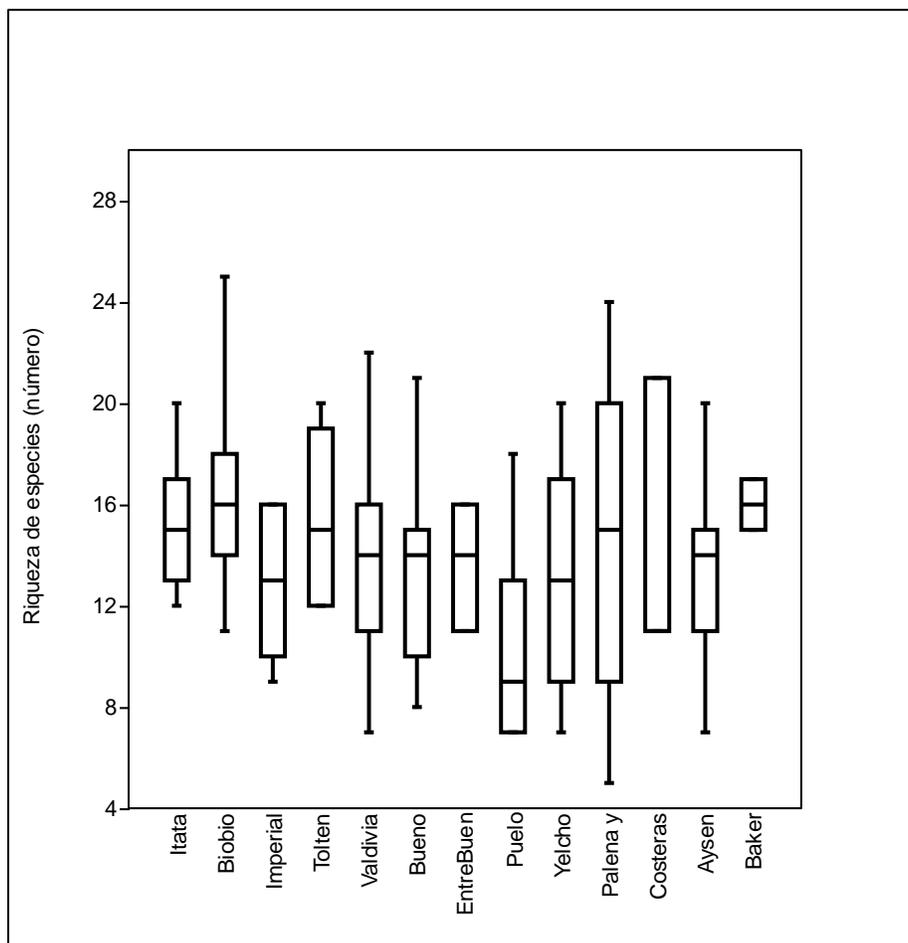


Figura 16. Riqueza de especies del fitoplancton en campaña C1.

Para C2 se observa que la riqueza de especies fluctúa entre 3 y 21 taxones, siendo las cuencas de los ríos Itata, Bio Bio, Aysén y Palena las que presentaron los valores más altos (Figura 17).

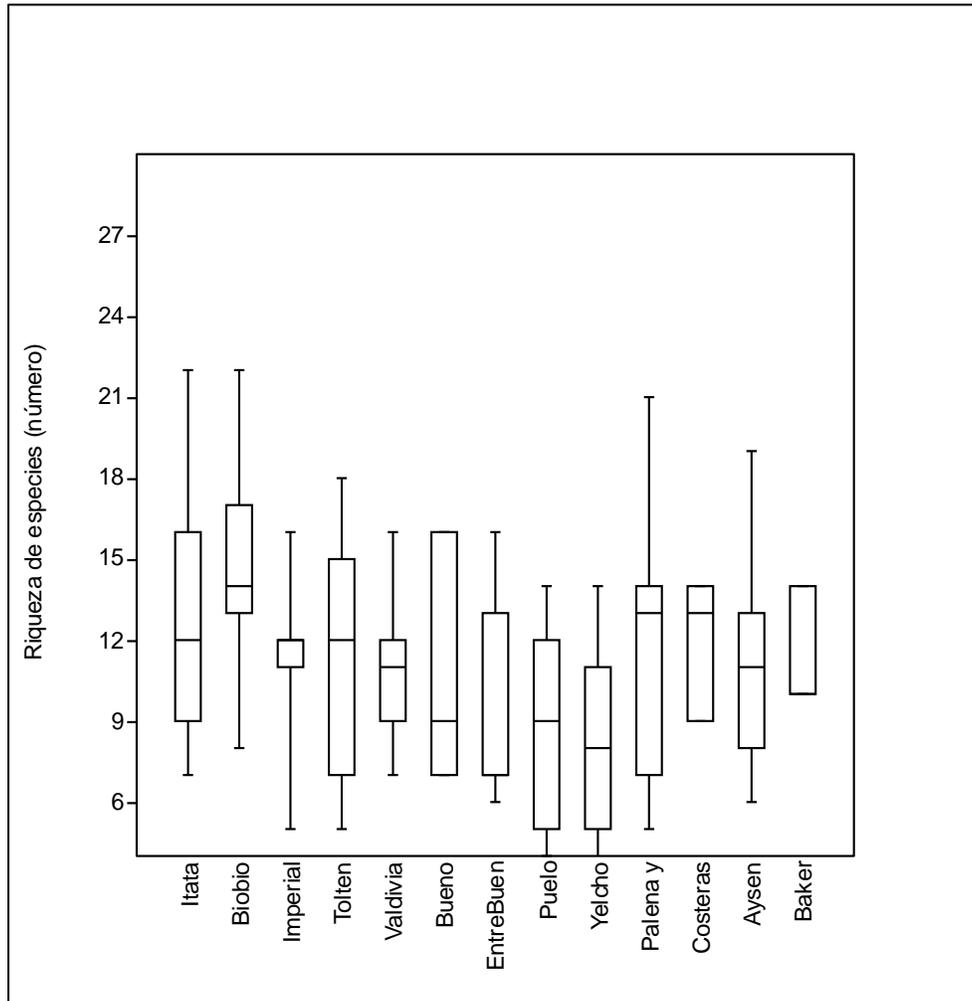


Figura 17. Riqueza de especies del fitoplancton en campaña C2.

5.3.1.3 Biodiversidad

El diagrama de cajas sobre la diversidad de especies del fitoplancton en función de las cuencas estudiadas durante la campaña de primavera-verano, muestra que los valores máximos y promedios más altos ($H' = 1,5-2,4$) fueron los de las cuencas del Bio Bio, Yelcho, Palena y Aysén (Figura 18).

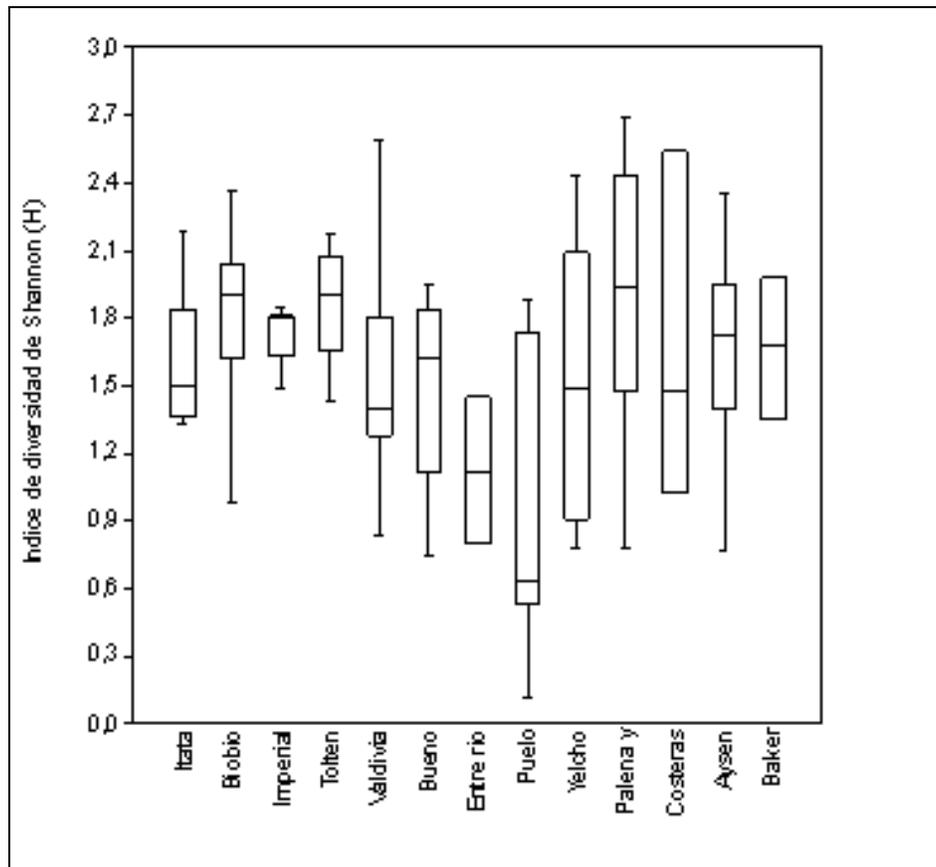


Figura 18. Índice de diversidad de especies (H') del fitoplancton campaña C1.

La diversidad de especies en función de las cuencas estudiadas durante la campaña de otoño, muestra que los valores H' máximos y promedios más altos se presentaron en las cuencas de Bio Bio, Palena y Aysén (Figura 19).

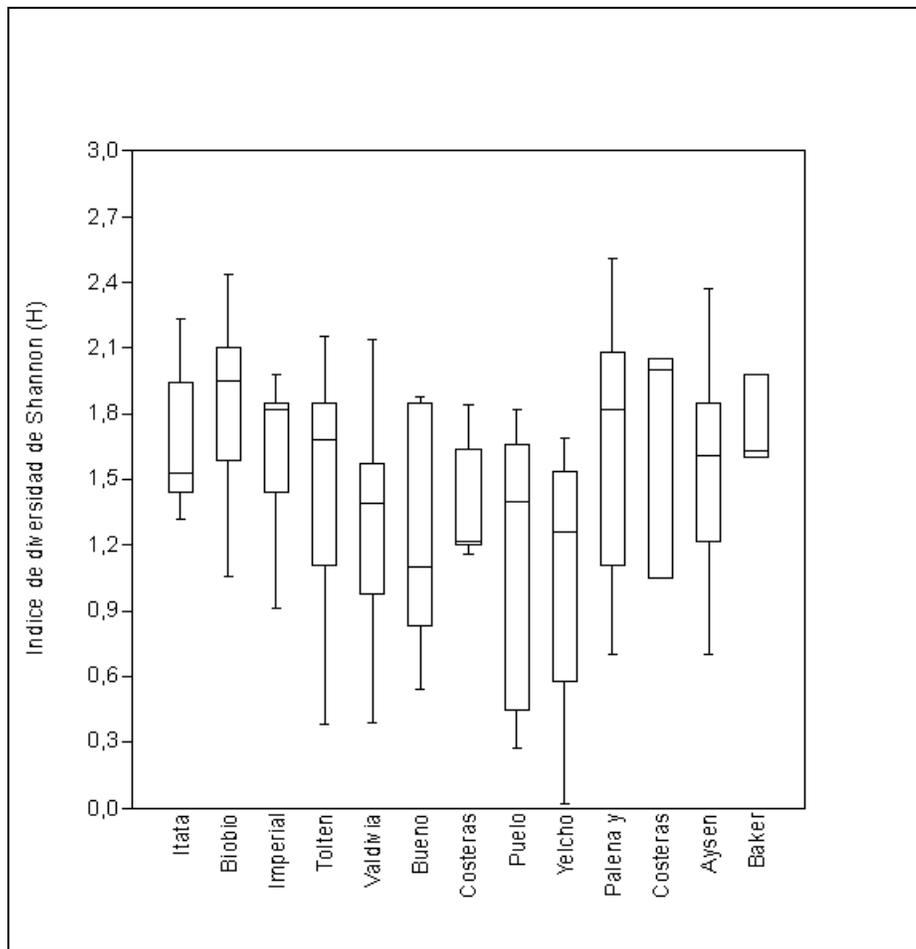


Figura 19. Índice de diversidad de especies (H') del fitoplancton en campaña C2.

5.3.1.4 Equitatividad

El diagrama de cajas sobre el índice de equitatividad (J) del fitoplancton en función de las cuencas estudiadas durante la campaña de primavera-verano (Figura 20), muestra que las cuencas de Itata y Bio Bio presentaron los valores más altos del cuartil superior y en conjunto con las cuencas más australes desde Palena y costeras límite X Región hasta Aysén fueron las más equitativas en la distribución de sus especies.

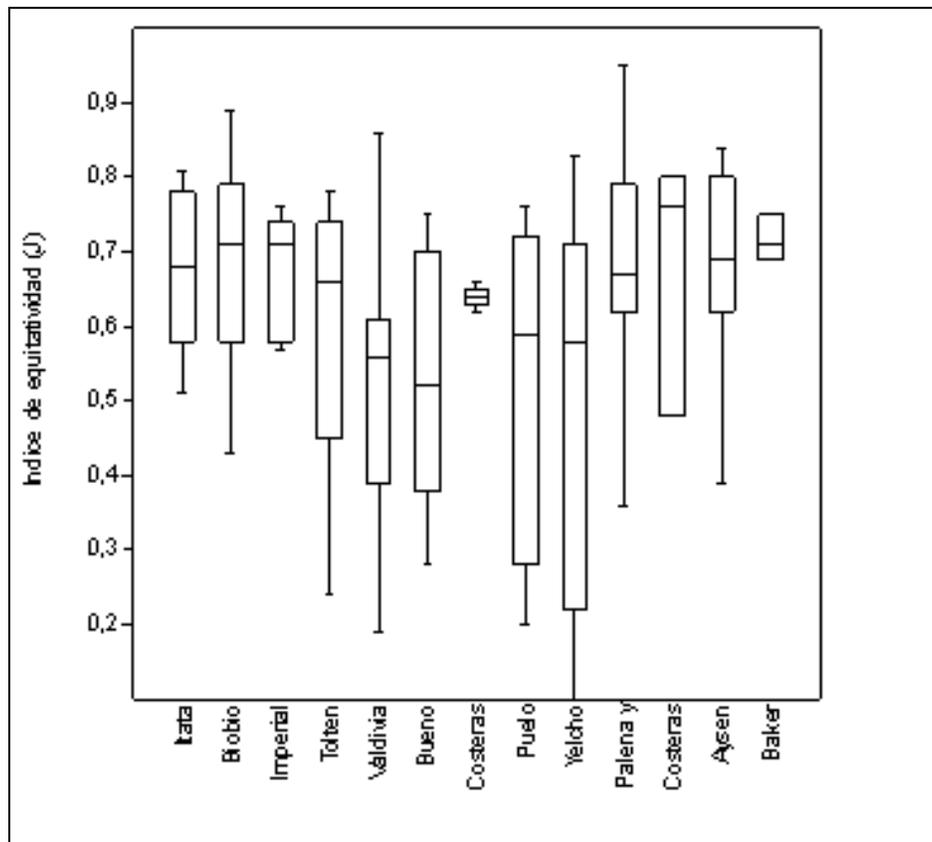


Figura 20. Índice de equitatividad (J) del fitoplancton campaña C1.

El diagrama de cajas muestra que los valores más altos del cuartil superior de la equitatividad en fitoplancton durante la campaña de otoño (Figura 21), se registraron para las cuencas de Bio Bio, Toltén y Valdivia y para Palena y Costeras límite X Región que también fueron las más equitativas en relación a la distribución de sus taxones.

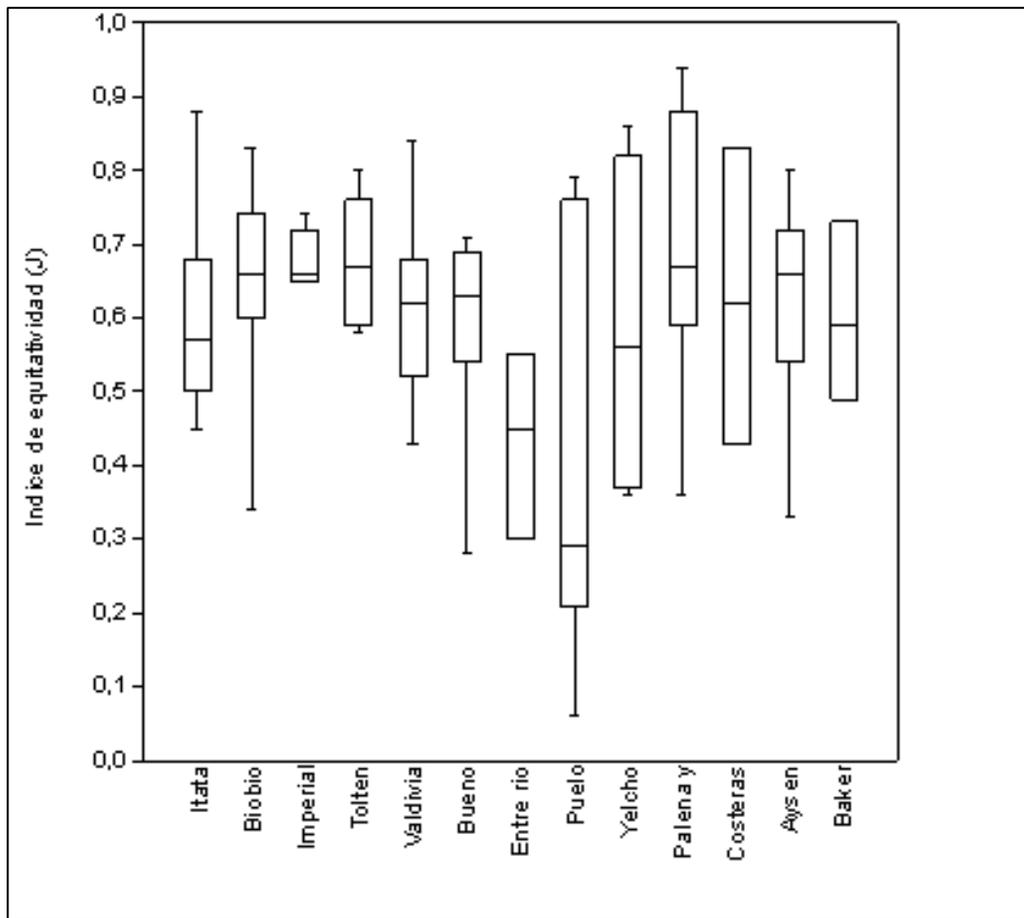


Figura 21. Índice de equitatividad (J) del fitoplancton campaña C2.

Cabe destacar que tanto la diversidad de especies (H') como la equitatividad (J) muestran un patrón espacialmente bimodal que se inicia desde el norte hasta cuenca del Bueno, luego en la cuenca del Puelo se detectan los valores más bajos y vuelve a aumentar hasta la cuenca del Baker, esto se visualiza tanto para la primera como para la segunda campaña.

5.3.1.5 Análisis de agrupaciones en base a parámetros comunitarios

En base a los índices comunitarios de diversidad de Shannon-Wiever y de equitatividad, se realizó un análisis de agrupamiento UPGMA (Unweighted Pair Group Method using Arithmetic averages) utilizando la distancias Euclidianas, para ordenar los ríos de acuerdo al índice de diversidad, equitatividad y el logaritmo de la riqueza, además se midió la robustez de este análisis utilizando bootstrap (n=1000) con el software PAST 3.05 (Hammer et al. 2001).

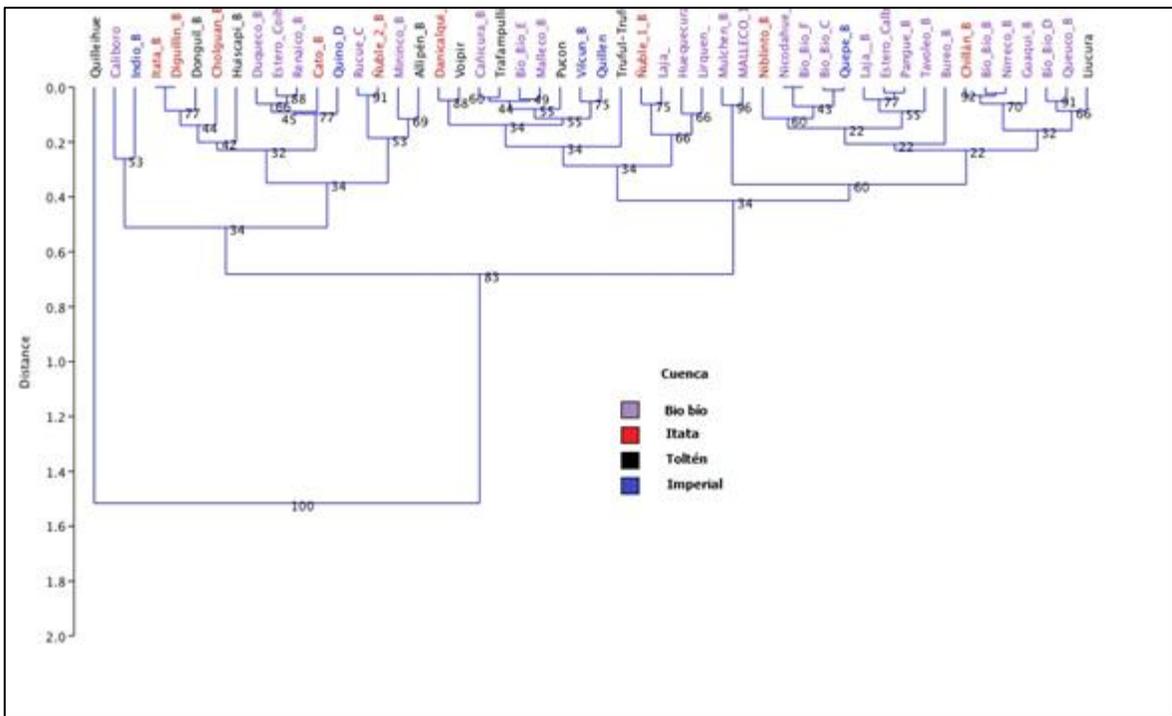


Figura 22. Clúster de parámetros comunitarios en fitoplancton, para los ríos de las cuencas de Biobío, Itata, Toltén e Imperial (C1).

Se observa en la Figura 22 dos ramas principales: una compuesta por los ríos de la cuenca de Biobío (en violeta) y otra compuesta por los ríos de la cuenca de Itata (en rojo) con algunos sitios de la cuenca del Toltén e Imperial incluidas. Esto probablemente es atribuible a similitudes tróficas.

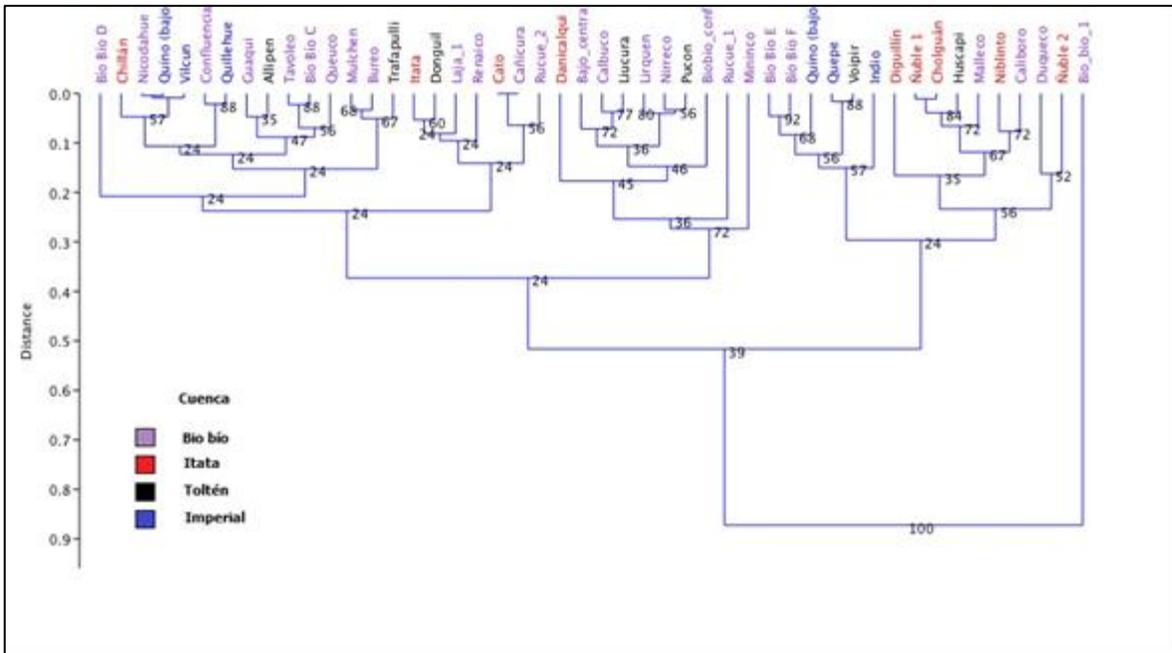


Figura 23. Clúster de parámetros comunitarios en fitoplancton, para los ríos de las cuencas de Biobío, Itata, Toltén e Imperial (C2).

En la Figura 23 las dos ramas que se observan agrupan a la derecha ríos de la cuenca del Itata y el Imperial y a la izquierda mayoritariamente ríos de la cuenca del Biobío.

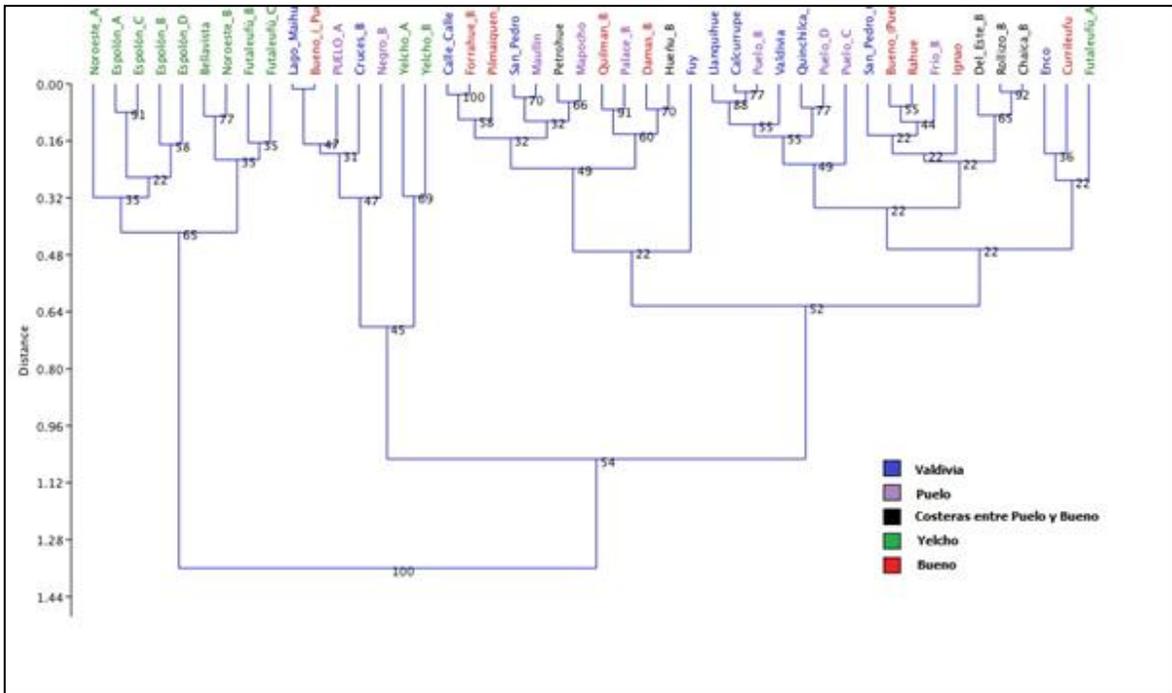


Figura 24. Clúster de parámetros comunitarios en fitoplancton, para los ríos de las cuencas de Valdivia, Puelo, costeras entre río Puelo y río Bueno, río Yelcho y río Bueno (C1).

La Figura 24 muestra que los ríos de la cuenca del Puelo se agrupan mostrando un árbol robusto con un ordenamiento del resto bastante mezclado (no se observa un patrón claro) y en donde en un grupo están las cuencas del Bueno, Valdivia, Puelo y Yelcho. En el segundo grupo se observa algo similar pero con mayor número de sitios de las cuencas Valdivia y Puelo.

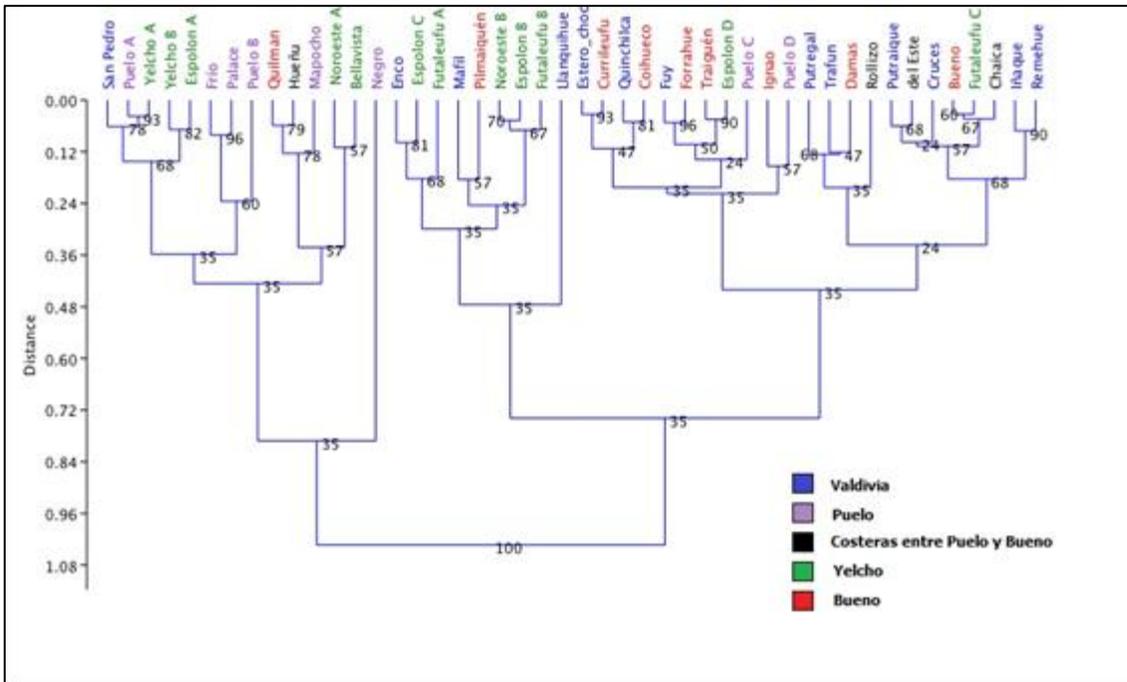


Figura 25. Clúster de parámetros comunitarios en fitoplancton, para los ríos de las cuencas de Valdivia, Puelo, costeras entre río Puelo y río Bueno, río Yelcho y río Bueno (C2).

La Figura 25 presenta árboles levemente diferenciados siendo todos menores al 50%.

En la Figura 26 se observa un conglomerado perteneciente a ríos de la cuenca del Palena y costeras y por otra parte se agrupan los ríos de la cuenca de Aysén. En la Figura 27 no se observan agrupaciones significativas en C2.

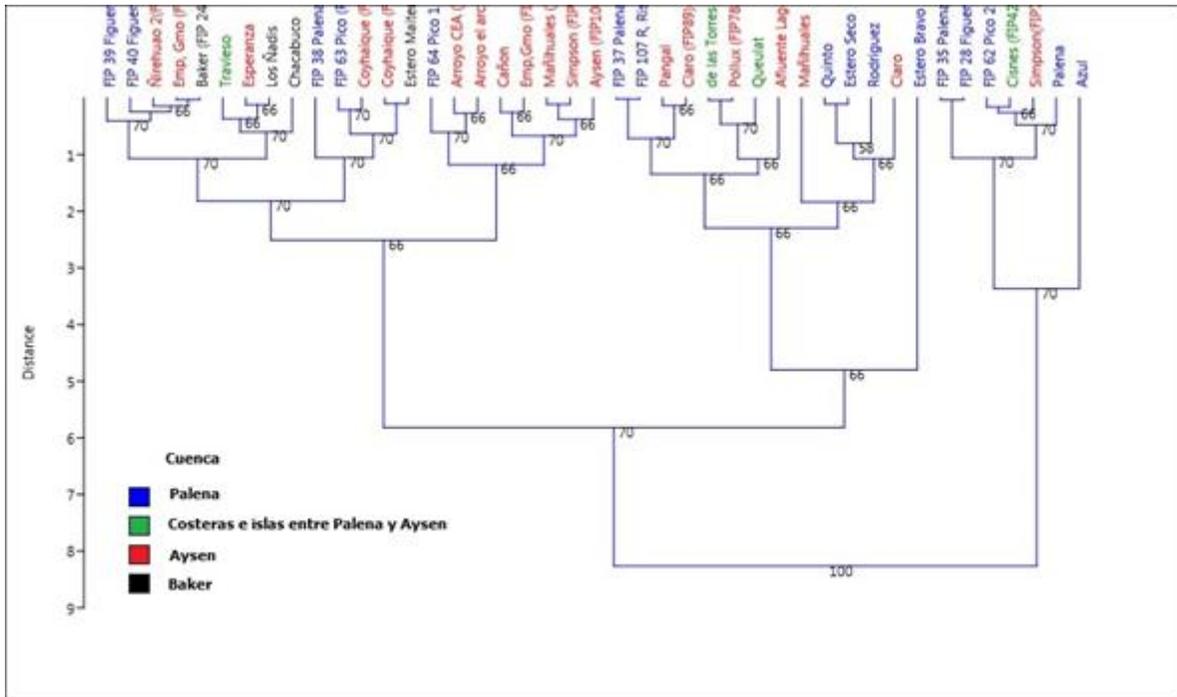


Figura 26. Clúster parámetros comunitarios en fitoplancton, para los ríos de las cuencas de río Palena y costeras límite X Región, costeras e islas entre río Palena y río Aysén, río Aysén y río Baker (C1).

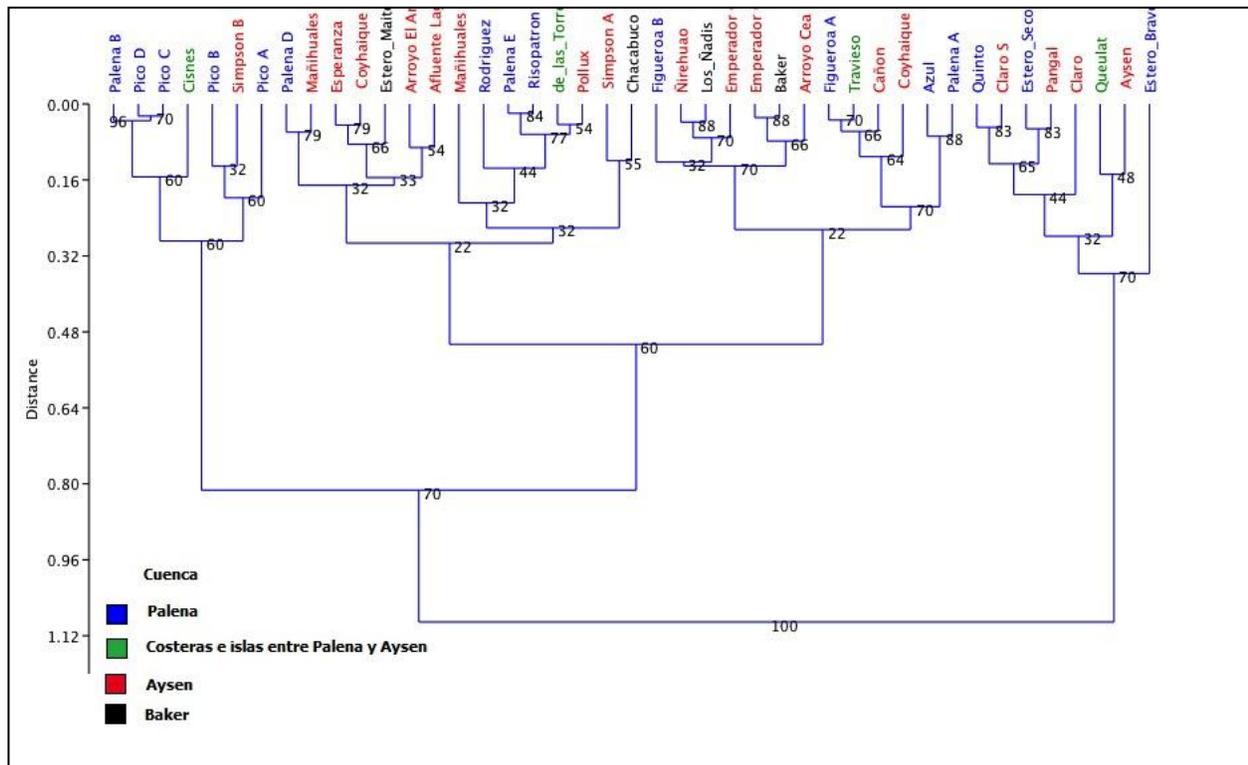


Figura 27. Clúster de parámetros comunitarios en fitoplancton, para los ríos de las cuencas de río Palena y costeras límite X Región, costeras e islas entre río Palena y río Aysén, río Aysén y río Baker (C2).

5.3.1.6 Análisis de los resultados para fitoplancton

Al comparar las abundancias máximas del fitoplancton entre las dos campañas, esta fue menor en C2, como también lo fue la riqueza (Figs. 16 y 17), que disminuyó en C2; ya que se observa que el máximo de taxones oscila entre 15 y 20 y en C1 alcanzaba hasta 22-24. Especialmente en ambas campañas se insinúa una disminución de los promedios de cada cuenca (<15) de norte a sur hasta las cuencas Puelo y Yelcho y luego un aumento hasta la cuenca de Baker. Estos resultados se reflejan en la diversidad de especies y en donde H' presentó una disminución general en la campaña de otoño.

En relación al análisis de equitatividad no hubo grandes diferencias entre ambas campañas y en los análisis de agrupamiento no fue clara la persistencia de

agrupamientos o separaciones entre cuencas, con excepción del sector centro-sur norte, que permitan adelantar agrupaciones marcadamente distintivas.

La menor o mayor robustez de los agrupamientos obtenidos con los parámetros comunitarios del fitoplancton en las campañas C1 y C2 del sector centro-sur sur reflejan alta o baja similitud de los sitios muestreados, probablemente atribuible a la mismas características hidrológicas de los ríos de las diferentes cuencas. Los clúster son más o menos robustos de acuerdo con las cuencas de los respectivos sectores geográficos sur-norte, sur-centro, sur-sur. En el sector centro sur-norte la cuenca del Bio Bio se mantuvo diferente de Itata e Imperial, para el sector centro sur-centro un grupo robusto fue el conformado por los ríos Mafil, Pilmaiquen, Llanquihue de la cuenca del Bueno y río Valdivia. Para el sector centro sur-sur, los ríos Palena, Simpson y Cisnes se agrupan tanto en C1 como en C2 y separados de la cuenca del Aysén.

5.3.2 Diatomeas de fitobentos

Se realizó un análisis integrado de las diatomeas del fitobentos considerando monitoreos de prospección y seguimiento.

5.3.2.1. Abundancia relativa de *Didymosphenia geminata* en diatomeas del bentos

La abundancia relativa de *D. geminata* en las diatomeas del bentos (Tabla 8, **Anexo XIII**) alcanzó para el total de los sitios en la campaña de primavera-verano (C1) un 20% como valor promedio y de 4.5 % en otoño (C2) con máximos de hasta un 90,5 % en río Puelo B, cuenca Puelo. Valores máximos $\geq 20\%$ se registraron en C2 solamente en Pico D y Arroyo El Arco en la cuenca Palena y costera límite X Región y cuenca Aysén.

Tabla 8. Abundancia relativa de *D. geminata* (en %) en el fitobentos (bentos).

Durante las campañas de primavera-verano 2014 (C1) y otoño 2015 (C2) en diferentes sitios y en 13 cuencas ordenadas de norte a sur (*). *Valores > 0,0 significa que hubo *D. geminata* en los recuentos.

C1			C2				
Cuenca	Sitio	bentos	Cuenca	Sitio	bentos		
Itata	Chillan B	3,0	Itata	-	-		
	Bio Bio	Tavoleo A		0,8	Bio Bio	Tavoleo A	0,0
		Mininco (A y B)		0,0		Mininco B	0,0
		Renaico (A y B)		0,0		Renaico B	0,0
		Bio Bio A		0,4		Bio Bio B	1,0
		Bio Bio C		14,9		Bio Bio C	0,0
		Bio Bio D		34,5		Bio Bio D	5,3
		Bio Bio E		57,6		Bio Bio E	5,9
		Bio Bio F		58,2		Bio Bio F	2,5
		Malleco A		0,0		Malleco 1	0,0
		Malleco B		0,0		Malleco B	0,0
		Queuco B		0,0		Queuco B	0,0
		Mulchen B		0,0		Mulchen B	0,0
Mininco A	0,0	Mininco A	0,5				
Toltén	Pucón	3,5	Toltén	Pucón	0,0		
	Liucura	0,8		Liucura	1,0		
	Huiscapi B	80,2		Huiscapi B	0,0		
	Voipir	1,0		Voipir	0,0		
Valdivia	Fuy	50,7	Valdivia	Fuy	0,5		
	Enco	11,2		Enco	0,0		
	Llanquihue	6,0		Llanquihue	0,0		
	San Pedro	15,3		San Pedro	0,0		
	-	-		Calle Calle	0,5		
	-	-		Valdivia	0,0		
Puelo	Palace B	47,9	Puelo	Palace B	2,0		
	Puelo A	0,0		Puelo A	0,0		
	Puelo B	90,5		Puelo B	7,5		
	Puelo C	10,5		Puelo C	3,0		
	Puelo D	10,5		Puelo D	0,8		

C1			C2		
Cuenca	Sitio	bentos	Cuenca	Sitio	bentos
	Frío B	33,0		Frio B	1,0
	Frío A	35,0		Frio A	8,2
	Palace A	1,4		Palace A	4,5
Yelcho	Bellavista	84,7	Yelcho	Bellavista	3,1
	Futaleufu A	9,9		Futaleufu A	0,5
	Futaleufu B	58,9		Futaleufu B	0,9
	Noroeste A	57,6		Noroeste A	6,9
	Noroeste B	78,3		Noroeste B	9,2
	Yelcho A	11,3		Yelcho A	0,0
	Espolón A	11,5		Espolón A	0,4
	Espolón B	61,5		Espolón B	0,9
	Espolón C	10,2		Espolón C	4,5
	Espolón D	19,2		Espolón D	2,7
	Futaleufu C	4,1		Futaleufu C	1,5
	Yelcho B	0,0		Yelcho B	0,0
Palena y costeras limite X Región, Los Lagos	Palena A	4,4	Palena y costeras limite X Región, Los Lagos	Palena A	0,0
	Palena D	20,1		Palena D	0,0
	Palena E	1,0		Palena E	0,0
	Figueroa B	2,0		Figueroa B	1,5
	Figueroa A	0,0		Figueroa A	6,9
	Azul (A y B)	0,0		Azul (A y B)	0,0
	Risopatron	9,7		Risopatron	7,1
	Pico B	59,0		Pico B	3,5
	Pico D	8,3		Pico D	21,7
	Pico C	81,4		Pico C	5,2
	Palena B	2,1		Palena B	3,5
	Pico A	30,2		Pico A	2,0
	Palena C	11,9			
Costeras e Islas entre R. Palena y R. Aysén	Cisnes	0,0	Costeras e Islas entre R. Palena y R. Aysén	Cisnes	2,1
	De Las Torres B	1,9		De Las Torres B	2,5

C1			C2		
Cuenca	Sitio	bentos	Cuenca	Sitio	bentos
	De Las Torres A	1,1		De Las Torres A	0,0
	-	-		Cisnes 4	0,0
Aysén	Coyhaique A	4,4	Aysén	Coyhaique A	0,5
	Coyhaique B	2,4		Coyhaique B	1,1
	Manihuales C	3,3		Mañihuales C	0,0
	Arroyo El Arco	15,9		Arroyo El Arco	22,2
	Afluente Lago La Paloma	0,2		Afluente Lago La Paloma	16,4
	Ñirehuao	10,5		Ñirehuao	4,5
	Cañon B	15,3		Cañon B	2,0
	Emperador Guillermo A	5,1		Emperador Guillermo A	12,9
	Emperador Guillermo B	10,0		Emperador Guillermo B	2,0
	Aysén	1,2		Aysén	0,5
	Esperanza A	10,5		Esperanza A	0,0
	Esperanza B	9,0		Esperanza B	0,5
	Pangal B	0,5		Pangal B	0,0
	Pangal A	0,9		Pangal A	0,0
	Claro	10,1		Claro A/Claro P	11,1
	Claro FIP	0,5		Claro B/Claro S	17,7
	Simpson A	1,6		Simpson A	0,8
	Simpson B	5,9		Simpson B	0,0
	Arroyo CEA	0,0		Arroyo Cea	4,5
	Cañón B	15,3		Cañón B	0,0
Cañón A	2,4	Cañón A	2,5		
Pollux	15,7	Pollux	0,9		
Baker	Baker	19,4	Baker	Baker	3,0

C1			C2		
Cuenca	Sitio	bentos	Cuenca	Sitio	bentos
	Los Ñadis B	0,4		Los Ñadis B	0,0
	Chacabuco B	0,8		Chacabuco B	0,0

Fuente: Elaboración propia.

5.3.2.2 Riqueza

La riqueza media de especies fluctuó entre ~5-28 en C1 (Figura 28) con un máximo >64 taxa y entre ~5 y 28 en C2 (Figura 29) pero disminuyó a un máximo de ~42 taxa.

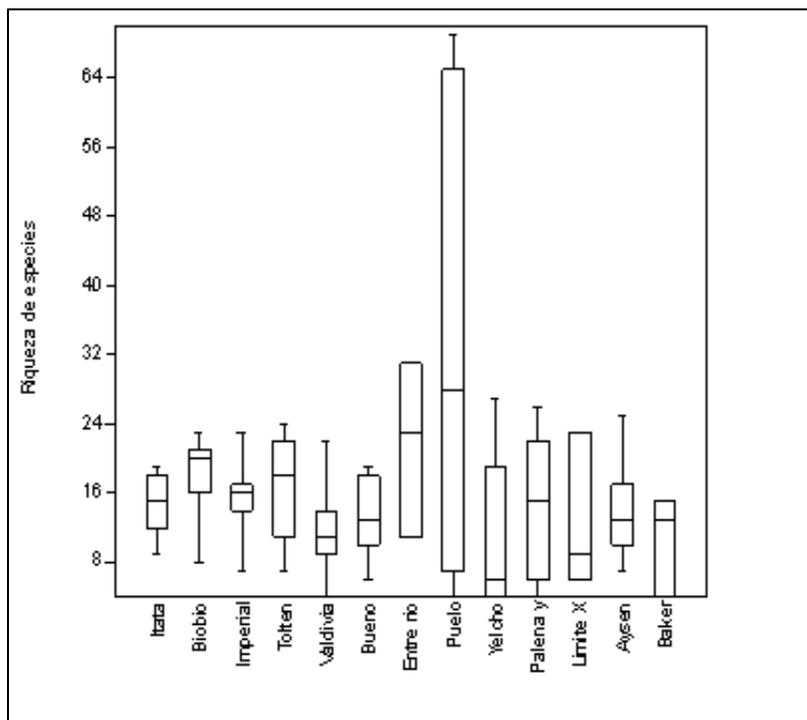


Figura 28. Riqueza de fitobentos por cuencas (C1).

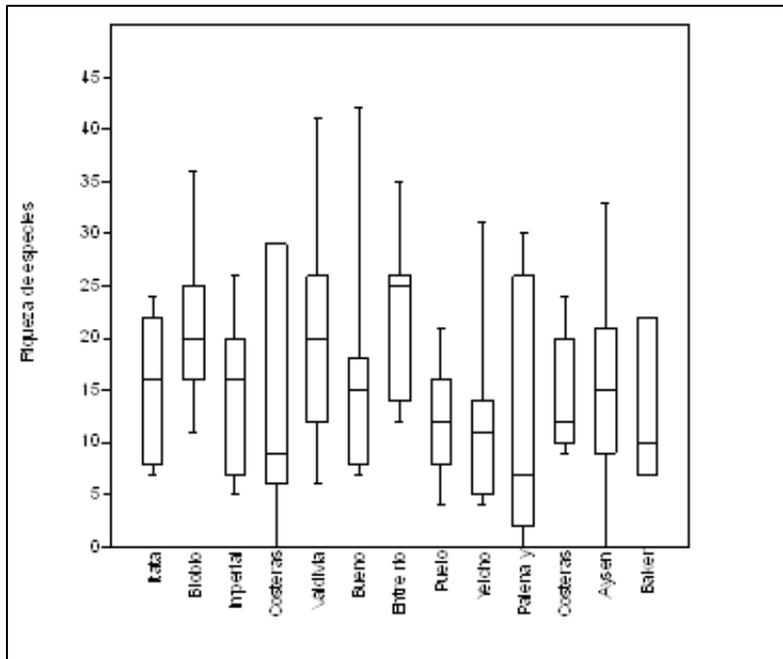


Figura 29. Riqueza de fitobentos por cuencas (C2).

5.3.2.3 Biodiversidad

En C1 (Figura 30), H' promedio en función de las cuencas estudiadas osciló entre ~ 1 y 3 con una disminución notoria en las cuencas Bueno y Puelo, al igual que en el fitoplancton, y luego incrementándose hacia el sur. En C2 (Figura 31) los valores promedio de la diversidad aumentaron en general levemente desde $\sim 1,2$ a 3.

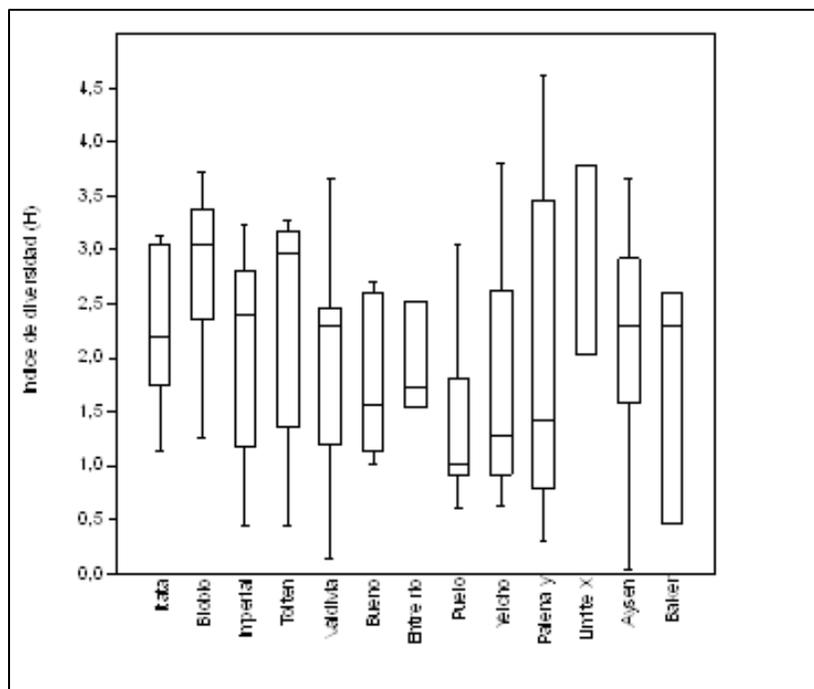


Figura 30. Biodiversidad de fitobentos por cuencas (C1).

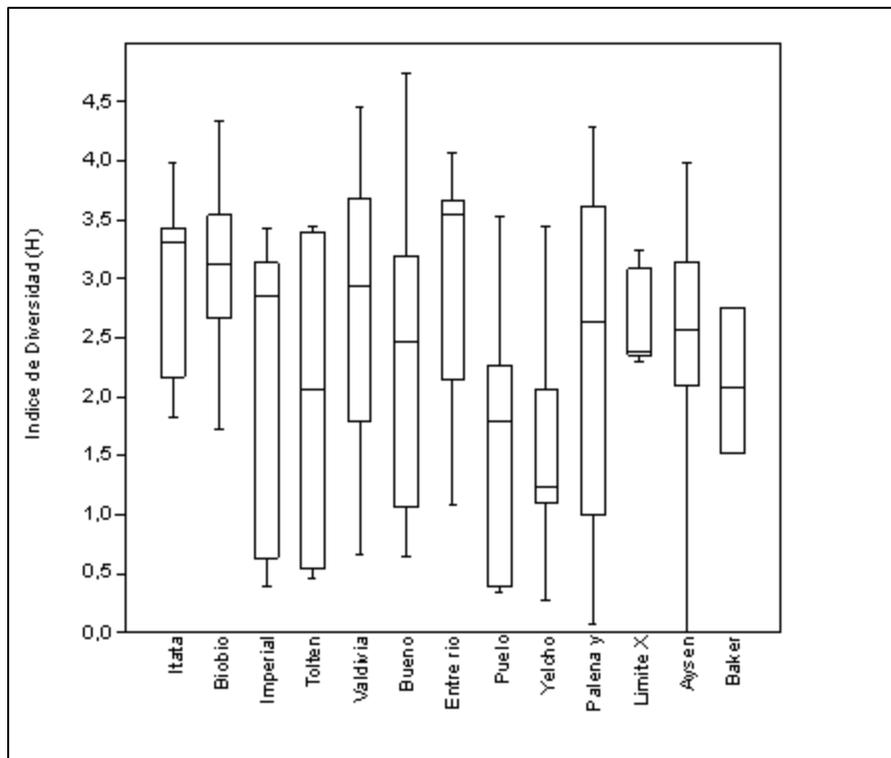


Figura 31. Biodiversidad de fitobentos por cuencas (C2).

5.3.2.4 Equitatividad

Los valores promedios de equitatividad de las diatomeas del fitobentos son menores a $\sim 0,7$ en C1 (Figura 32) y menores a $\sim 0,6$ en C2 (Figura 33), los valores promedio más bajos oscilan alrededor de ~ 0.2 en C1 y C2.

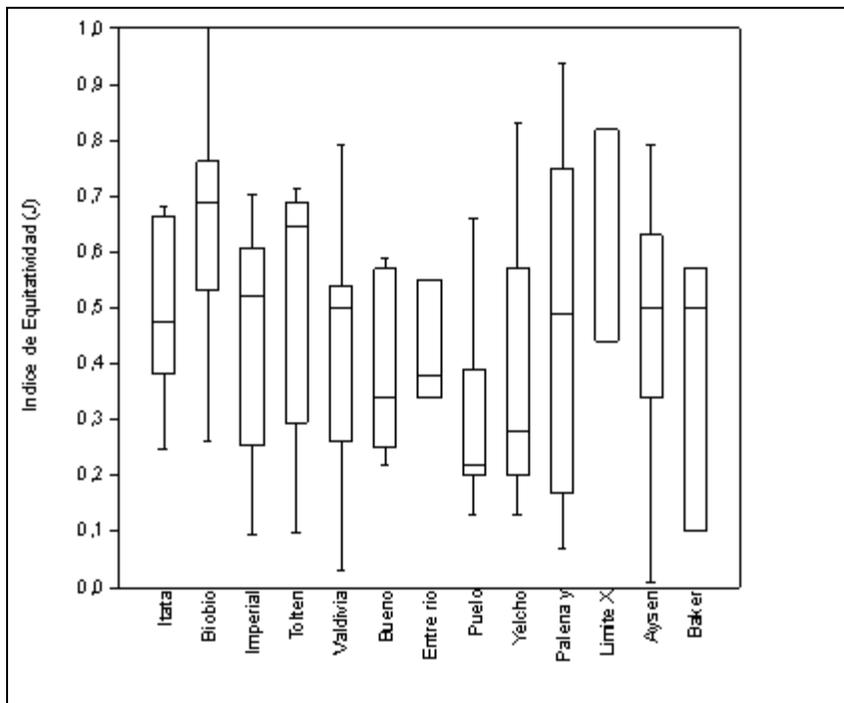


Figura 32. Equitatividad de fitobentos por cuencas (C1).

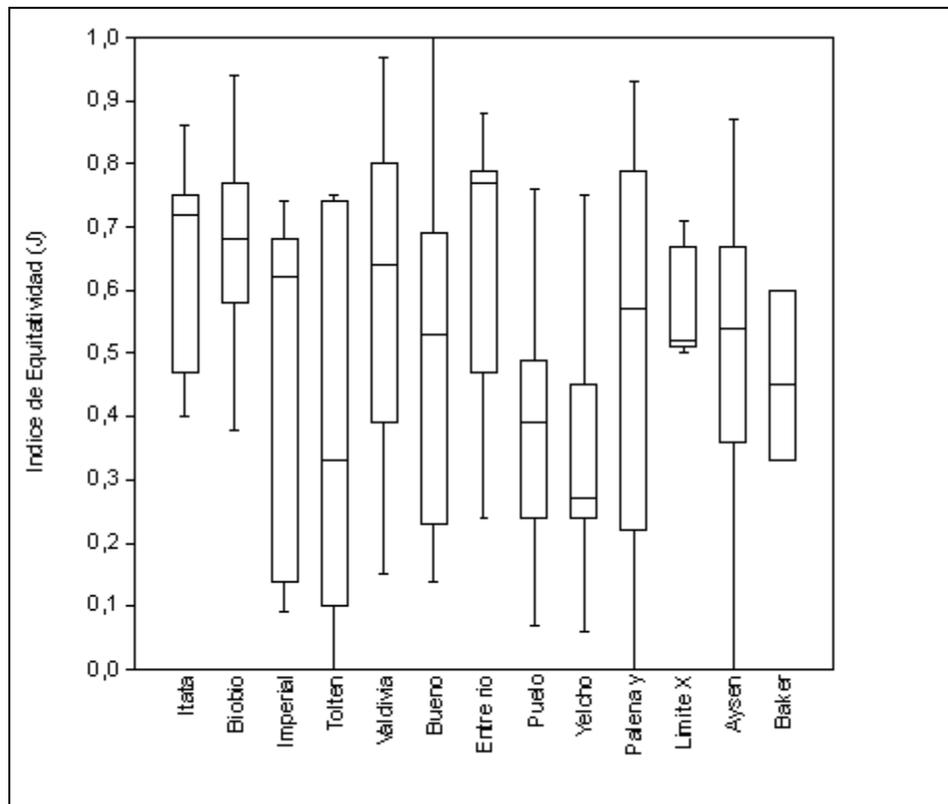


Figura 33. Equitatividad de fitobentos por cuencas (C2).

5.3.2.5 Análisis de agrupaciones en base a parámetros comunitarios

Se realizó un análisis de agrupamiento UPGMA utilizando la distancias Euclidianas, para ordenar los ríos de acuerdo al índice de diversidad, equitatividad y el logaritmo de la riqueza, además se midió la robustez de este análisis utilizando bootstrap ($n=900$) con el software PAST 3.06 (Hammer et al. 2015).

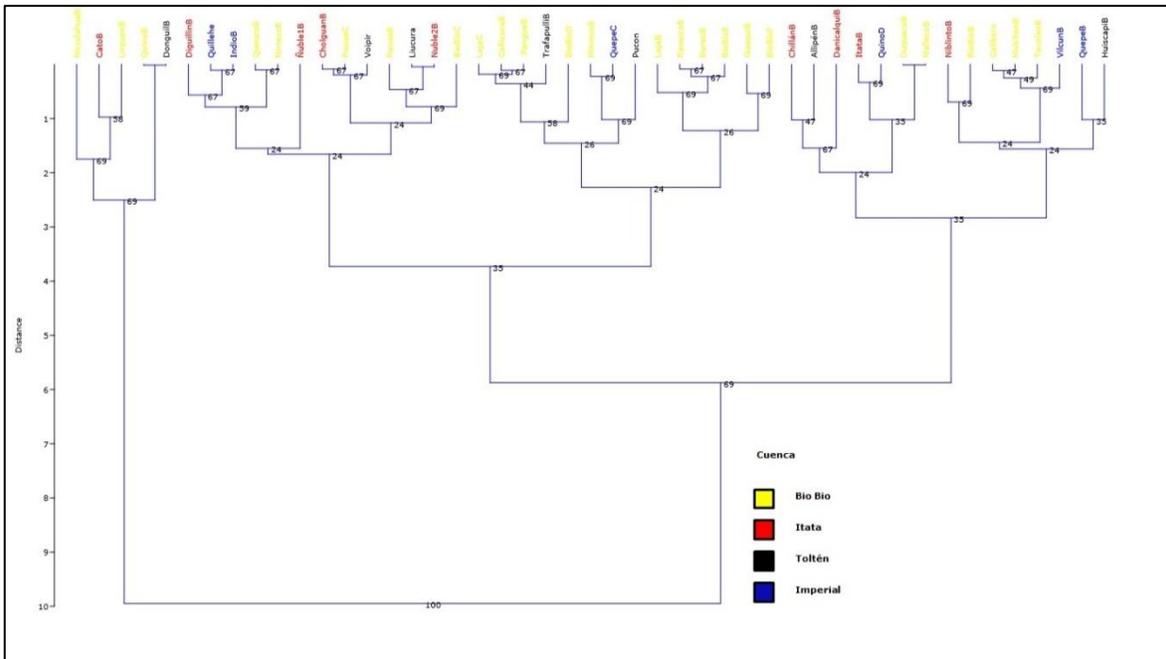


Figura 34. Clúster de parámetros de comunitarios para los ríos de las cuencas de Biobío, Itata, Toltén e Imperial (C1).

Se observan en la Figura 35 dos ramas principales: una compuesta por 3 estaciones de los ríos de la cuenca de Bio Bio (violeta: Nicodahue B, Lirquén B y Quino B), una de la cuenca Itata (en rojo: Cato B) y una de la cuenca Toltén (en negro: Donguil B). La otra compuesta por 22 estaciones de la cuenca Bío Bío (Laja C, Caliboro, Laja B, Rucue B, Rucue C, Guaqui B, Tavoleo B, Cañicura B, Duqueco B, Mulchen B, Mininco B, Renaico B, Bureo B, Bío Bío B, Queuco B, Malleco B, Pangué B, Bío Bío C, Bío Bío D, Bío Bío E, Bío Bío F, Nirreco B); 8 estaciones de la cuenca de Itata (Ñuble 2B, Ñuble 1B, Niblinto B, Chillán B, Itata B, Diguillin B, Danicalqui B, Cholguan B); 7 estaciones de la cuenca Imperial (Quino B, Quino D, Quillehe, Indio B, Vilcun B, Quepe B, Quepe C) y 6 estaciones de la cuenca Toltén (Allipén B, Trafapulli B, Pucón, Liucura, Huiscapi B, Voipir).

Esto indicaría que existen escasas diferencias (o gran similitud) entre las cuatro cuencas; si bien las estaciones de la cuenca Bío Bío al ser 24 sitios: (en relación con las de Itata: 9, Imperial: 7 y Toltén: 6): podrían presentar una gradiente de riqueza, diversidad y equitatividad latitudinal muy amplio, comparable y/o similar al de las otras cuencas cercanas analizadas.

SBP 0010

Arch: Informe Final Proyecto FIP N° 2014-58.doc
 Noviembre 2015

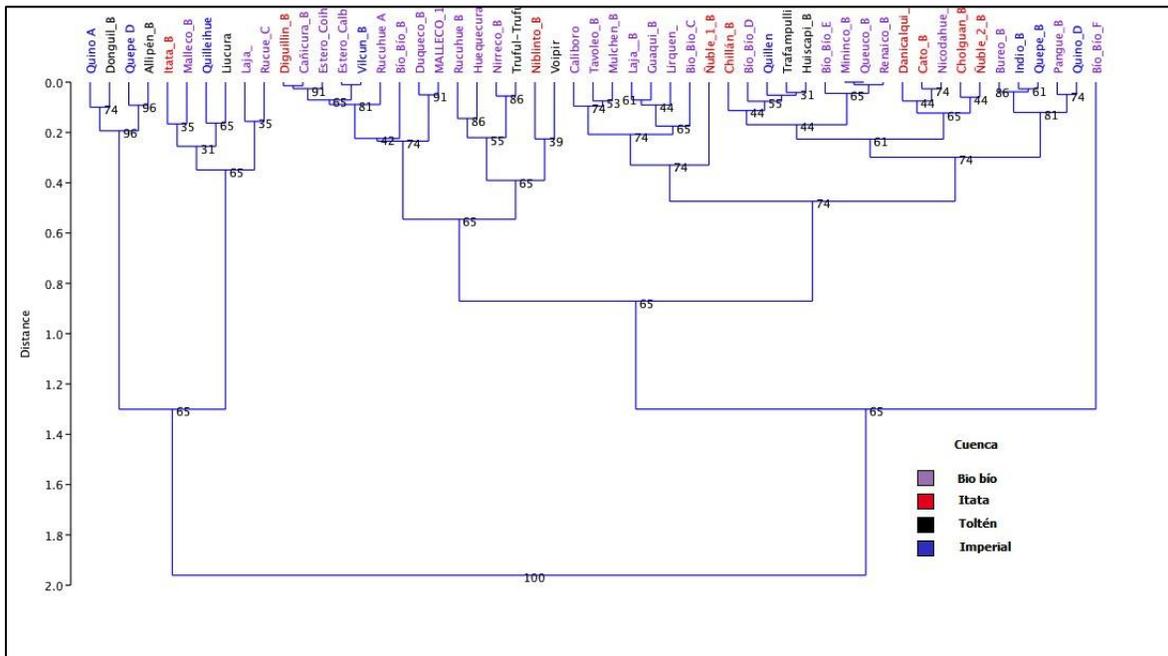


Figura 35. Clúster de parámetros comunitarios para los ríos de las cuencas de Biobío, Itata, Toltén e Imperial (C2).

En la Figura 36 se aprecian dos ramas importantes: una en la que están representados algunos ríos de las cuencas Imperial, Toltén e Itata y otra en donde los ríos son mayoritariamente del Bio Bio. La separación entre ambas cuencas en C1 es poco equilibrada, ya que el primer árbol está comprendido solo por 5 ríos, la mayoría pertenecientes a la cuenca del Bio Bio, quedando todos los ríos restantes en la segunda rama. Sin embargo, ambos son significativos. En comparación, en C2, el primer árbol está formado por ríos de las cuencas de Imperial, Toltén e Itata, quedando los ríos de la cuenca Bio Bio en el segundo árbol. Probablemente esta agrupación se deba a que en la cuenca del Bio Bio (aunque también en Toltén) se detectó la presencia de *D. geminata*.

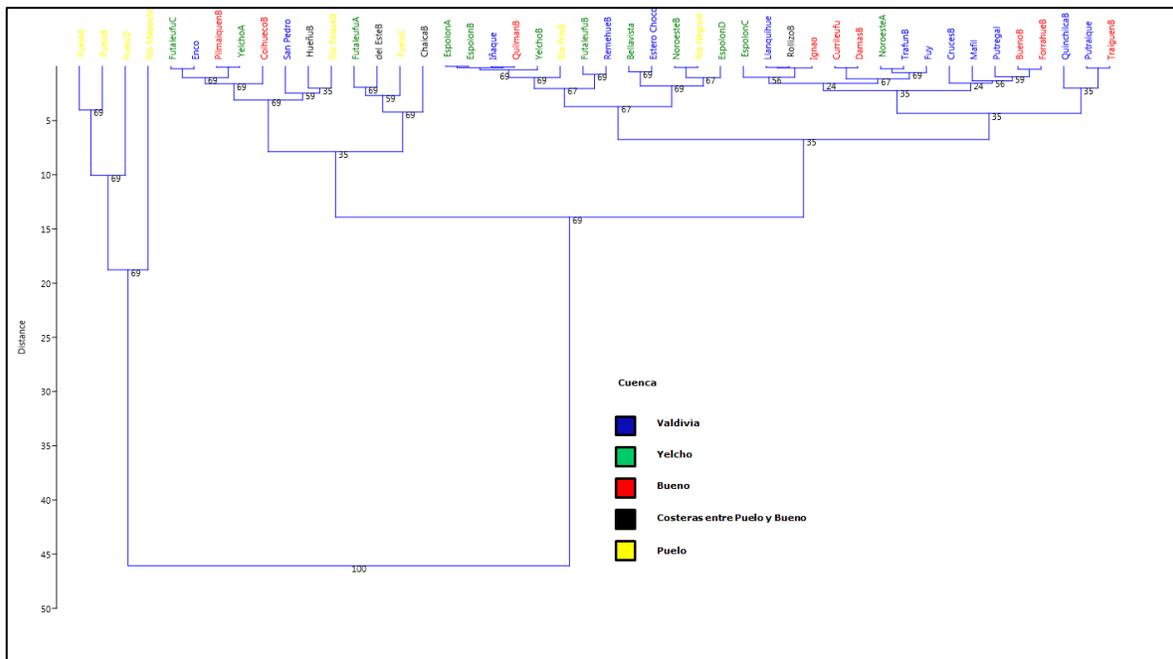


Figura 36. Clúster de parámetros comunitarios para los ríos de las cuencas Valdivia, Yelcho, Bueno, costeras entre Puelo y Bueno y Puelo (C1).

Se observan en la Figura 37 dos ramas principales: una compuesta por 4 estaciones de los ríos de la cuenca Puelo (en violeta: Puelo A, B y D y Río Mapocho). La otra compuesta por las 12 estaciones de la cuenca Yelcho (en verde: Yelcho A y B; Noroeste A y B; Bellavista, Futaleufu A y B; Espolon A, B, C, D), las 13 de la cuenca Valdivia (Cruces B, Iñaque, Mafil, Putregal, San Pedro, Estero Choco, Fuy, Llanquihue, Quinchilca B, Putraique, Remehue B, Enco, Trafun B), las 9 estaciones de la cuenca Bueno (en rojo: Quilman B, Ignao, Traiguen B, Bueno B, Pilmaiquen B, Currileufu, Damas B, Forrahue B, Coihueco B), las 4 estaciones de la cuenca costeras entre Puelo y Bueno (en negro: Hueñu B, del Este B, Rollizo B, Chaica B) y 4 estaciones de la cuenca Puelo (Río Frío B, Río Palace B, Río Negro A y Puelo C).

Esto indicaría que hay algunas diferencias entre algunas estaciones de la cuenca Puelo, pues se observan en una rama y podría deberse a la alta diversidad que se registró en estos sitios; mientras que esto no se observó en las otras estaciones de la misma cuenca. La otra rama muestra un ordenamiento bastante mezclado en donde están las cuencas Bueno, Valdivia, Yelcho, de costeras entre Puelo y Bueno y algunas estaciones de la cuenca del Puelo.

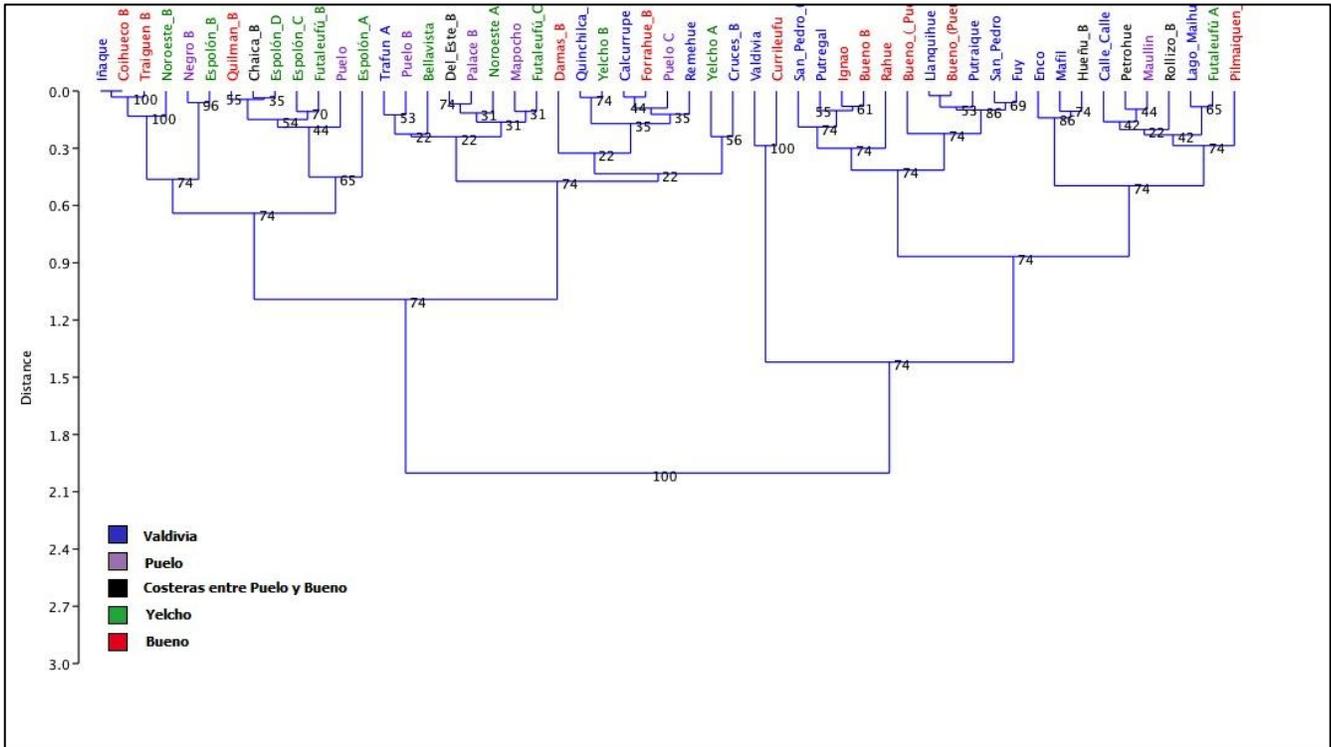


Figura 37. Clúster de parámetros comunitarios para los ríos de las cuencas Valdivia, Yelcho, Bueno, Costeras entre Puelo y Bueno y Puelo (C2).

Se observa en la Figura 38 una separación en dos ramas principales, una con muchos ríos de la cuenca del Bueno y del Valdivia y otra del Yelcho (en su mayoría), Puelo y Costeras entre Bueno y Puelo. La ordenación por cercanía geográfica es significativa.

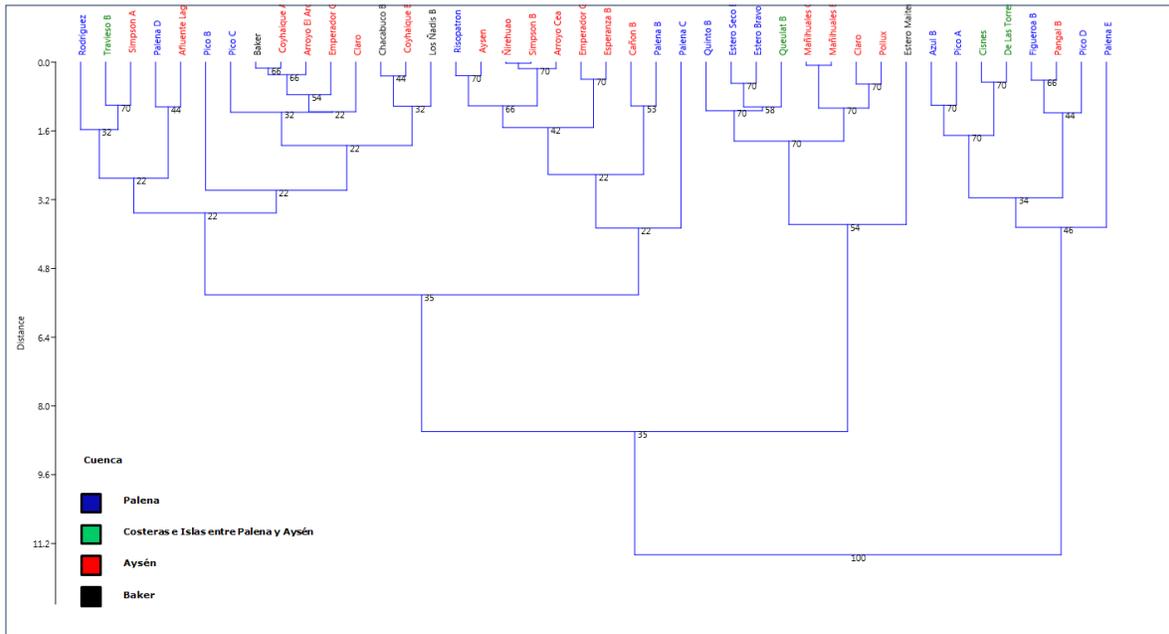


Figura 38. Clúster de parámetros comunitarios para los ríos de las cuencas Palena, costeras e islas entre Palena y Aysén, Aysén y Baker (C1).

Se observan en la Figura 39 dos ramas principales: una compuesta por 5 estaciones de los ríos de la cuenca Palena (en azul; Azul B, Pico A, Figueroa B, Pico D y Palena B), 2 de la cuenca costeras e islas entre Palena y Aysén (en verde: Cisnes y De Las Torres B) y una de la cuenca Aysén (en rojo, Pangal B). La otra compuesta por 10 estaciones de la cuenca Palena (Rodríguez; Palena D, B y C; Pico B y C; Risopatrón; Quinto B; Estero Bravo B; Estero Seco B), 2 de la cuenca costeras e islas entre Palena y Aysén (Travieso B y Queulat B), 18 estaciones de la cuenca Aysén (Simpson A y B; Mañihuales C y B; Ñirehuao; Cañon B; Emperador Guillermo A y B; Esperanza B; Claro; Aysén; Coyhaique A y B; Claro (FIP 89); Arroyo Cea; Pollux; Arroyo El Arco y Afluente Lago La Paloma) y las 4 estaciones de la cuenca Baker (Chacabuco B, Estero Maitén, Los Ñadis B y Baker).

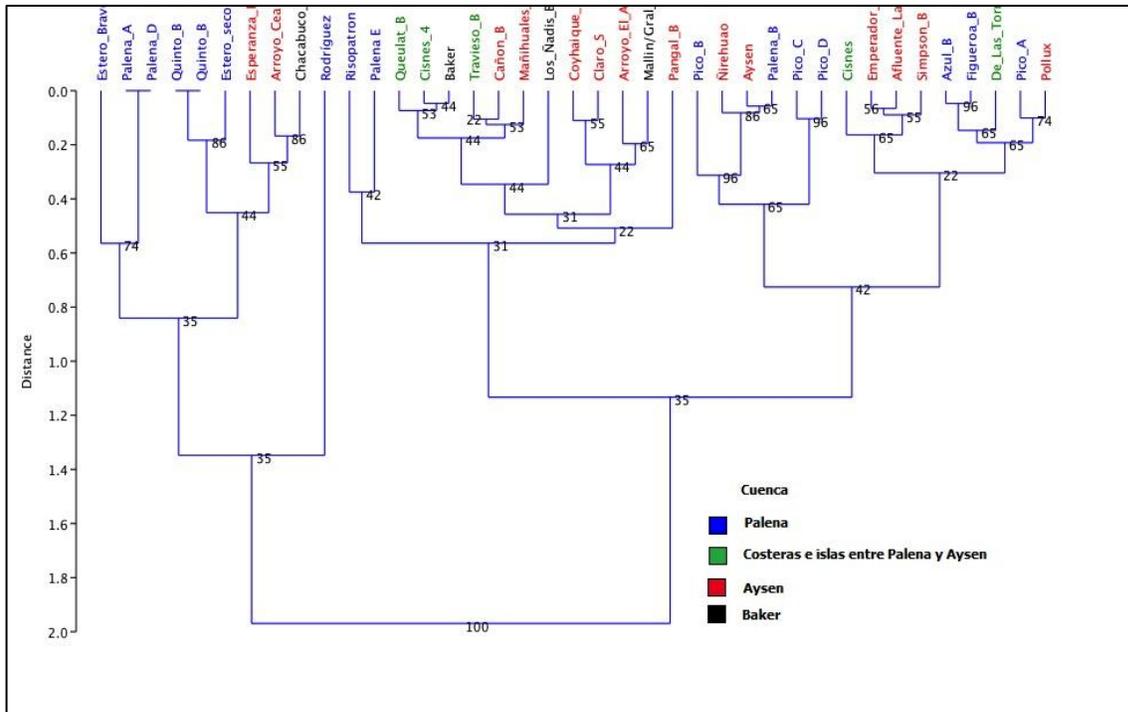


Figura 39. Clúster de parámetros comunitarios para los ríos de las cuencas Palena, costeras e islas entre Palena y Aysén, Aysén y Baker (C2).

En este ordenamiento para la campaña de otoño, no hay árboles estadísticamente significativos aun cuando hay ríos mayoritariamente de la cuenca del Palena agrupados contiguos en la rama izquierda de la Figura 39. En comparación entre C1 y C2, en C1, se observa que solo una rama agrupa la mayoría de los ríos de la cuenca Aysén. En otoño en cambio, tampoco se observaron árboles que fueran estadísticamente significativos, si bien en la rama izquierda se agrupan mayoritariamente los ríos de la cuenca Palena.

5.3.2.6 Análisis de los resultados para diatomeas del bentos

La base de datos generada corresponde a un monitoreo en 13 cuencas de la zona Centro Sur, contabilizando 81 ríos y 140 estaciones o sitios de muestreo (con 65 réplicas: estaciones A y B para fitobentos, total: 205) durante C1 (primavera-verano de 2014). Durante C2 (otoño de 2015) se revisitaron las 13 cuencas de la zona Centro Sur, contabilizando 156 estaciones o sitios de muestreo (con 57 réplicas: estaciones A

y B para fitobentos, total: 213). Comparando C1 y C2 los valores de riqueza revelan valores promedio y máximos deprimidos en C2, pero en particular en las cuencas Puelo y Valdivia los valores mínimos y máximos de riqueza del fitobentos fueron menores en C2, y en las cuencas Bio Bio, Bueno, cuencas e islas entre Río Bueno y Río Puelo, costeras e islas entre R. Palena y R. Aysén, Yelcho, Aysén, Itata, Toltén y Baker; los valores mínimos y máximos de riqueza fueron mayores en C2 (Figs. 28 y 29). El máximo osciló entre 4 y 42 en C2, y en C1 entre 2 y 69. En ambas campañas la riqueza media disminuye de norte a sur (exceptuando el Puelo en C1 y en Valdivia y cuencas e islas entre Río Bueno y Puelo en C2). La disminución general de la riqueza en C2 podría deberse a efectos desfavorables de estacionalidad (otoño-principios de invierno: menor disponibilidad de luz por aumento en la nubosidad, temperaturas más bajas, posible congelamiento del curso de agua, etc.), es decir cambios en las condiciones físico químicas de la cuenca reflejados en un menor número de taxa, dado que algunas diatomeas son indicadores sensibles a este tipo de variaciones. Lo que se destaca es que el aumento/disminución en los valores máximos y mínimos de la riqueza fue independiente de que se haya muestreado un mayor/menor número de estaciones durante C1 o C2.

Para el caso de biodiversidad y equitatividad los valores aumentaron ligeramente tanto intra como intercuenas en C2. Los valores máximos y mínimos de diversidad (H'), en C2 estos fueron registrados en estaciones diferentes a C1, en 7 cuencas (Itata, Bío Bío, Valdivia, Bueno, cuencas e islas entre Río Bueno y Puelo, Aysén y Baker). En las cuencas Imperial y Toltén las estaciones menos diversas siguieron siendo las mismas durante C2; y las más diversas se mantuvieron para las cuencas Puelo, Yelcho, Palena y costeras límite X Región y cuenca costeras e islas entre R. Palena y R. Aysén. H' media osciló entre 1,0 y 3 en C1 y entre 1,2 y 3 en C2. La comparación de los valores medios de equitatividad entre C1 y C2 también es similar.

Los agrupamientos obtenidos con los parámetros comunitarios del fitobentos en las campañas C1 y C2 son muy robustos para las cuencas de los sectores centro sur-norte (cuencas: Bio Bio, Itata, Toltén e Imperial); si bien para C1 existe gran similitud entre las cuatro cuencas y en C2 se agruparon algunos ríos de las cuencas Imperial, Toltén e Itata y se separaron los ríos que son mayoritariamente del Bio Bio. Los

clústers también son robustos, durante C1 y C2, para el sector centro sur-centro (cuencas: Valdivia, Yelcho, Bueno, costeras entre Puelo y Bueno, Puelo) y menos robustos para las cuencas del sector centro sur-sur (cuencas: Palena, costeras e islas entre Palena y Aysén, Aysén, Baker); lo que podría atribuirse a una gran similitud entre estos últimos sitios. Sin embargo, se detectaron algunas diferencias, por ejemplo las estaciones de la cuenca Baker solo se observan en una rama y en todos los clados donde aparecen están asociadas a la cuenca Aysén (Figs. 38 y 39). La cuenca Aysén en segundo lugar está asociada a la cuenca Palena y en tercero a la cuenca Costeras e islas entre Palena y Aysén. Podrían, entonces, haber similitudes relacionadas con el gradiente latitudinal dado que en el caso de las cuencas Aysén y Baker son las dos las más australes.

5.3.2.7. Presencia de *D. geminata* y otras diatomeas en el fitobentos

D. geminata fue registrada formando parte del bentos de un total de 78 estaciones en C1 y de 80 estaciones en C2. Las abundancias relativas de las otras diatomeas bentónicas (de las estaciones con y sin presencia de *D. geminata*) que conformaron un total de ~50% de las más abundantes en C1 y C2, corresponden a las especies de la Tabla 9.

Tabla 9. Abundancias relativas promedio de las especies más abundantes por cuenca.

Abundancias relativas de las sp mas abundantes-cuencas con DG (verde) y sin DG (amarillo) en C1 y C2	Achnanthes minutissima	Cyclotella	Cocconeis placentula	Cymbella cistula	Cystodorus	Diatoma moniliformis	Diatoma vulgare	Encyonema silesiacum	Epithemia adnata	Fragilaria arcus	Fragilaria capucina	Gomphonema herculeana	Gomphonema minutum	Gomphonema angustatum	Melosira varians	Rhoicosphenia curvata	Stauroneis construens	Synedra ulna	Tabellaria flocculosa
Puelo	C1									43.3									12.8
	C2	61.1																	
Yelcho	C1	20.6										4.2							24.9
	C2																		53.4
Pal. y cost. Lim. X Reg. Los Lagos	C1	9.5						7.8	11.8	8.3			8.6						14.1
	C2	11.6							6.5										34.1
Rio Valdivia	C1	32.5									8.0				13.3				
	C2	35.3	4.7	4.7									4.7		6.3	6.5			
ccas e Islas y e/ R Bueno y R Puelo	C1	10.6							35.8										11.2
	C2	10.6							9.0										38.3
Cost. e Isl. e/ R Pal. y R Aysen	C1	15.1								9.2			16.4						15.0
	C2	16.5											18.1						24.5
Tolten	C1	28.0									5.3	6.1				20.3			
	C2	34.7										11.8				13.6			
Aysen	C1				21.1														39.2
	C2	31.4						10.3											10.9
Baker	C1									28.7			14.2						14.4
	C2					42.7							12.9						
Imperial	C1	22.2														29.3			
	C2	24.7		10.4												23.9			
Rio Bueno	C1	20.7													8.4	21.7			
	C2	27.7														20.3			5.5
Bio Bio	C1	22.1	4.9	4.4				6.3			4.2		4.5	4.2	6.3				
	C2	5.0	3.1		6.1				5.9		2.5		3.9		13.3	9.5		3.4	
Itata	C1	27.1	6.8												6.7	12.0			10.7
	C2	6.3				4.5		5.3				4.2		4.6	12.3	5.4		8.3	

Fuente: Elaboración propia.

Presencia *D. geminata* (verde)Ausencia *D. geminata* (amarillo)

En relación a las especies de diatomeas más abundantes en el fitobentos, comparando C1 y C2, *Achnanthes minutissima* domina en 7 cuencas (de 10, solo está ausente en las cuencas: Yelcho, Palena y costeras límite X Región de Los Lagos y Baker) con presencia de *D. geminata* (valor máximo en Puelo: 61.1% (donde había una abundancia relativa de 39.9% de *D. geminata*). *A. minutissima* en C1 se observó en 8 cuencas (Itata, Bio Bio, Imperial, Toltén, Valdivia, Bueno, cuencas e islas entre Río Bueno y Río Puelo; cuenca Río Palena y Costeras límite X Región; costeras e islas entre R. Palena y R. Aysén) de las 12 con presencia de *D. geminata*; con lo que la relación de su aparición como especie más abundante según la cantidad de cuencas con presencia de *D. geminata* es la misma para C1 y C2. Sin embargo, el máximo para C1 fue menor: 32.5% y ocurrió en la cuenca Valdivia (20.8% de *D. geminata*); pero se mantiene la tasa de las abundancias relativas (~ 1.5) de estas dos especies (siendo *A. minutissima* siempre más abundante), aun en distintas cuencas y estaciones del año. Podríamos concluir que: *A. minutissima* y *D. geminata* comparten un amplio rango de condiciones ecológicas en ríos de Chile desde la cuenca Itata hasta la cuenca Baker y que covarían en las cuencas Puelo y Baker.

En C2 se registró una mayor riqueza de especies de diatomeas asociadas más abundantes (que conforman en total $\sim 50\%$ de la abundancia relativa total de la cuenca) con presencia de *D. geminata*; siendo el valor de 17 especies, en relación a las 12 especies más abundantes asociadas observadas en la C1.

Permanencia de *D. geminata* en fitoplancton y fitobentos y otros patrones:

- Las campañas C1 y C2 permitieron medir y comparar la permanencia de *D. geminata* en el fitobentos y en el fitoplancton para mejorar las predicciones sobre la probabilidad que tiene un río que tiene *D. geminata*, de seguir presentando presencia de esta especie, y por el otro lado la probabilidad de no contener *D. geminata*, y de continuar sin esta especie. Esto es importante para considerarlo en las mejoras al Programa de Vigilancia.
- La comparación temporal de los parámetros comunitarios, entre la campaña de primavera-verano y otoño en términos de riqueza, diversidad y equitatividad de especies en fitoplancton y fitobentos, revelan valores promedio y máximos similares y deprimidos en otoño en relación a primavera/verano.

- En la distribución espacial, para los parámetros comunitarios del fitoplancton, ambas campañas muestran por lo general un patrón bimodal entre la cuenca del Itata hasta el sur de la cuenca del río Bueno donde los valores disminuyen. Posteriormente entre la cuenca del río Bueno y la del Puelo vuelven a aumentar y disminuir desde la cuenca del río Aysen a la cuenca del Baker. Para H' y equitatividad de especies en el fitobentos se observó también un patrón similar, en el que los valores desde la cuenca del río Bueno disminuyen para luego aumentar hasta la cuenca Palena y costeras-límite X Región. Se observa también una disminución desde la cuenca del río Aysén a la cuenca del Baker.

5.4 Objetivo 3: Determinar los parámetros físicos químicos por río prospectado.

A continuación se describen las variables indicadoras del funcionamiento del ecosistema, que fueron registradas *in situ*, por cada sitio de muestreo en cada una de las cuencas hidrográficas. Las cuencas y los ríos se describen de Norte a Sur. Se indican indistintamente los ríos correspondientes a muestreo de prospección y de seguimiento. Las variables fueron temperatura, conductividad eléctrica, oxígeno disuelto, pH y velocidad media extraído de los datos contenidos en el Anexo VII.

5.4.1 Variable Temperatura.

En la figura 40 se presenta la variable temperatura en la Cuenca río Itata, se registró un valor promedio de $14,23 \pm 4,7$ °C, los valores fluctuaron entre 8,1 °C a 23,9 °C presentado en río Danicalqui A Campaña 2 y el río Chillan B Campaña 1 (presencia *D.geminata* respectivamente). En la figura 41 se presenta la variable de temperatura en la Cuenca río Biobío, se registró un valor promedio de $11,48 \pm 4,0$ °C, los valores fluctuaron entre 4,1 °C a 18,5 °C presentado en los ríos Malleco 1 y Renaico A de la Campaña 2 (presencia *D.geminata*) y el máximo río Duqueco B Campaña 1 respectivamente. En la figura 42 se presenta la variable de temperatura en la Cuenca río Imperial, se registró un valor promedio de $12,33 \pm 3,0$ °C, los valores fluctuaron entre 7,7 °C a 17,4 °C presentado en río Indio Campaña 2 (A y B) y el río Quillehe Campaña 1 respectivamente.

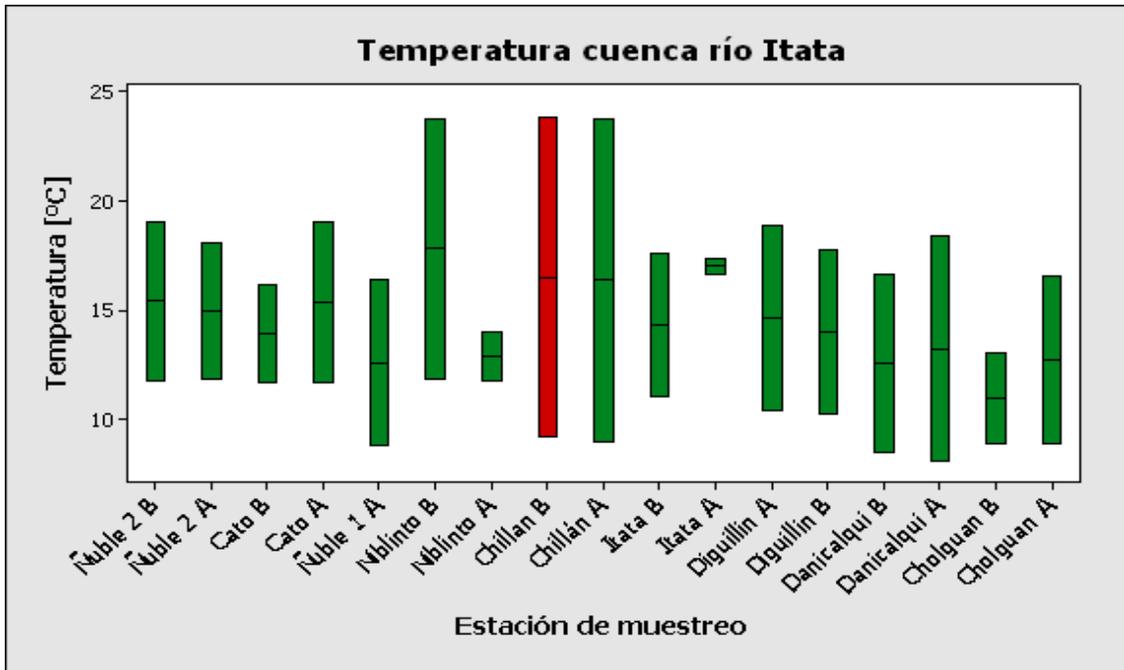


Figura 40. Temperatura, Cuenca del río Itata. (color rojo: presencia)

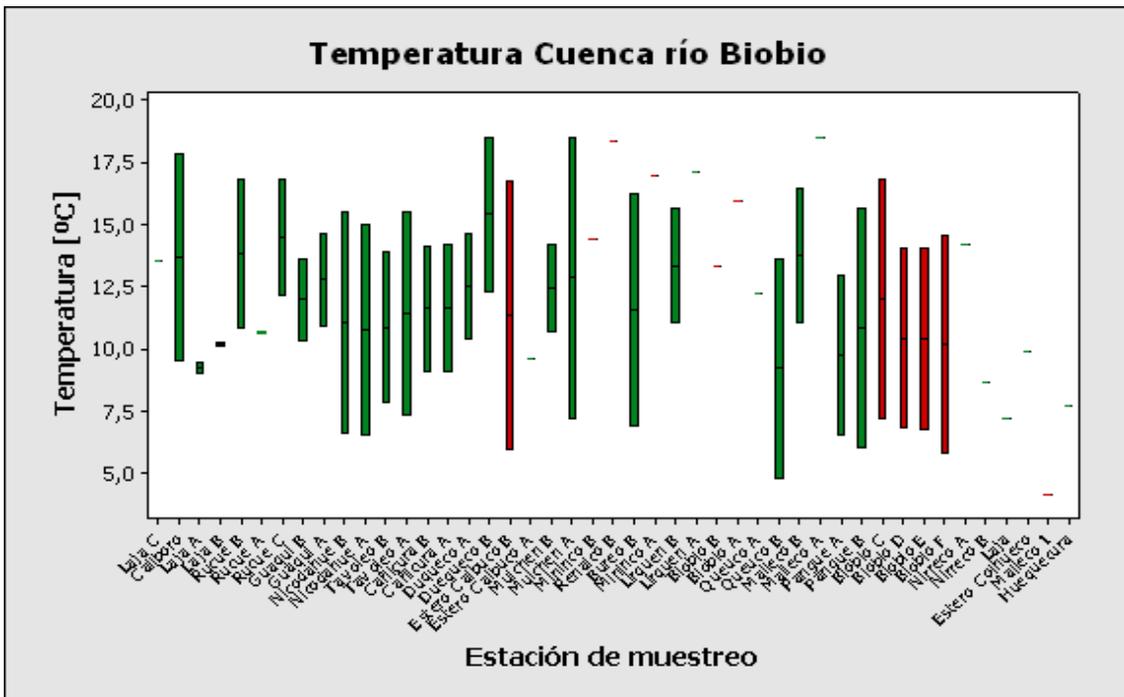


Figura 41. Temperatura, Cuenca del río Biobío. (color rojo: presencia).

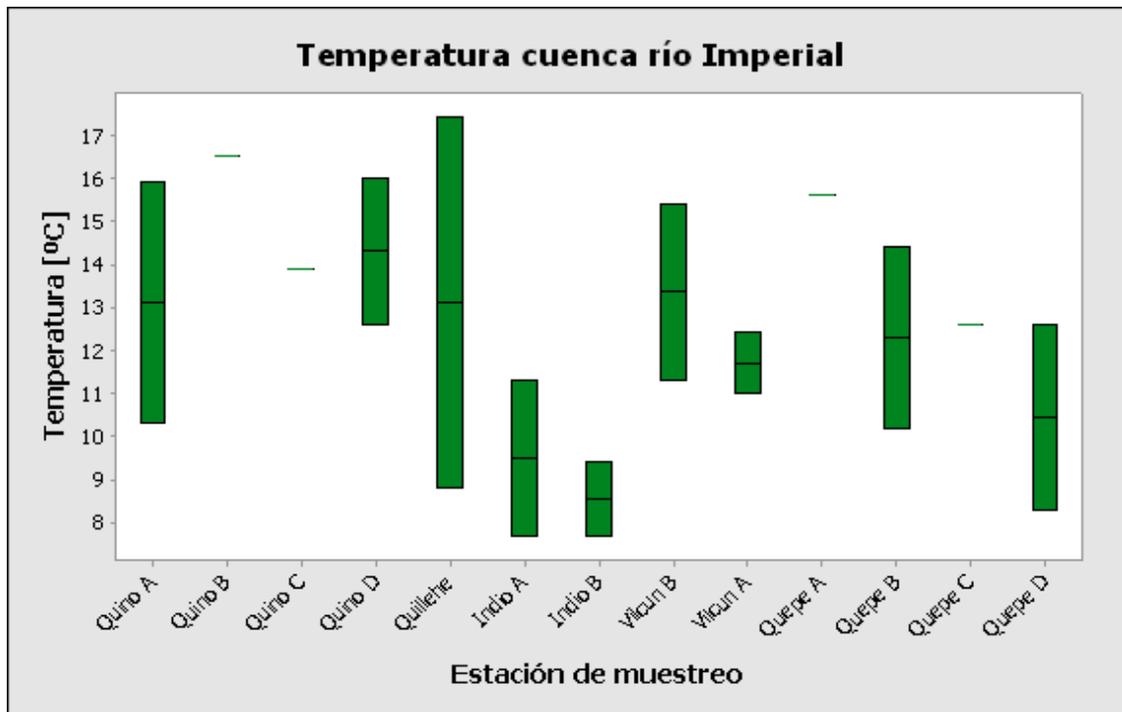


Figura 42. Temperatura, Cuenca del río Imperial.

En la figura 43 se presenta la variable temperatura en la Cuenca río Toltén, se registró un valor promedio de $11,01 \pm 2,3$ °C, los valores fluctuaron entre 7,1 °C a 15 °C presentado en río Allipen A Campaña 2 y el río Donguil B Campaña 1 respectivamente. En la figura 44 se presenta la variable temperatura en la Cuenca río Valdivia, se registró un valor promedio de $13,68 \pm 2,5$ °C, los valores fluctuaron entre 9,4 °C a 21,0 °C presentado en río Fuy Campaña 2 (presencia *D.geminata*) y el río Cruces A Campaña 1 respectivamente. En la figura 45 se presenta la variable temperatura en la Cuenca río Bueno, se registró un valor promedio de $13,78 \pm 2,7$ °C, los valores fluctuaron entre 9,6 °C a 20 °C presentado en río Quilman B Campaña 1 y el río Traiguen B Campaña 1 respectivamente.

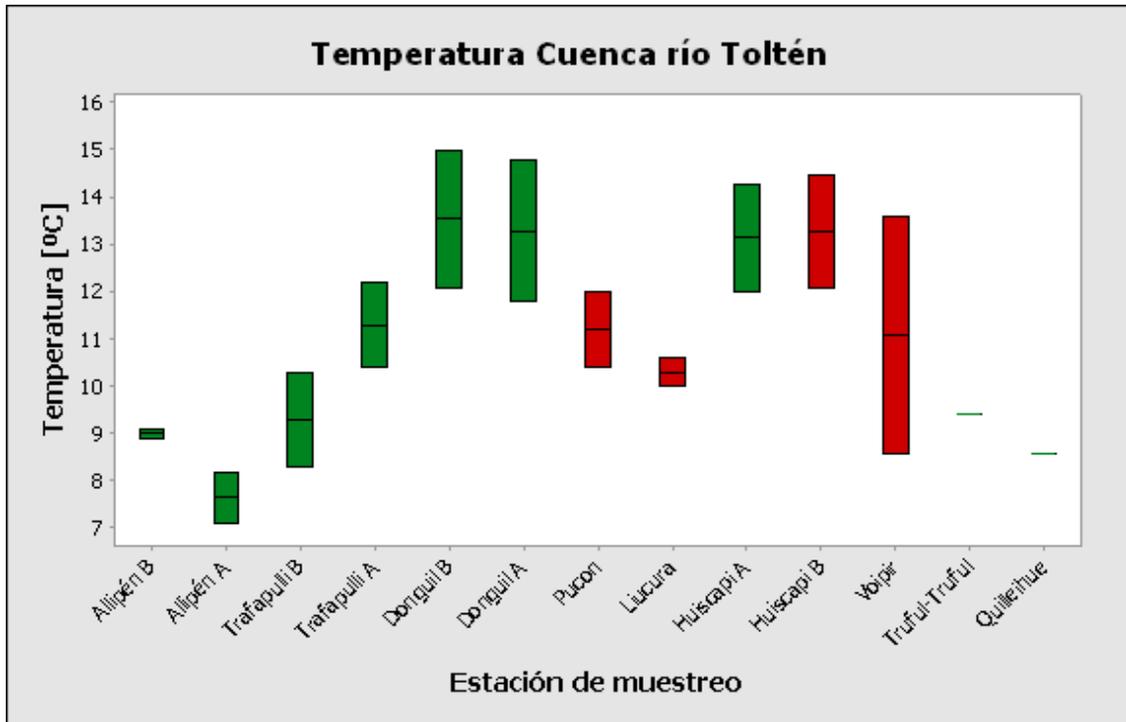


Figura 43. Temperatura, Cuenca del río Toltén. (color rojo: presencia)

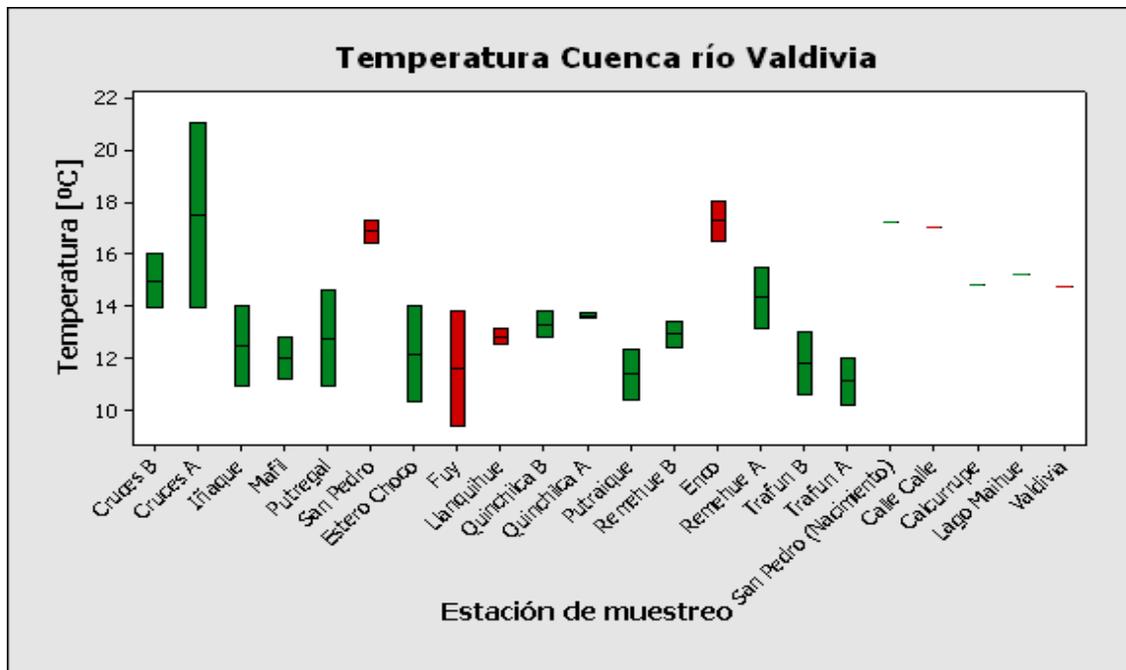


Figura 44. Temperatura, Cuenca del río Valdivia. (color rojo: presencia)

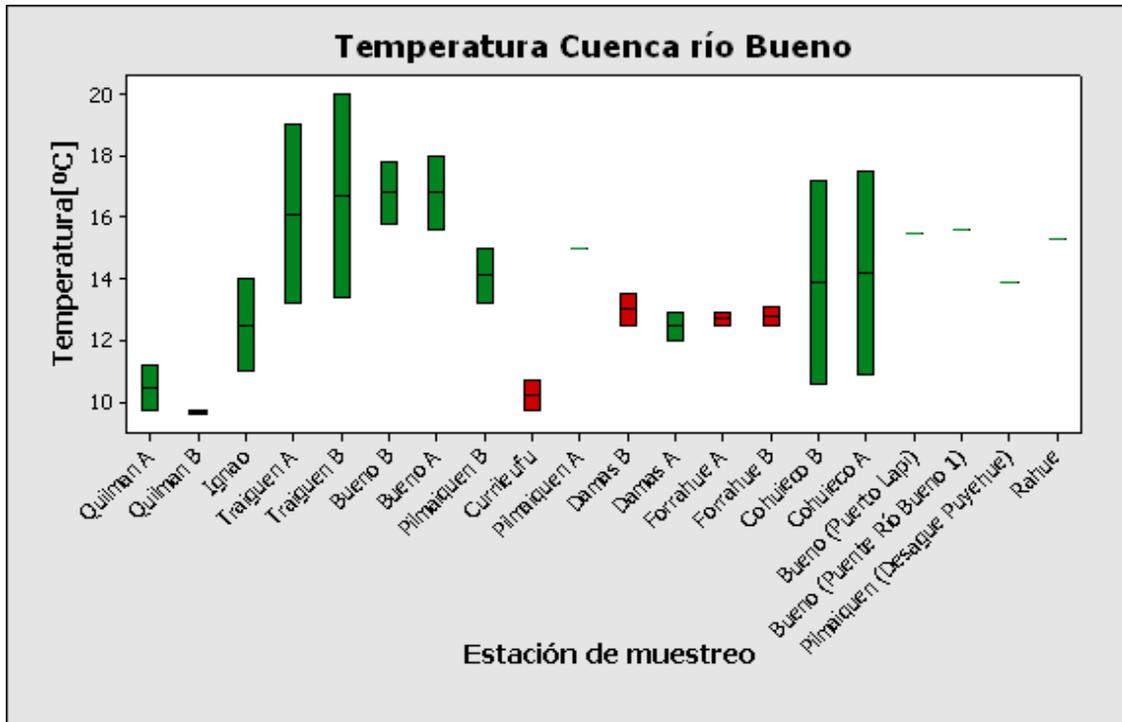


Figura 45. Temperatura, Cuenca del río Bueno. (color rojo: presencia)

En la figura 46 se presenta la variable temperatura, Cuenca e Islas entre río Bueno y río Puelo, se registró un valor promedio de $10,62 \pm 2,3$ °C, los valores fluctuaron entre 7,3 °C a 16,9 °C presentado en río Del Este A Campaña 1 y el río Petrohué Campaña 2 respectivamente. En la figura 47 la variable en Cuenca río Puelo, registró un valor promedio de $11,22 \pm 2,1$ °C, con valores fluctuando entre 8,2 °C a 15,8 °C , en río Frio B Campaña 1 (presencia *D.geminata*) y el río Mapocho Campaña 2 respectivamente. En la figura 48 se presenta la temperatura en la Cuenca río Yelcho, con un valor promedio de $12,68 \pm 2,0$ °C, los valores fluctuaron entre 7,1 °C a 16,5°C río Bellavista Campaña 2 (presencia *D.geminata*) y río Espolón D Campaña 1 (presencia *D.geminata*) respectivamente.

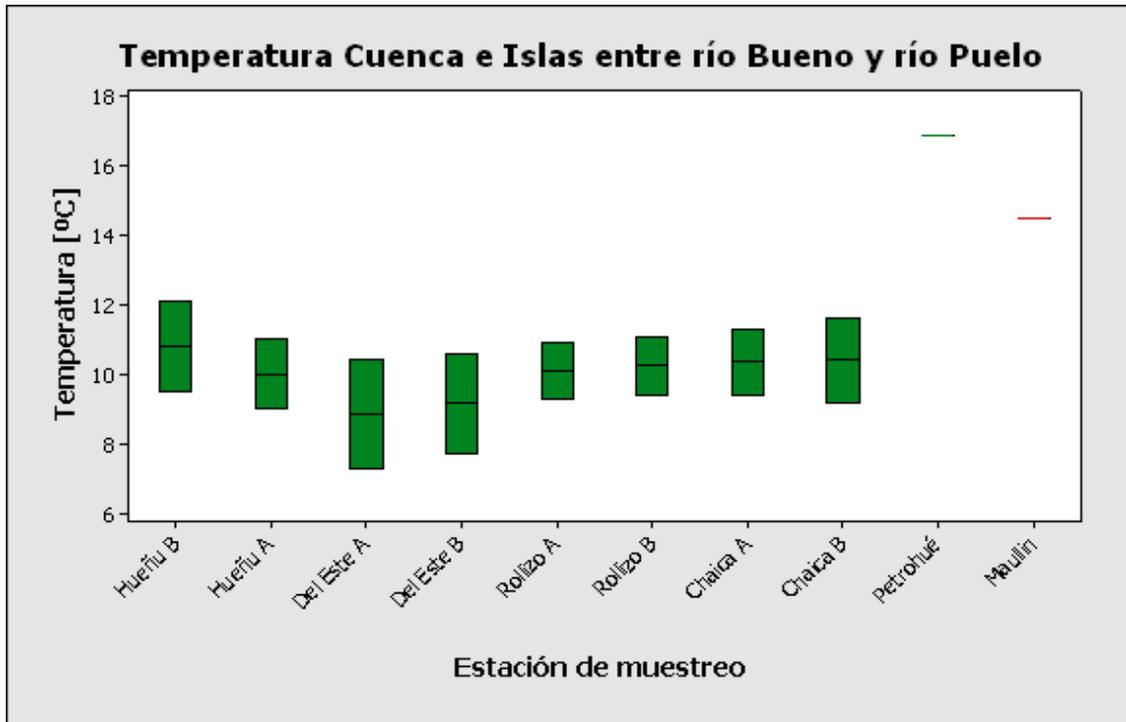


Figura 46. Temperatura, C. e islas entre río Bueno y Puelo. (color rojo: presencia)

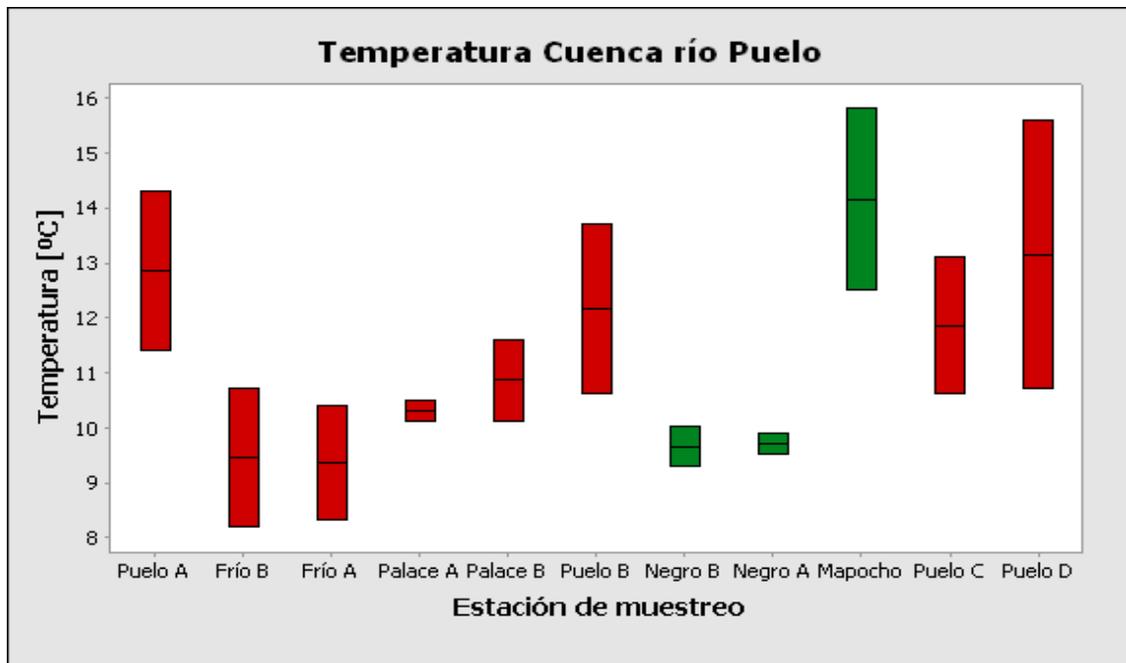


Figura 47. Temperatura, Cuenca río Puelo. (color rojo: presencia)

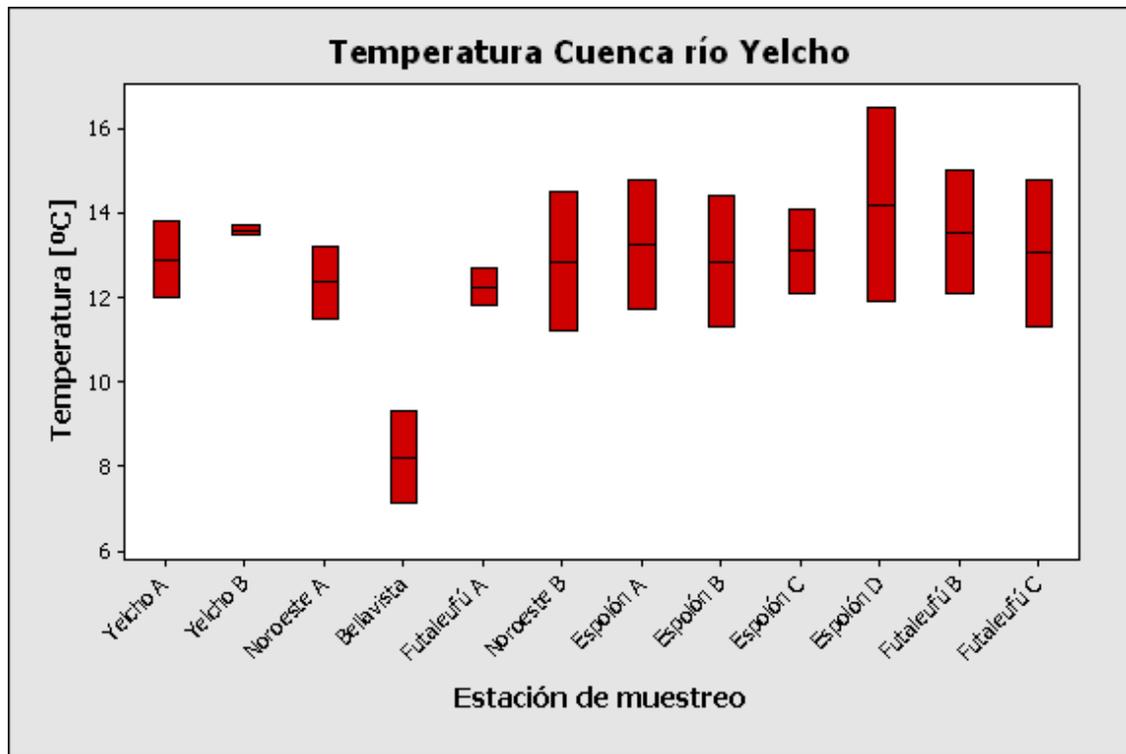


Figura 48. Temperatura, Cuenca río Yelcho. (color rojo: presencia)

En la figura 49 se presenta la variable temperatura en la Cuenca río Palena y Costeras límite X Región, se registró un valor promedio de $10,96 \pm 2,5$ °C, los valores fluctuaron entre 7,5 °C a 15,5 °C presentado en río Azul A Campaña 2 (presencia *D.geminata*) y el río Figueroa B Campaña 1 respectivamente. En la figura 50 se presenta la variable temperatura en la Cuenca R. Palena y Costeras límite X región, Costeras e Islas entre río Palena y río Aysén, se registró un valor promedio de $11,62 \pm 4,1$ °C, los valores fluctuaron entre 6,6 °C a 18,1 °C presentado en el río Cisnes Campaña 2 y Campaña 1 respectivamente (presencia *D.geminata*). En la figura 51 se presenta la variable temperatura en la Cuenca río Aysén, se registró un valor promedio de $11,91 \pm 4,7$ °C, los valores fluctuaron entre 5,5 °C a 20,6°C presentado en río Claro S (presencia *D.geminata*) y el río Coyhaique B (presencia *D.geminata*) respectivamente. En la figura 52 se presenta la variable temperatura en la Cuenca río Baker, se registró un valor promedio de $11,58 \pm 4,6$ °C, los valores fluctuaron entre 5,3 °C a 17 °C presentado en río Mallín Campaña 2 y el río Chacabuco A Campaña 1 (presencia *D.geminata*) respectivamente.

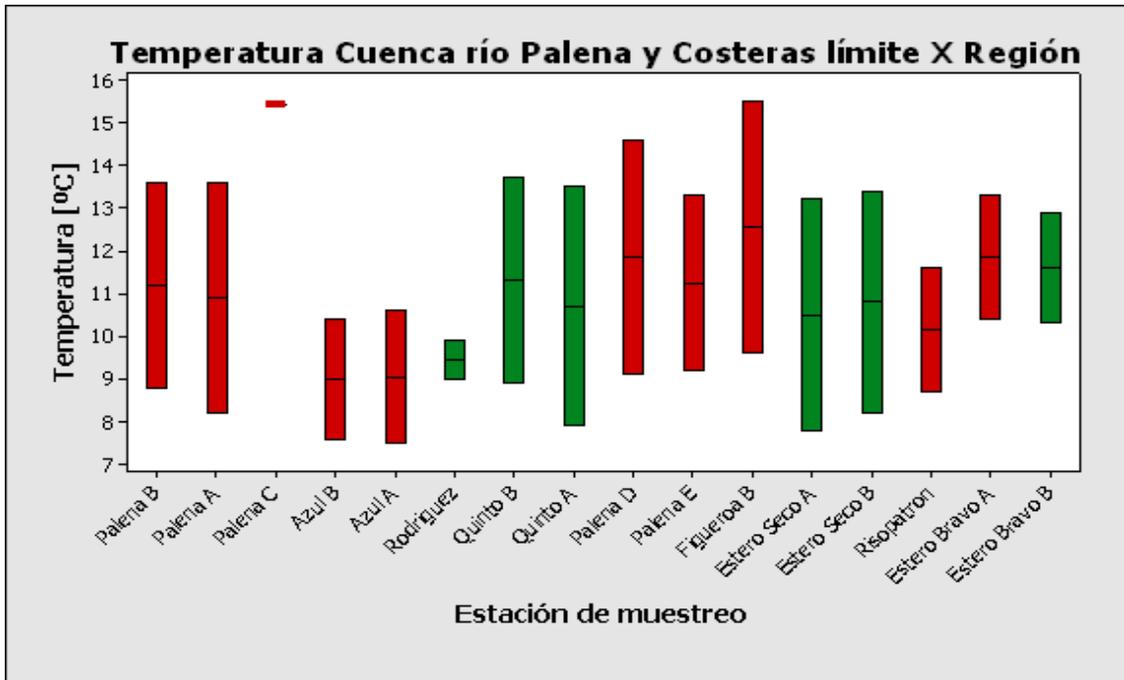


Figura 49. Temperatura, Cuenca río Palena y Costeras límite X Región. (color rojo: presencia)

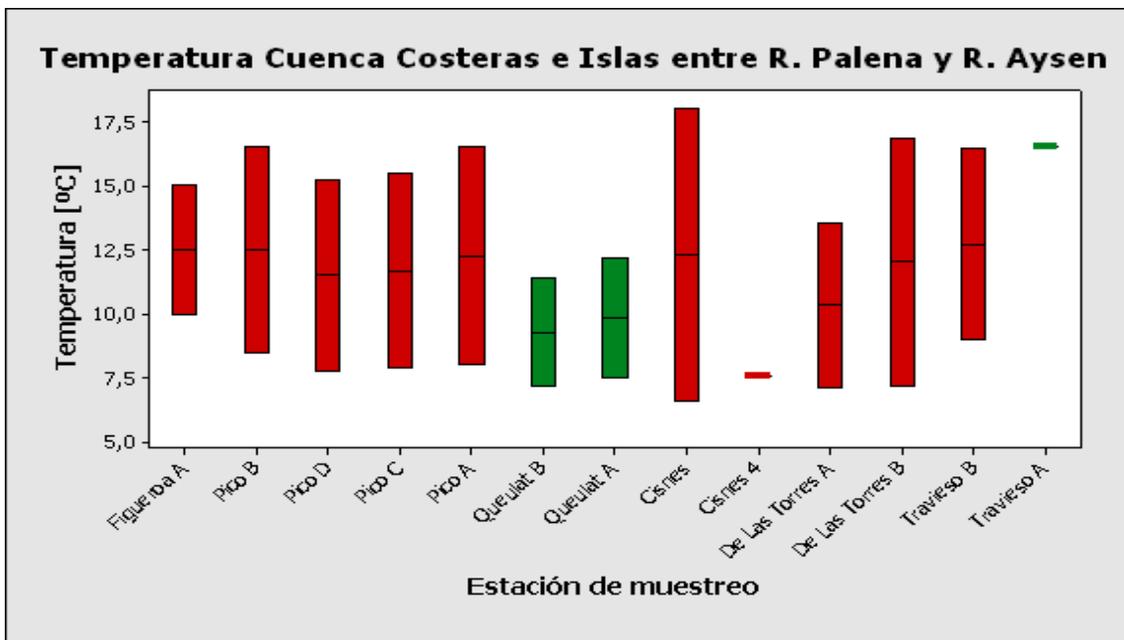


Figura 50. Temperatura, Cuenca río Palena y Costeras límite X Región y Costeras e Islas entre río Palena y río Aysén. ((color rojo: presencia)

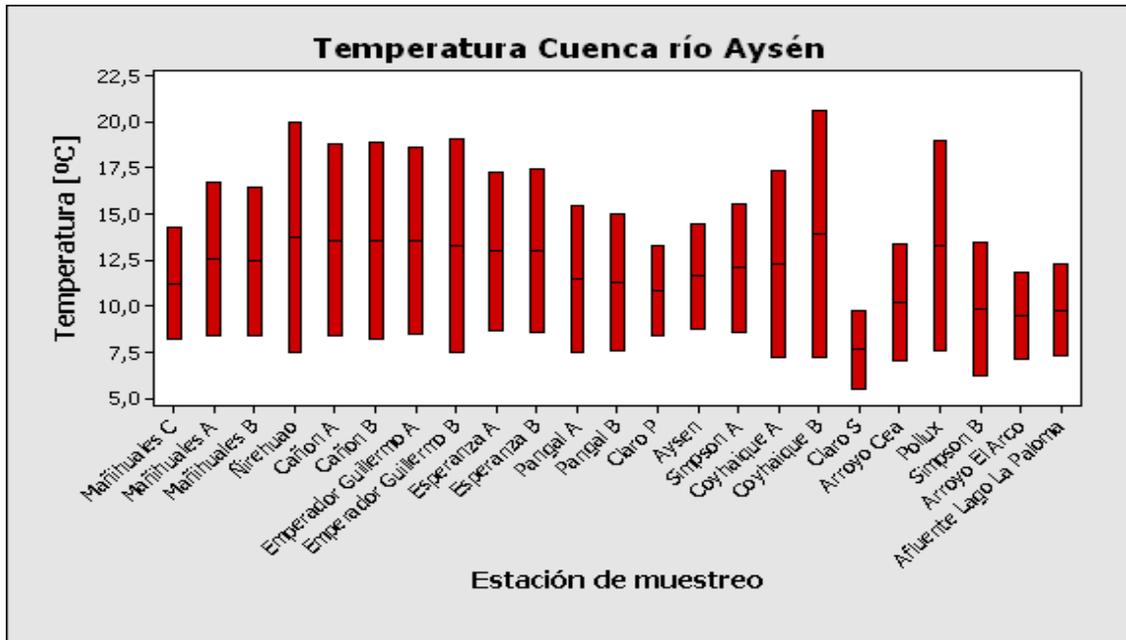


Figura 51. Temperatura, Cuenca río Aysén. (color rojo: presencia).

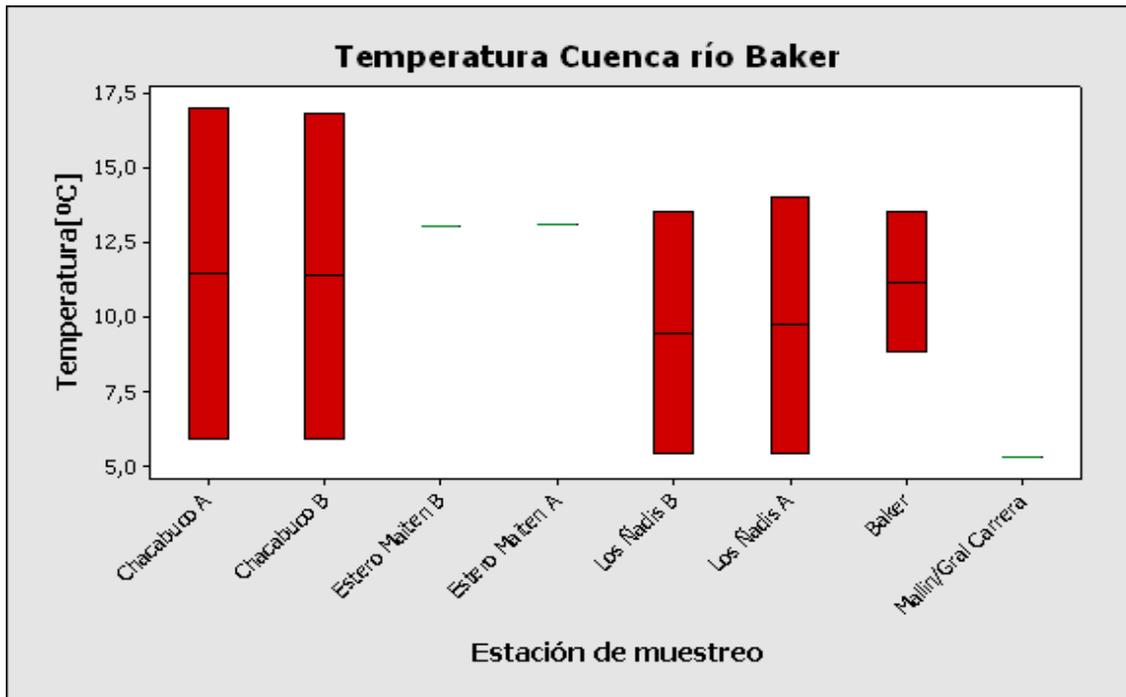


Figura 52. Temperatura, Cuenca río Baker. (color rojo: presencia).

5.4.2 Variable Oxígeno Disuelto.

En la figura 53 se muestra el oxígeno disuelto para la Cuenca río Itata, se registró un promedio de $10,24 \pm 1,18$ mg/L, se observó una variación de 7,7 mg/L (río Niblinto B y Chillan A, Campaña 1) a 12,59 mg/L (río Ñuble 1A, Campaña 2). En la figura 54 se muestra el oxígeno disuelto para la Cuenca río Biobío, el promedio fue de $11,34 \pm 1,2$ mg/L, con una variación de 8,8 mg/L (río Mulchen B Campaña 1) a 12,59 mg/L (río Laja B Campaña 1). En la figura 55 se muestra el oxígeno disuelto para la Cuenca río Imperial, el promedio fue de $10,90 \pm 0,77$ mg/L, con una variación de 9,70 mg/L (ríos Quino D y Quillehe, Campaña 1) a 12,40 mg/L (río Quepe C, Campaña 1). Cabe considerar los ríos presentaron altas concentraciones de oxígeno disuelto. De acuerdo a la normativa (NCh1333) valores por sobre 5 mg/L son adecuados para el desarrollo de la biota.

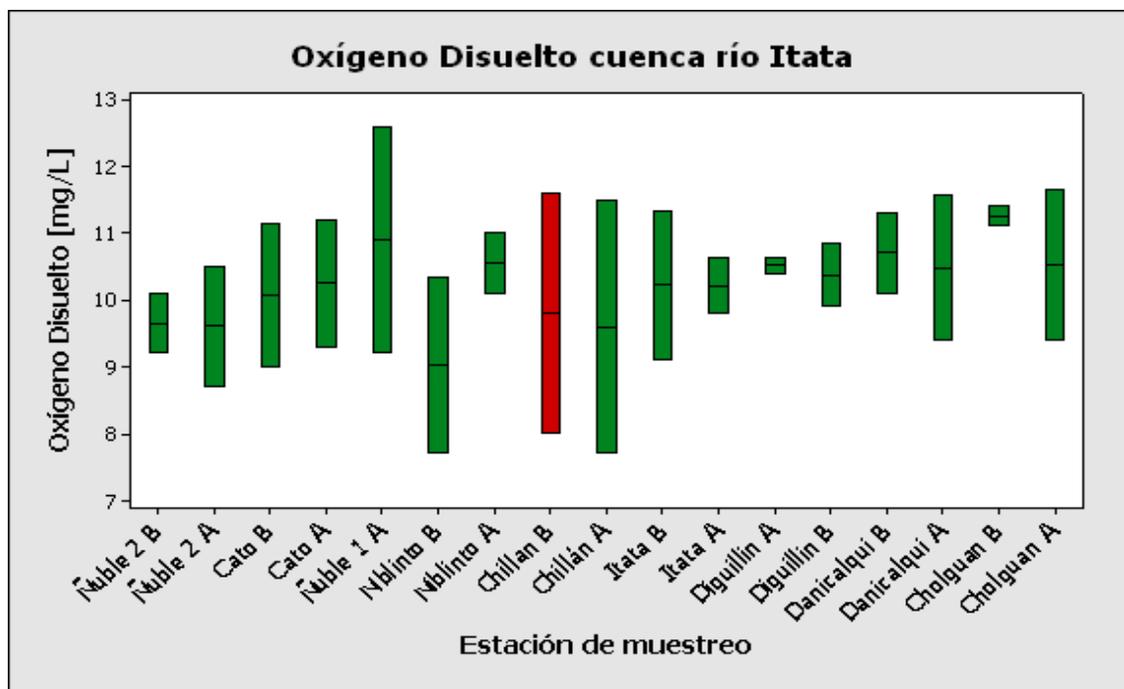


Figura 53. Oxígeno Disuelto, Cuenca del río Itata. (color rojo: presencia).

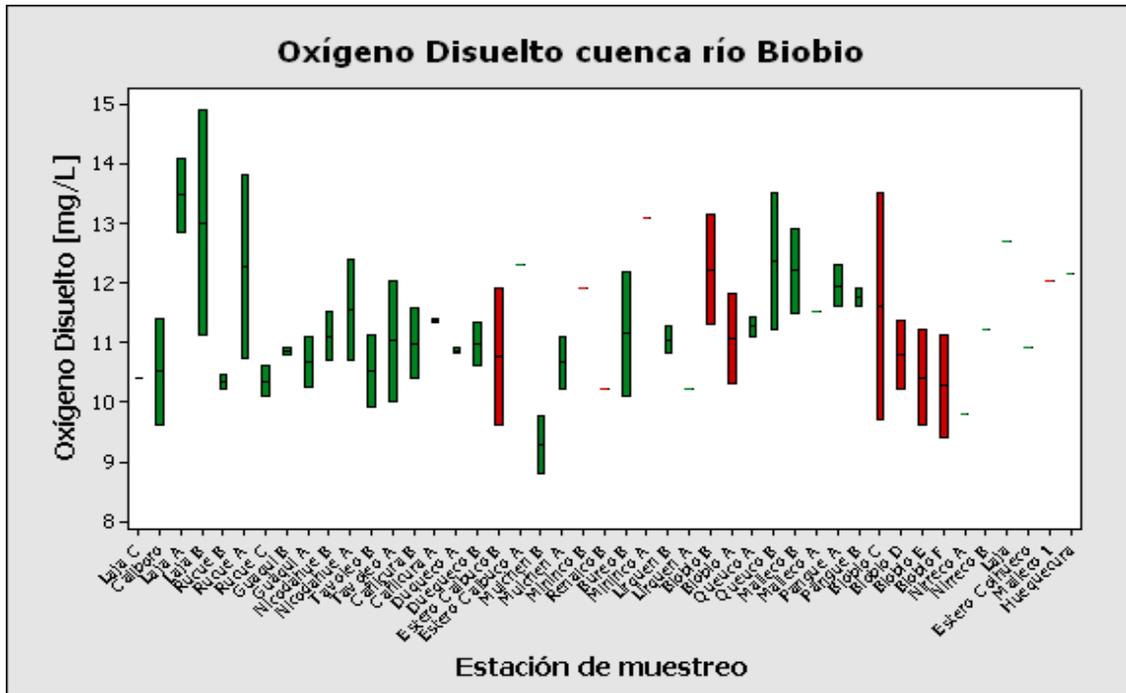


Figura 54. Oxígeno Disuelto, Cuenca del río Biobío. (color rojo: presencia).

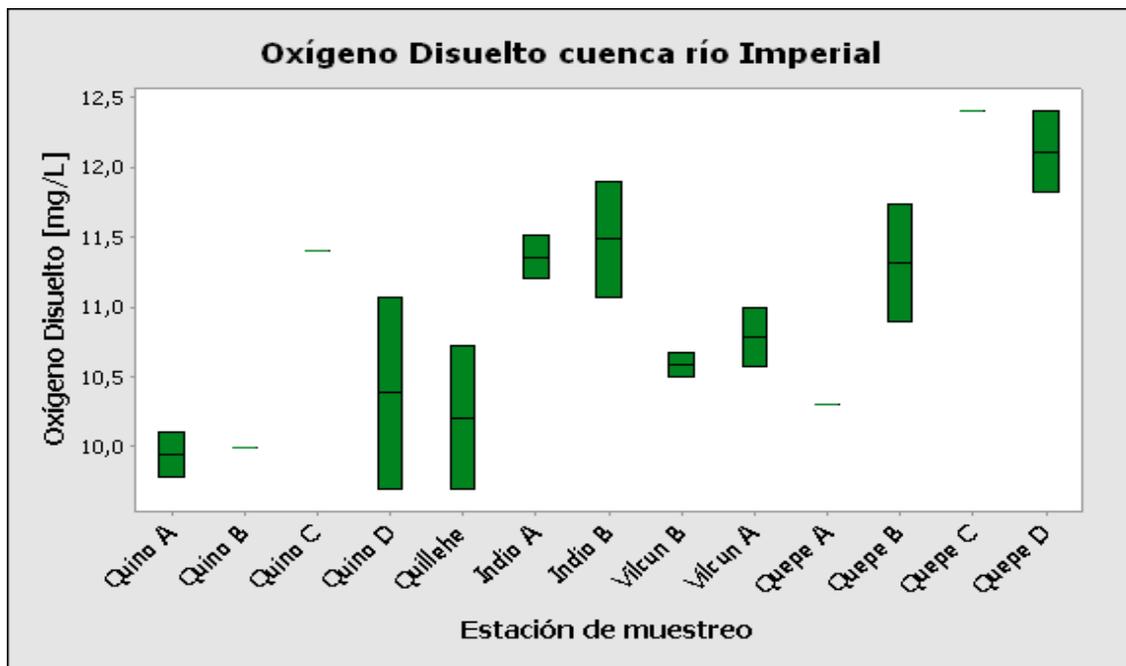


Figura 55. Oxígeno Disuelto, Cuenca del río Imperial.

En la figura 56 se muestran el oxígeno disuelto para la Cuenca río Toltén, el promedio fue de $11,45 \pm 0,97$ mg/L, con una variación de 9,7 mg/L (río Huiscaپی B, Campaña 2 con presencia) a 13,9 mg/L (río Liucura, Campaña 1 con presencia). En la figura 57 se muestran el oxígeno disuelto para la Cuenca río Valdivia, el promedio fue de $10,06 \pm 1,6$ mg/L, con una variación de 6,5 mg/L (río Cruces A, Campaña 1) a 12,8 mg/L (río Quinchilca A, Campaña 2). En la figura 58 se muestra el oxígeno disuelto para la Cuenca río Bueno, el promedio fue de $9,60 \pm 1,7$ mg/L., 5,68 mg/L (río Bueno A Campaña 1) a 12,52 mg/L (río Coihueco A Campaña 2).

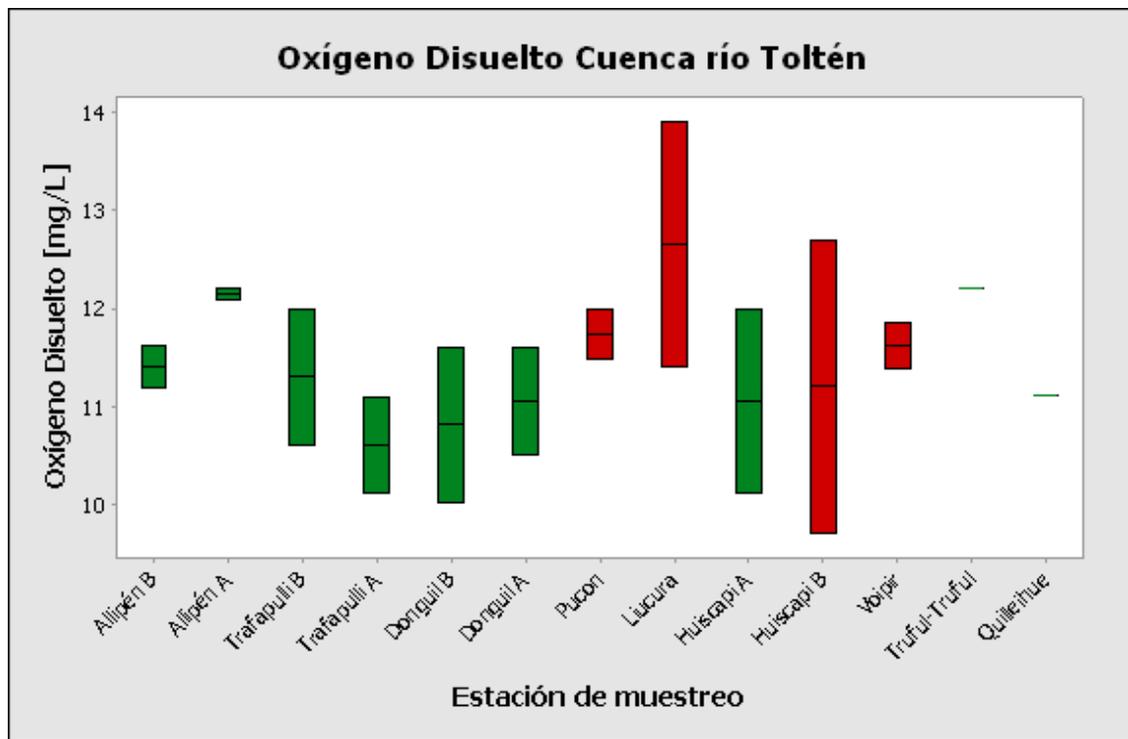


Figura 56. Oxígeno Disuelto, Cuenca del río Toltén. (color rojo: presencia).

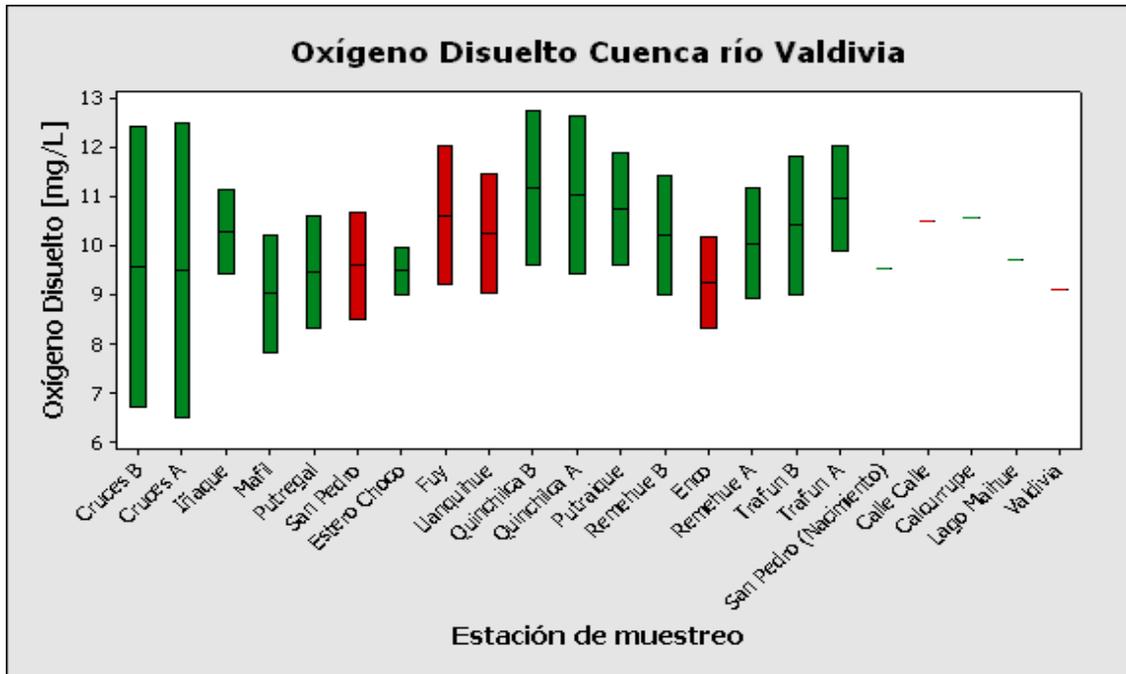


Figura 57. Oxígeno Disuelto, Cuenca del río Valdivia. (color rojo: presencia).

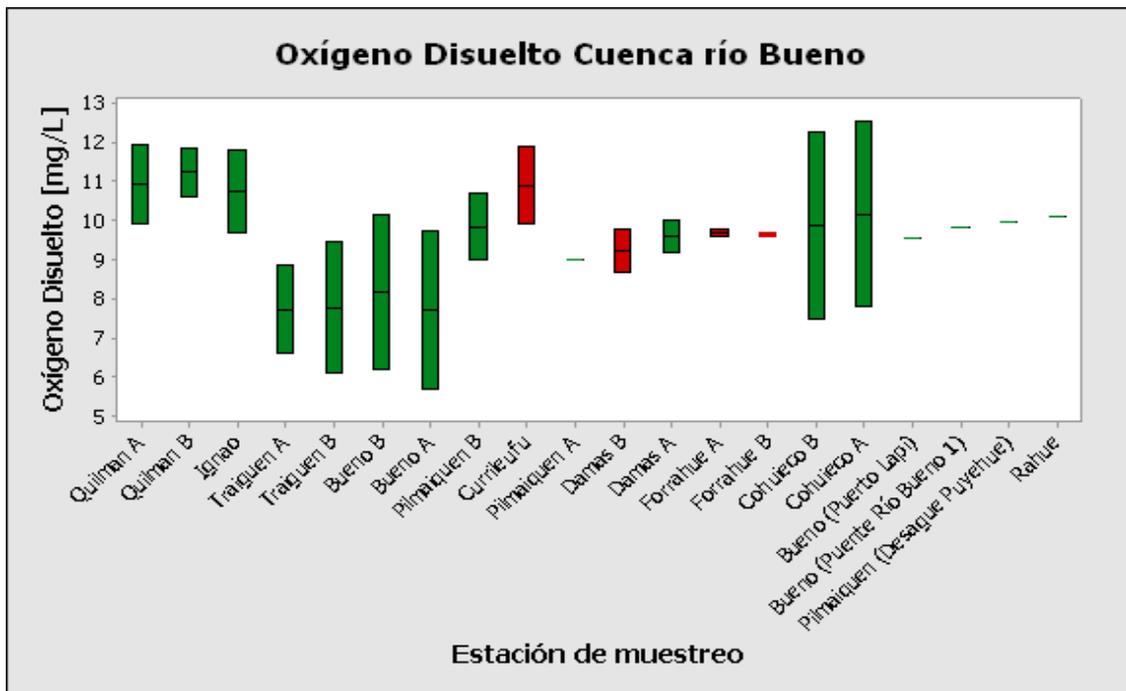


Figura 58. Oxígeno Disuelto, Cuenca del río Bueno. (color rojo: presencia).

En la figura 59 se muestran el oxígeno disuelto para la Cuenca e Islas entre río Bueno y río Puelo, el promedio fue de $11,50 \pm 0,89$ mg/L, con una variación de 9,95 mg/L (río Petrohué, Campaña 2) a 12,63 mg/L (río Chaica A, Campaña 2). En la figura 60 se muestran el oxígeno disuelto para la Cuenca río Puelo, el promedio fue de $11,22 \pm 0,8$ mg/L, con una variación de 9,71 mg/L (río Mapocho, Campaña 2) a 12,78 mg/L (río Frio B, Campaña 2 con presencia). En la figura 61 se muestra el oxígeno disuelto para la Cuenca río Yelcho, el promedio fue de $10,13 \pm 1,14$ mg/L con una variación de 8,64 mg/L (río Futaleufu A, Campaña 1 con presencia) a 12,18 mg/L (río Yelcho A Campaña 2 con presencia).

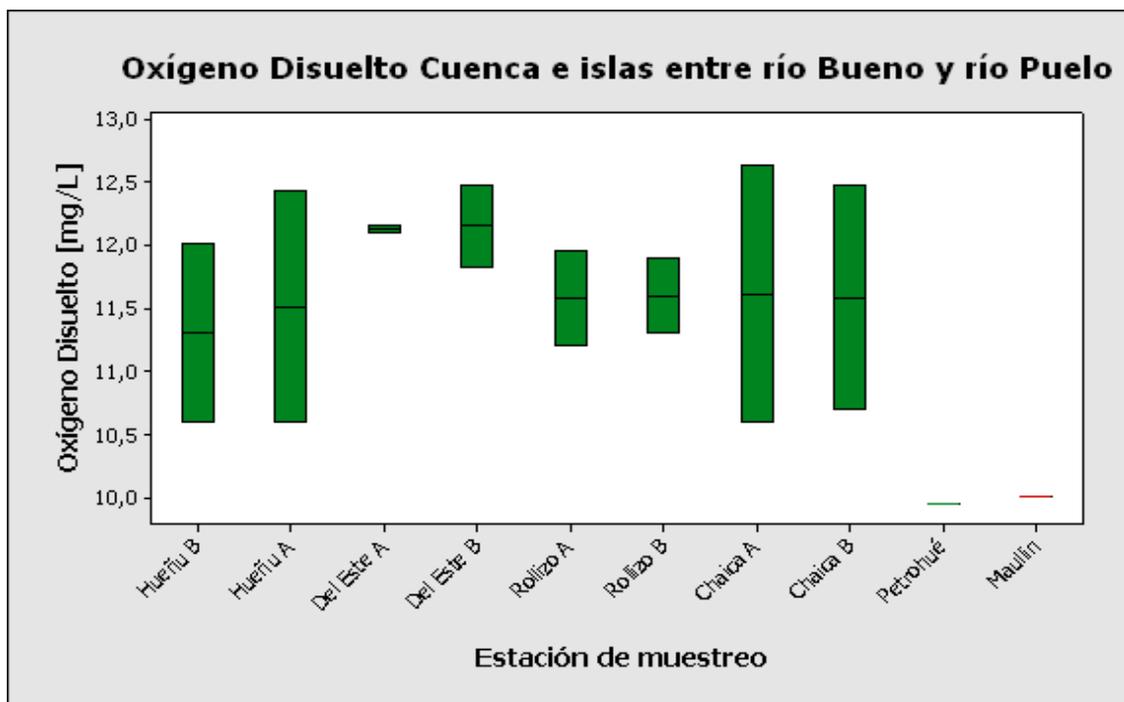


Figura 59. Oxígeno Disuelto, Cuencas e Islas entre río Bueno y río Puelo. (color rojo: presencia).

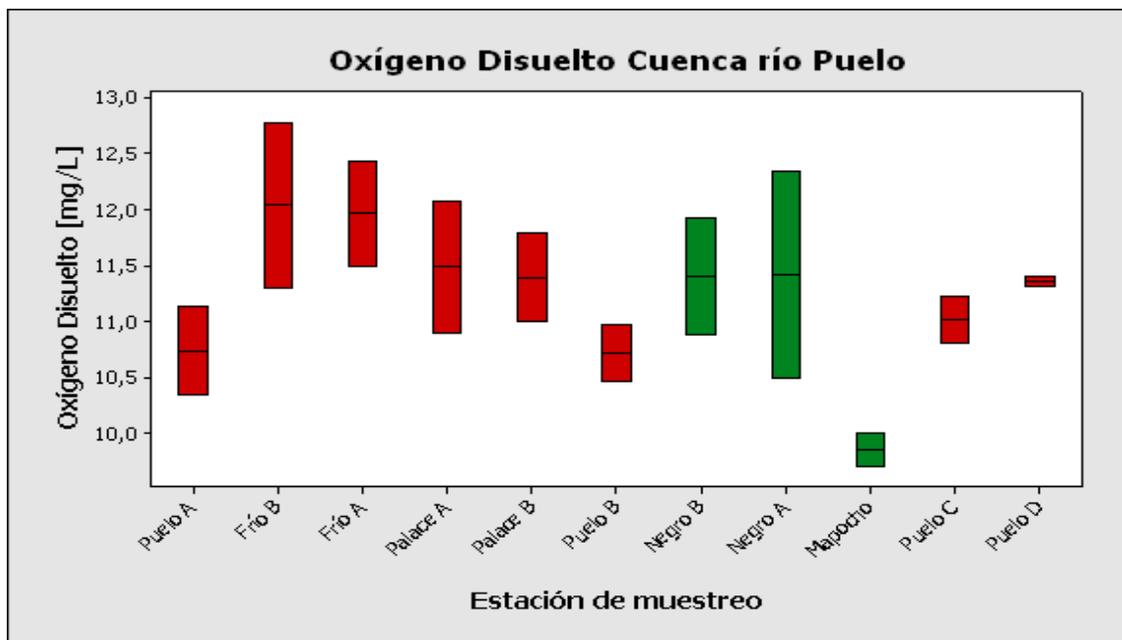


Figura 60. Oxígeno Disuelto, Cuenca río Puelo. (color rojo: presencia).

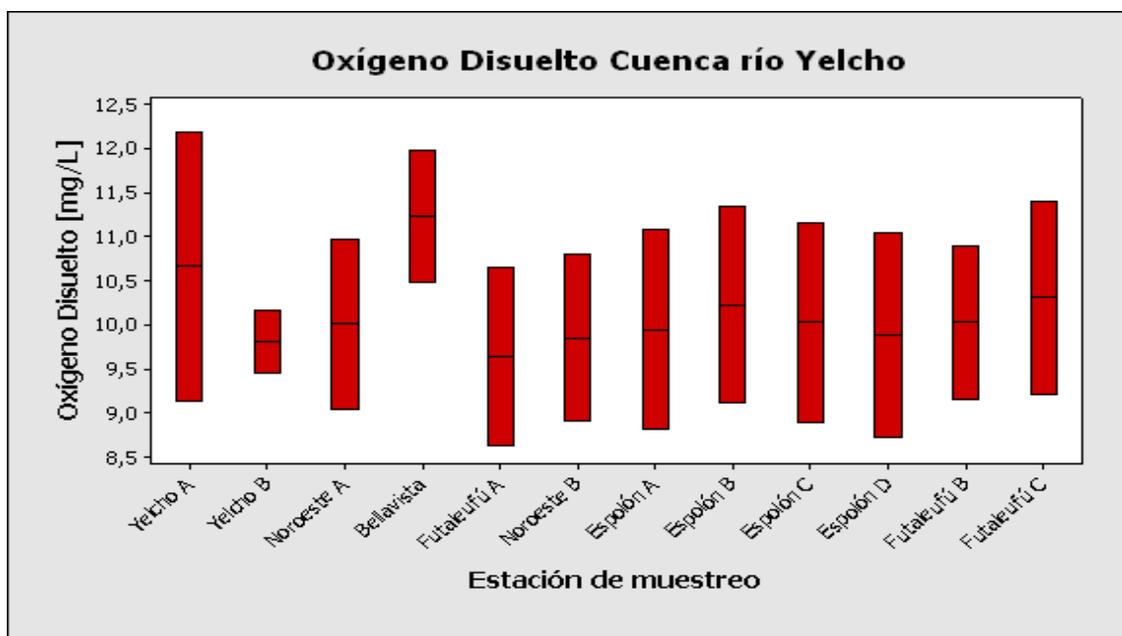


Figura 61. Oxígeno Disuelto, Cuenca río Yelcho. (color rojo: presencia).

En la figura 62 se muestran el oxígeno disuelto para la Cuenca río Palena y Costeras límite X Región, el promedio fue de $10,82 \pm 1,3$ mg/L, con una variación fue de 9,08 mg/L (río Figueroa B, Campaña 1 con presencia) a 12,52 mg/L (río Estero Seco A, Campaña 2). En la figura 63 se muestra el oxígeno disuelto para la Cuenca río Palena y Costeras límite X Región y Costeras e islas entre río Palena y río Aysén, el promedio fue de $10,89 \pm 2,0$ mg/L, con una variación de 8,16 mg/L (río De Las Torres B Campaña 1, con presencia) a 14,6 mg/L (río Pico D, Campaña 2 con presencia). En la figura 64 se muestran el oxígeno disuelto para la Cuenca río Aysén, el promedio fue de $10,58 \pm 2,0$ mg/L, con una variación de 7,52 mg/L (río Coyhaique B, Campaña 1 con presencia) a 14,11 mg/L (río Simpson, Campaña 2 con presencia). En la figura 65 se muestran el oxígeno disuelto para la Cuenca río Baker, el promedio fue de $11,64 \pm 1,3$ mg/L, con una variación de 9,43 mg/L (río Chacabuco B, Campaña 1 con presencia) a 13,32 mg/L (río Mallín/Gral. Carrera Campaña 2).

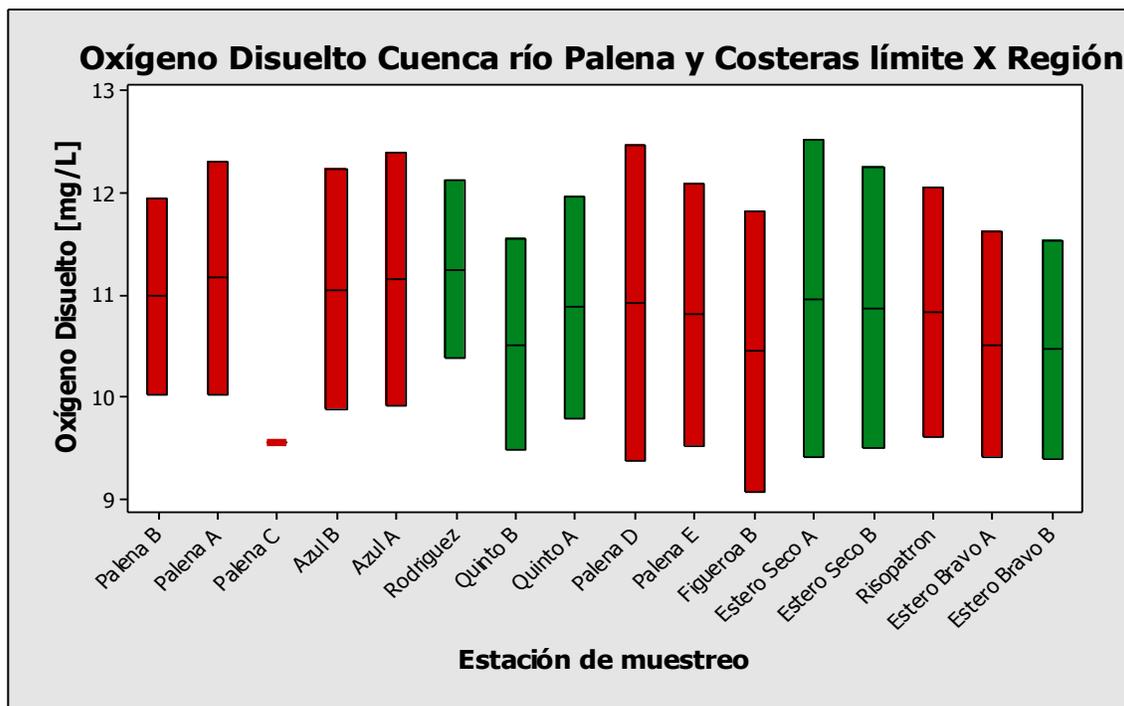


Figura 62. Oxígeno Disuelto, Cuenca río Palena y Costeras límite X Región. (color rojo: presencia).

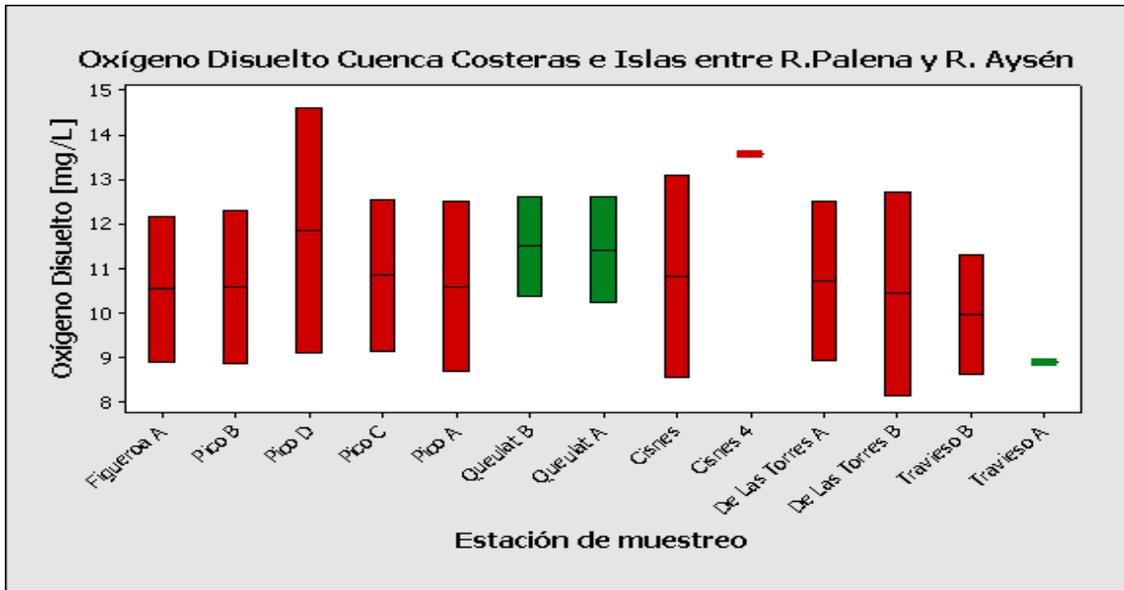


Figura 63. Oxígeno Disuelto, Cuenca río Palena y Costeras límite X Región y Costeras e islas entre río Palena y río Aysén. (color rojo: presencia).

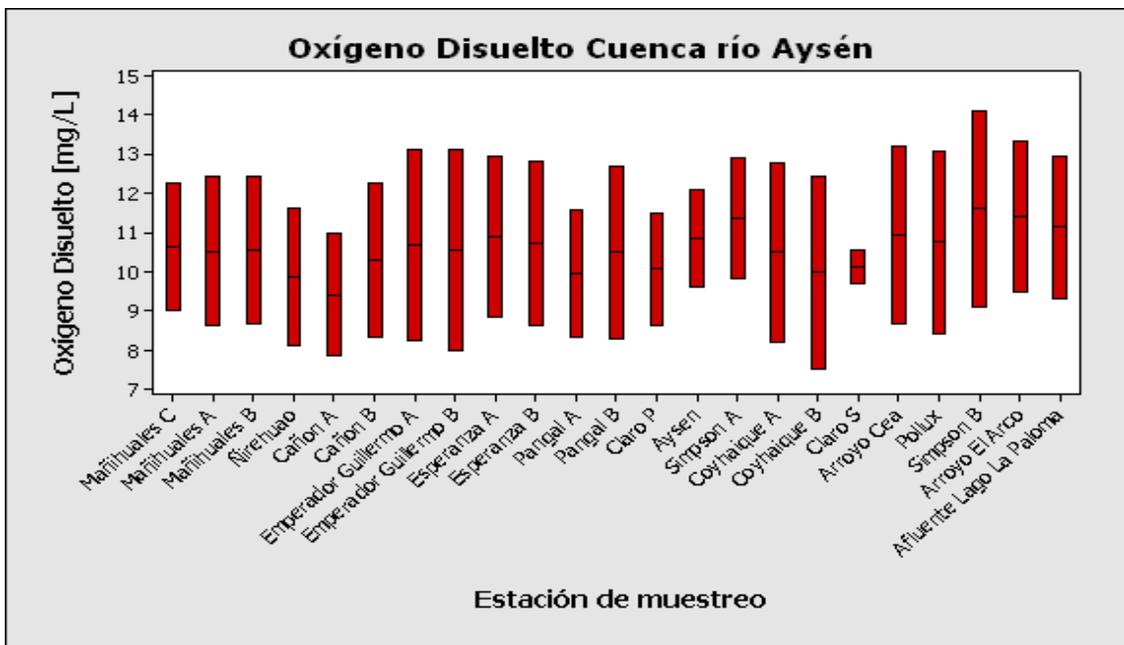


Figura 64. Oxígeno Disuelto, Cuenca río Aysén. (color rojo: presencia).

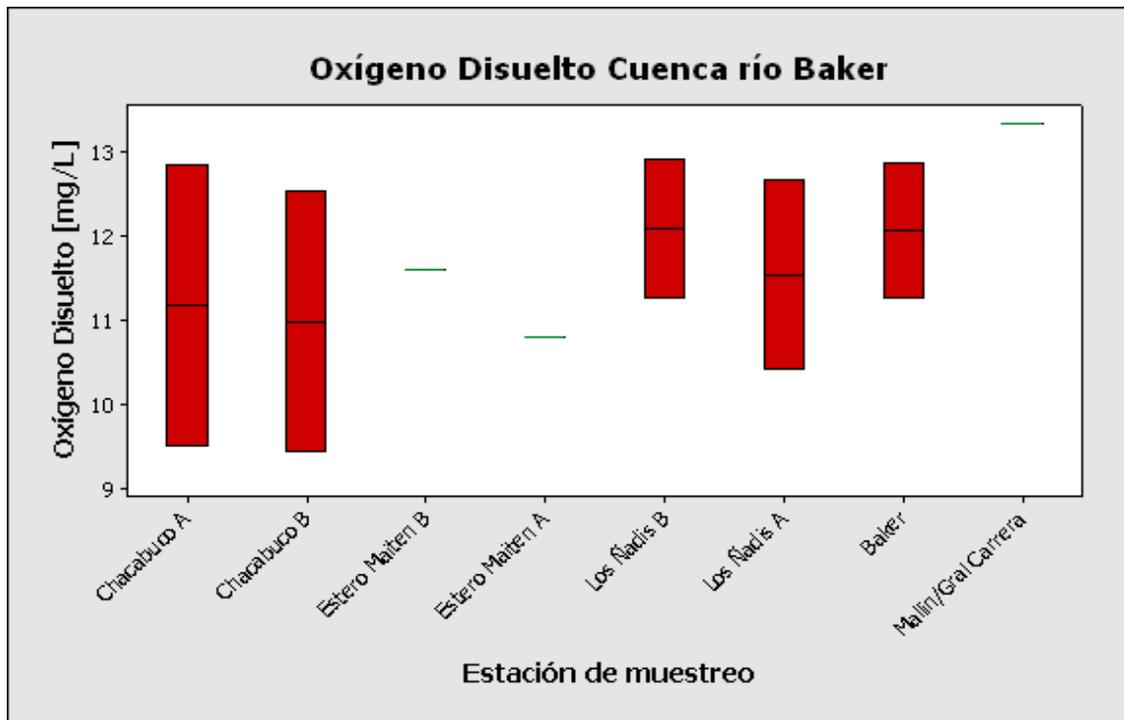


Figura 65. Oxígeno Disuelto, Cuenca río Baker. (color rojo: presencia).

5.4.3 Variable pH.

En la figura 66 se presenta la variable pH para la Cuenca río Itata, este presentó un valor promedio de $8,02 \pm 0,47$ correspondiente a un pH ligeramente alcalino, con fluctuaciones entre 6,6 (río Danicalqui B Campaña 1) a 8,74 (río Chillan A Campaña 2). En la figura 67, la variable para la Cuenca del río Biobío, presentó un valor promedio de $8,03 \pm 0,47$ con fluctuaciones entre 6,3 (río Nirreco B Campaña 1) a 9,2 (río Biobío E , Campaña 1 con presencia). En la figura 68, la variable para la Cuenca río Imperial, presentó un valor promedio de $8,01 \pm 0,67$ con fluctuaciones entre 6,4 (río Quepe D Campaña 1) a 10,0 (río Vilcun A Campaña 1).

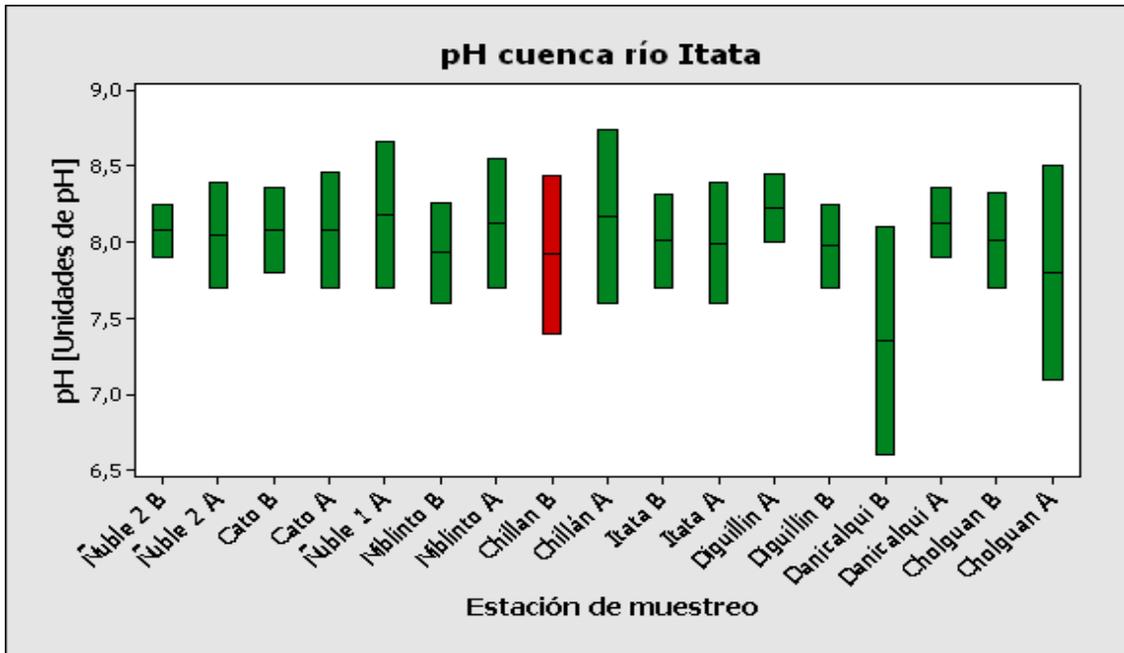


Figura 66. pH, Cuenca del río Itata. (color rojo: presencia).

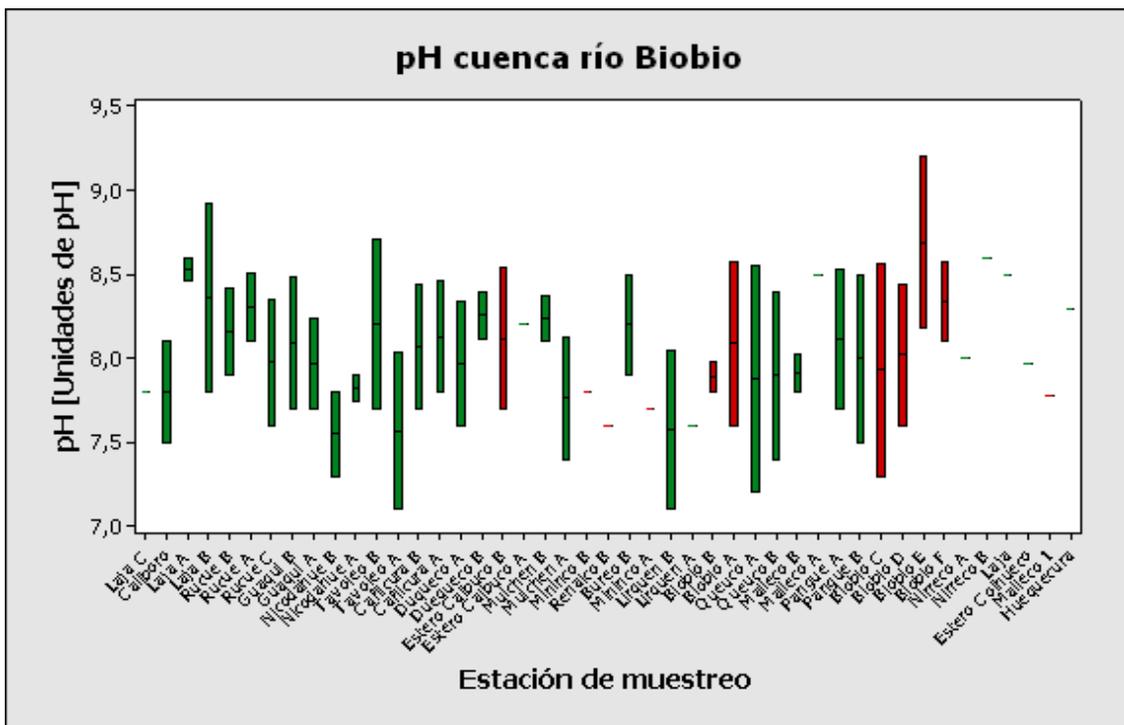


Figura 67. pH, Cuenca del río Biobío. (color rojo: presencia).

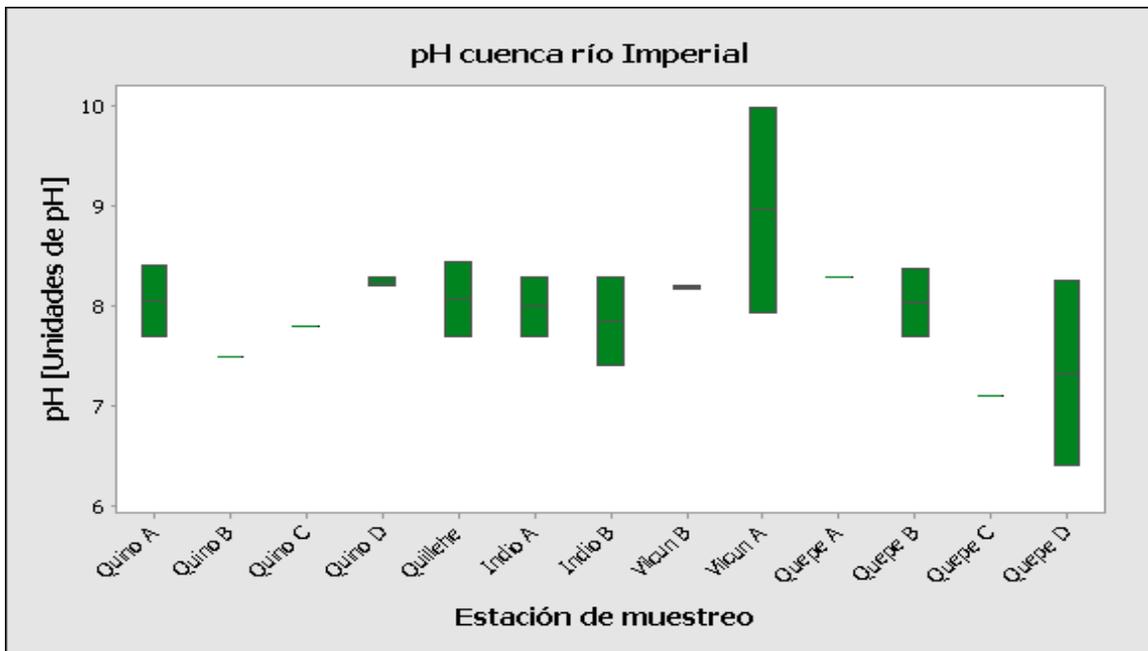


Figura 68. pH, Cuenca del río Imperial.

En la figura 69 se presenta el pH para la Cuenca río Tolten, con un valor promedio de $7,98 \pm 0,97$ correspondiente a un pH ligeramente alcalino, con fluctuaciones entre 6,2 (río Huis capi A y Huis capi B de la Campaña 1, este último con presencia) a 11,0 (río Trafapulli A, Campaña 1). En la figura 70 el pH para la Cuenca río Valdivia, presentó un valor promedio de $7,75 \pm 0,49$, con fluctuaciones entre 6,8 (estero Choco, Campaña 1) a 8,9 (río Quinchilca A, Campaña 2). En la figura 71 la variable para la Cuenca río Bueno, presentó un valor promedio de $7,78 \pm 0,53$ con fluctuaciones entre 6,5 (río Forrahue A Campaña 1 con presencia) a 8,57 (río Pilmai quen (Desagüe río Puyehue. Campaña 2).

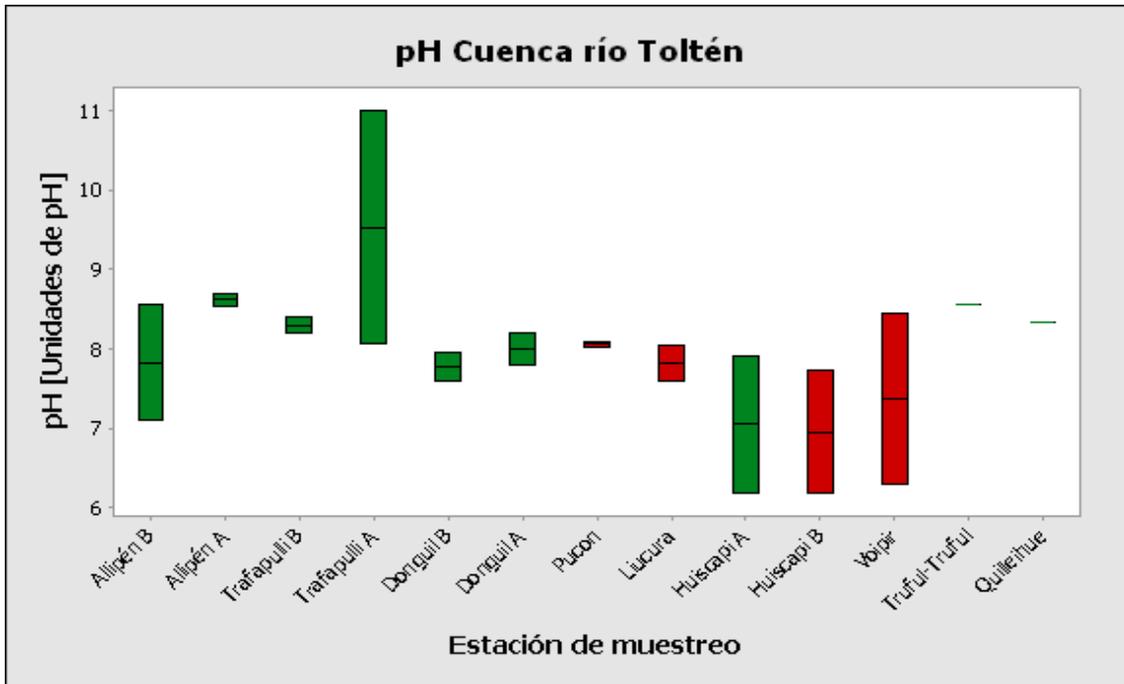


Figura 69. pH, Cuenca del río Toltén. (color rojo: presencia).

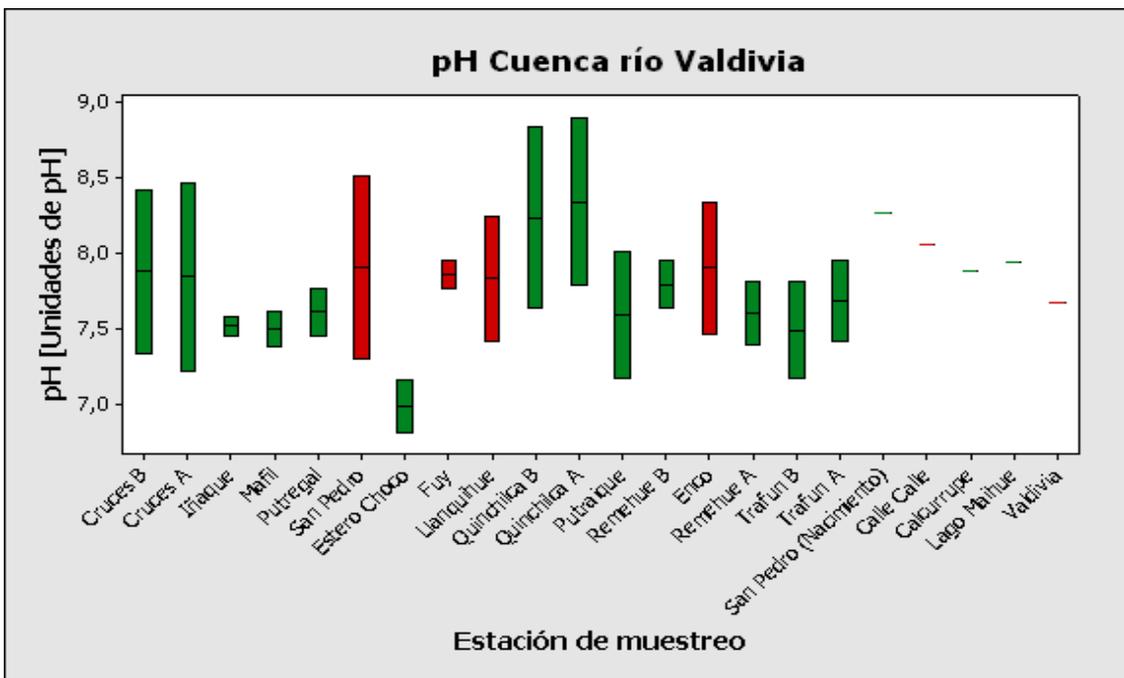


Figura 70. pH, Cuenca del río Valdivia. (color rojo: presencia).

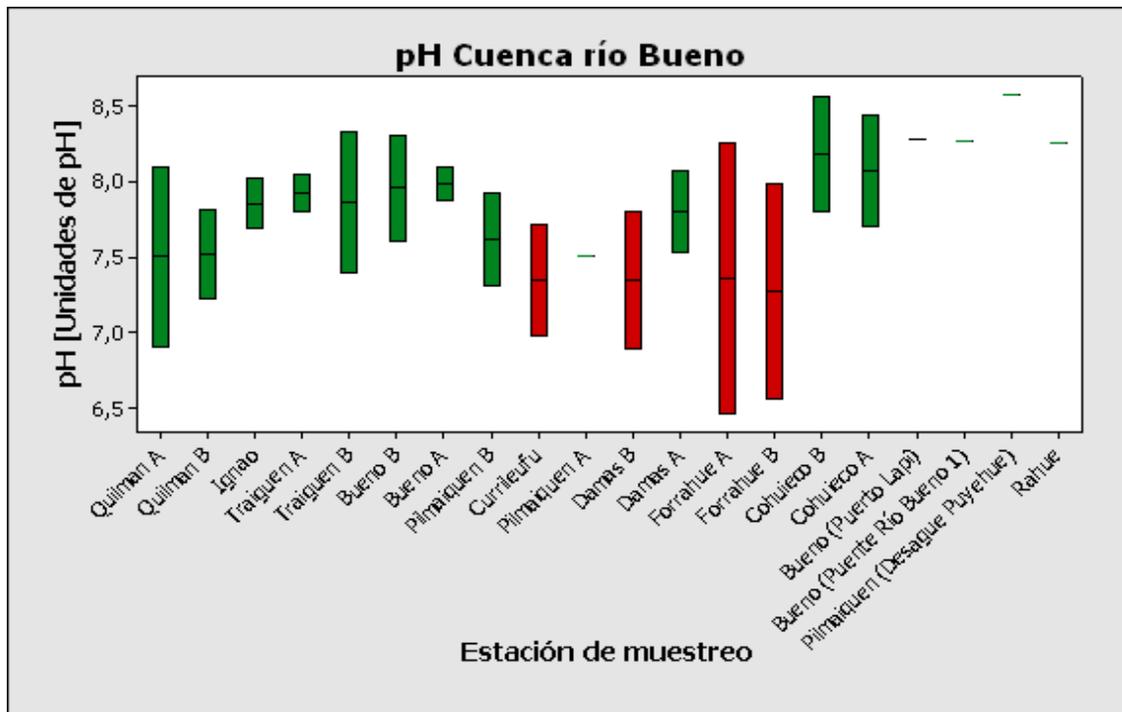


Figura 71. pH, Cuenca del río Bueno, (color rojo: presencia).

En la figura 72 se presenta el parámetro de pH para la Cuenca e Islas entre río Bueno y río Puelo, presentó un valor promedio de $8,07 \pm 1,1$ correspondiente a un pH ligeramente alcalino, con fluctuaciones entre 6,8 (río Hueñu B, Campaña 1) a 9,93 (río Hueñu A, Campaña 2). En la figura 73 se presenta la variable pH para la Cuenca río Puelo, presentó un valor promedio de $7,79 \pm 0,43$ con fluctuaciones entre 6,93 (río Negro A, Campaña 1) a 8,5 (río Palace B Campaña 1 con presencia). En la figura 74 se presenta la variable para la Cuenca río Yelcho, presentó un valor promedio de $7,97 \pm 0,2$, con fluctuaciones entre 7,69 (río Yelcho A, Campaña 2 con presencia) a 8,3 (río Yelcho A, Campaña 1 con presencia).

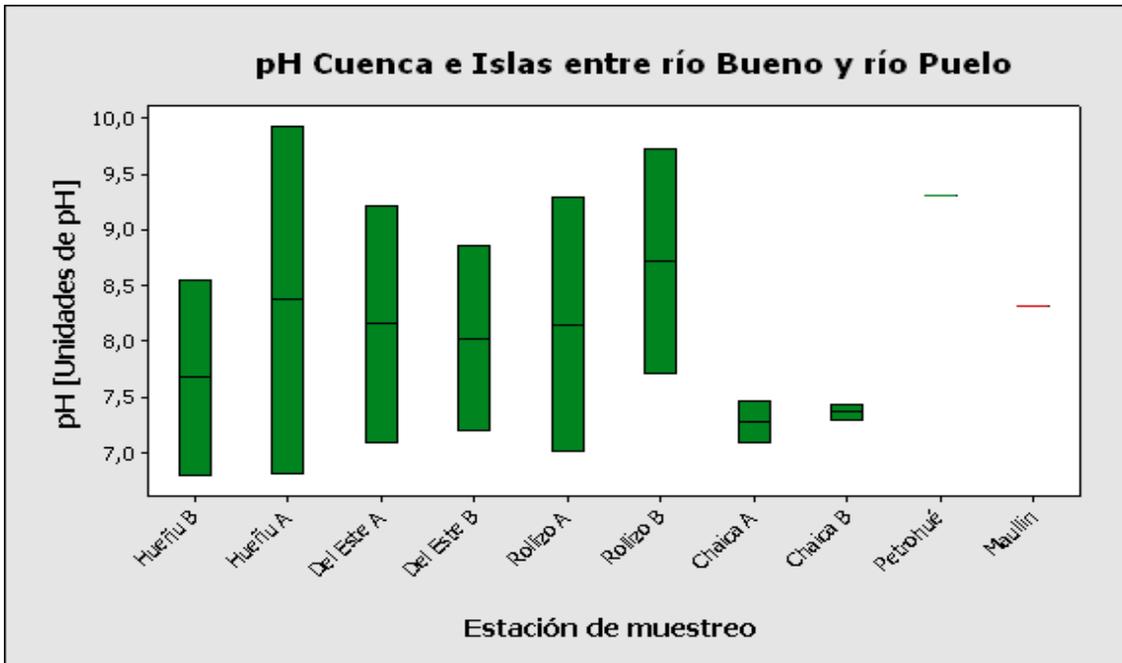


Figura 72. pH, Cuenca e Islas entre río Bueno y río Puelo. (color rojo: presencia).

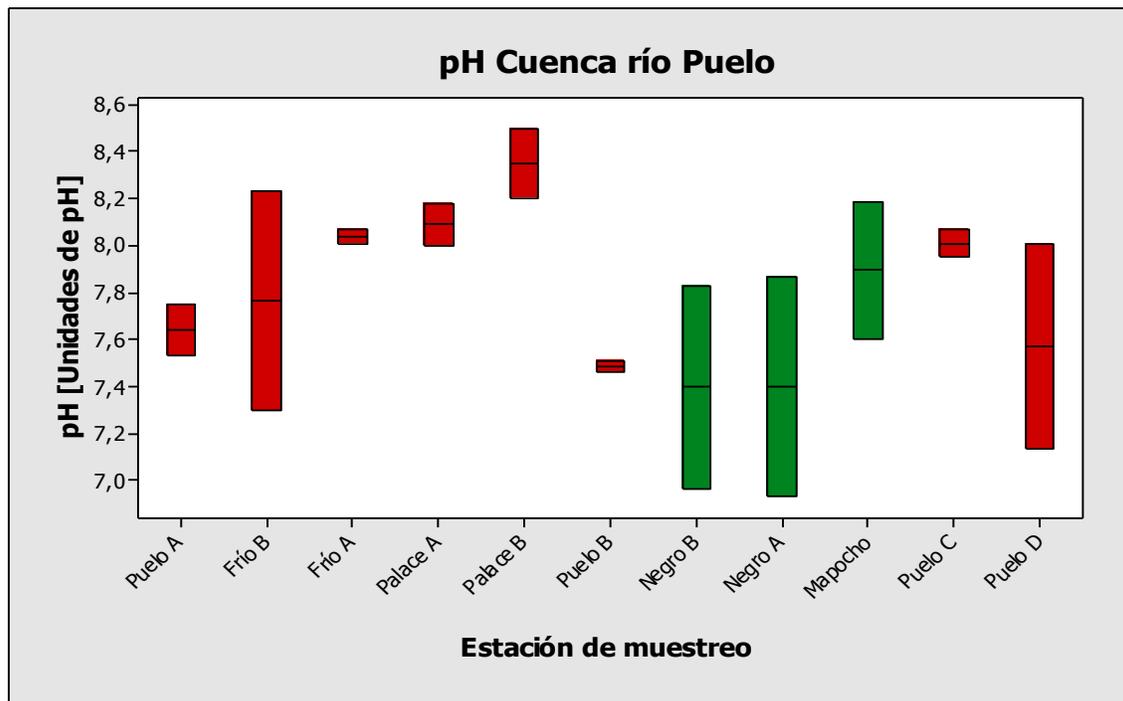


Figura 73. pH, Cuenca río Puelo. (color rojo: presencia).

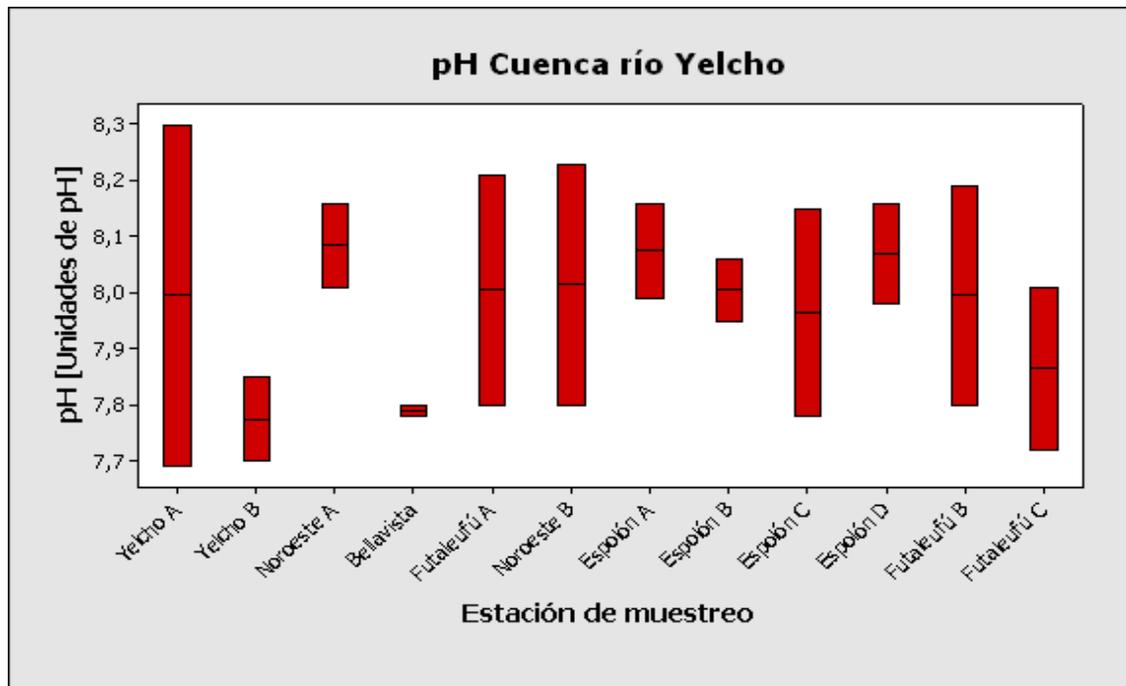


Figura 74. pH, Cuenca río Yelcho. (color rojo: presencia).

En la figura 75 se presenta la variable pH para la Cuenca e Islas entre río Palena y Costeras limite X Región, presentó un valor promedio de $8,23 \pm 0,66$ correspondiente a un pH ligeramente alcalino, con fluctuaciones entre 7,4 (río Quinto B Campaña 1) a 10,24 (Estero Bravo A, Campaña 2 con presencia). En la figura 76 se presenta la variable pH para tres cuencas que son: Cuenca río Palena y Costeras limite X Región, Cuenca Costeras e Islas entre río Palena y Cuenca río Aysén. Estas presentaron un valor promedio de $8,37 \pm 0,87$ con fluctuaciones entre 7,42 (río Queulat B Campaña 1) a 10,15 (río Pico A, Campaña 2 con presencia). En la figura 77 se presenta la variable pH para la Cuenca río Aysén, con un valor promedio de $8,17 \pm 0,31$, con fluctuaciones entre 7,69 (río Pangal A, Campaña 2 con presencia) a 9,4 (río Simpson A, Campaña 2 con presencia). En la figura 78 se presenta la variable para la Cuenca río Baker, que presentó un valor promedio de $8,08 \pm 0,27$, con fluctuaciones entre 7,4 (estero Maitén B, Campaña1) a 8,46 (río Chacabuco A, Campaña 2 con presencia).

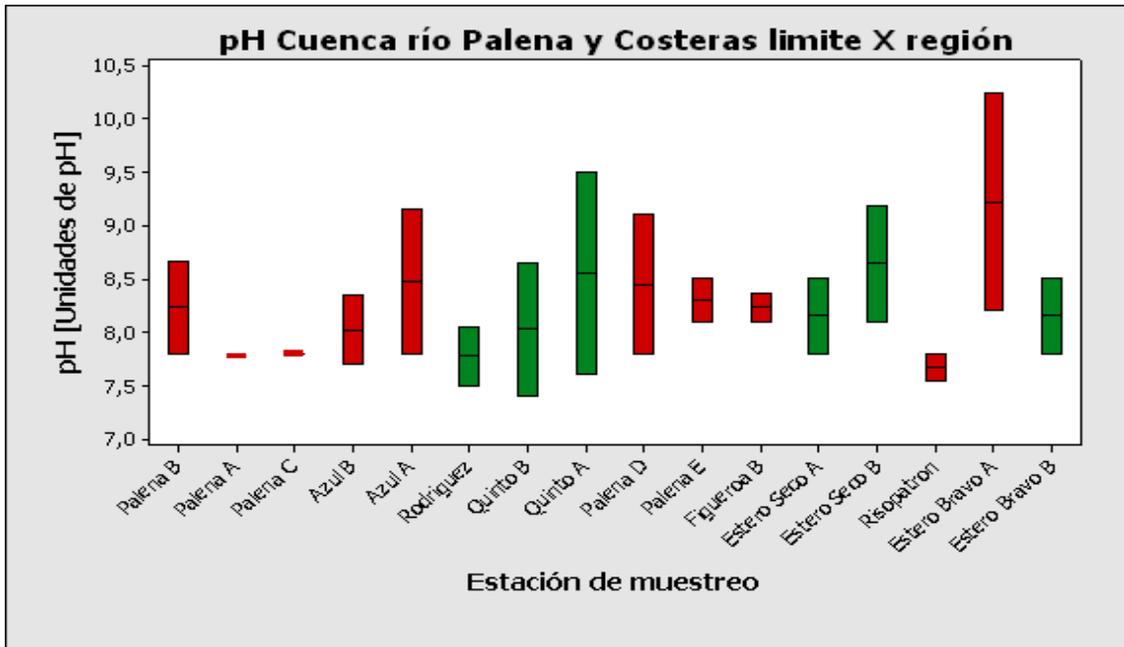


Figura 75. pH, Cuenca río Palena y Costeras limite X Región. (color rojo: presencia)

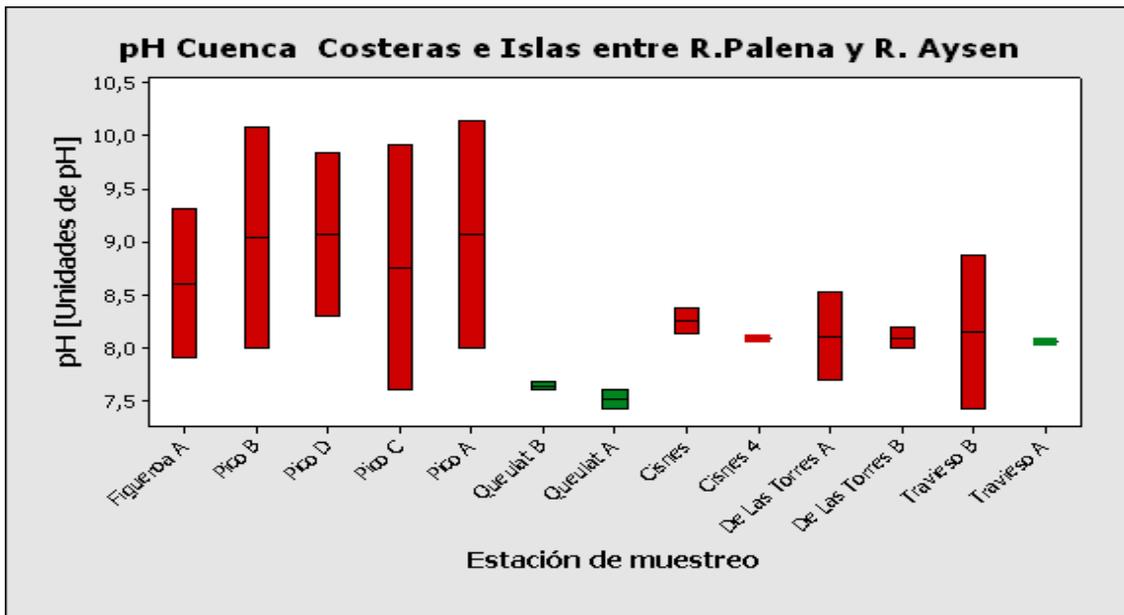


Figura 76. pH, Cuenca río Palena y Costeras limite X Región y Costeras e Islas entre río Palena y río Aysén. (color rojo: presencia)

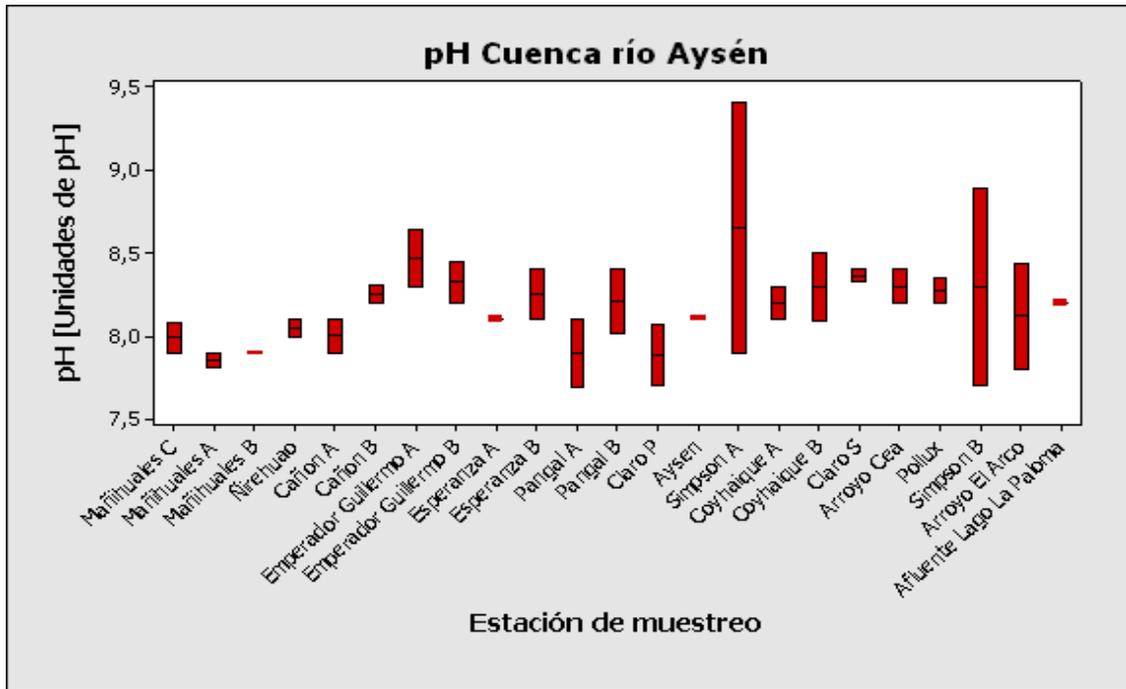


Figura 77. pH, Cuenca río Aysén. (color rojo: presencia)

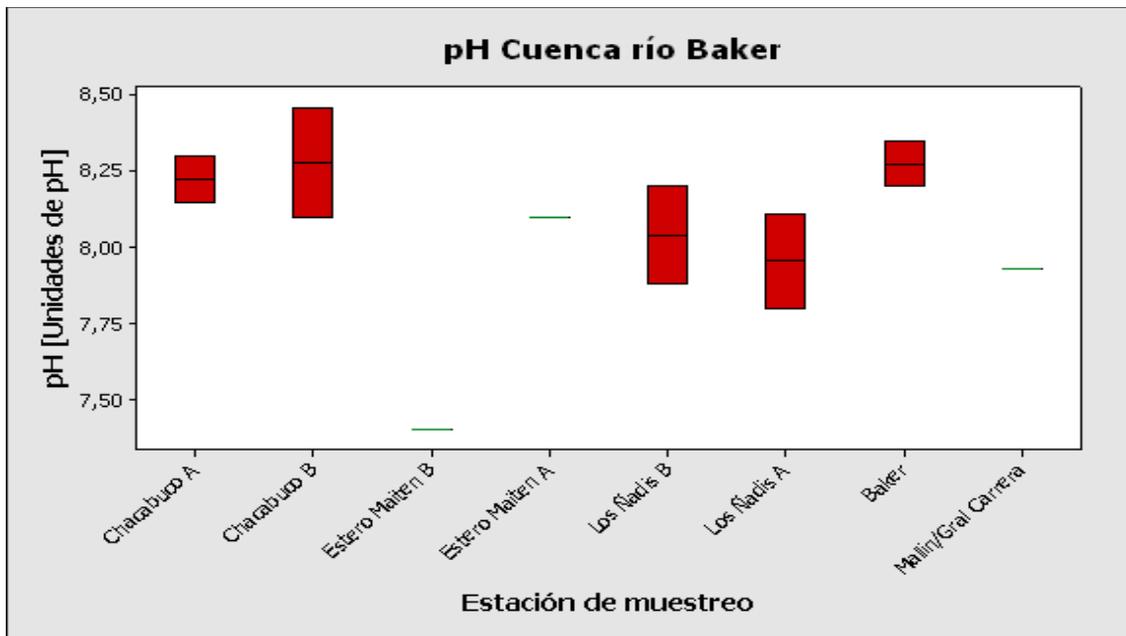


Figura 78. pH, Cuenca río Aysén y Cuenca río Baker. (color rojo: presencia)

5.4.4 Variable Conductividad Eléctrica.

En la figura 79 se presenta el parámetro conductividad eléctrica para la Cuenca del río Itata, cuyos valores fueron inferiores a 200 $\mu\text{S}/\text{m}$, con un promedio de $75,31 \pm 37,2 \mu\text{S}/\text{cm}$ y variaciones entre 24,6 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (río Danicalqui A Campaña 2) y 176,2 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (río Chillán A Campaña 2). En la figura 80 se presenta el parámetro para la Cuenca del río Biobío, cuyos valores fueron inferiores a 400 $\mu\text{S}/\text{m}$, con un promedio de $68,63 \pm 42,9 \mu\text{S}/\text{cm}$ y variaciones entre 18,9 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (río Malleco 1 Campaña 2 con presencia) y 349,4 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (río Biobío C, Campaña 2 con presencia). En la figura 81 se presenta el parámetro para la Cuenca del río Imperial, cuyos valores fueron inferiores a 200 $\mu\text{S}/\text{m}$, con un promedio de $79,43 \pm 38,1 \mu\text{S}/\text{cm}$ y variaciones entre 29,0 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (río Quepe D Campaña 2) y 182,9 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (río Quino A Campaña 2).

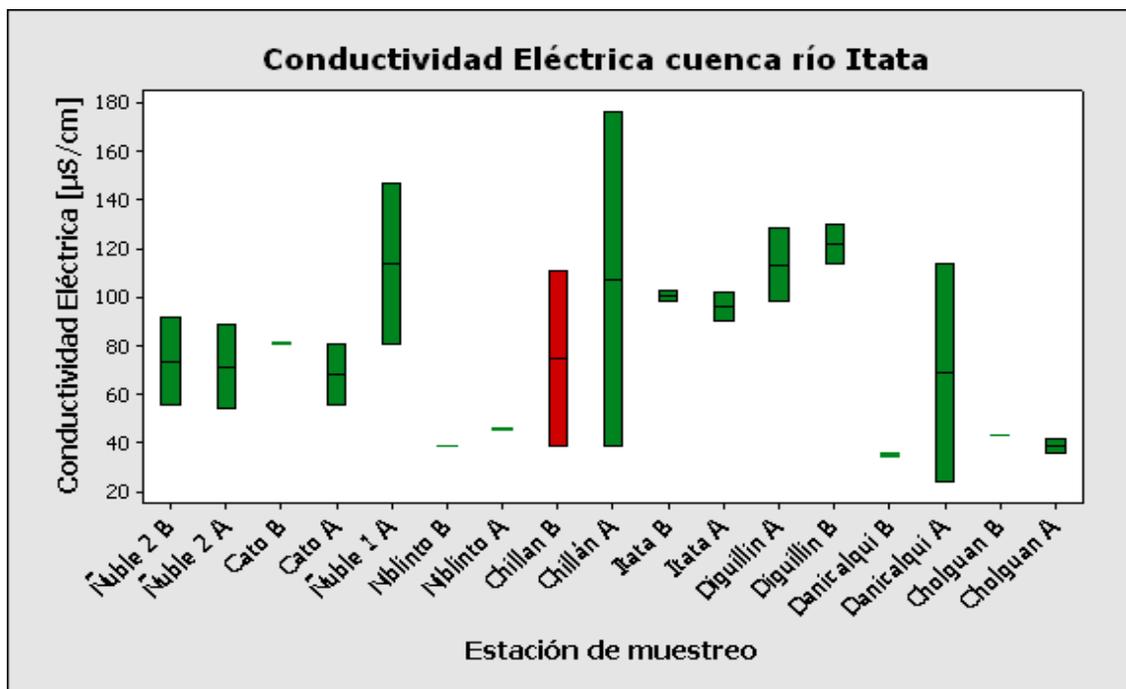


Figura 79. Conductividad Eléctrica, Cuenca del río Itata, (color rojo: presencia)

En la figura 82 se presenta la conductividad eléctrica para la Cuenca del río Toltén, cuyos valores fueron inferiores a 100 $\mu\text{S}/\text{m}$, con un promedio de $53,99 \pm 18,6 \mu\text{S}/\text{cm}$ y variaciones entre 25,8 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (río Huiscapí A, Campaña 2) y 89,1 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (río Trafapulli B, Campaña 2). En la figura 83 se presenta este parámetro para la Cuenca del río Valdivia, con valores fueron inferiores a 210 $\mu\text{S}/\text{m}$, y un promedio de $59,98 \pm 47 \mu\text{S}/\text{cm}$ y variaciones entre 15 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (río Remehue B Campaña 1) y 205 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (río Cruces A Campaña 2). En la figura 84 se presenta este parámetro para la Cuenca del río Bueno, con valores inferiores a 150 $\mu\text{S}/\text{m}$, y un promedio de $69,24 \pm 31,53 \mu\text{S}/\text{cm}$ y variaciones entre 11,3 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (río Currileufu Campaña 2, con presencia) y 135,3 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (río Damas B Campaña 2 con presencia).

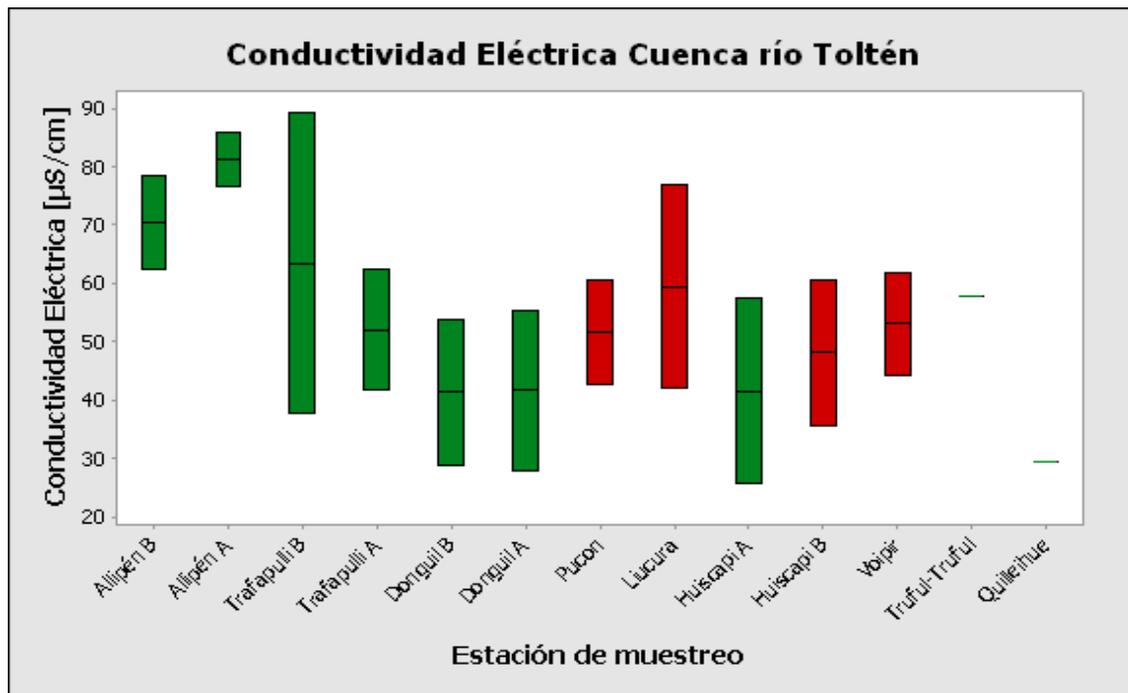


Figura 82. Conductividad Eléctrica, Cuenca del río Toltén. (color rojo: presencia)

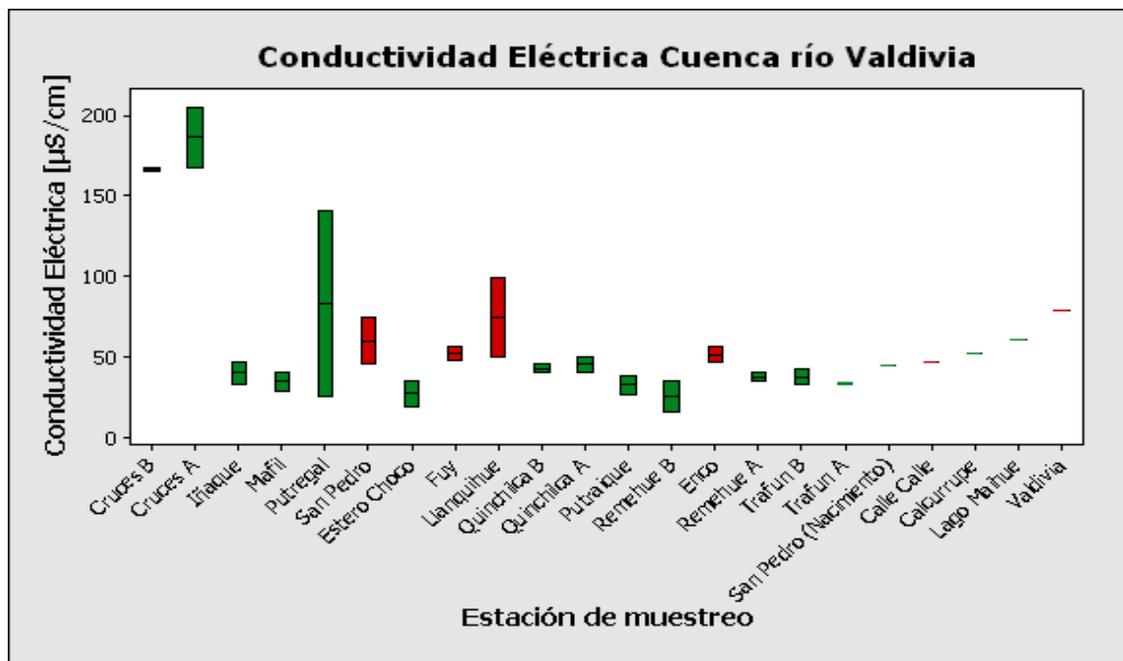


Figura 83. Conductividad Eléctrica, Cuenca del río Valdivia, (color rojo: presencia)

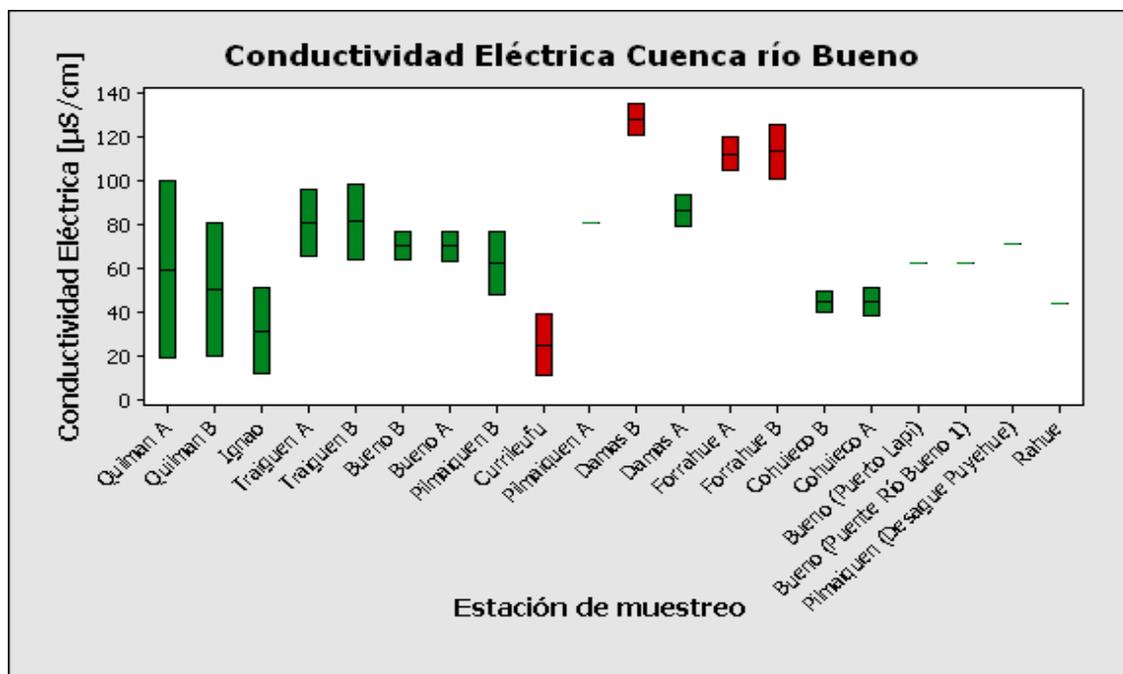


Figura 84. Conductividad Eléctrica, Cuenca del río Bueno. (Rojo: presencia)

En la figura 85 se presenta el parámetro conductividad eléctrica para la Cuenca entre río Bueno y río Puelo, cuyos valores fueron inferiores a 100 $\mu\text{S}/\text{m}$, con un promedio de $28,53 \pm 17,5 \mu\text{S}/\text{cm}$ y variaciones entre $10,7 \mu\text{S}/\text{cm}$ (río Rollizo A Campaña 2) y $76,3 \mu\text{S}/\text{cm}$ (río Maullin Campaña 2, con presencia). En la figura 86 se presenta el parámetro conductividad eléctrica para la Cuenca del río Puelo, cuyos valores fueron inferiores a $110 \mu\text{S}/\text{m}$, con un promedio de $54,31 \pm 24,4 \mu\text{S}/\text{cm}$ y variaciones entre $29,5 \mu\text{S}/\text{cm}$ (río Puelo C, Campaña 2 con presencia) y $103,8 \mu\text{S}/\text{cm}$ (río Palace B Campaña 2, con presencia). En la figura 87 se presenta el parámetro conductividad eléctrica para la Cuenca del río Yelcho, cuyos valores fueron inferiores a $60 \mu\text{S}/\text{m}$, con un promedio de $35,6 \pm 9,8 \mu\text{S}/\text{cm}$ y variaciones entre $12 \mu\text{S}/\text{cm}$ (río Bellavista Campaña 1, con presencia *D.germinata*) y $58 \mu\text{S}/\text{cm}$ (río Espolón C, Campaña 1 con presencia).

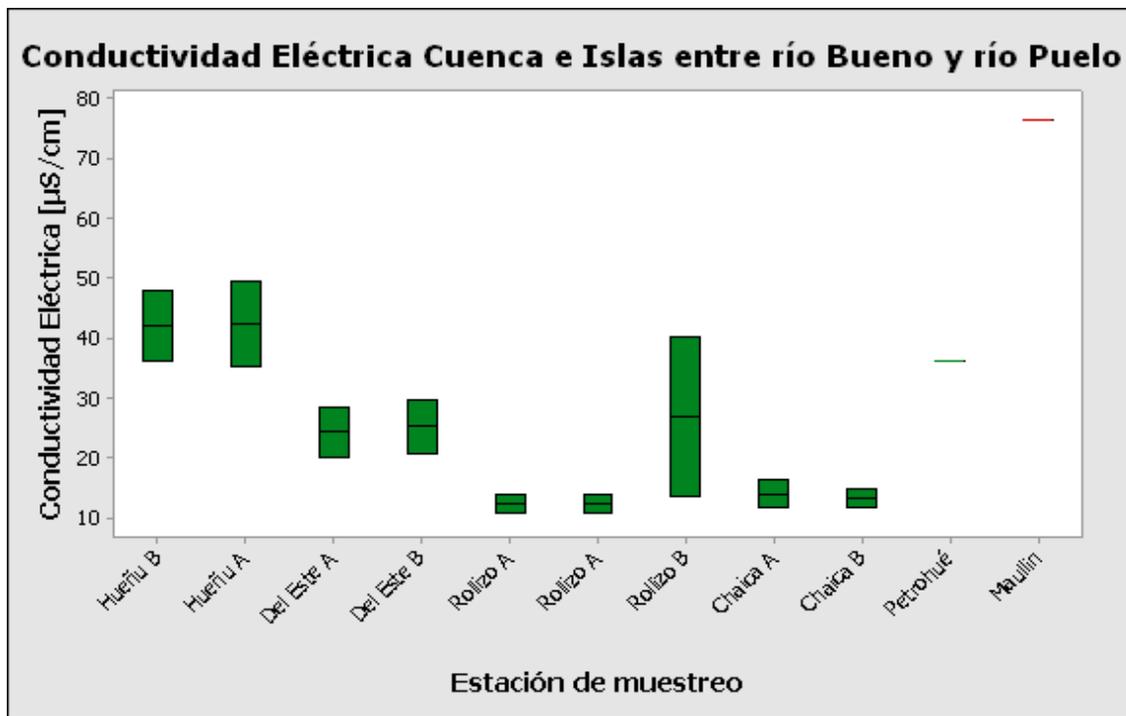


Figura 85. Conductividad Eléctrica, Cuenca e Islas entre río Bueno y río Puelo. (color rojo: presencia)

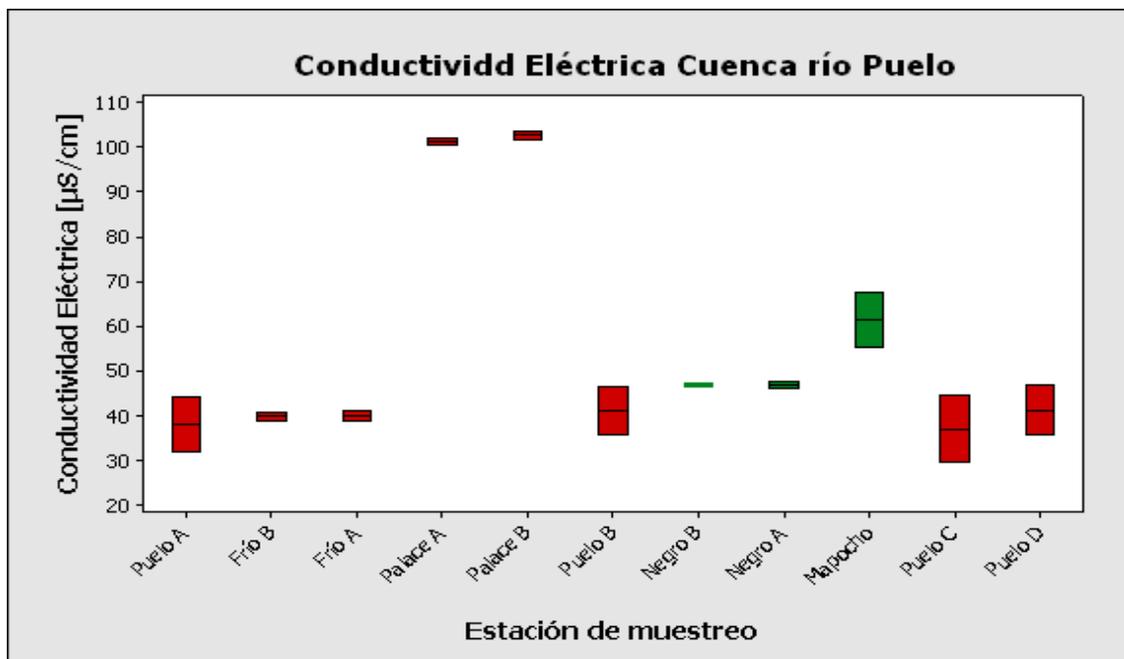


Figura 86. Conductividad Eléctrica, Cuenca río Puelo. (color rojo: presencia)

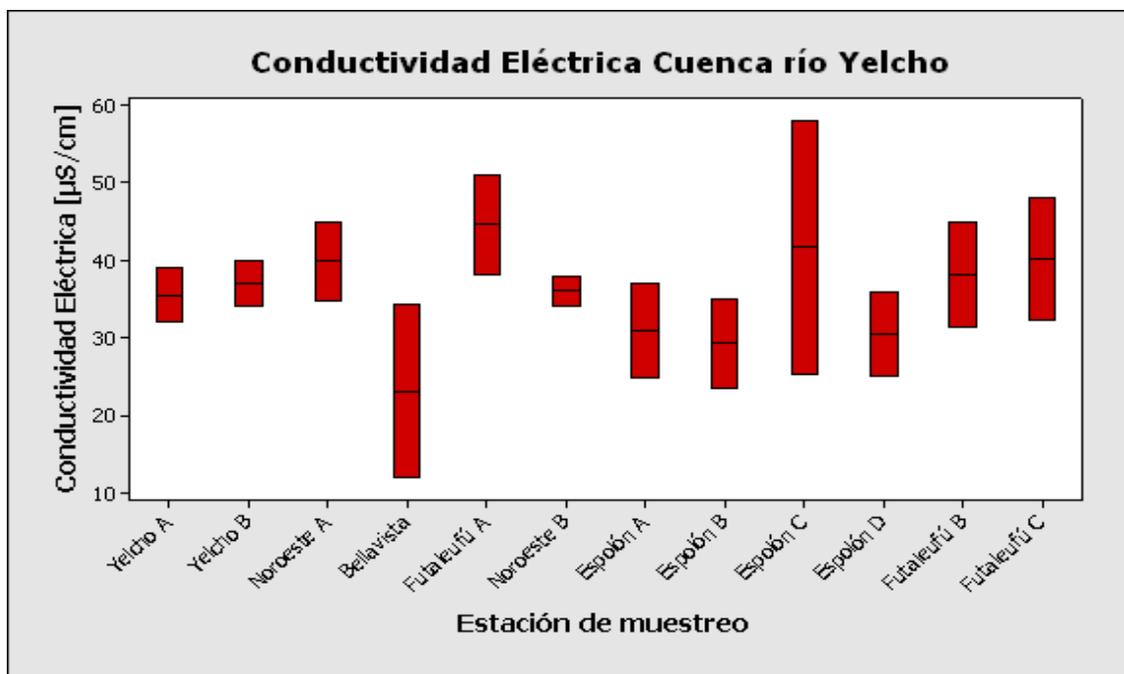


Figura 87. Conductividad Eléctrica, Cuenca río Yelcho, (color rojo: presencia)

En la figura 88 se presenta el parámetro conductividad eléctrica para la Cuenca del río Palena y Costeras límite X Región, cuyos valores fueron inferiores a $50 \mu\text{S}/\text{m}$, con un promedio de $25,49 \pm 8,12 \mu\text{S}/\text{cm}$ y variaciones entre $9,9 \mu\text{S}/\text{cm}$ (río Rodríguez Campaña 2) y $40 \mu\text{S}/\text{cm}$ (río Palena C Campaña 1 con presencia). En la figura 89 se presenta el parámetro para la Cuenca del río Palena y Costeras limite X región y Costeras e Islas entre R. Palena y R. Aysén, cuyos valores fueron inferiores a $50 \mu\text{S}/\text{m}$, con un promedio de $28,73 \pm 8,2 \mu\text{S}/\text{cm}$ y variaciones entre $15,2 \mu\text{S}/\text{cm}$ (río De Las Torres A, Campaña 2 con presencia) y $41,2 \mu\text{S}/\text{cm}$ (río Cisnes, Campaña 2 con presencia). En la figura 90 se presenta el parámetro conductividad eléctrica para la Cuenca del río Aysén, cuyos valores fueron inferiores a $100 \mu\text{S}/\text{m}$, con un promedio de $50,71 \pm 18,7 \mu\text{S}/\text{cm}$ y variaciones entre $20,4 \mu\text{S}/\text{cm}$ (río Claro S, Campaña 2 con presencia) y $96 \mu\text{S}/\text{cm}$ (río Coyhaique B, Campaña 1 con presencia). En la figura 91 se presenta el parámetro para la Cuenca del río Baker, cuyos valores fueron inferiores a $130 \mu\text{S}/\text{m}$, con un promedio de $72,37 \pm 31,52 \mu\text{S}/\text{cm}$ y variaciones entre $37 \mu\text{S}/\text{cm}$ (estero Maitén A Campaña 1) y $124 \mu\text{S}/\text{cm}$ (río Chacabuco B Campaña 1, con presencia).

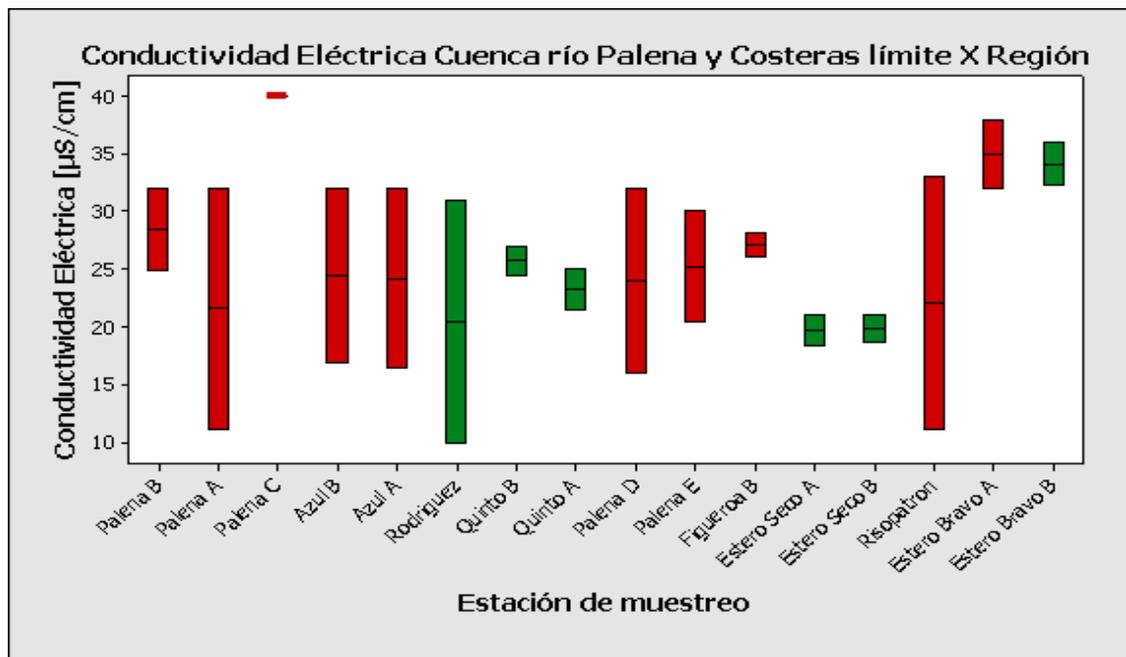


Figura 88. Conductividad Eléctrica, Cuenca río Palena y Costeras limite X Región.
(color rojo: presencia)

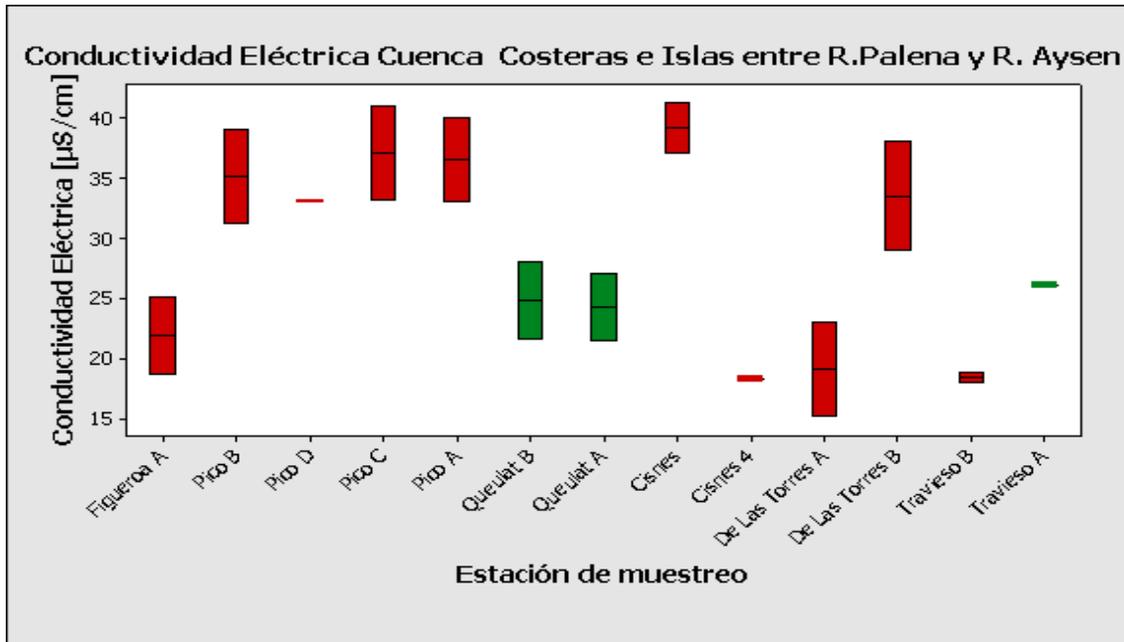


Figura 89. Conductividad Eléctrica, Cuenca río Palena y Costeras limite X Región y Costeras e Islas entre río Palena y río Aysén. (color rojo: presencia).

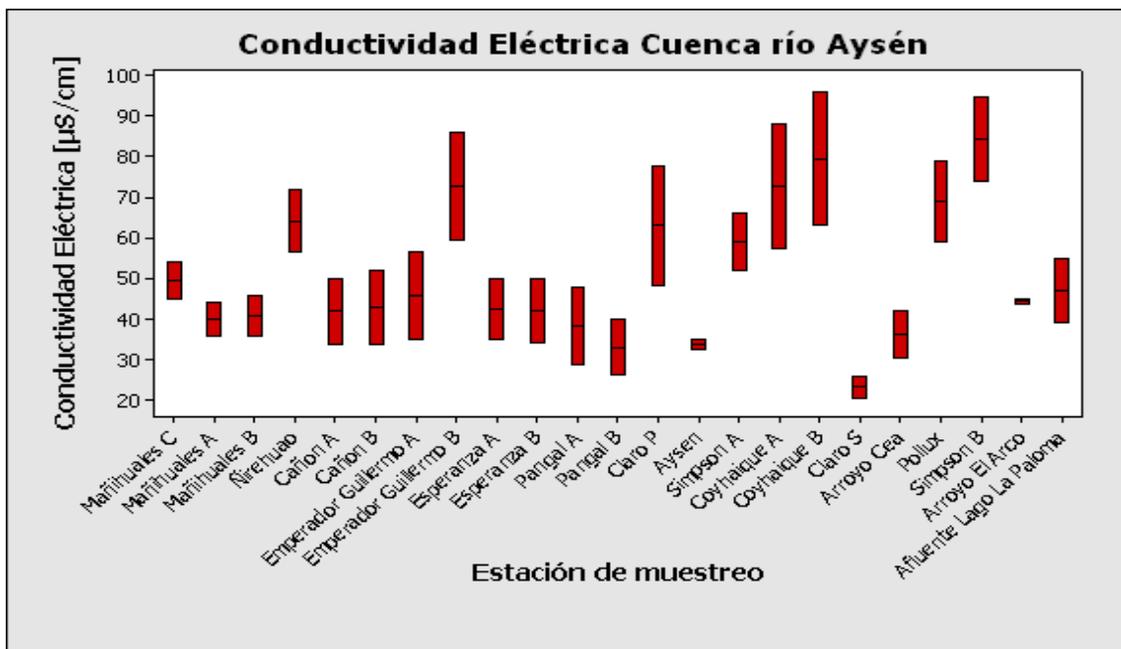


Figura 90. Conductividad Eléctrica, Cuenca Aysén. (color rojo: presencia)

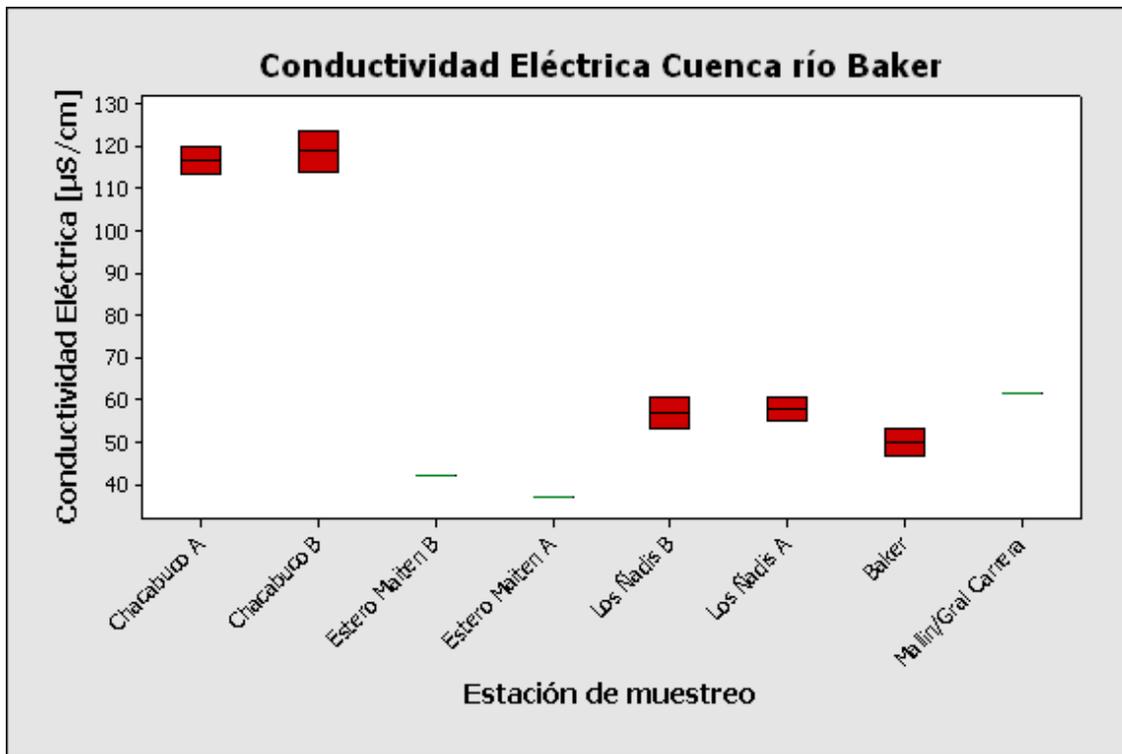


Figura 91. Conductividad Eléctrica, Cuenca Baker. (color rojo: presencia)

5.4.5 Variable Velocidad Media Superficial

En la figura 92 se presenta el parámetro velocidad media para las estaciones de la Cuenca río Itata, tuvo un valor promedio de $0,35 \pm 0,27$ m/s, con un amplio rango, alcanzando a 1,6 m/s (río Diguillin B Campaña 1) a 0,1 m/s (ríos Itata A Campaña 1, Itata B Campaña 1, Diguillin A Campaña 2 y Danicalqui B Campaña 1). En la figura 93 se presenta el parámetro para las estaciones de la Cuenca río Biobío, tuvo un valor promedio fue de $0,65 \pm 0,41$ m/s, con un amplio rango, alcanzando a 2,0 m/s (río Biobío B Campaña 2 con presencia) a 0,1 m/s (ríos Mulchen B Campaña 1, Bureo B Campaña 1, Bureo B Campaña 1, Laja Campaña 2, Laja 1B Campaña 2, Rucue A Campaña 2, Rucue B Campaña 2 y Biobío C Campaña 2 (con presencia)). En la figura 94 se presenta el parámetro para la Cuenca río Imperial, tuvo un valor promedio fue de $0,57 \pm 0,51$ m/s, con un amplio rango, alcanzando a 2,0 m/s (río Quepe D Campaña 2) a una nula velocidad (río Quino A Campaña 2).

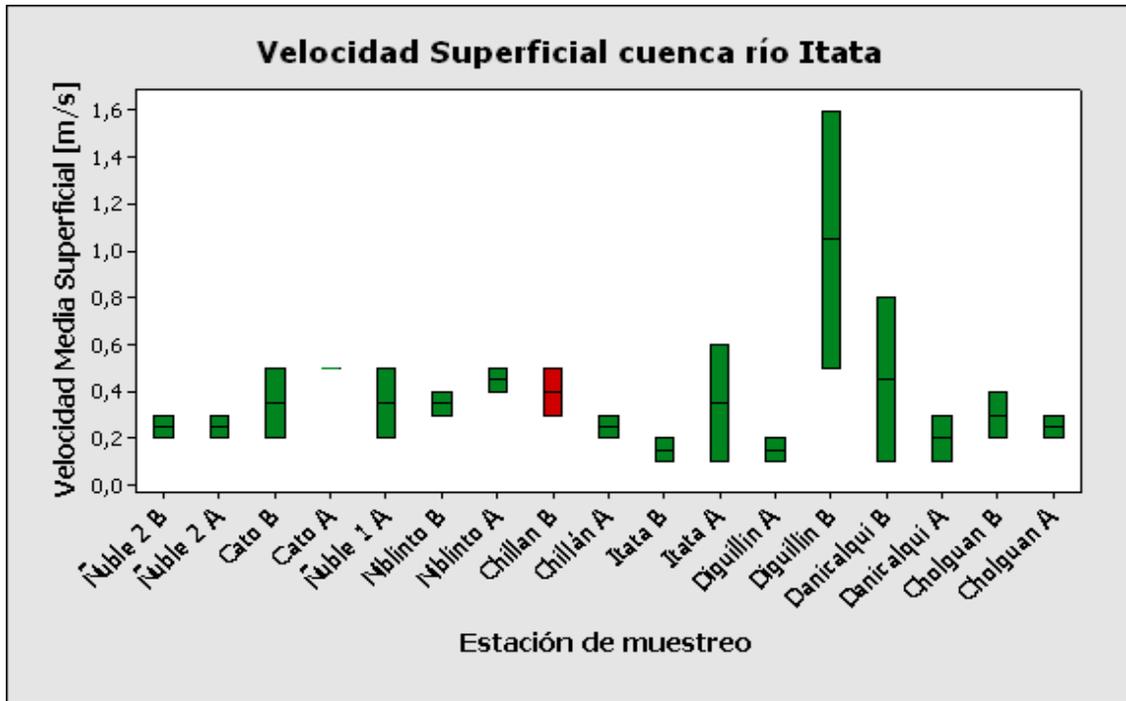
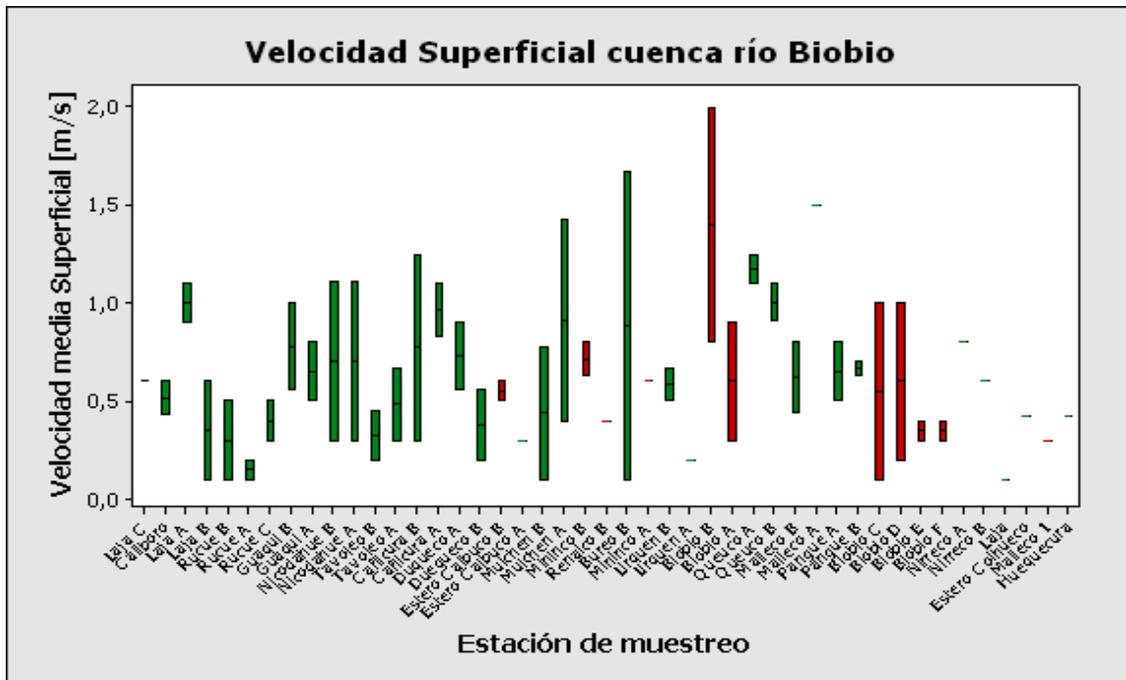


Figura 92. Velocidad Media Superficial, Cuenca del río Itata. (color rojo: presencia)



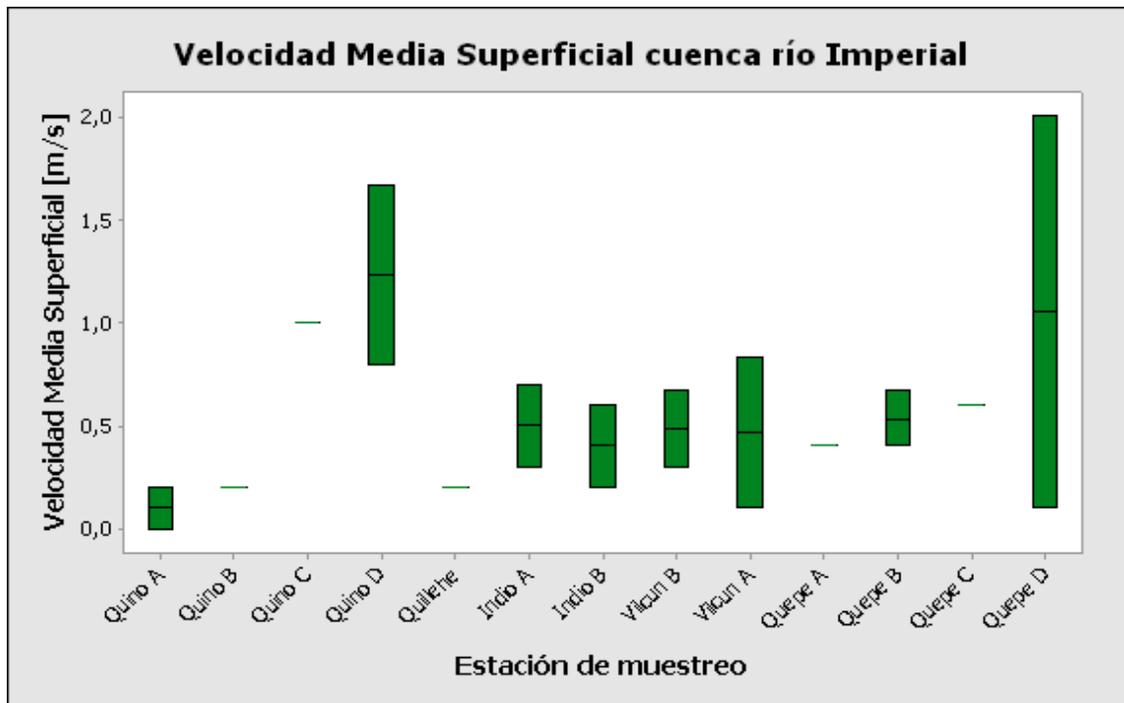


Figura 94. Velocidad Media Superficial, Cuenca del río Imperial.

En la figura 95 se presenta el parámetro velocidad media en la Cuenca río Tolten, tuvo un valor promedio fue de $0,85 \pm 0,74$ m/s, con un amplio rango, alcanzando a 3,3 m/s (río Triful-Triful Campaña 2) a 0,1 m/s (ríos Huisapi B Campaña 2 con presencia). En la figura 96 se presenta el parámetro velocidad media en la Cuenca río Valdivia, tuvo un valor promedio fue de $0,55 \pm 0,39$ m/s, con un amplio rango, alcanzando a 2,0 m/s (río Fuy, Campaña 2 con presencia) a una nula velocidad (ríos San Pedro y Fuy, ambos de la Campaña 2 con presencia). En la figura 97 se presenta el parámetro velocidad media en la Cuenca río Bueno, tuvo un valor promedio fue de $0,85 \pm 0,93$ m/s, con un amplio rango, alcanzando a 5,0 m/s (río Currileufu Campaña 2, con presencia) a una nula velocidad (río Bueno A, Campaña 2).

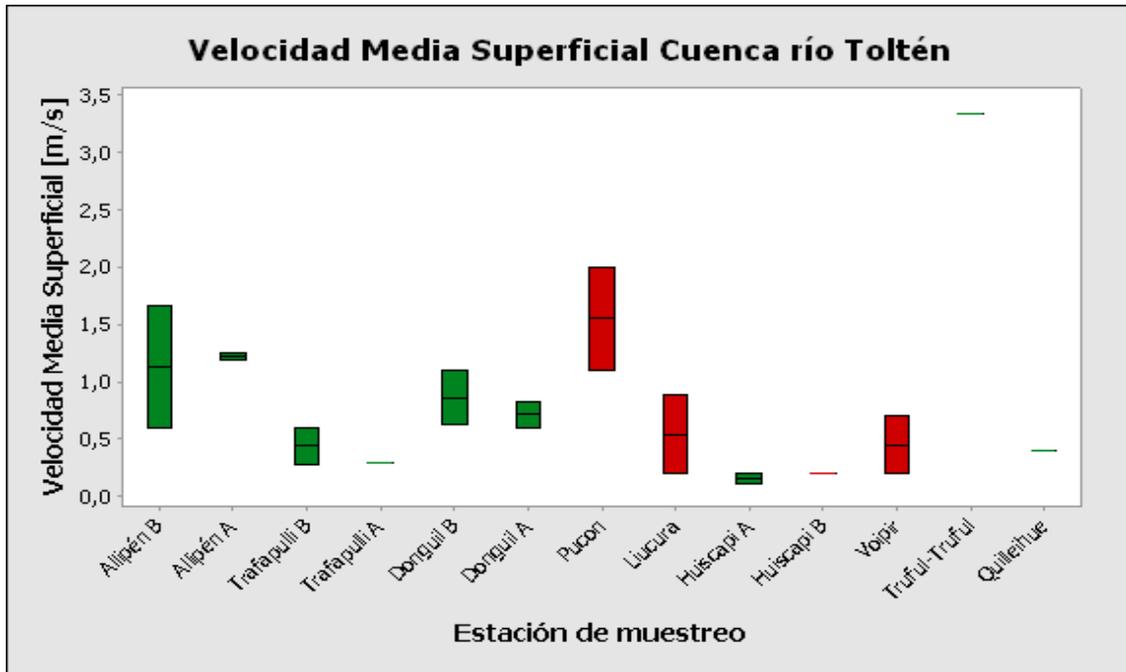


Figura 95. Velocidad Media Superficial, Cuenca del río Toltén. (color rojo: presencia)



Figura 96. Velocidad Media Superficial, Cuenca del río Valdivia. (color rojo: presencia)

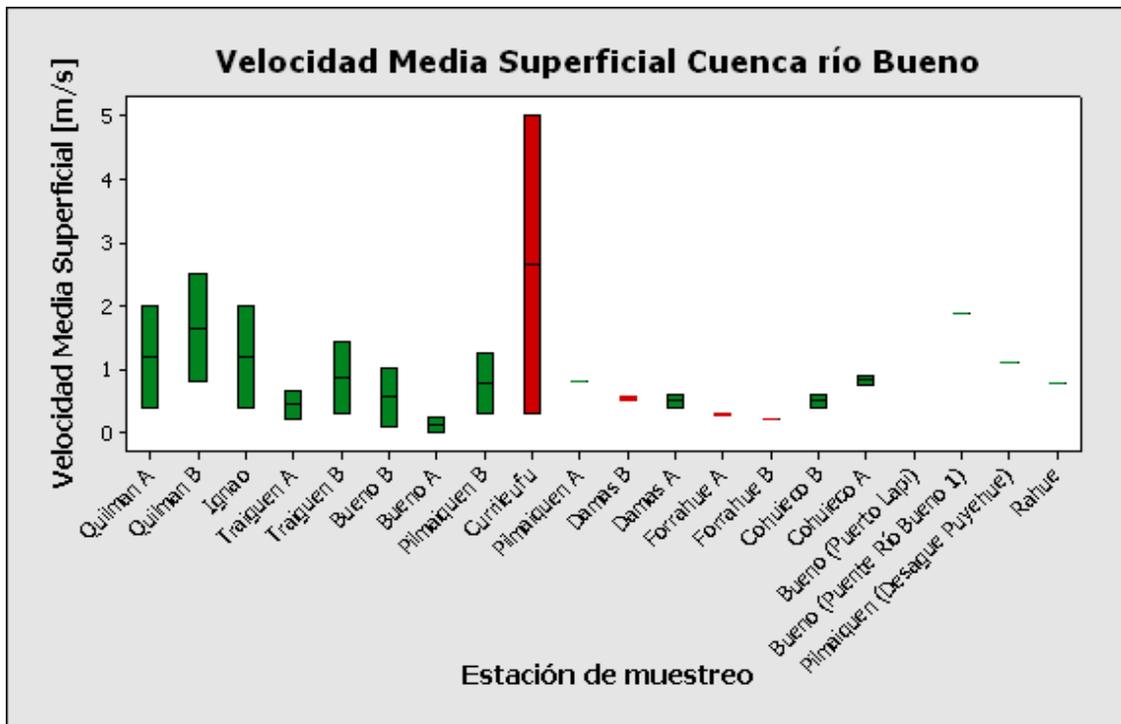


Figura 97. Velocidad Media Superficial, Cuenca del río Bueno. (color rojo: presencia).

En la figura 98 se muestra el parámetro velocidad media en la Cuenca e Islas entre río Bueno y río Puelo, tuvo un valor promedio de $0,61 \pm 0,41$ m/s, con amplio rango, alcanzando a 1,9 m/s (río Chaica B Campaña 2) a 0,1 m/s (ríos Del Este B Campaña 1). En la figura 99 la velocidad media en Cuenca río Puelo, tuvo un valor promedio de $0,59 \pm 0,27$ m/s, con amplio rango, desde 1,1 m/s (río Mapocho Campaña 1) a 0,1 m/s (ríos Puelo A Campaña 1 y Puelo C Campaña 2, ambos con *D.geminata*). En la figura 100 la velocidad media en la Cuenca río Yelcho, tuvo un valor promedio de $1,22 \pm 1,03$ m/s, con amplio rango, alcanzando a 5,0 m/s (río Futaleufu C Campaña 2 con presencia) a 0,1 m/s (río Espolón C Campaña 1).

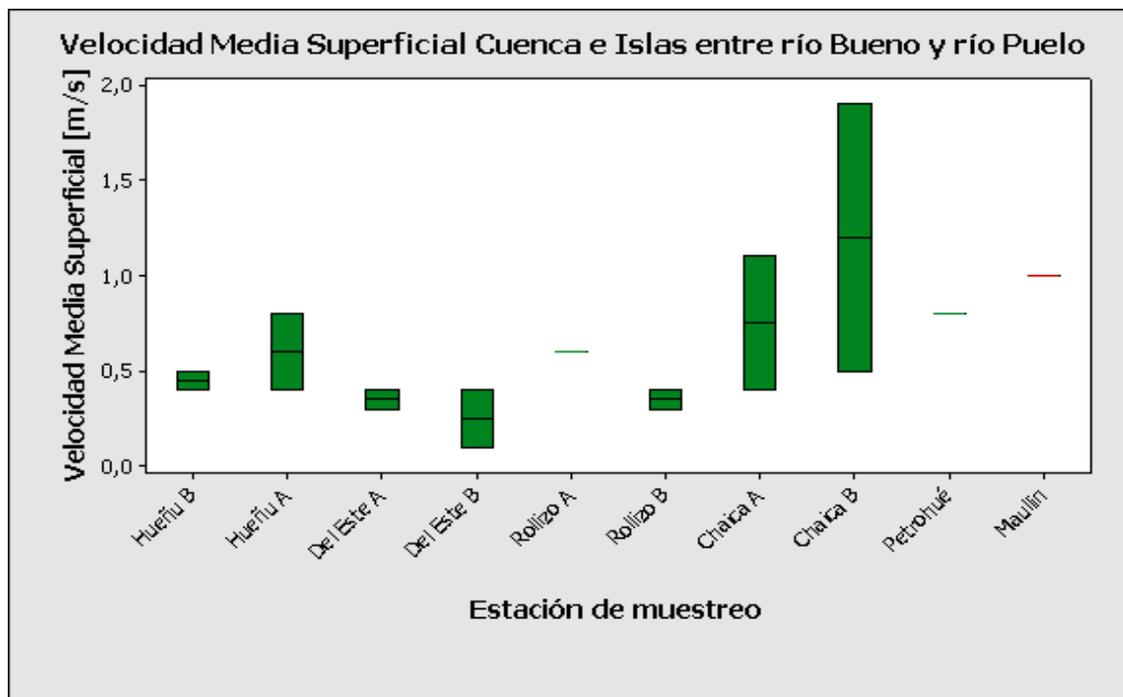


Figura 98. Velocidad Media Superficial, Cuenca e islas entre los ríos Bueno y río Puelo. (color rojo: presencia)

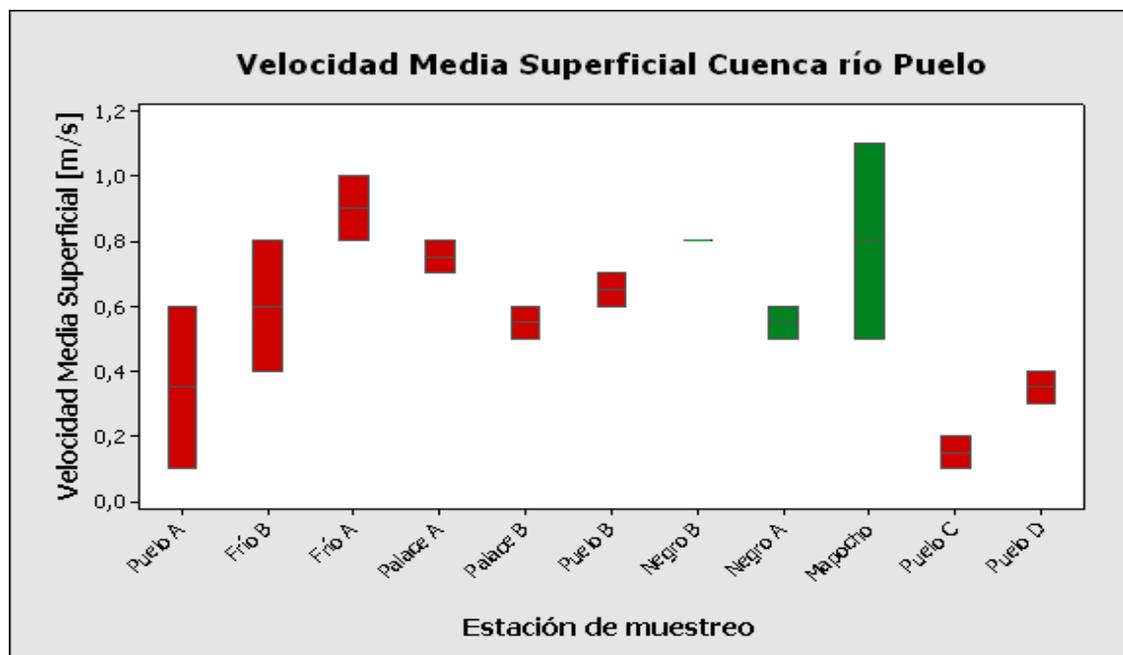


Figura 99. Velocidad Media Superficial, Cuenca del río Puelo. (color rojo: presencia)

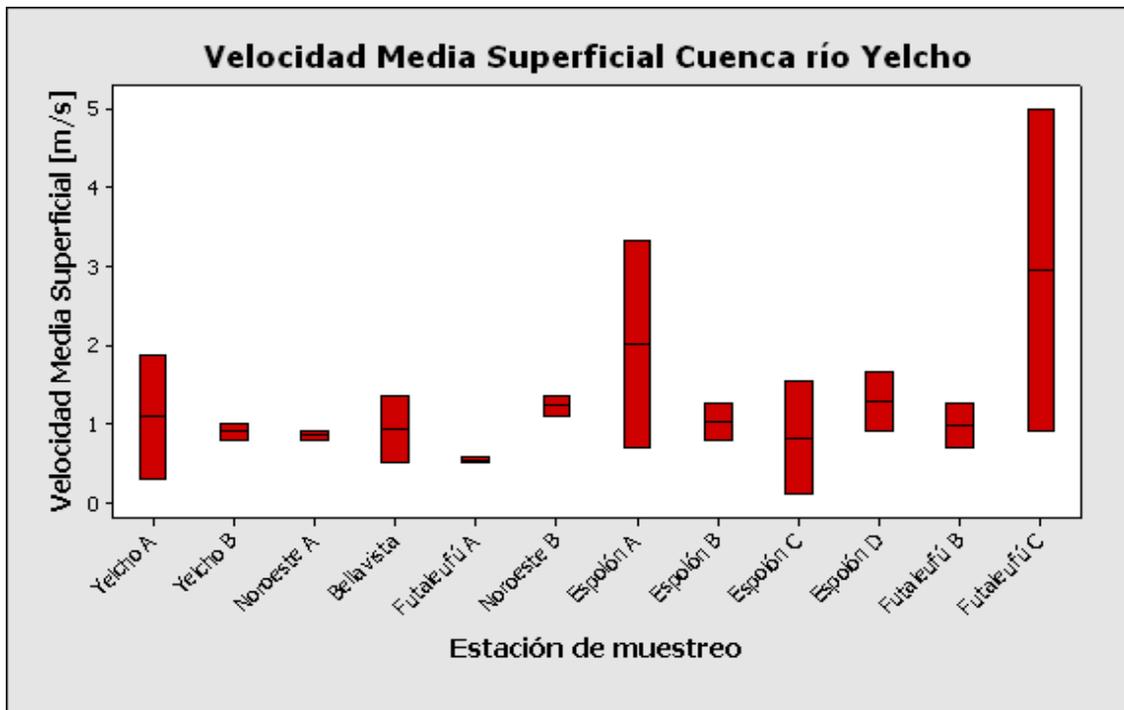


Figura 100. Velocidad Media Superficial, Cuenca del río Yelcho, (color rojo: presencia).

En la figura 101 se presenta el parámetro velocidad media en la Cuenca río Palena y Costeras límite X región, tuvo un valor promedio fue de $0,87 \pm 0,58$ m/s, con un amplio rango, alcanzando a 2,1 m/s (estero Bravo B, Campaña 1) a una velocidad nula (ríos Palena A y Palena B, ambos de la Campaña 1 con presencia). En la figura 102 se presenta el parámetro velocidad media en la Cuenca río Palena y Costeras límite X región y Costeras e Islas entre río Palena y río Aysén, tuvo un valor promedio fue de $0,79 \pm 0,45$ m/s, con un amplio rango, alcanzando a 1,67 m/s (río Travieso B Campaña 2 con presencia) a 0,2 m/s (ríos Pico B Campaña 1 con presencia). En la figura 103 se presenta el parámetro velocidad media en la Cuenca río Aysén, tuvo un valor promedio fue de $0,79 \pm 0,70$ m/s, con un amplio rango, alcanzando a 4,1 m/s (río Coyhaique B Campaña 1 con presencia) a 0,1 m/s (río Cañon A y Cañon B ambos de la Campaña 1). En la figura 104 se presenta el parámetro velocidad media en la Cuenca río Baker, tuvo un valor promedio de $1,20 \pm 0,89$ m/s, con un amplio rango, alcanzando a 3,8 m/s (río Mallín/Gral. Carrera Campaña 2) a 0,6 m/s (estero Maitén B Campaña 1).

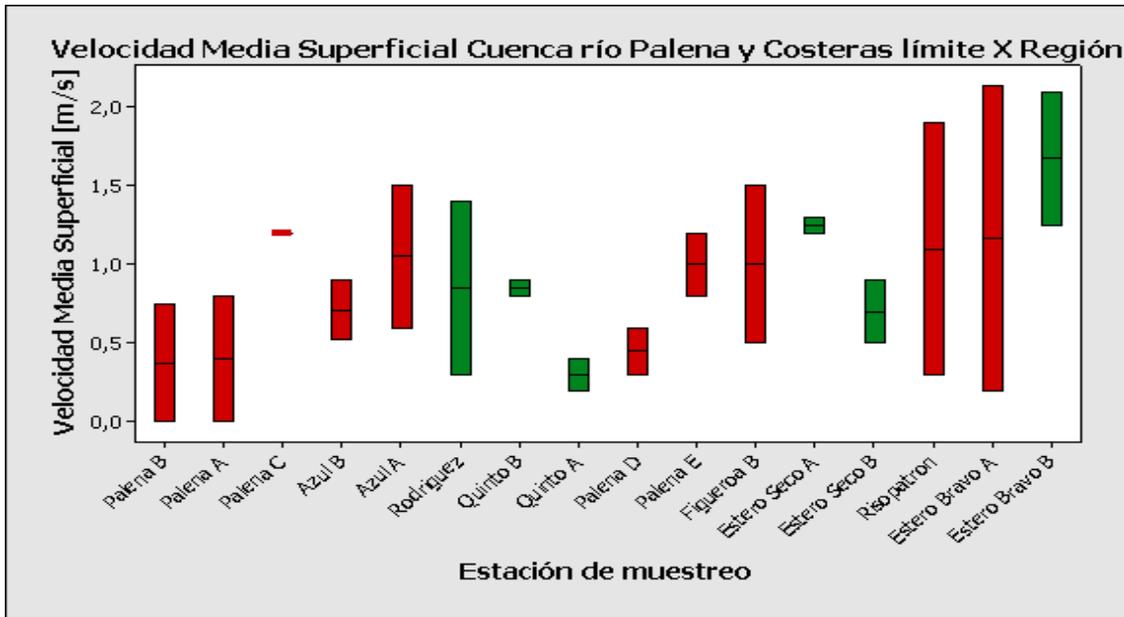


Figura 101. Velocidad Media Superficial, Cuenca del río Palena y Costeras límite X región. (color rojo: presencia)

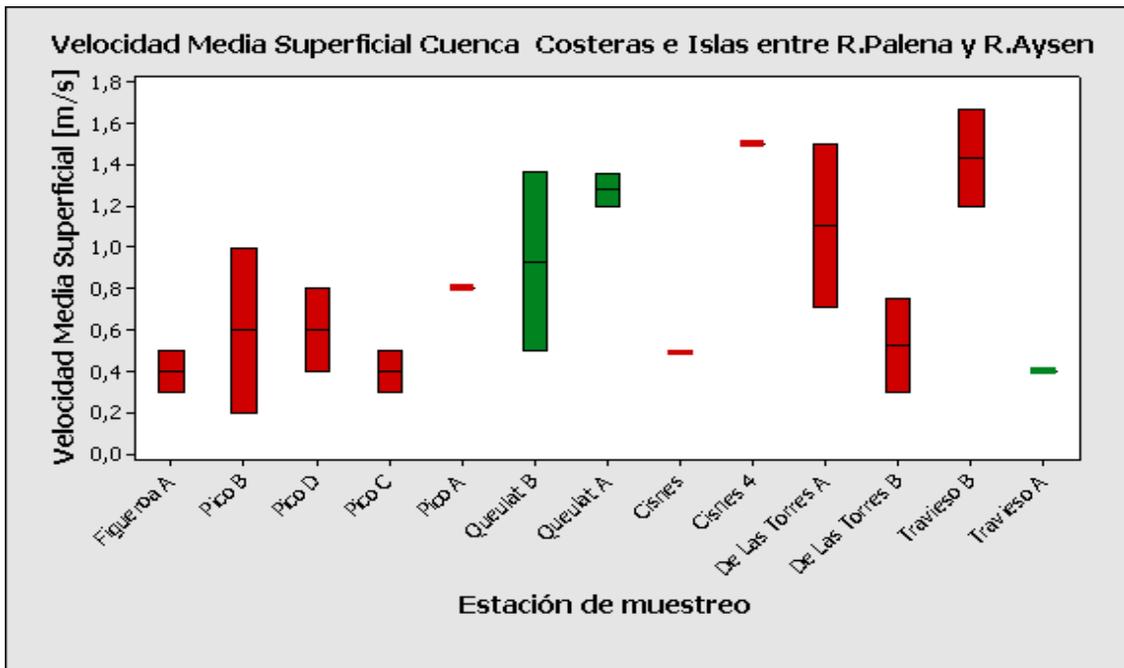


Figura 102. Velocidad Media Superficial, Cuenca del río Palena y Costeras límite X región y Costeras e islas entre río Palena y río Aysén. (color rojo: presencia)

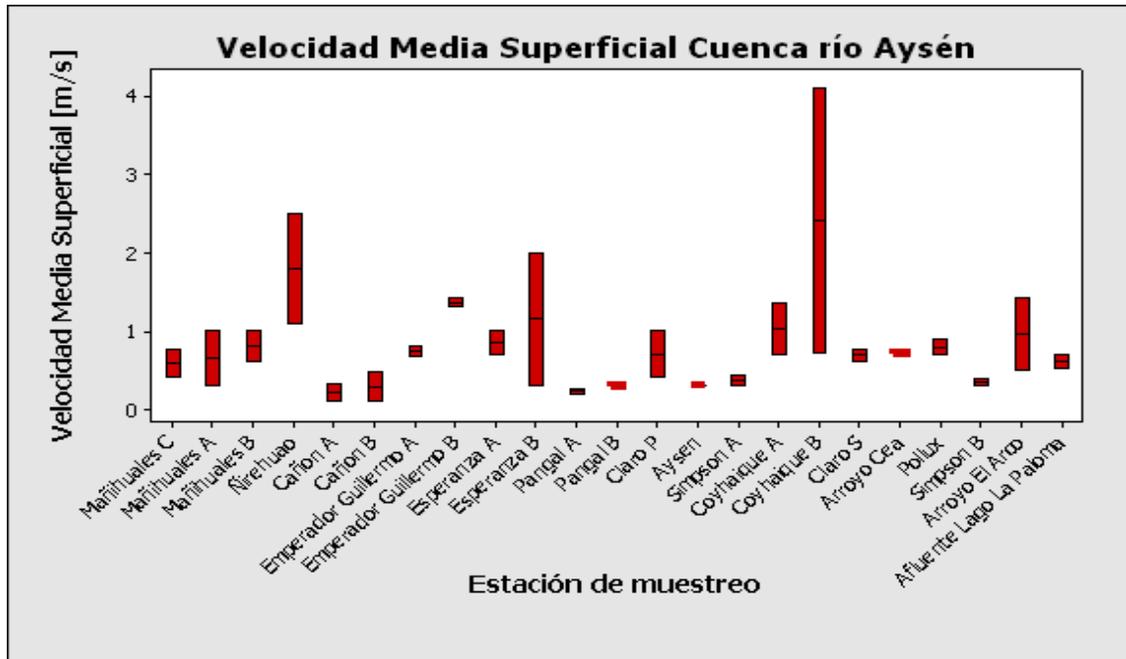


Figura 103. Velocidad Media Superficial, Cuenca del río Aysén. (color rojo: presencia).

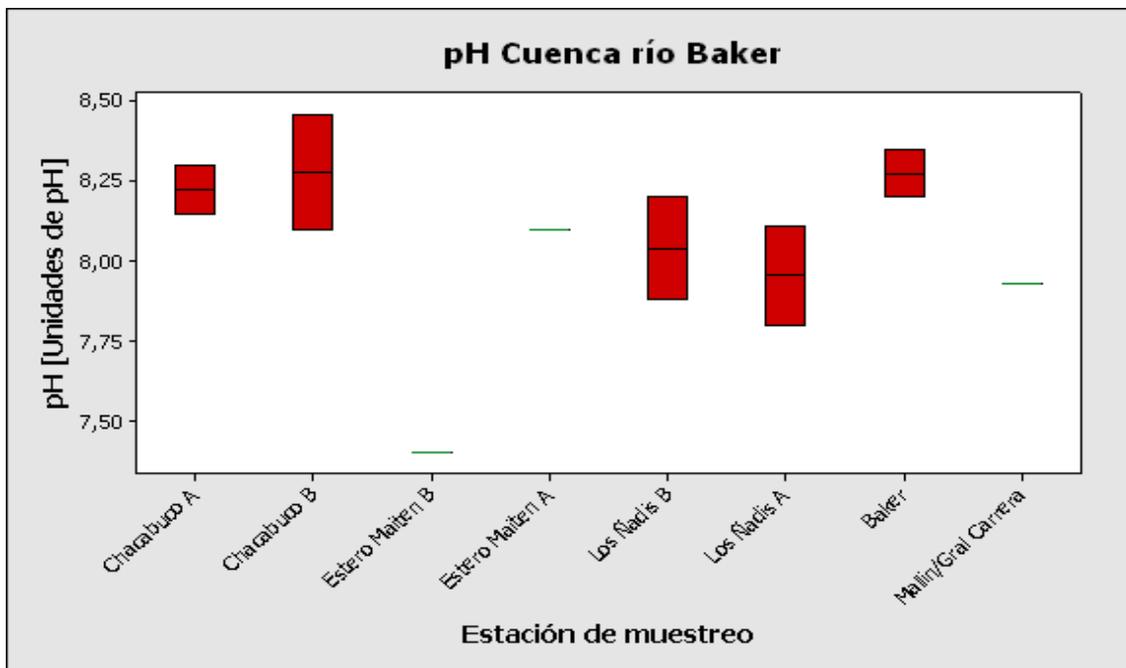


Figura 104. Velocidad Media Superficial, Cuenca río Baker. (color rojo: presencia)

En el **Anexo VII** se presentan promedios y desviación estándar agrupando los puntos de muestreo por cuenca y diferenciando las presencias de ausencias. Además de las variables registradas *in situ* se incorporaron las variables que fueron determinadas mediante análisis de laboratorio. Los certificados de análisis de laboratorio correspondientes están contenidos en el **Anexo VIII**.

5.4.6 Variable Fósforo Inorgánico

En la figura 105 se presenta el parámetro fósforo inorgánico en la Cuenca río Itata, tuvo un valor promedio fue de $11,57 \pm 7,47 \mu\text{g/L}$, con un amplio rango, alcanzando a $25,13 \mu\text{g/L}$ (Diguillin B, Campaña 2) a $1,96 \mu\text{g/L}$ (Cholguan B, Campaña 1). Cabe considerar que en el río Chillán la concentración fue de $13,07 \mu\text{g/L}$ y se registró presencia. En la figura 106 se corresponde a la Cuenca río Biobío, tuvo un valor amplio, entre $67,2 \mu\text{g/L}$ (Laja) a $3,9 \mu\text{g/L}$ (Lirquen B) para la campaña 1; y entre $34 \mu\text{g/L}$ (Rucue C) a $2,0 \mu\text{g/L}$ (Renaico B con presencia), para la campaña 2. Cabe considerar que considerando todos los registros de presencia, no superan los $10 \mu\text{g/L}$. En la figura 107 se presenta el parámetro fósforo inorgánico en la Cuenca río Imperial, la cual tuvo un valor promedio fue de $30,32 \pm 23,77 \mu\text{g/L}$, con un amplio rango, alcanzando a $91,2 \mu\text{g/L}$ (río Vilcun B) a $0,98 \mu\text{g/L}$ (río Quino D) para la Campaña 1 y de 50 (Allipen B) a $0,9$ (Quino D) para la Campaña 2.

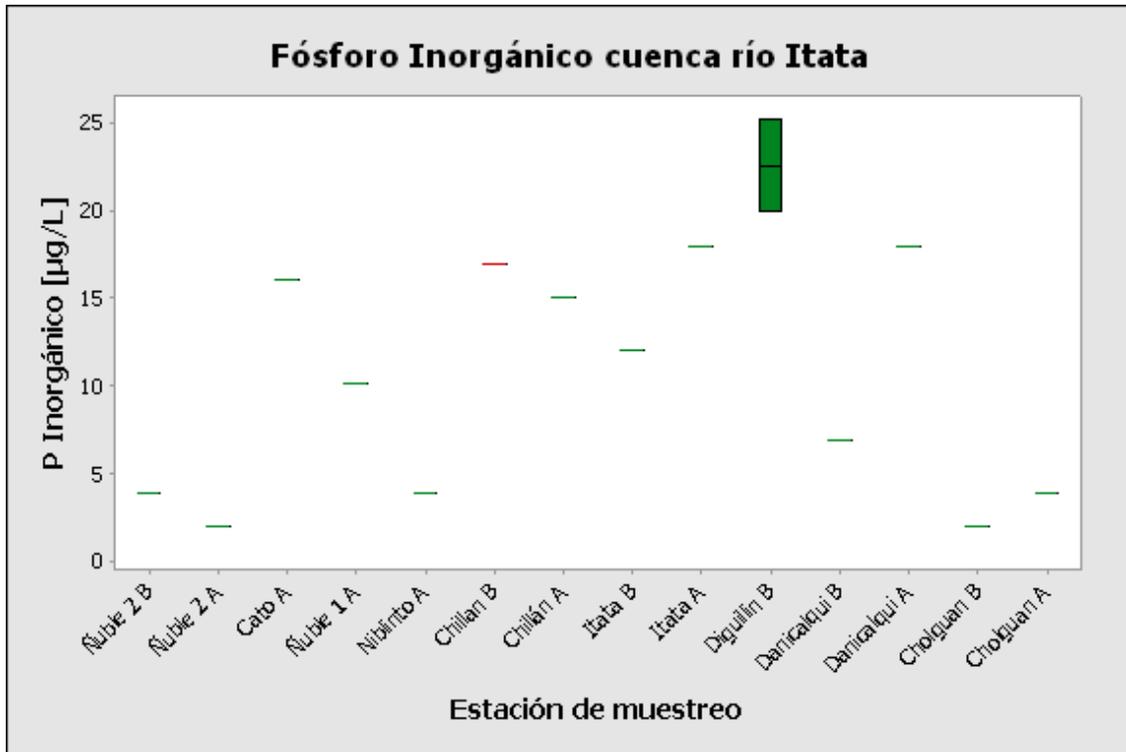


Figura 105. Fósforo Inorgánico, Cuenca río Itata. (color rojo: presencia).

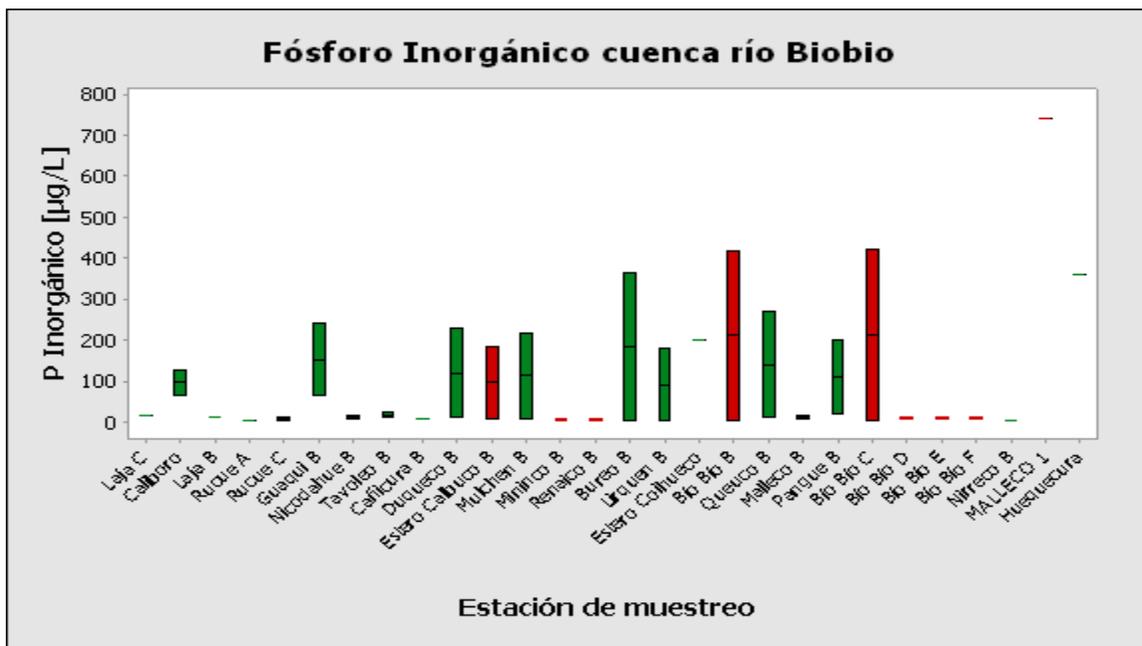


Figura 106. Fósforo Inorgánico, Cuenca río Biobío. (color rojo: presencia).

SBP 0010

Arch: Informe Final Proyecto FIP N° 2014-58.doc

Noviembre 2015

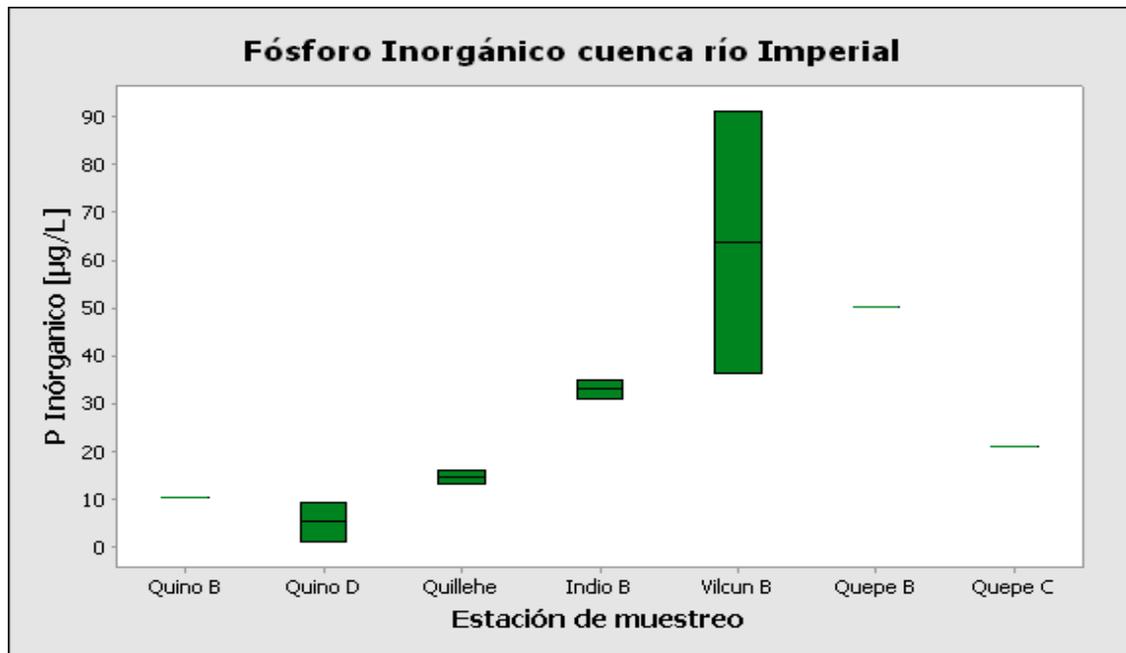


Figura 107. Fósforo Inorgánico, Cuenca río Imperial.

En la figura 108 se presenta el parámetro fósforo inorgánico en la Cuenca río Tolten, tuvo un valor promedio fue de $29,02 \pm 26,28 \mu\text{g/L}$, con un amplio rango, alcanzando a $92,02 \mu\text{g/L}$ (Allipen B, Campaña 2) a $1,96 \mu\text{g/L}$ (Donguil B, Campaña 2). En la figura 109 se presenta el parámetro fósforo inorgánico en la Cuenca río Valdivia, tuvo un valor promedio fue de $8,70 \pm 6,93 \mu\text{g/L/s}$, con un amplio rango, alcanzando a $24,15 \mu\text{g/L}$ (Llanquihue, Campaña 1 con presencia) a $1,31 \mu\text{g/L}$ (Quinchilca B, Campaña 2). En la figura 110 se presenta el parámetro fósforo inorgánico en la Cuenca río Bueno, tuvo un valor promedio fue de $29,37 \pm 29,88 \mu\text{g/L}$, con un amplio rango, alcanzando a $137,40 \mu\text{g/L}$ (río Traiguen B Campaña 1) a $0,98 \mu\text{g/L}$ (río Rahue Campaña 2). Las presencias se distribuyeron entre Currileufú $16 \mu\text{g/L}$ a Forrahue B $71,1 \mu\text{g/L}$.

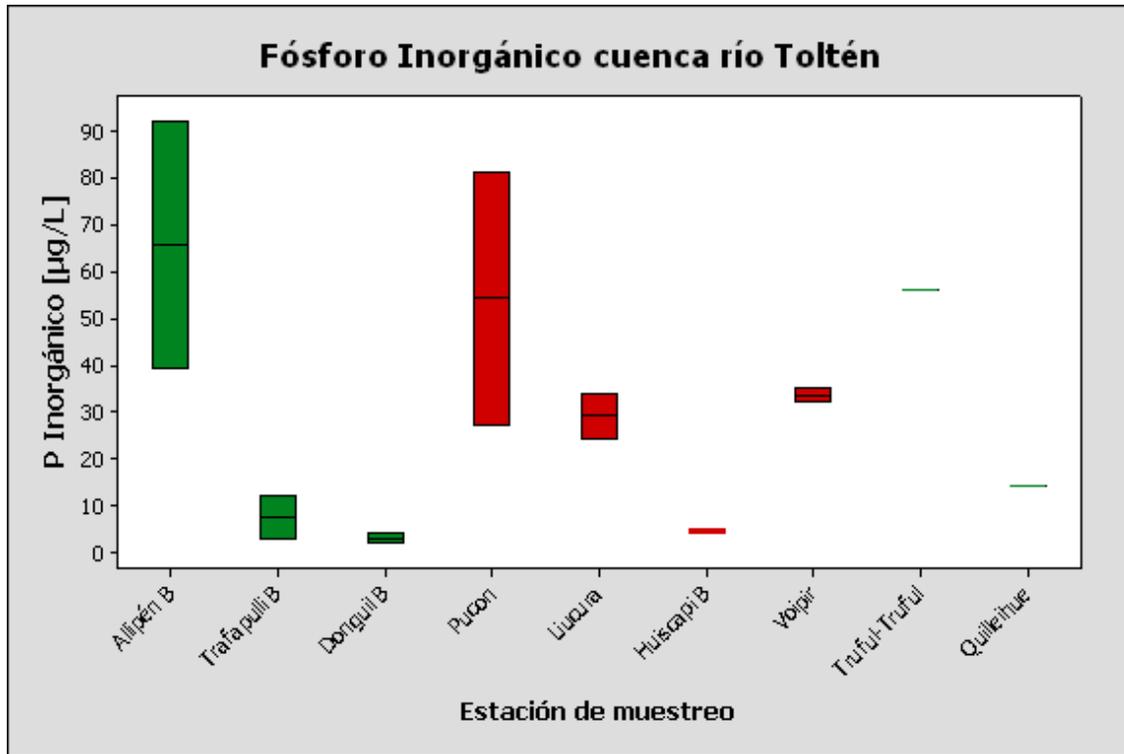


Figura 108. Fósforo Inorgánico, Cuenca río Toltén. (color rojo: presencia).

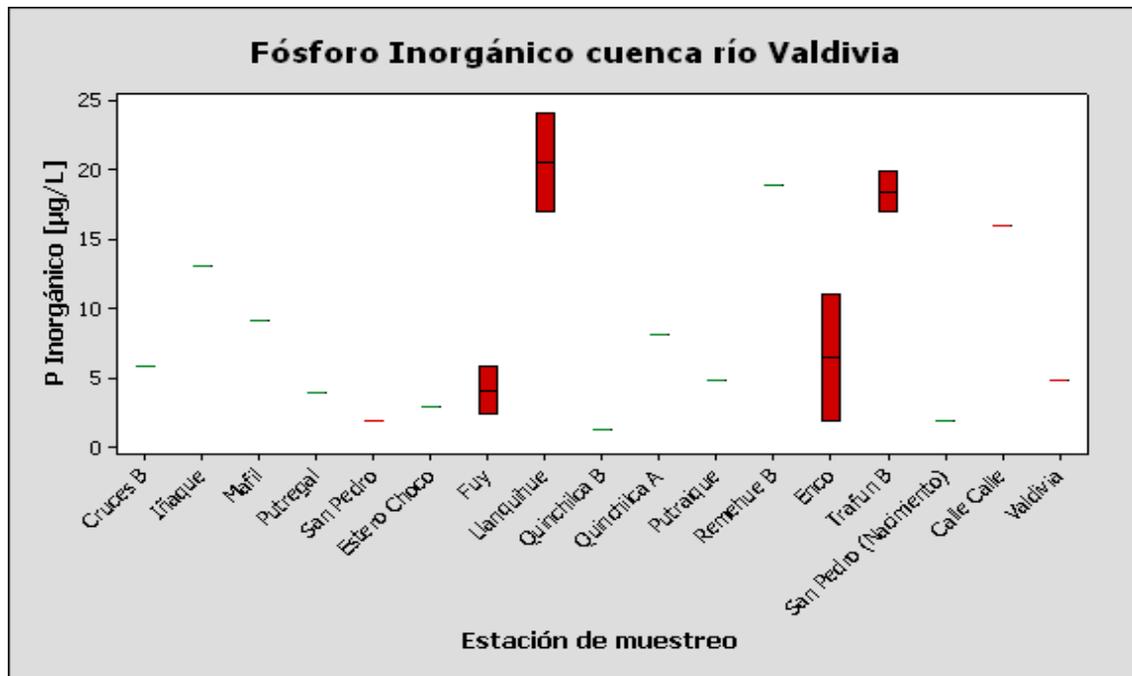


Figura 109. Fósforo Inorgánico, Cuenca río Valdivia. (color rojo: presencia).

SBP 0010

Arch: Informe Final Proyecto FIP N° 2014-58.doc

Noviembre 2015



Figura 110. Fósforo Inorgánico, Cuenca río Bueno. (color rojo: presencia).

En la figura 111 se presenta el parámetro fósforo inorgánico en la Cuenca entre río Bueno y río Puelo, tuvo un valor promedio fue de $1,70 \pm 1,64 \mu\text{g/L}$, con un amplio rango, alcanzando a $5,87 \mu\text{g/L}$ (Hueñu B, Campaña 2) a $0,33 \mu\text{g/L}$ (Chaica B, Del Este B y Rollizo B todos los ríos corresponden a la Campaña 2). En la figura 112 se presenta el parámetro fósforo inorgánico en la Cuenca río Puelo, su valor promedio fue de $1,08 \pm 1,47 \mu\text{g/L/s}$, con un amplio rango, alcanzando a $6,85 \mu\text{g/L}$ (Palace B, Campaña 2 con presencia) a $0,33 \mu\text{g/L}$ (Frio B, Palace B, Campaña 1 con presencia). En la figura 113 se presenta el parámetro fósforo inorgánico en la Cuenca río Yelcho, tuvo un valor promedio fue de $2,98 \pm 4,78 \mu\text{g/L}$, con un amplio rango, alcanzando a $18,93 \mu\text{g/L}$ (río Noroeste A, Campaña 1 con presencia) a $0,33 \mu\text{g/L}$ (río Bellavista, Futaleufu A, Futaleufu B, Futaleufu C, Espolon A, Espolon B, Espolon C, Espolon D, Campaña 1 todos con presencia).

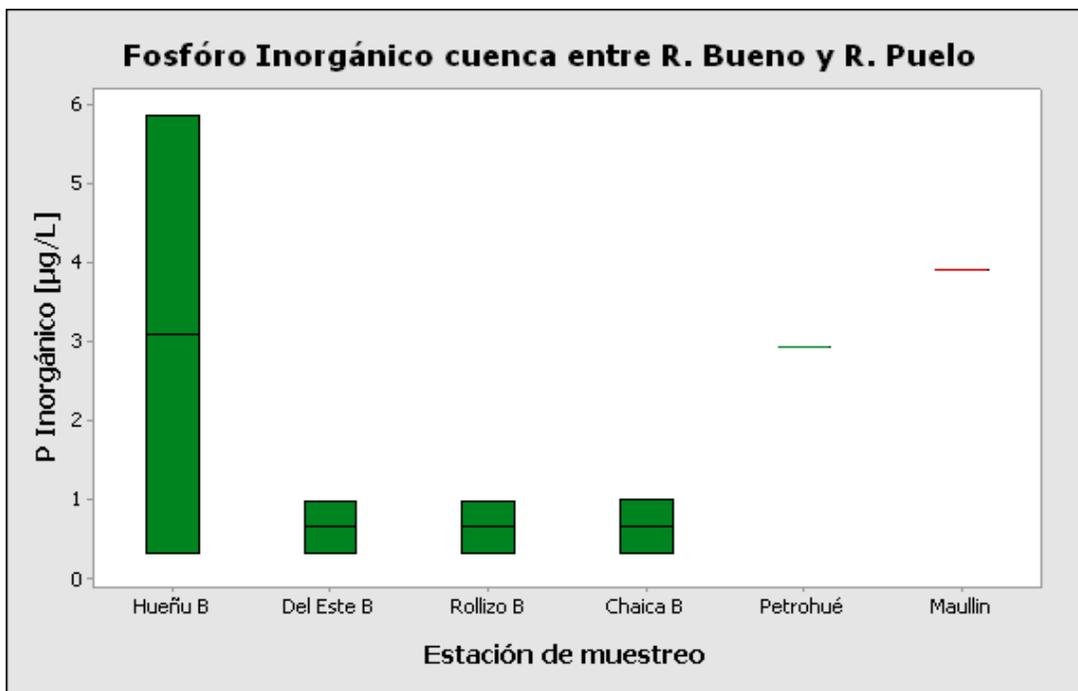


Figura 111. Fósforo Inorgánico, Cuenca entre R. Bueno y R. Puelo (color rojo: presencia).

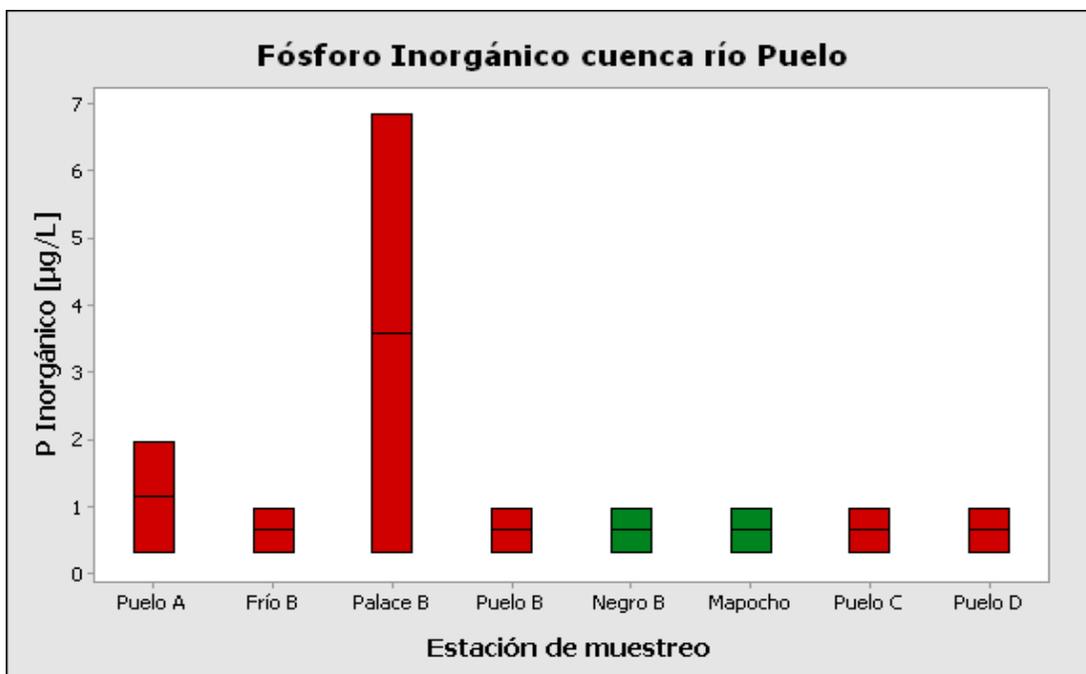


Figura 112. Fósforo Inorgánico, Cuenca río Puelo (color rojo: presencia).

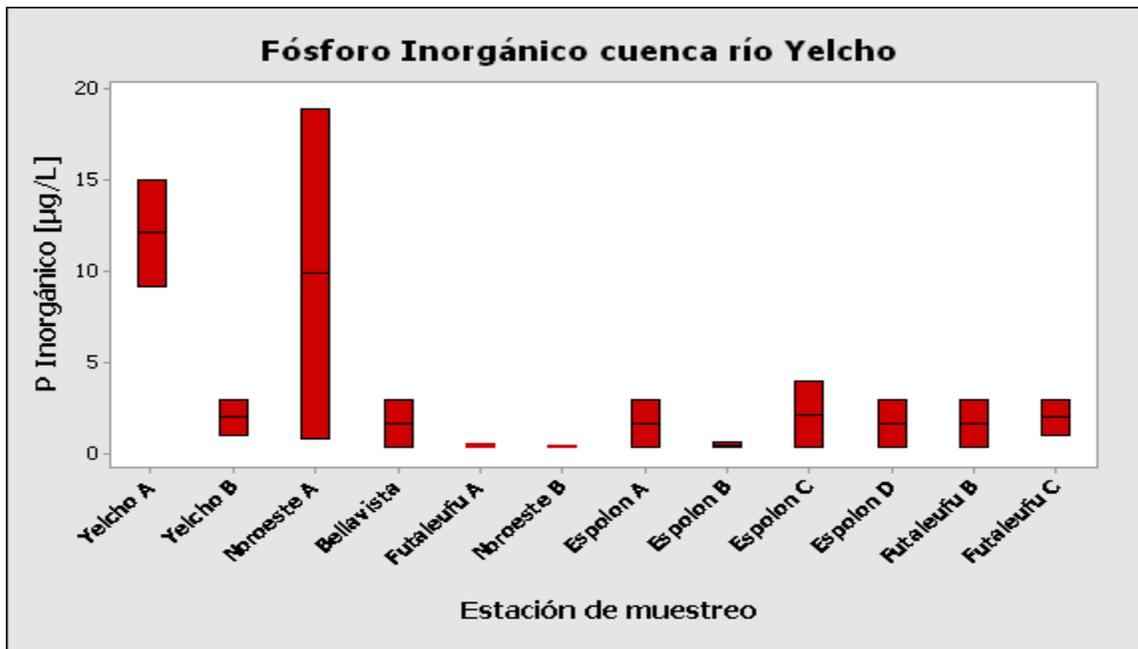


Figura 113. Fósforo Inorgánico, Cuenca río Yelcho (color rojo: presencia).

En la figura 114 se presenta el parámetro fósforo inorgánico en la Cuenca río Palena y Costeras limite X Región, que tuvo un valor promedio fue de $5,19 \pm 8,30$ µg/L, con un amplio rango, alcanzando desde 0,04 µg/L (Palena E, Campaña 2 con presencia) a 0,0033 µg/L (Palena C, Campaña 2 con presencia). En la figura 115 se presenta el parámetro fósforo inorgánico en la Cuenca Costeras e Islas río Palena y río Aysen, tuvo un valor promedio fue de $3,14 \pm 2,62$ µg/L/s, con un amplio rango, alcanzando a 10,12 µg/L (Pico C, Campaña 1 con presencia) a 0,33 µg/L (Cisnes, De las Torres B, Campaña 1 con presencia). En la figura 116 se presenta el parámetro fósforo inorgánico en la Cuenca río Aysen, tuvo un valor promedio fue de $5,23 \pm 8,60$ µg/L, con un amplio rango, alcanzando a 55,15 µg/L (Pollux, Campaña 2 con presencia) a 0,33 µg/L (río Pangal B, Claro P, Aysen, Esperanza B, Emperador Guillermo A, Cañon B Campaña 1 todos con presencia). En la figura 117 se presenta el parámetro fósforo inorgánico en la Cuenca río Baker, tuvo un valor promedio fue de $9,46 \pm 11,09$ µg/L, con un amplio rango, alcanzando a 40,14 µg/L (Baker, Campaña 1 con presencia) a 0,98 µg/L (Estero Maiten B Campaña 1).

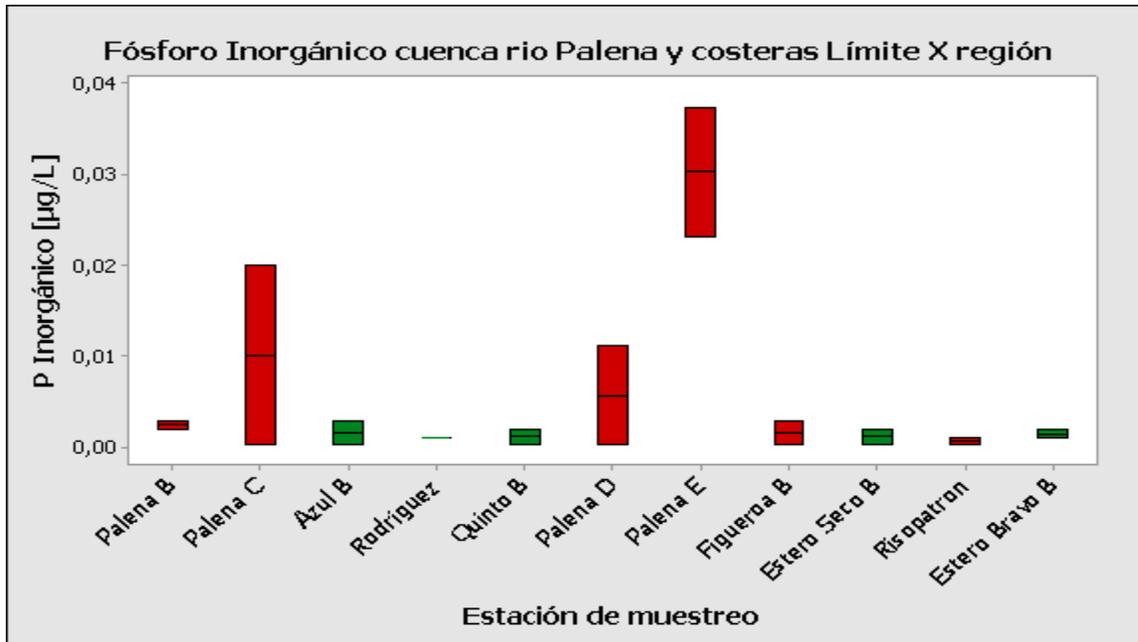


Figura 114. Fósforo Inorgánico, Cuenca R. Palena y Costeras límite X región (color rojo: presencia).

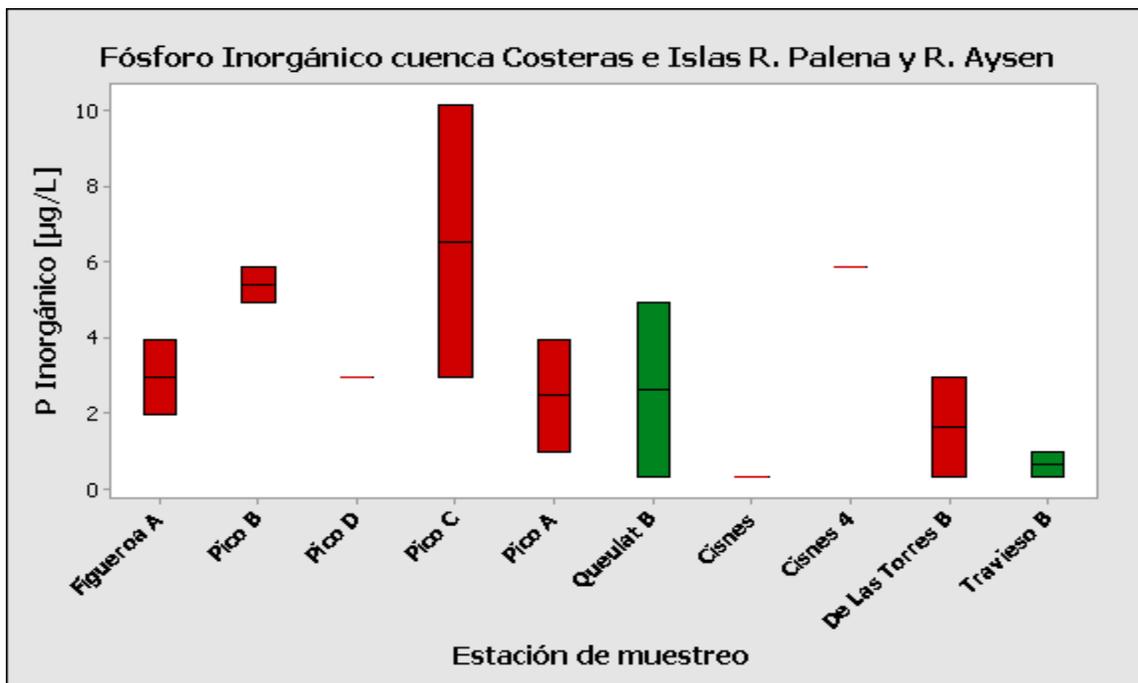


Figura 115. Fósforo Inorgánico, Cuenca Costeras e Islas R. Palena y R. Aysén (color rojo: presencia).

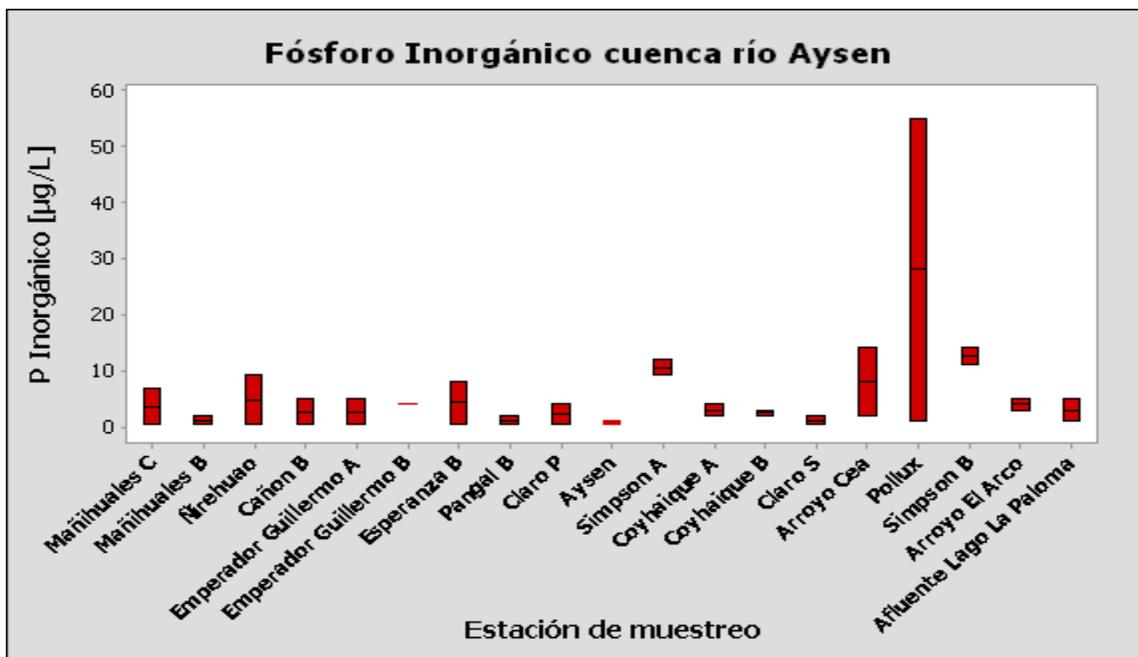


Figura 116. Fósforo Inorgánico, Cuenca río Aysén (color rojo: presencia).



Figura 117. Fósforo Inorgánico, Cuenca río Baker (color rojo: presencia).

5.4.7 Variable Sílice

En la figura 118 se presenta el parámetro sílice para la Cuenca río Itata con valores amplios. Así los valores más altos los presentó el río Diguillín B siendo de 17 mg/ a 15,97 mg/ para las campañas 1 y 2 respectivamente. Los menores valores fueron de 7,34 mg/L (Ñuble 1 A, Campaña 1) y de 6,94 mg/L (Cholguan B Campaña 2). Cabe considerar que el único río con presencia de Didymo detectado en los monitoreos de prospección fue el Chillán A (Campaña primavera-verano).con 13,07 mg/L. En la figura 119 se observa el parámetro para la Cuenca del río Biobío, donde los valores de sílice fluctuaron entre las campañas, siendo de 26,22 mg/L (Guaqui B) a 6,78 (Rucue A, Campaña 2) y para de 4,26 (Huequecura) a 15,4 (Duqueco) para la campaña 2. Cabe considerar que los ríos con registro de didymo en esta cuenca no superaron los 10 mg/L. En la figura 120 se describe la concentración de sílice para la cuenca Imperial. Los valores fluctuaron entre 6,91 mg/L a 16,81 mg/L, sin embargo en esta cuenca no hubo registro de presencia.

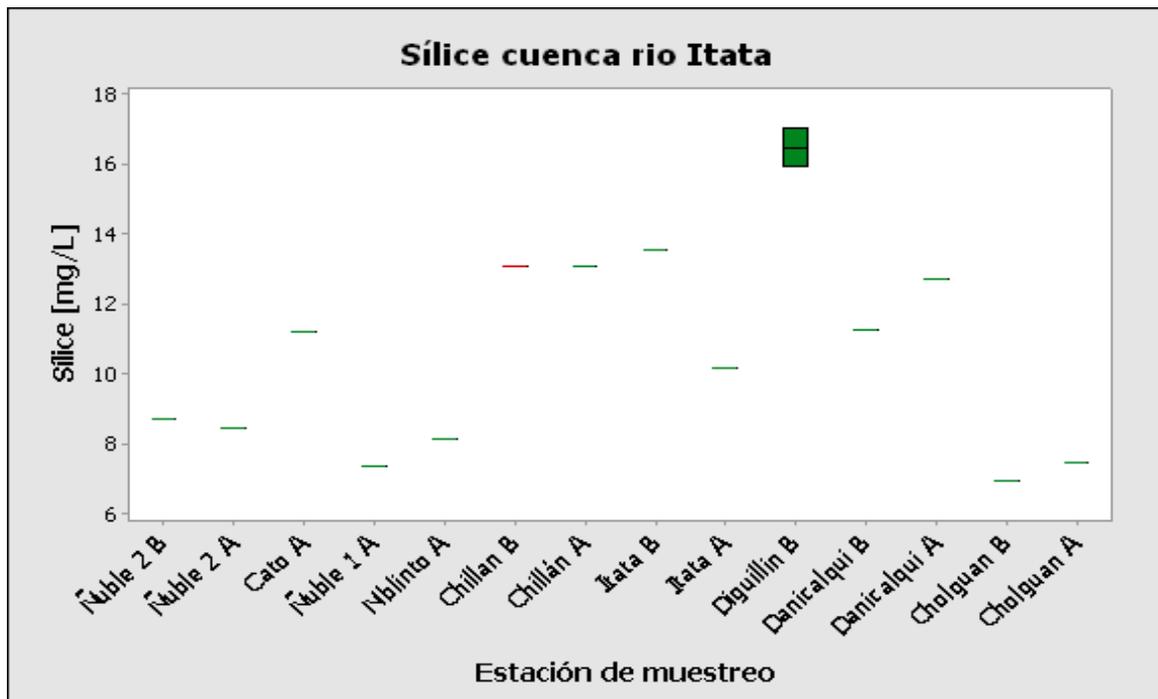


Figura 118. Sílice, Cuenca río Itata (color rojo: presencia).

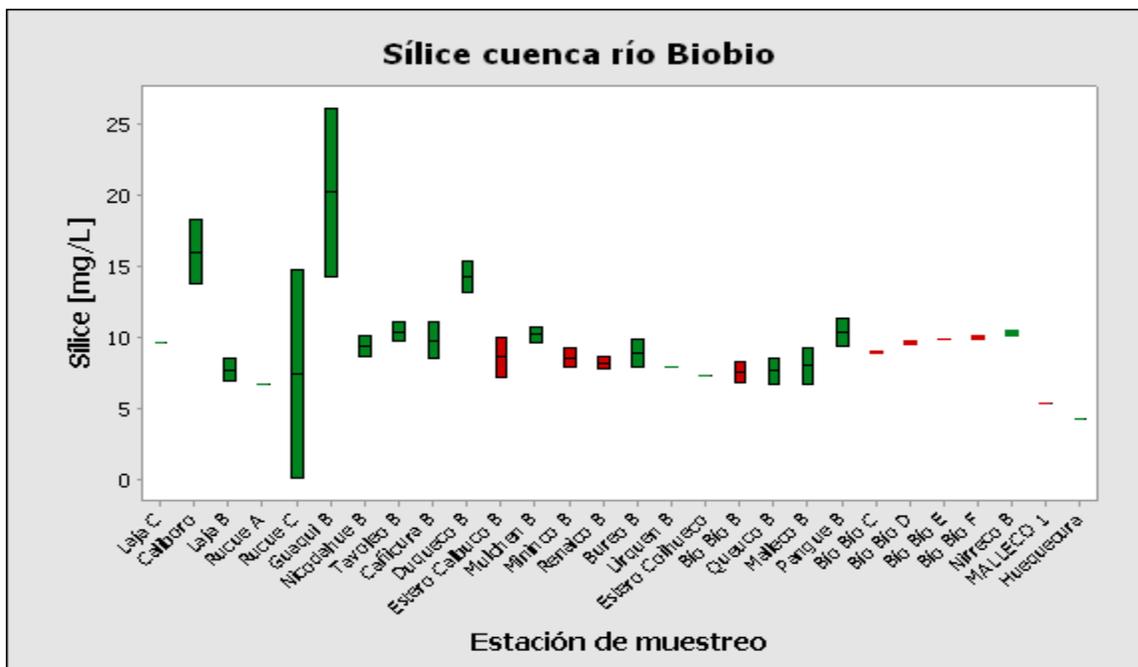


Figura 119. Sílice, Cuenca río Biobio (color rojo: presencia).

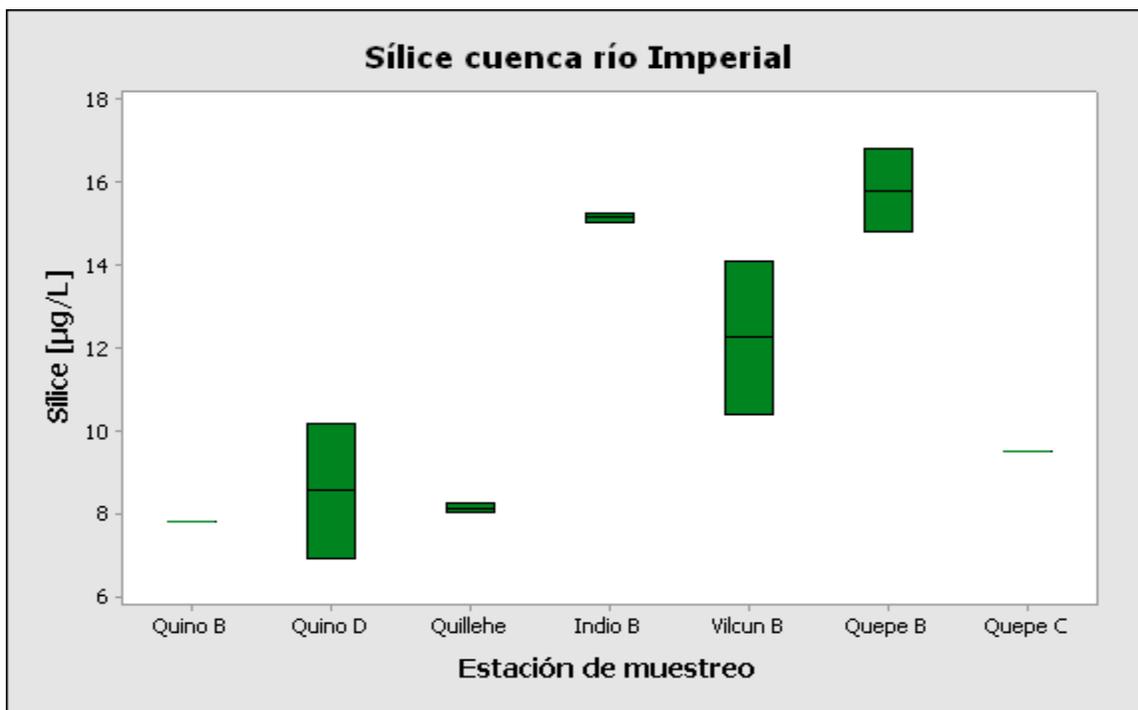


Figura 120. Sílice, Cuenca río Imperial.

En la figura 121 se presenta el parámetro sílice para la Cuenca río Tolten, el valor más bajo y más alto se presentó en la campaña 2, siendo de 5,41 mg/L (Trafapulli B) a 13,08 (Pucón). Cabe considerar que las presencias de Didymo se distribuyeron entre las concentraciones de Pucón con mg/L 13,04 (Campaña 2) a 15,9 mg/L para río Voipir (Campaña 1). En la figura 122 se presenta el parámetro sílice para la Cuenca río Valdivia con valores entre 2,93 mg/L (estero Choco) a 8,65 mg/L (Llanquihue) para la campaña 1. Para la campaña 2 los valores fluctuaron entre 6,06 (San Pedro) a 10,69 (Fuy). Cabe considerar que las presencias se distribuyeron entre concentraciones alrededor de 6 mg/L a bajo 11 mg/L. En la figura 123 se observa la cuenca del río Bueno donde las concentraciones fluctuaron entre 20,22 mg/L (Damas B) Campaña 1 a 2,78 mg/L (Quilman B) Campaña 2. Cabe considerar que las presencias se distribuyen entre 10,03 mg/L.

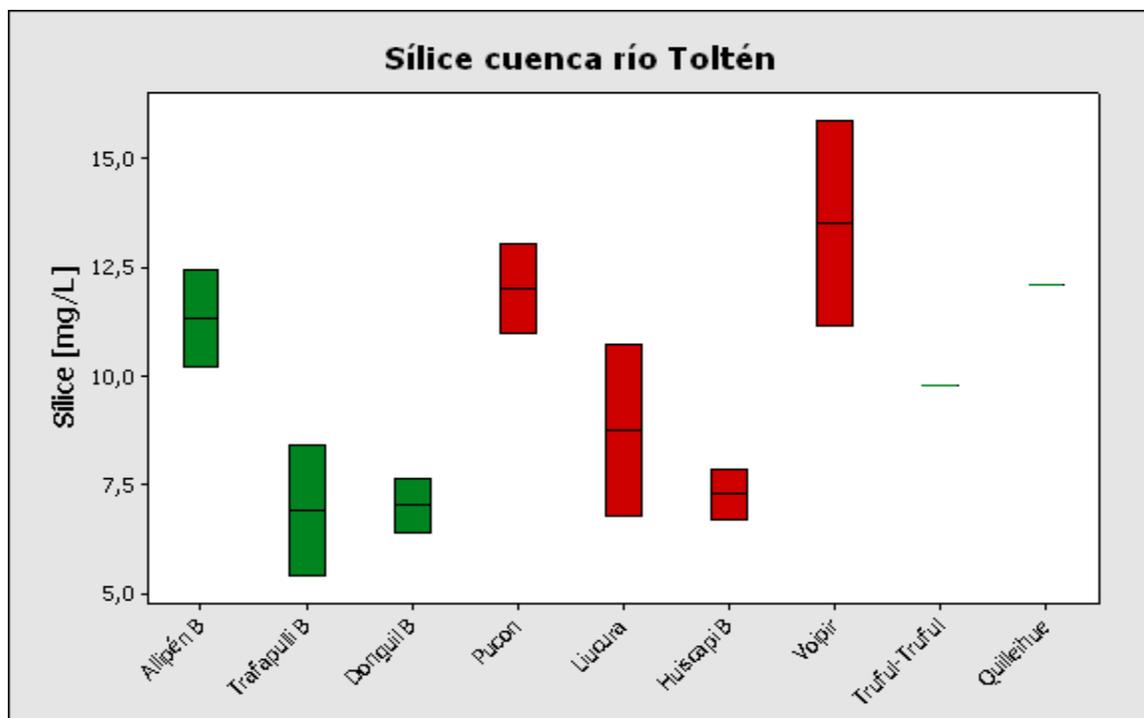


Figura 121. Sílice, Cuenca río Tolten (color rojo: presencia).

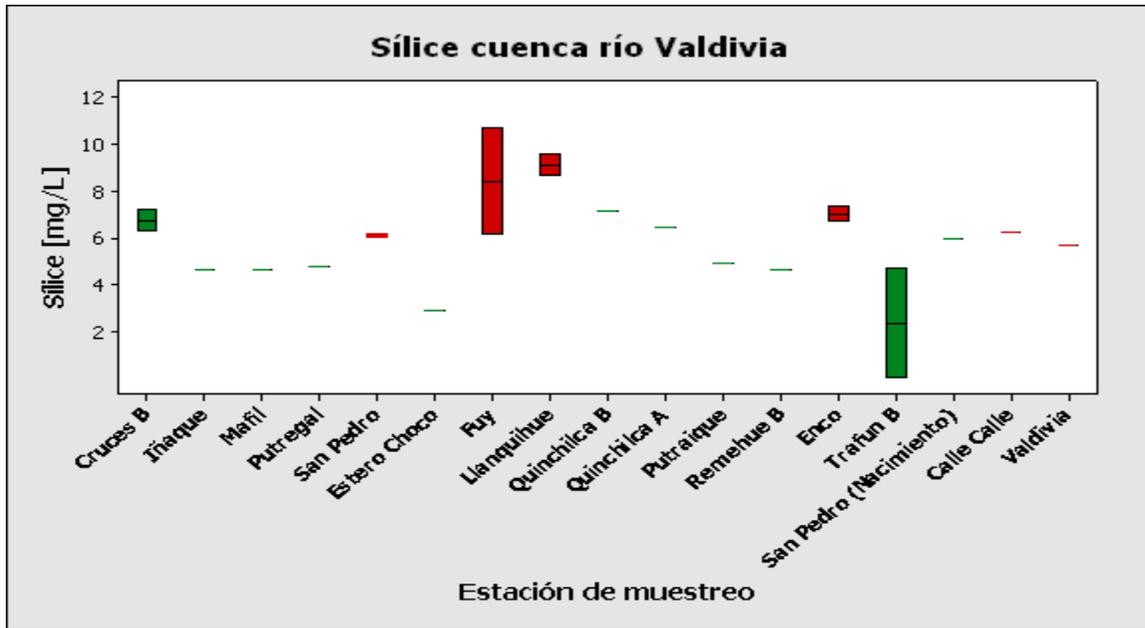


Figura 122. Sílice, Cuenca río Valdivia (color rojo: presencia).

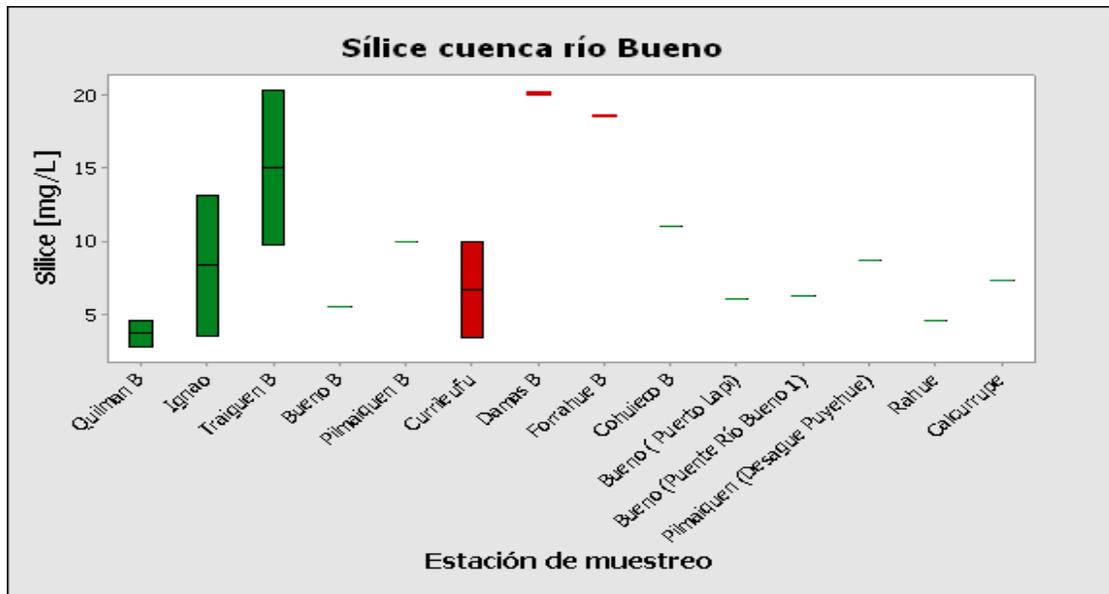


Figura 123. Sílice, Cuenca río Bueno (color rojo: presencia).

En la figura 124 se presenta el parámetro sílice en la Cuenca entre río Bueno y río Puelo, tuvo un valor promedio fue de $4,65 \pm 3,89$ mg/L, con un amplio rango, alcanzando a 12,83 mg/L (Hueñu B, Campaña 2) a 0,18 mg/L (Maulin, Campaña 2 con presencia). En la figura 125 se presenta el parámetro sílice para la Cuenca río Puelo, tuvo un valor promedio fue de $3,49 \pm 1,71$ mg/L, alcanzando a 5,61 mg/L (Palace B, Campaña 2 con presencia) a 2,71 mg/L (Frio B, Campaña 1 con presencia). En la figura 126 se presenta el parámetro sílice para la Cuenca río Yelcho, tuvo un valor promedio fue de $3,60 \pm 0,79$ mg/L, alcanzando a 5,89 mg/L (Espolon C, Campaña 1 con presencia) a 2,46 mg/L (Espolon B, Campaña 2).

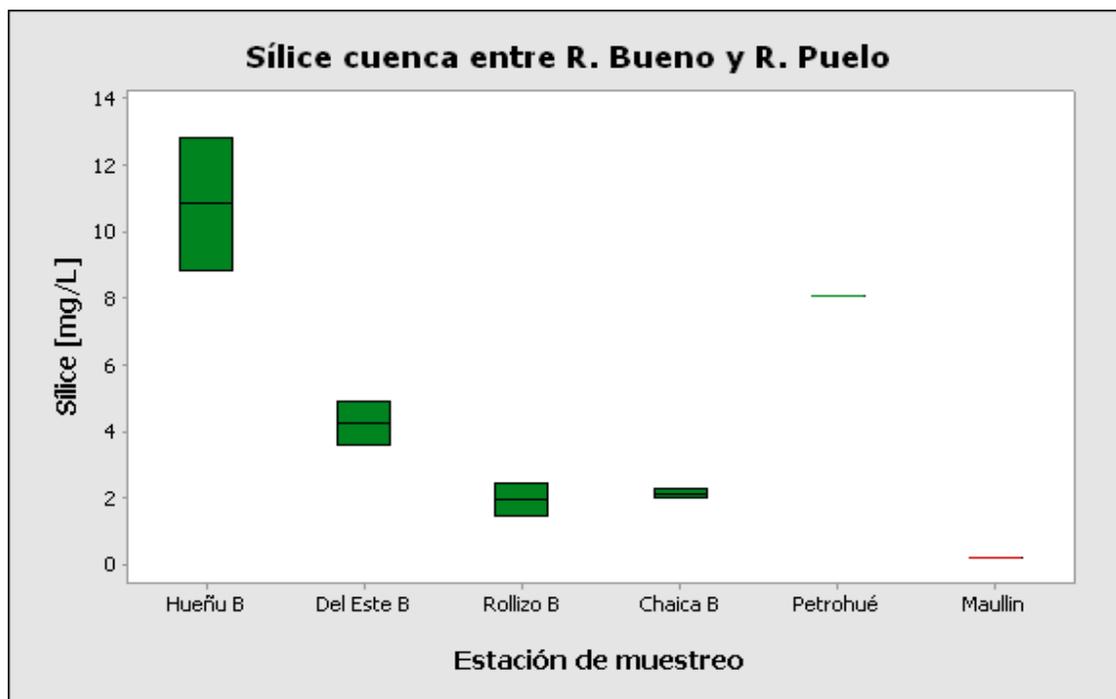


Figura 124. Sílice, Cuenca entre R. Bueno y R. Puelo (color rojo: presencia).

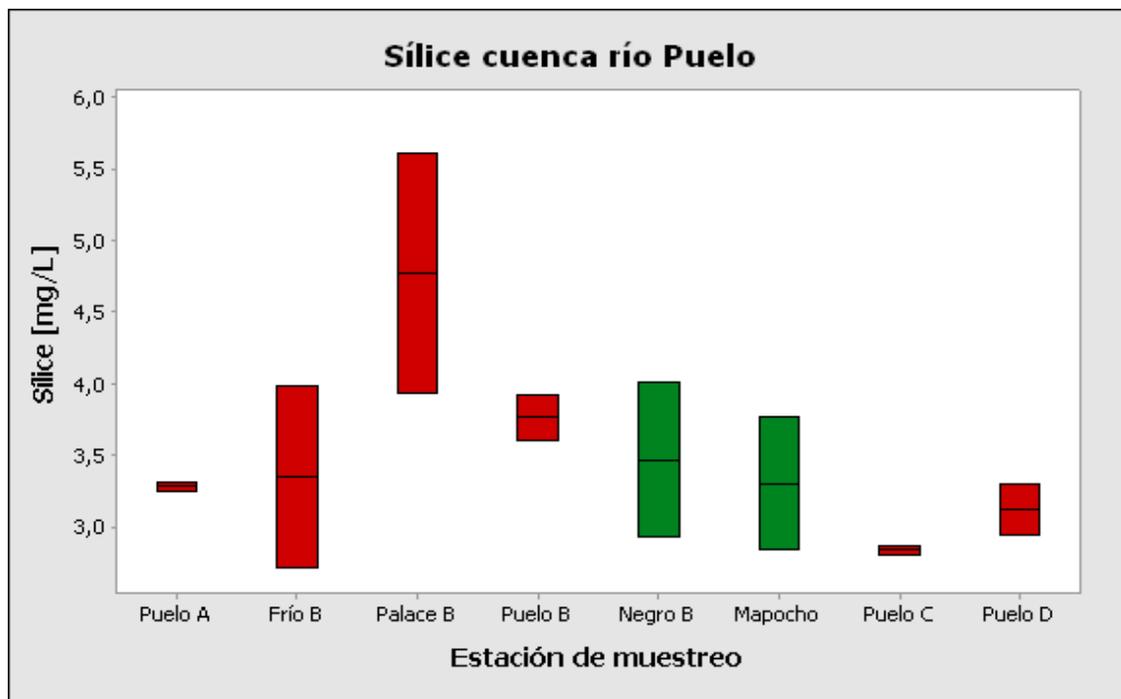


Figura 125. Sílice, Cuenca río Puelo (color rojo: presencia).

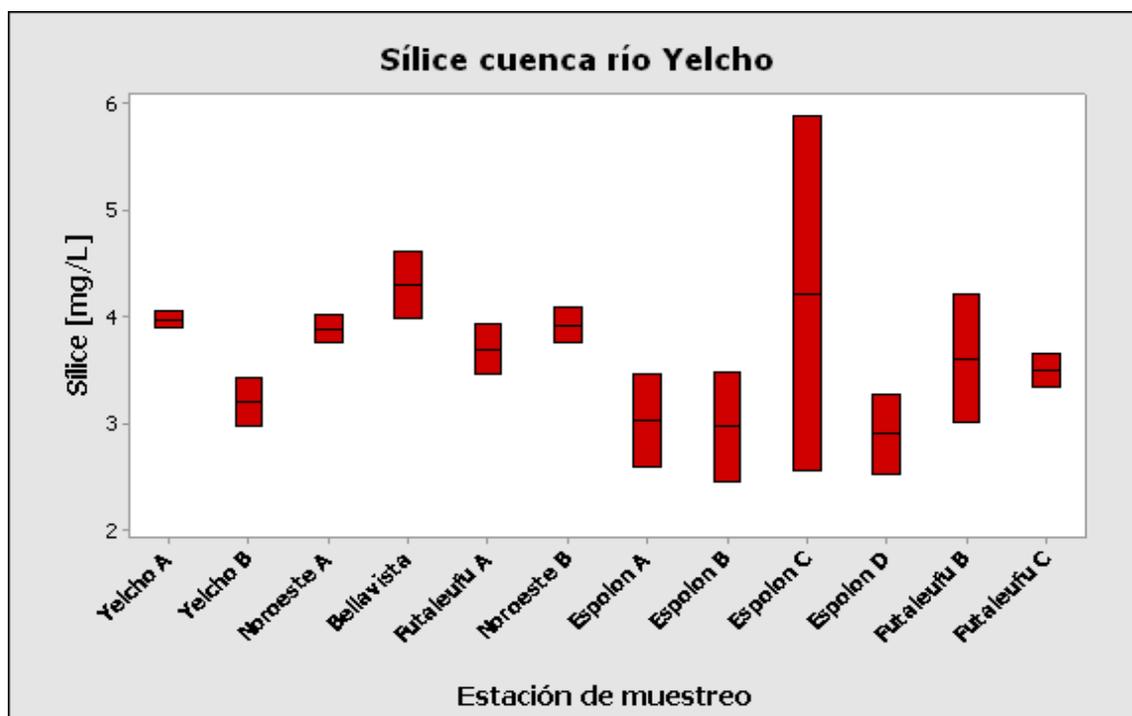


Figura 126. Sílice, Cuenca río Yelcho (color rojo: presencia).

En la figura 127 se presenta el parámetro sílice en la Cuenca Costeras e Islas río Palena y río Aysen, tuvo un valor promedio fue de $3,18 \pm 1,73$ mg/L, con un amplio rango, alcanzando a 5,88 mg/L (Palace C, Campaña 2 con presencia) a 0,45 mg/L (Palace C, Campaña 1 con presencia). En la figura 128 se presenta el parámetro sílice en la Cuenca río Palena y Costeras limite X Región, tuvo un valor promedio fue de $3,54 \pm 1,93$ mg/L, alcanzando a 4,97 mg/L (Pico D, Campaña 2 con presencia) a 1,60 mg/L (Queulat B, Campaña 2). En la figura 129 se presenta el parámetro sílice en la Cuenca río Aysen, tuvo un valor promedio fue de $5,81 \pm 3,36$ mg/L, alcanzando a 20,25 mg/L (Arroyo CEA, Campaña 1 con presencia) a 2,52 mg/L (Claro S, Campaña 1 con presencia). En la figura 130 se presenta el parámetro sílice en la Cuenca río Baker, tuvo un valor promedio fue de $1,81 \pm 1,12$ mg/L, alcanzando a 2,80 mg/L (Chacabuco B, Campaña 2 con presencia) a 0,57 mg/L (Estero Maiten B, Campaña 1).

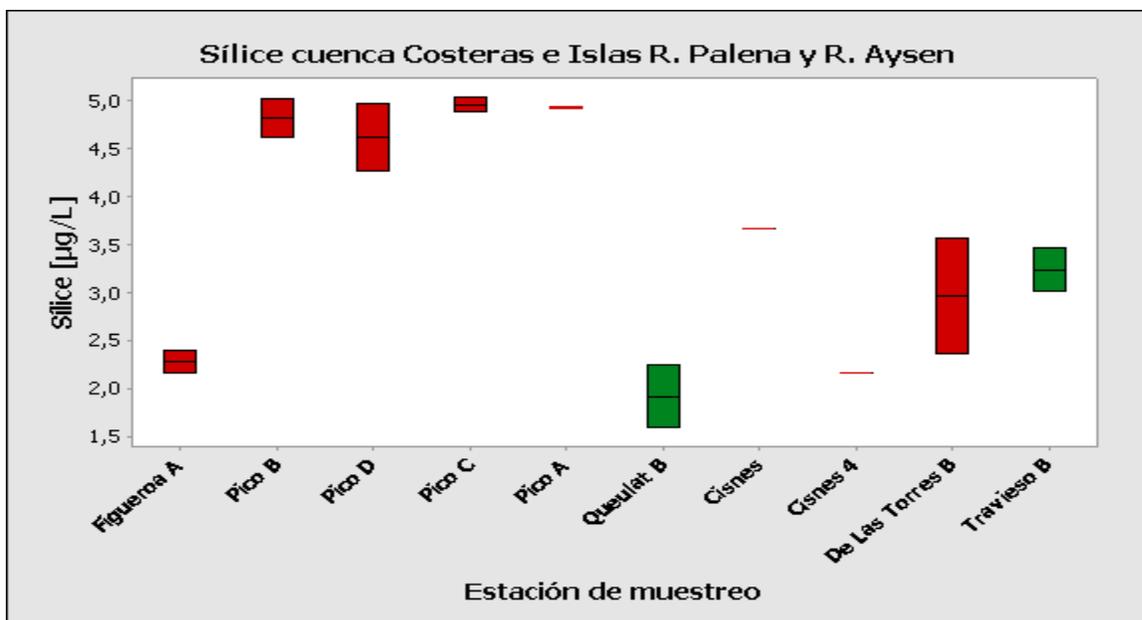


Figura 127. Sílice, Cuenca Costeras e Islas R. Palena y R. Aysen (color rojo: presencia).



Figura 128. Sílice, Cuenca R. Palena y Costeras Límite X Región (color rojo: presencia).

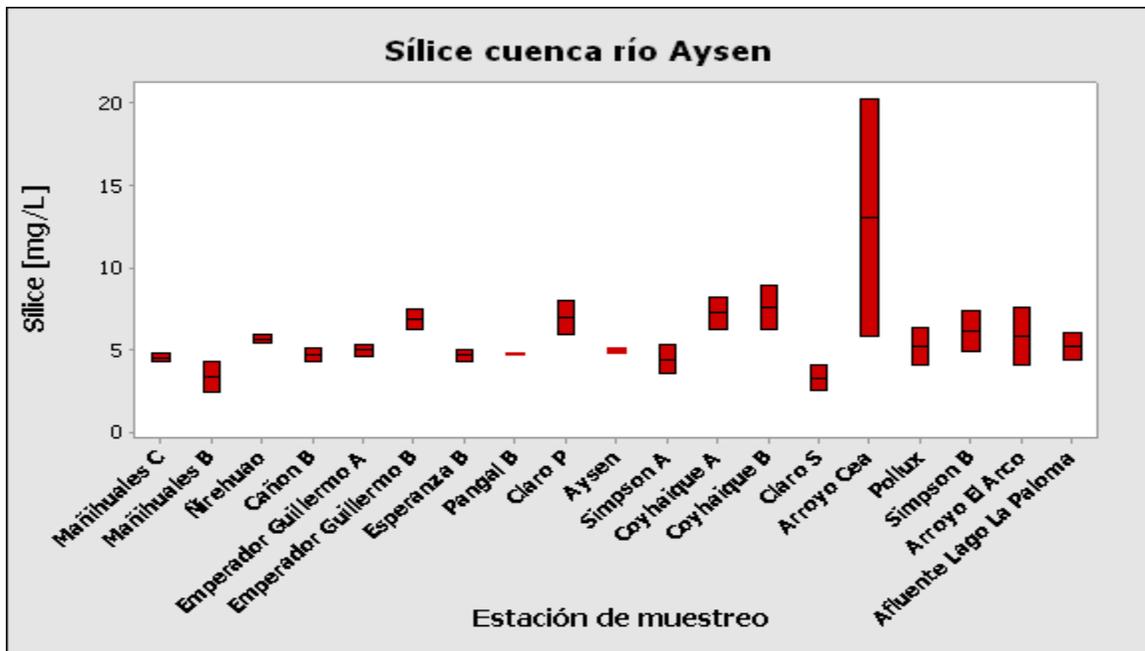


Figura 129. Sílice, Cuenca río Aysen (color rojo: presencia).



Figura 130. Sílice, Cuenca río Baker (color rojo: presencia).

5.4.8 Variable Orden del río

En la tabla 10 se presenta el orden del río, para las estaciones de muestreo realizadas durante las dos campañas de primavera-verano (C1) y otoño (C2).

Tabla 10. Orden del río campañas primavera-verano (C1) y otoño (C2), 2015.

Cuenca	Sub Cuenca	Estación	C1	C2
Rio Itata	Ñuble bajo	Ñuble 2 B	4	4
		Ñuble 2 A	4	4
		Cato B	2	2
		Cato A	2	2
		Ñuble 1 B	4	4
		Ñuble 1 A	4	4
		Niblinto B	4	4
		Niblinto A	4	4



Cuenca	Sub Cuenca	Estación	C1	C2	
Rio Itata	Ñuble bajo	Chillán B	2	2	
		Chillán A	2	2	
	Itata medio	Itata B	3	3	
		Itata A	3	3	
		Diguillin A	2	2	
		Diguillin B	2	2	
	Itata Alto (hasta rio Diguillin)	Danicalqui B	2	2	
		Danicalqui A	2	2	
		Cholguan B	2	2	
		Cholguan A	2	2	
	Rio Bío Bío	Rio Laja Alto (hasta bajo junta Rio Rucue)	Laja C	2	-
		Laja bajo	Caliboro	1	1
Rio Laja Alto (hasta bajo junta Rio Rucue)		Laja A	2	2	
		Laja B	2	2	
		Rucue B	2	2	
		Rucue A	2	2	
		Rucue C	2	2	
Rio Bio-Bio entre Rio Vergara y Rio Laja		Guaqui B	2	3	
		Guaqui A	2	3	
		Nicodahue B	2	2	
		Nicodahue A	2	2	
		Tavoleo B	2	2	
		Tavoleo A	2	2	
Rio Duqueco		Cañicura B	2	2	
		Cañicura A	2	2	
		Duqueco A	2	2	
		Duqueco B	2	2	
Rio Bío Bio entre Duqueco y río Vergara		Estero Calbuco B	1	1	
		Estero Calbuco A	1	-	
		Mulchen B	1	1	
		Mulchen A	1	1	
Rio Renaico		Mininco B	2	2	
		Renaico B	2	2	
Rio Bio-Bio entre Rio Duqueco y Rio Vergara	Bureo B	2	2		
Rio Renaico	Mininco A	2	2		

Cuenca	Sub Cuenca	Estación	C1	C2	
Rio Bío Bío	Rio Bio-Bio entre Rio Duqueco y Rio Vergara	Bureo A	2	2	
	Rio Renaico	Renaico A	2	2	
	Rio Bio-Bio entre Rio Ranquil y Rio Duqueco	Lirquen		-	3
		Lirquen B		1	-
		Lirquen A		1	-
		Bío Bío B		4	4
		Bío Bío A		4	4
		Queuco A		2	2
		Queuco B		2	2
	Rios Malleco y Vergara	Malleco B	3	3	
	Rios Malleco y Vergara	Malleco A	3	-	
	Rio Bio-Bio entre Rio Ranquil y Rio Duqueco	Pangue A	4	2	
		Pangue B	4	2	
	Rio Bio-Bio Alto (Hasta después junta Rio Lamin)	Bío Bío C		4	4
		Bío Bío D		4	4
		Bío Bío E		4	4
		Bío Bío F		4	4
		Nirreco A		1	1
	Nirreco B		1	1	
Rio Malleco y Vergara	Malleco 1	-	3		
Rio Bio-Bio entre Rio Ranquil y Rio Duqueco	Huequecura	-	2		
Rio Imperial	Rio Lumaco	Quino A	3	3	
		Quino B	3	3	
		Quino C	3	-	
		Quino D	3	-	
	R. Chol Chol	Quillehe	2	2	
	Cautin Alto (hasta antes junta R. Quepe)	Indio A	1	1	
		Indio B	1	1	
Rio Quepe	Vilcun B	3	3		
Rio Imperial	Rio Quepe	Vilcun A	3	3	
Rio Imperial	Rio Quepe	Quepe A	4	-	
Rio Imperial	Rio Quepe	Quepe B	4	4	

SBP 0010

Arch: Informe Final Proyecto FIP N° 2014-58.doc
Noviembre 2015

Cuenca	Sub Cuenca	Estación	C1	C2
Rio Imperial	Rio Quepe	Quepe C	4	-
		Quepe D	4	4
Rio Toltén	Rio Allipen	Allipén B	3	3
		Allipén A	3	3
		Trafapulli B	3	3
		Trafapulli A	3	3
	Tolten Bajo	Donguil B	4	4
		Donguil A	4	4
	Rio Pucón	Pucon	3	3
		Liucura	4	4
	Tolten Bajo	Huiscapi A	2	2
		Huiscapi B	2	2
	Lago Villarica y Tolten Alto	Voipir	2	2
	Rio Pucon	Quilleihue	-	1
	Rio Allipen	Triful-Triful	-	1
Rio Valdivia	Rio Cruces	Cruces B	3	3
		Cruces A	3	3
		Iñaque	2	2
		Mafil	2	2
		Putregal	1	1
	Rio San Pedro	San Pedro	2	2
	Rio Calle Calle	Estero Choco	2	2
	Rio Valdivia Alto	Fuy	2	2
		Llanquihue	2	2
	Rio San Pedro	Quinchilca B	3	3
		Quinchilca A	3	3
		Putraique	2	2
		Remehue B	2	2
		Enco	2	2
Remehue A		2	2	
Trafun B		1	1	
Trafun A	1	1		

Cuenca	Sub Cuenca	Estación	C1	C2
Rio Valdivia	R. San Pedro (Entre desagüe L. Panguipulli y Bajo R. Quinchilca)	San Pedro (Nacimiento)	-	3
	Rio Calle Calle	Calle Calle	-	4
	R. Valdivia Bajo	Valdivia	-	5
Rio Bueno	Afluentes Lago Ranco	Calcurrupe	-	2
		Lago Maihue	-	-
		Quilman A	2	2
		Quilman B	2	2
	Rio Bueno entre Lago Ranco y rio Pilmaiquen	Ignao	2	2
		Traiguen A	2	2
		Traiguen B	2	2
		Bueno B	4	4
		Bueno A	4	4
	Rio Pilmaiquen	Pilmaiquen B	2	2
		Currileufu	2	2
		Pilmaiquen A	2	-
	Rio Rahue Bajo	Damas B	2	2
		Damas A	2	2
	Rio Negro	Forrahue A	2	2
		Forrahue B	2	2
	Rio Rahue hasta antes junta Rio Negro	Coihueco B	2	2
		Coihueco A	2	2
	Rio Bueno entre Lago Ranco y Rio Pilmaiquen	Bueno (Puerto Lapi)	-	4
	Rio Bueno entre Lago Ranco y Rio Pilmaiquen	Bueno (Puente Río Bueno 1)	-	4

Cuenca	Sub Cuenca	Estación	C1	C2
Rio Bueno	Rio Pilmaiquen	Pilmaiquen (Desague Puyehue)	-	2
	Rio Rahue hasta antes junta Rio Negro	Rahue	-	3
Cuencas e Islas entre R.Bueno y R. Puelo	Rio Petrohue	Hueñu B	2	2
		Hueñu A	2	2
	Costeras entre río Petrohue y río Puelo	del Este A	1	1
		del Este B	1	1
	Costeras entre Rio Chamiza y Rio Petrohue	Rollizo A	1	1
		Rollizo B	1	1
		Chaica A	1	1
		Chaica B	1	1
Rio Petrohue	Petrohué	-	3	
Cuencas e Islas entre R.Bueno y R. Puelo	Rio Maullin	Maullin	-	1
Rio Puelo	Rio Puelo bajo	Puelo A	3	3
	Río Manso	Río Frío B	2	2
		Río Frío A	2	2
		Río Palace A	1	1
		Río Palace B	1	1
	Rio Puelo Alto	Puelo B	3	3
		Río Negro B	2	1
		Río Negro A	2	1
		Rio Mapocho	1	1
		Puelo C	3	3
Puelo D		3	3	
Rio Yelcho	Rio Yelcho	Yelcho A	3	3
		Yelcho B	3	3
	Rio Futaleufu	Noroeste A	1	1
		Bellavista	1	1
		Futaleufu A	3	3
		Noroeste B	1	1
	Espolon A	3	3	

Cuenca	Sub Cuenca	Estación	C1	C2
Rio Yelcho	Rio Futaleufu	Espolon B	3	3
		Espolon C	3	3
		Espolon D	3	3
		Futaleufu B	3	3
		Futaleufu C	3	3
Río Palena y Costeras límite X Región	Rio Palena entre frontera y rio Rosselot	Palena B	4	4
		Palena A	4	4
		Palena C	4	-
		Azul B	2	2
		Azul A	2	2
	Costeras entre limite X región y rio Palena	Rodriguez	4	4
	Rio Rosselot	Quinto B	3	3
		Quinto A	3	3
	Rio Palena Bajo	Palena D	4	4
		Palena E	4	4
	Rio Rosselot	Figueroa B	2	2
		Estero Seco A	1	1
		Estero Seco B	1	1
	Rio Palena Bajo	Risopatron	2	2
		Estero Bravo A	2	2
		Estero Bravo B	2	2
	Rio Rosselot	Figueroa A	2	2
		Pico B	1	1
		Pico D	1	1
		Pico C	1	1
Pico A		1	1	
Costeras e Islas entre R. Palena y R. Aysén	Rio Cisnes	Queulat B	1	1
	Costeras entre Seno Ventisquero y Rio Cisnes	Queulat A	1	1
	Rio Cisnes	Cisnes	4	4
		Cisnes	-	4
		De Las Torres A	1	1
		De Las Torres B	1	1
		Travieso B	1	1
Travieso A	1	-		
Río Aysen	Rio Mañihuales	Mañihuales C	3	3

SBP 0010

Arch: Informe Final Proyecto FIP N° 2014-58.doc
Noviembre 2015

Cuenca	Sub Cuenca	Estación	C1	C2
Río Aysen	Rio Mañihuales	Mañihuales A	3	3
		Mañihuales B	3	3
		Ñirehuao	4	4
		Cañon A	3	3
		Cañon B	3	3
		Emperador Guillermo A	3	3
		Emperador Guillermo B	3	3
		Esperanza A	4	4
		Esperanza B	4	4
	Rio Aysén entre Rio Riesco y Desembocadura	Pangal A	2	2
		Pangal B	2	2
		Claro P	1	1
		Aysen	4	4
	Rio Simpson	Simpson A	3	3
		Coyhaique A	2	2
		Coyhaique B	2	2
		Claro S	1	1
		Arroyo Cea	1	1
		Pollux	2	2
		Simpson B	3	3
		Arroyo El Arco	2	2
Rio Riesco	Afluente Lago La Paloma	1	1	
Río Baker	R. Baker entre Desague L. J. M. Carrera y R. de La Colonia	Chacabuco A	1	1
		Chacabuco B	3	3
		Estero Maitén B	2	-
		Estero Maitén A	2	-
	R. Baker entre arriba R. de La Colonia y Desembocadura	Los Ñadis B	3	3
		Los Ñadis A	3	3
	Baker	4	4	
Río Baker	Vertiente Sur Lago Jose Miguel Carrera	Mallín/Gral. Carrera	-	2

Fuente: Elaboración propia.

La variable orden del río en la cuenca Itata, de los ríos monitoreados en su mayoría tienen un valor de orden 2, incluyendo la única "presencia" registrada para el sitio Chillán B. Para la cuenca río Biobío, también la mayoría de los ríos monitoreados fueron de orden 2. Respecto a las presencias estas fueron de orden 2 a excepción de un solo caso en orden 1, que fue el estero Calbuco B, y otros de orden 4, localizados en el cauce mismo del río Bío Bío. Para la cuenca del río Imperial, los ríos de orden 3 fueron frecuentemente monitoreados, en esta cuenca no hubo registro de *D.geminata*.

En la Cuenca Toltén, principalmente los ríos monitoreados fueron de orden 3, las presencias se presentaron una de orden 3 que fue Pucón, dos de orden 2 con Huiscaji B y Voipir, y una de orden 4 que fue Liucura. Para la cuenca del río Valdivia, los ríos monitoreados fueron de un predominio de orden 2, donde se registraron tres presencias. Por otro lado se registró presencia del alga en el río Trafun B, siendo el único cauce de orden 1, y otra presencia en el río Valdivia, pero de orden 5. En la Cuenca río Bueno, principalmente los ríos monitoreados fueron de orden 2 donde se detectaron presencia de *D.geminata* en los sitios de Currileufu, Damas B y Forrahue B.

La variable orden del río en la Cuenca entre río Bueno y Puelo, fueron principalmente ríos monitoreados de orden 1, con una presencia en el río Maullín. En la Cuenca río Puelo, los ríos fueron desde orden 1 a 4, y los registros de presencia de *D.geminata* también estuvieron distribuidos en esos mismos ordenes. Para la Cuenca río Yelcho los ríos, principalmente se distribuyeron desde orden 1 a 3, y todos registraron presencia de *D.geminata*.

En la Cuenca Costeras e Islas río Palena y río Aysen, principalmente los ríos monitoreados fueron de orden 1 y presentaron en su mayoría presencia, a excepción del río Travieso. La variable orden del río en la Cuenca río Palena y Costeras límite X Región los ríos monitoreados fueron a partir de orden 1 a 4 y los ríos con presencia fueron de orden 2. Para la cuenca del río Aysen, los ríos monitoreados fueron desde orden 1 a 4. Esta cuenca registró alta "presencia", a partir del orden 1. En la Cuenca río Baker, los ríos monitoreados fueron desde orden 1 a 4, registrándose presencia de *D.geminata* en orden 1 y 3.

5.5. Objetivo 4: Analizar la información histórica de cada río prospectado respecto a parámetros físicos y químicos y a la presencia/ausencia de la especie a fin de establecer una asociación con *D. geminata*.

5.5.1 Base de dato Access

La base de dato en formato Access para el manejo de toda la base de dato, fue generada con la información de las dos campañas Campaña 1 de primavera-verano y Campaña 2 de otoño.

Los datos incorporados son de tipo físico, químico y biológico, de las distintas etapas que fueron las siguientes: Inspección visual en base a la Ficha de terreno; Resultados biológicos de laboratorio; Resultados de análisis químico de laboratorio; Información física complementaria realizada en gabinete. (Ver **ANEXO IV**)

5.5.2 Análisis integral: Análisis global

Variables bioclimáticas

El Análisis de componentes principales, ACP indicó tres componentes principales (CP) importantes. El componente 1(CP1) explica el 54.42% de la varianza y se relaciona en forma negativa con la mayoría de las variables bioclimáticas relacionadas con la temperatura. El componente 2 (CP2) explica el 27.09% de la varianza y se relaciona negativamente con el resto de las variables de precipitación. El CP3 explica una baja proporción de la varianza, alcanzando sólo un 12.45%, en comparación con los otros CP que juntos explicaban el 81.51% de la variabilidad de los datos, por lo que fue excluido del análisis, (Tabla 11).

Tabla 11. Contribución de las variables bioclimáticas incorporadas en ACP.

En color rojo se indican las variables bioclimáticas de más alta contribución al ACP, el valor propio de cada componente y la varianza acumulada.

Variable	C P1	C P2
Temperatura media anual	-0.89	-0.23

Variable	C P1	C P2
Rango promedio de temperatura diurna	-0.88	0.12
Isotermalidad	-0.85	-0.10
Temperatura de la estacionalidad	-0.37	0.49
Temperatura mínima del mes más cálido	-0.98	0.00
Temperatura mínima del mes más frío	-0.62	-0.45
Rango de temperatura anual	-0.84	0.22
Temperatura promedio del mes más húmedo	-0.78	-0.33
Temperatura promedio del mes más seco	-0.91	-0.22
Temperatura promedio del mes más cálido	-0.94	-0.09
Temperatura promedio del mes más frío	-0.81	-0.34
Precipitación anual	0.18	-0.95
Precipitación del mes más húmedo	-0.28	-0.85
Precipitación del mes más seco	0.75	-0.60
Estacionalidad de la precipitación	-0.94	0.18
Precipitación del trimestre más húmedo	-0.33	-0.86
Precipitación del trimestre más seco	0.74	-0.62
Precipitación del trimestre más cálido	0.74	-0.62
Precipitación del trimestre más frío	-0.31	-0.87
Valor propio	10.34	5.15
Varianza acumulada (%)	54.42	81.51

Fuente: Elaboración propia.

La Figura 131 muestra que a lo largo del Componente Principal 1, las cuencas hidrográficas incluidas en el análisis, se distribuyen a lo largo de dicho componente en un gradiente de precipitaciones que coincide con la distribución latitudinal de dichas cuencas (de norte a sur). Se muestra el biplot de los dos primeros componentes principales obtenidos sobre las 19 variables bioclimáticas consideradas en el ACP. Cada uno de los puntos de muestreo, fueron estaciones dentro de las cuencas diferenciados de acuerdo a su cuenca de origen. Valores positivos de CP1 indican temperaturas menores; valores positivos del CP2 indican condiciones de baja precipitación.

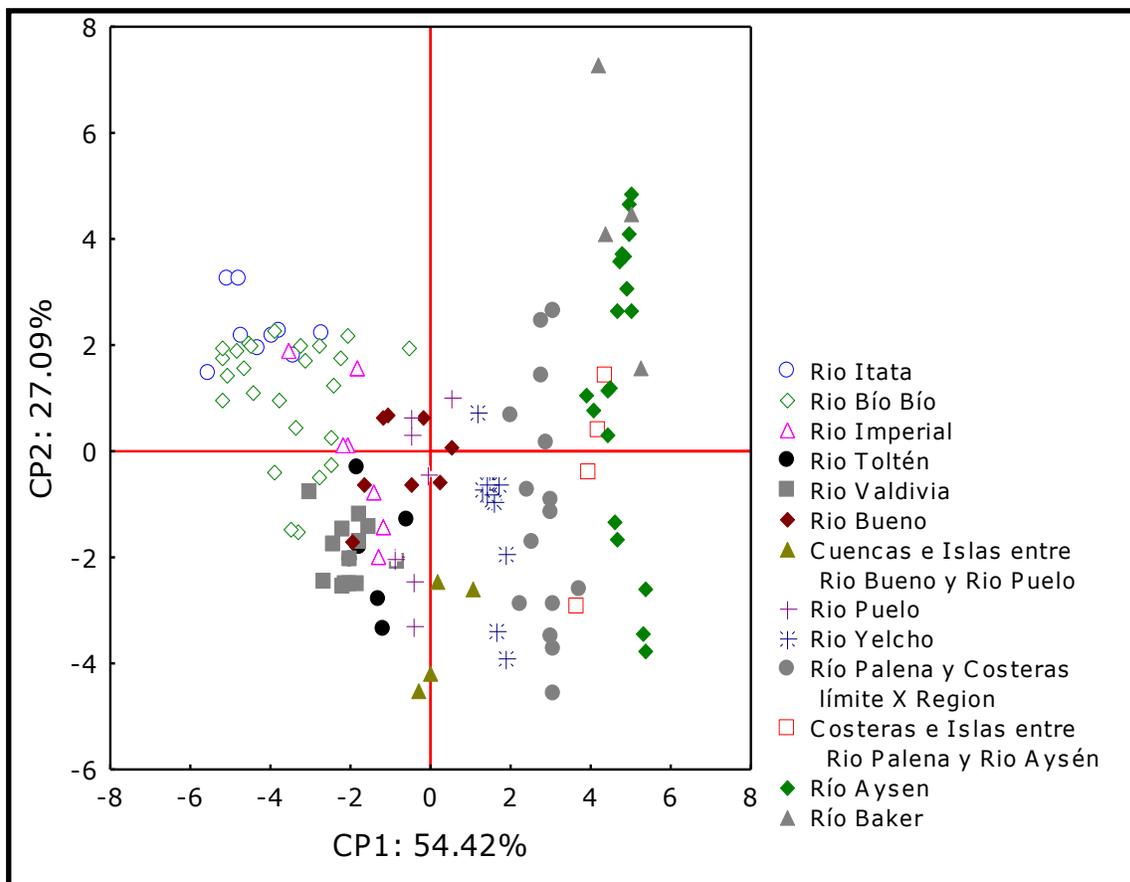


Figura 131. Análisis de componentes principales: variables bioclimáticas por cuenca.

5.5.3 Análisis integral: Análisis local

Para cada río visitado dentro de cada cuenca, se midieron variables físico químicas continuas y categóricas; para cada tipo de variables se realizaron diferentes análisis.

5.5.3.1 Variables físicas y químicas continuas

La matriz de correlación indicó una baja correlación entre la mayoría de las variables fisicoquímicas incluidas en el análisis. La única excepción fue el fósforo total que presentó una correlación positiva y significativa con el fosforo orgánico ($r=0.70$) y el fósforo inorgánico ($r=0.86$), la turbidez presento una correlación positiva y significativa con el fosforo orgánico ($r=0.68$) y la concentración total de nitrógeno se correlacionó positivamente con la concentración de nitrato ($r=0.99$). (Tabla 10. Material suplementario). En el ACP se identificaron 7 componentes principales (CP) los cuales explicaban en conjunto el 65.36% de la varianza, quedando un elevado porcentaje de la variación de los datos (35.64%) no explicada (Tabla 12; sólo se muestran los primeros 5 componentes principales). Esto sugiere una gran variabilidad de la información por causas no identificadas en este proyecto. El primer componente principal es explicado por la concentración de Fósforo y Silicio; el segundo componente principal es explicado principalmente por Calcio, pH y temperatura (Tabla 12). Se detecta una leve diferenciación entre las campañas particularmente a lo largo del segundo eje componente principal. Al comparar los espacios ambientales de los ríos con y sin Didymo, se encontraron diferencias significativas para las dos campañas (Figura 144).

Tabla 12. Contribución de las variables fisicoquímicas incorporadas en el ACP.

En color rojo se destacan las variables de mayor contribución al ACP (valor absoluto), el valor propio de cada componente y la varianza acumulada.

Variabes	PC 1	PC 2	PC 3	PC 4	PC 5
Altura	-0.10	0.28	0.04	-0.63	0.18
Ancho rio	0.03	0.11	-0.77	0.19	0.04
Ca	-0.25	-0.73	-0.28	-0.10	0.06
C. Eléctrica	-0.45	-0.03	0.12	-0.54	-0.19
Distancia al origen	-0.16	0.35	-0.54	-0.17	-0.24

Variables	PC 1	PC 2	PC 3	PC 4	PC 5
Índice de sinuosidad	0.10	0.18	-0.21	0.24	-0.04
Largo de río	-0.16	0.42	-0.59	-0.40	-0.05
NO ₃	-0.16	-0.11	-0.03	0.01	0.72
N total	-0.11	-0.03	0.00	-0.16	0.74
Oxígeno disuelto	0.09	0.33	-0.03	-0.36	-0.03
Pendiente	0.16	-0.41	-0.06	0.09	0.49
pH	0.28	0.58	0.11	0.02	0.07
P. Inorgánico	-0.86	0.10	0.10	0.15	0.02
P. orgánico	-0.38	0.56	0.02	0.46	0.01
P. total	-0.83	0.37	0.08	0.35	0.02
Profundidad	0.19	0.15	-0.48	0.13	0.23
Si	-0.78	0.08	0.17	-0.23	-0.04
Temperatura	-0.31	-0.67	-0.29	0.03	-0.15
Turbiedad	-0.40	-0.39	-0.27	0.08	-0.02
Velocidad	0.04	0.02	0.12	0.00	-0.24
Valor propio	2.95	2.50	1.84	1.56	1.34
Varianza acumulada (%)	15.53	28.67	38.33	46.56	53.59

Fuente: Elaboración propia.

Se muestra el biplot obtenidos sobre las variables fisicoquímicas incorporadas en el ACP. En **a) Campaña 1** y en **b) Campaña 2**. Cada uno de los puntos indica estaciones con presencia o ausencia de *D. geminata* para cada una de las campañas realizadas. Valores positivos en el CP1 indican menores concentraciones de fosforo y silicio; valores positivos del CP2 indican condiciones de baja temperatura y concentración de calcio, pero mayor pH.

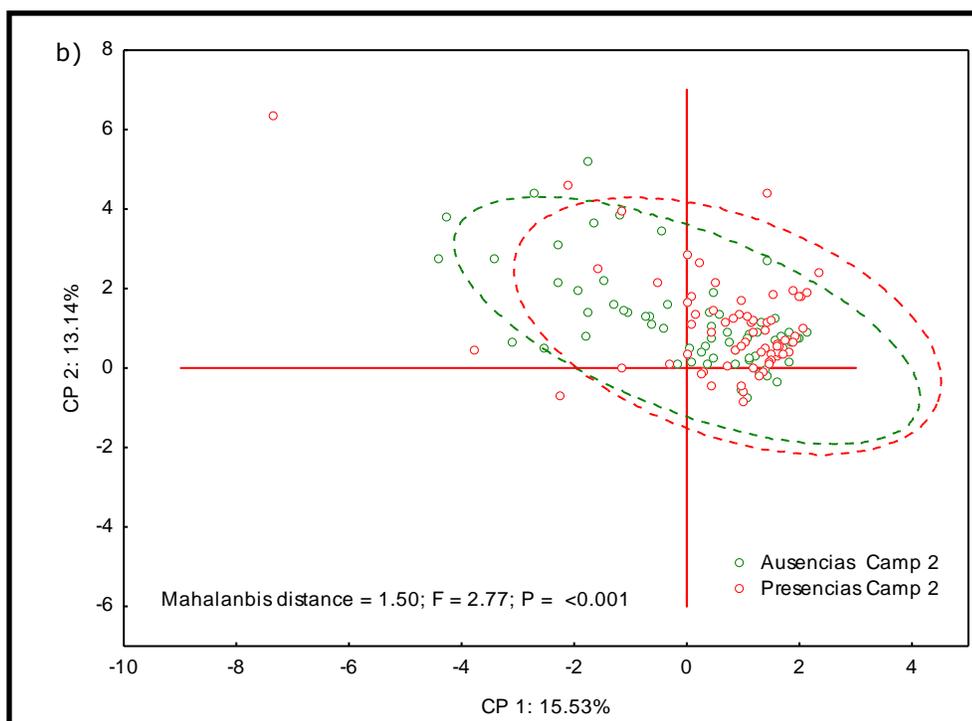
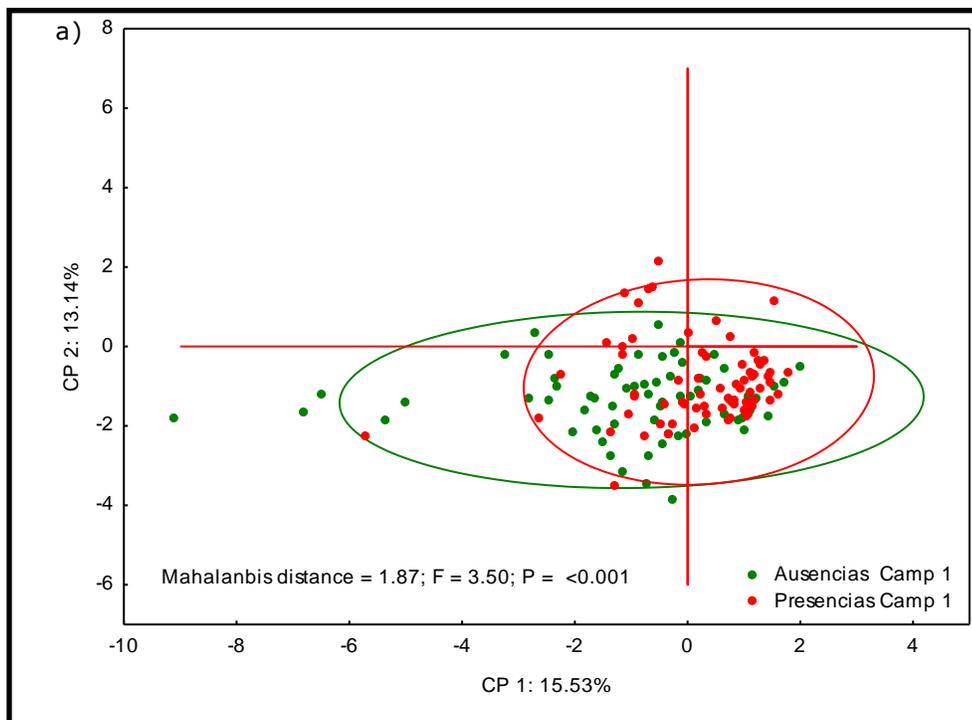


Figura 132. Biplot de los dos primeros componentes principales (a y b).

Análisis discriminante lineal (ADL): El ADL se realizó extrayendo las variables altamente correlacionadas (Tabla 11. Material suplementario) y que tuvieran poca relevancia en la discriminación de los grupos (obtención de ejes de menor poder discriminante al incorporar dichas variables; datos no mostrados), estas fueron: turbiedad y concentración total de fósforo y nitrógeno.

Se observa que el primer eje discriminante explica en un 77% la separación entre grupos y su contribución es significativa (Wilks' Lambda= 0.31; GL= 51; $P < 0.0001$; Tabla 12). El segundo discriminante explica en un 21.0% la separación entre grupos, su contribución es menor pero significativa (Wilks' Lambda= 0.72; GL= 32; $P < 0.0001$). El tercer componente, no discrimina significativamente los grupos (Wilks' Lambda= 0.18; GL= 32; $P = 0.87$), explicando sólo el 2% de la varianza. Considerando el primer discriminante, las variables fisicoquímicas más importantes para diferenciar entre los grupos fueron la temperatura y el pH; de acuerdo al segundo discriminante serían la concentración de calcio y el silicio (Tabla 13). Considerando el primer discriminante, se reasignaron correctamente poco más de un 60% de los casos a los distintos grupos; cerca del 60% de los casos fueron correctamente asignados a las presencias de la Campaña 1 y cerca de un 40% a las presencias de la Campaña 2 (Tabla 14). Se observa además, que 26 casos de la Campaña 1 (17.57% del total) y 14 casos de la Campaña 2 (11.48% del total) fueron incorrectamente asignados, lo que nos indica que la primera Campaña resultó ser más predictiva para agrupar los ríos con y sin *Didymo* (Tabla 14).

Tabla 13. Contribución de las variables fisicoquímicas del ADL.

Se destaca en rojo la más alta contribución al ADL (valor absoluto), el valor propio de cada componente y proporción acumulada de discriminación por cada función discriminante.

VARIABLES	FUNCIÓN DISCRIMINANTE		
	1	2	3
Altura	0.26	-0.19	0.14
Ancho de río	0.15	-0.19	-0.25
Ca	-0.05	-0.67	0.29
Conductividad eléctrica	-0.06	0.19	-0.11

VARIABLES	FUNCIÓN DISCRIMINANTE		
	1	2	3
Distancia al origen	-0.10	0.25	-0.05
índice de sinuosidad	-0.02	-0.42	-0.13
Largo de río	-0.07	-0.18	-0.08
NO ₃	0.11	0.09	0.10
Oxígeno disuelto	0.09	-0.22	0.62
Pendiente	0.08	0.18	-0.44
pH	-0.63	-0.01	-0.45
P inorgánico	0.01	0.05	0.46
P orgánico	-0.26	0.17	-0.14
Profundidad	0.06	-0.20	0.01
Si	0.02	0.61	-0.31
Temperatura	0.78	-0.17	-0.35
Velocidad	-0.06	-0.08	-0.19
Valor propio	1.27	0.35	0.03
Proporción acumulada	0.77	0.98	1.00

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 14. Casos en número y porcentaje, asignados a cada uno de los grupos de acuerdo a la primera función discriminante obtenida del ADL.

		Asignación	Campaña 1		Campaña 2	
		(%)	Ausencia	Presencia	Ausencia	Presencia
Campaña 1	Ausencia	70.77	46	13	3	3
	Presencia	69.01	14	49	2	6
Campaña 2	Ausencia	72.31	0	5	47	13
	Presencia	40.58	0	21	20	28
Total		62.96	60	88	72	50

Fuente: Elaboración propia.

5.5.3.2 Variables categóricas

Se aprecia que existen diferencias ambientales entre las variables físicas evaluadas entre campañas: ubicación, cobertura, sustrato y clima (Tabla 15). Dadas estas diferencias, se consideraron sólo las variables que no variaron entre campañas y que fueran significativas (Tabla 13). Así, los ríos que tienen más probabilidad de tener *D. geminata* son los de Orden 3 y 4 y los de Ubicación 3 (Ver Figura 133).

Tabla 15. Valores de Chi-cuadrado y significancia (P) para cada una de las variables categóricas analizadas.

Factor	GL	Entre presencia-ausencia		Entre campañas	
		Chi-cuadrado	P	Chi-cuadrado	P
Orden	3	11.34	0.01	2.16	0.54
Crecimiento	3	113.25	<0.001	2.28	0.52
Cobertura	4	132.16	<0.001	9.97	0.04¹
Hábitat	4	7.58	0.11	2.43	0.66
Sustrato	3	5.16	0.07	28.64	<0.001²
Clima	3	1.15	0.76	44.38	<0.001³
Morfología	3	4.28	0.37	-	-

1: pocas categorías 3 y 4; **2:** Ningún sitio con categoría 3 en ambas campañas; **3:** No se registran ríos con categoría 4.

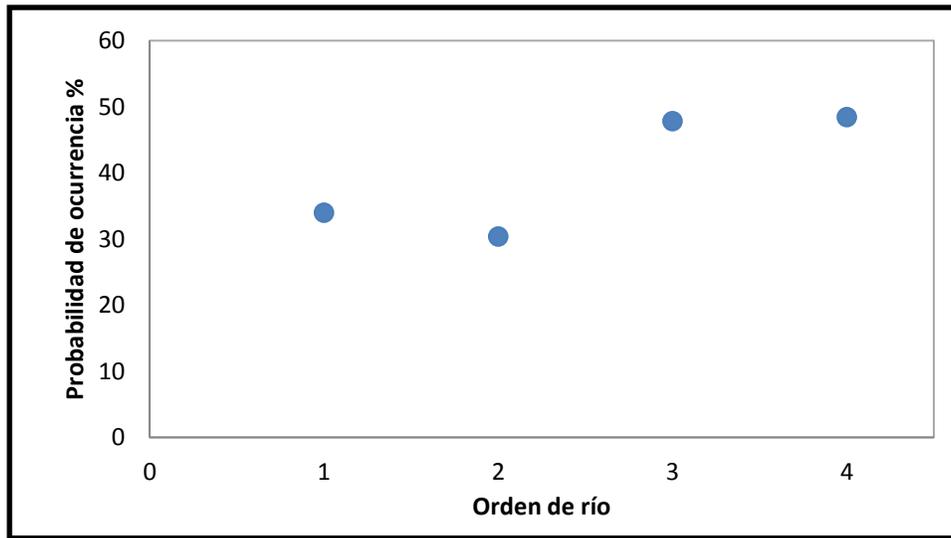


Figura 133. Probabilidad de ocurrencia de *D. geminata* por orden del río

5.5.4 Modelo distribución de nicho

Se procedió a la validación empírica de dos modelos de distribución para Chile, uno construido desde datos de Chile (previo diseño de muestreo ya explicitado en la metodología) y otro desde datos de ocurrencia de USA y Canadá, según lo indicado por Kumar *et al.*, 2008. Los modelos se muestran en la siguiente figura, indicando además los puntos de muestreo especificando los ríos con y sin *Didymo*.

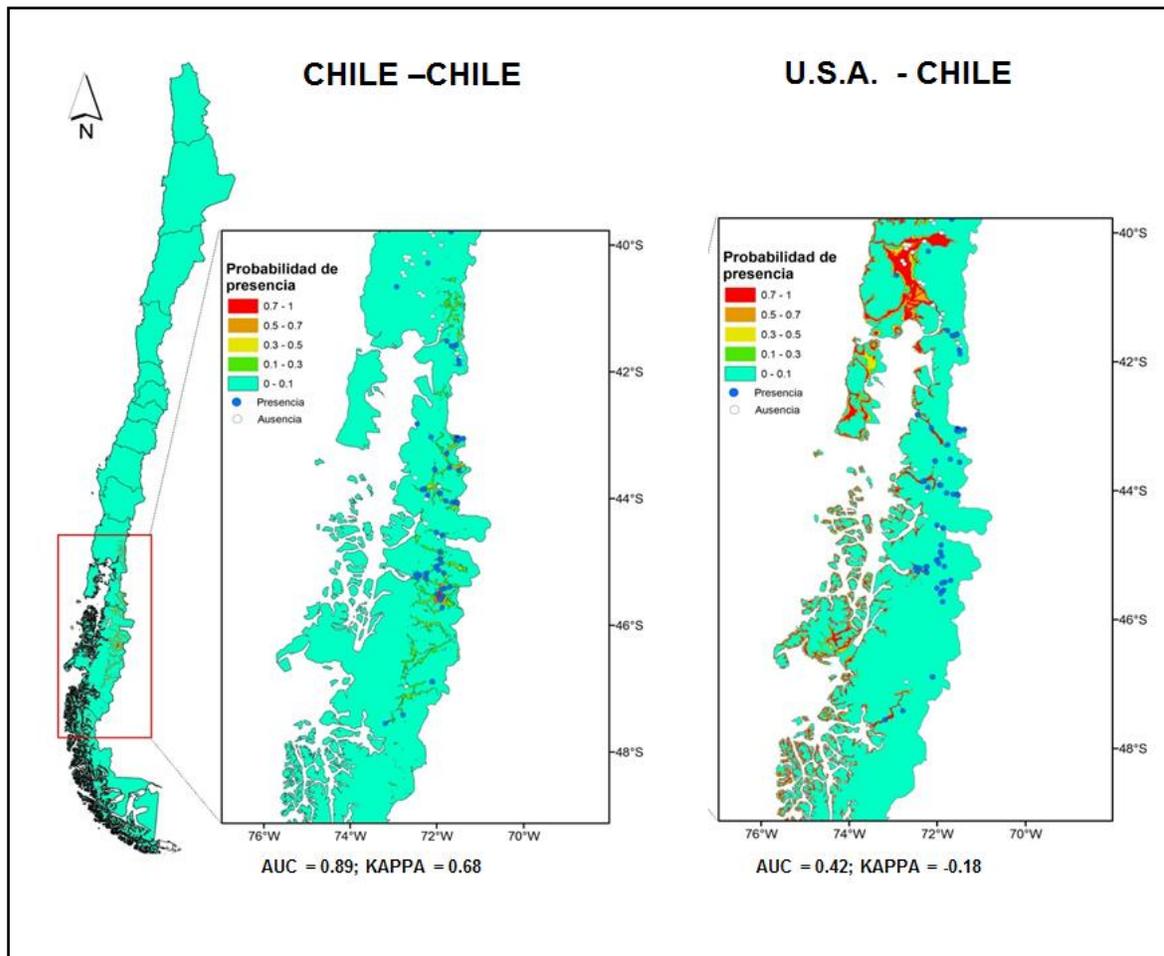


Figura 134. Modelo de distribución Didymo

El modelo construido en Chile predijo el 72% de las presencias y el 94% de las ausencias; el modelo construido en USA en tanto, predijo el 24% de las presencias y el 58% de las ausencias. Esto significa que el modelo para Chile con datos de Chile fue validado, dado que tuvo un 84% de clasificaciones correctas mientras que el que se compone de datos de USA, este valor fue sólo de un 40%. Además el índice AUC (que evalúa cuán alejada esta la distribución de un modelo obtenido sólo por azar, siendo 0.5 el valor de AUC esperado por azar) indica que el modelo de Chile en Chile predice significativamente más de lo esperado por azar (AUC = 0.89) mientras que el modelo

de USA en Chile predice levemente menos que lo que se esperaría por azar (AUC = 0.42).

Tabla 16. Estadísticos obtenidos luego de la validación empírica de los modelos de distribución geográfica obtenidos para Chile desde Chile y desde USA.

Model	P/A	AUC	Intervalo	Sensibilidad (1)	Especificidad (2)	KAPPA
Ch -Ch	72/65	0.89	0.83-0.94	0.72	0.97	0.68
USA - Ch	72/65	0.42	0.34-0.50	0.24	0.58	-0.18

P: presencia; A: ausencia; (1): probabilidad de predecir presencias verdaderas; (2) probabilidad de detectar ausencias verdaderas. Chile en Chile (Ch - Ch) y USA en Chile (US - Chile).

5.6 Análisis de Zoobentos

Se tomaron muestras de bentos en 20 ríos, de los cuales 11 fueron de ausencias y 9 de presencias (Tabla 19 y 20).

- Las cuencas para ausencias fueron cuatro y se detallan a continuación: Cuencas e Islas entre río Bueno y río Puelo, río Puelo, río Itata, río Imperial.
- Las cuencas para presencias fueron dos, río Puelo y río Biobío. De las cuales sólo para el caso de Estero Calbuco (cuenca Bío Bío) la presencia sólo se registró en el fitoplancton, en el resto de las muestras las presencias fueron detectadas en el fitobentos.

De cada sitio de muestreo se recolectaron tres réplicas, en general el Phylum Arthropoda fue el más abundante con un 86,3% le sigue Annelida con un 8,1 %, Mollusca con un 3 %. De las familias representadas por sobre un 5 % se registraron las siguientes: Baetidae (5,5 %); Griporterirygydae (6,0 %); Tubificidae (6,8%); Hydropsychidae (12,9 %); Chironomidae (16,7 %); Leptophlebiidae (28,4 %). (ANEXO IX).

Efectuando una análisis de distribución para visualizar alguna tendencia de agrupación se realizó un ordenamiento n-MDS (usando distancia Euclidean). En la figura 135 se muestra que no se distingue algún ordenamiento específico.

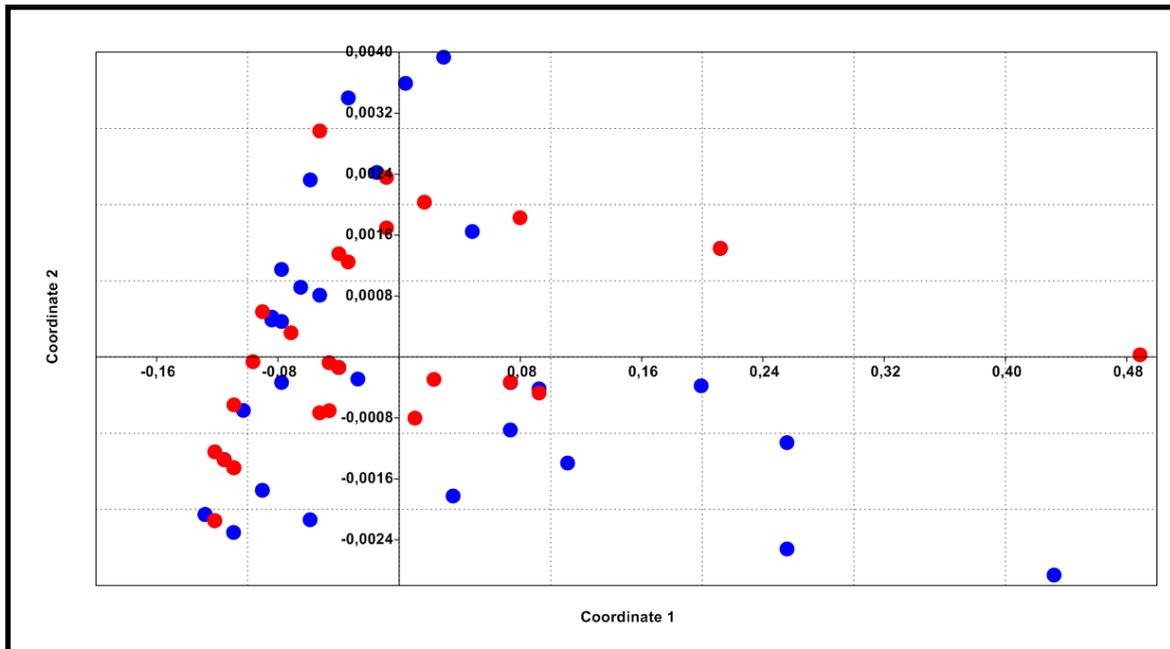


Figura 135. Análisis de ordenamiento n-MDS

Mediante un análisis de componentes principales (PCA, usando matriz de correlación) se explica con un 91 % (considerando los dos primeros componentes) que las variables consideradas (parámetros comunitarios) no muestran ninguna diferencia ni algún patrón (Tabla 17, Fig. 137).

Tabla 17. Análisis de componentes principales.

Componentes principales	Eigenvalue	% variance
1	3,076	61,526
2	1,466	29,311
3	0,337	6,749
4	0,116	2,310
5	0,005	0,104

Fuente: Elaboración propia.

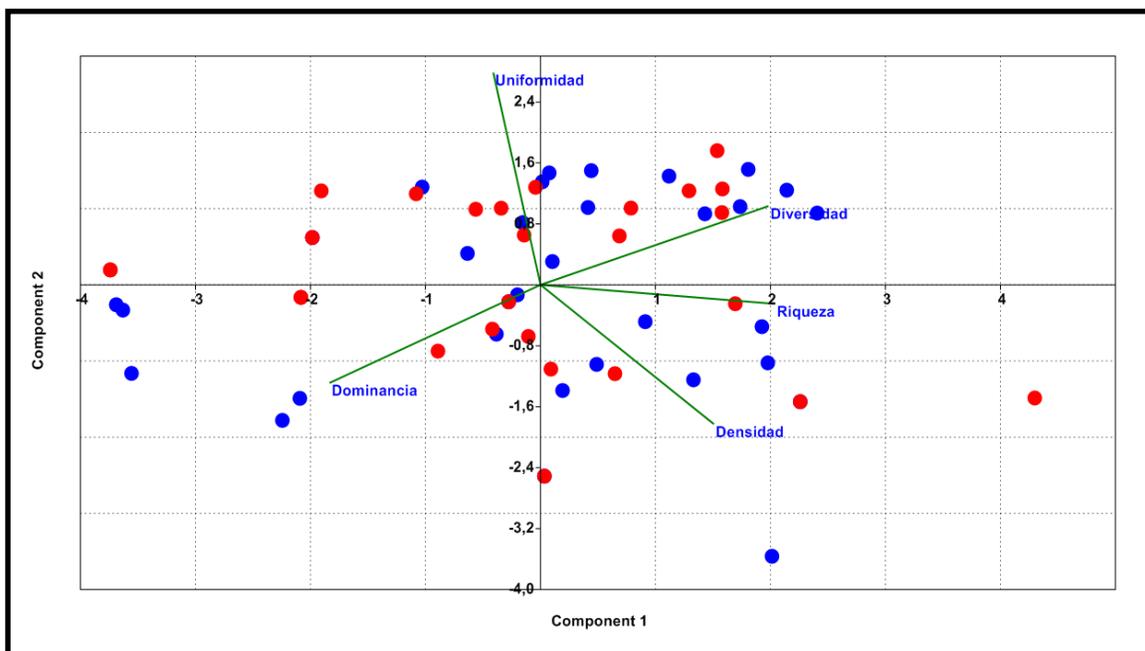


Figura 136. Análisis de componentes principales (con biplot)

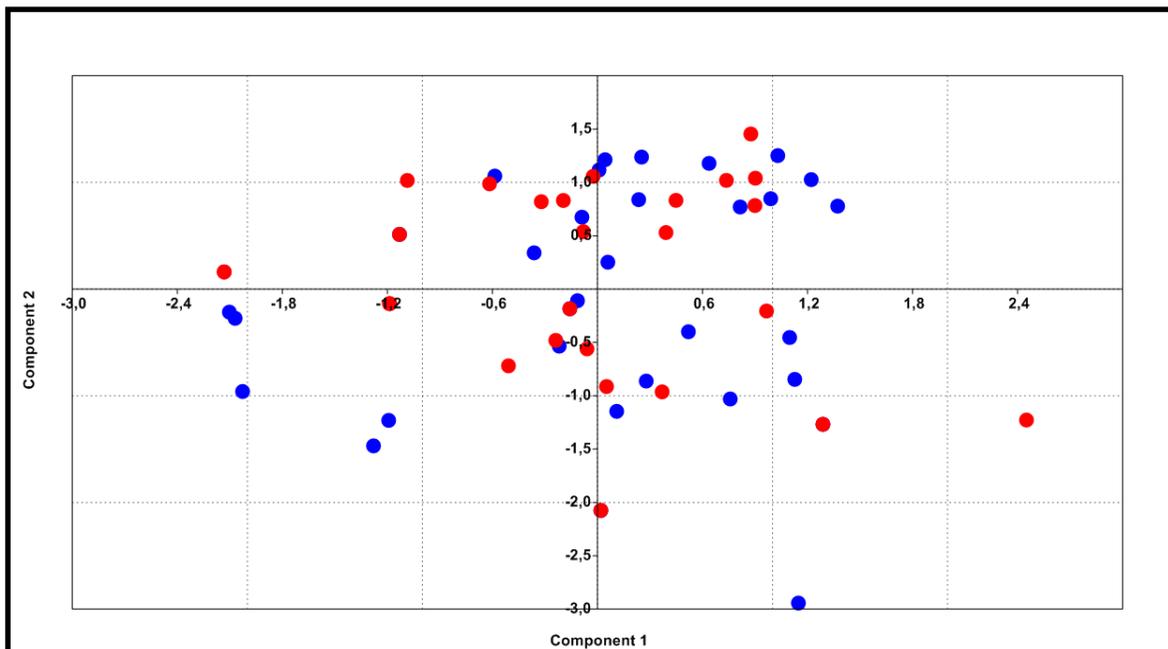


Figura 137. Análisis de componentes principales (sin biplot)

Posteriormente se aplicó una prueba no paramétrica para corroborar la ausencia de patrones entre sitios con presencia/ausencia y parámetros comunitarios. Se realizó una comparación de las medianas para cada variable (Test U-Mann Whitney), y en todos los casos la probabilidad fue no significativa ($p > 0,05$), por lo que no existen diferencias entre los parámetros comunitarios.

Tabla 18. Análisis de medianas.

Parámetro	Probabilidad	Significancia $p < 0,05$
Abundancia	$p = 0,3228$	NS
Riqueza	$p = 0,4871$	NS
Diversidad	$p = 0,6237$	NS
Dominancia	$p = 0,6991$	NS

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 19. Parámetros comunitarios de zoobentos en ríos con ausencias.

Cuenca	Subcuenca	Estación	R	Abun. ind./m ²	(J')	(H') (log2)	(D') (Lambda)	P/A
Cuencas e Islas entre R. Bueno y R. Puelo	Costeras entre río Petrohue y río Puelo	Chaica - R1	6	81	0,936	2,419	0,210	
		Chaica - R2	1	9	-	0,000	1,000	
		Chaica - R3	2	63	0,592	0,592	0,755	
Río Puelo	Río Puelo Alto	Mapocho - R1	5	81	0,946	2,197	0,235	
		Mapocho - R2	3	45	0,960	1,522	0,360	
		Mapocho - R3	5	72	0,861	2,000	0,313	

SBP 0010

Arch: Informe Final Proyecto FIP N° 2014-58.doc
Noviembre 2015

Cuenca	Subcuenca	Estación	R	Abun. ind./m ²	(J')	(H') (log2)	(D') (Lambda)	P/A
Cuencas e Islas entre R. Bueno y R. Puelo	Río Petrohue	Hueñu A - R1	9	171	0,868	2,753	0,197	
		Hueñu A - R2	5	72	0,928	2,156	0,250	
		Hueñu A - R3	6	117	0,885	2,288	0,243	
Cuencas e Islas entre R. Bueno y R. Puelo	Río Petrohue	Hueñu B - R1	5	153	0,767	1,780	0,391	
		Hueñu B - R2	7	324	0,749	2,104	0,299	
		Hueñu B - R3	4	243	0,738	1,476	0,413	
Río Puelo	Río Puelo Alto	Negro - R1	2	27	0,918	0,918	0,556	
		Negro - R2	1	9	-	0,000	1,000	
		Negro - R3	1	36	-	0,000	1,000	
Cuencas e Islas entre R. Bueno y R. Puelo	Costeras entre río Chamiza y río Petrohue	Rollizo - R1	7	297	0,501	1,405	0,585	
		Rollizo - R2	12	495	0,660	2,366	0,344	
		Rollizo - R3	5	135	0,749	1,738	0,404	
Cuencas e Islas entre R. Bueno y R. Puelo	Costeras entre río Petrohue y río Puelo	Del Este - R1	2	108	0,650	0,650	0,722	
		Del Este - R2	8	108	0,917	2,752	0,181	
		Del Este - R3	6	99	0,793	2,049	0,339	
Río Itata	Itata Medio	Cato - R1	7	558	0,734	2,061	0,333	
		Cato - R2	11	198	0,905	3,131	0,141	
		Cato - R3	12	234	0,874	3,134	0,145	
Río Itata	Ñuble Alto	Ñuble 1 - R1	9	261	0,909	2,883	0,165	
		Ñuble 1 - R2	9	477	0,775	2,456	0,225	
		Ñuble 1 - R3	10	144	0,927	3,078	0,141	
Río Itata	Ñuble Bajo	Ñuble 2 - R1	4	81	0,829	1,658	0,383	
		Ñuble 2 - R2	6	351	0,699	1,805	0,381	
		Ñuble 2 - R3	6	297	0,641	1,658	0,447	
Río Imperial	Río Lumaco	Quino B - R1	10	810	0,520	1,727	0,494	
		Quino B - R2	9	558	0,746	2,366	0,269	
		Quino B - R3	5	126	0,701	1,627	0,449	
Promedio			6,1	207,3	0,8	1,8	0,4	

SBP 0010

Arch: Informe Final Proyecto FIP N° 2014-58.doc
Noviembre 2015

Cuenca	Subcuenca	Estación	R	Abun. ind./m ²	(J')	(H') (log2)	(D') (Lambda)	P/A
Desvest			3,2	189,7	0,1	0,9	0,2	
CV %			52	91,5	16,4	47,1	60,4	

Fuente: Elaboración propia. Se indica R: riqueza; Abundancia; Equidad (J); Diversidad (H); Dominancia (D).

Tabla 20. Parámetros comunitarios de zoobentos en ríos con presencias.

Cuenca	Subcuenca	Estación	R	Abund. (ind./m ²)	(J')	(H') (log2)	(D') (Lambda)	P/A, B	P/A, F
Río Puelo	Río Manso	Frío - R1	7	297	0,501	1,405	0,585	Red	Green
		Frío - R2	12	495	0,660	2,366	0,344		
		Frío - R3	5	135	0,749	1,738	0,404		
Río Puelo	Río Puelo Alto	Puelo B - R1	4	117	0,676	1,352	0,515	Red	Red
		Puelo B - R2	5	90	0,845	1,961	0,320		
		Puelo B - R3	4	54	0,896	1,792	0,333		
Río Puelo	Río Puelo Alto	Puelo C - R1	0	0	0	0	0	Red	Red
		Puelo C - R2	5	63	0,917	2,128	0,265		
		Puelo C - R3	2	27	0,918	0,918	0,556		
Río Puelo	Río Puelo Alto	Puelo D - R1	2	36	0,811	0,811	0,625	Red	Red
		Puelo D - R2	2	36	0,811	0,811	0,625		
		Puelo D - R3	3	36	0,946	1,500	0,375		
Río Puelo	Río Puelo Bajo	Puelo A - R1	2	18	1,000	1,000	0,500	Red	Green
		Puelo A - R2	1	18	-	0	1,000		
		Puelo A - R3	1	18	-	0	1,000		
Río Biobío	Río Biobío Alto (hasta después)	Biobío F - R1	8	180	0,914	2,741	0,170	Red	Red
		Biobío F - R2	15	891	0,774	3,025	0,165		

SBP 0010

Arch: Informe Final Proyecto FIP N° 2014-58.doc

Noviembre 2015

Cuenca	Subcuenca	Estación	R	Abund. (ind./m ²)	(J')	(H') (log2)	(D') (Lam bda)	P/A, B	P/A, F
	junta río Lamin)	Biobío F - R3	10	306	0,760	2,525	0,266		
Río Biobío	Rio Biobío Alto (hasta después junta río Lamin)	Biobío D - R1	4	126	0,921	1,842	0,306		
		Biobío D - R2	7	135	0,879	2,466	0,218		
		Biobío D - R3	7	324	0,668	1,874	0,390		
Río Biobío	Rio Biobío Alto (hasta después junta río Lamin)	Biobío C - R1	5	207	0,704	1,635	0,384		
		Biobío C - R2	7	144	0,837	2,350	0,258		
		Biobío C - R3	6	225	0,650	1,679	0,424		
Río Biobío	Rio Biobío entre Duqueco y río Vergara	Estero Calbuco - R1	9	216	0,884	2,804	0,181		
		Estero Calbuco - R2	9	180	0,910	2,884	0,155		
		Estero Calbuco - R3	9	117	0,955	3,027	0,136		
Promedio			5,6	166,3	0,8	1,7	0,4		
Desvest			3,6	186,5	0,1	0,9	0,2		
CV%			65	112,1	15,2	52,3	56,5		

Fuente: Elaboración propia. Se indica R: riqueza; Abundancia; Equidad (J); Diversidad (H); Dominancia (D); P: presencia color rojo; A: ausencia color verde. B: Bentos; F: Fitoplancton

5.7 Objetivo 5. Evaluar y proponer medidas específicas al programa de control, seguimiento y fiscalización que actualmente se aplica y estimar el costo de su implementación por cuenca o por región.

Didymosphenia geminata ha resultado estar en expansión en diversos ecosistemas acuáticos del país, desde su primer registro como plaga el año 2010 en el río Futaleufú, cuenca Yelcho a la fecha cuatro años después se distribuye a partir de la cuenca Bío Bío en el río Renaico por el norte hasta la sub cuenca Afluentes río Grande y cuencas cerradas, región de Magallanes por el Sur (RES. Ex. 659, 10/03/2015). SUBPESCA y SERNAPESCA han efectuado diversos estudios para conocer su distribución, se ha implementado el Programa de Vigilancia, Detección y Control tendiente a controlar y/o contener su dispersión.

Sin embargo, los esfuerzos no han sido suficientes para contener su dispersión, por lo que es necesario evaluar el Programa, identificar qué tan efectivas son las medidas de control de esta plaga, de tal manera de realizar aportes tendientes a la mejora de este Programa.

En diversos países se registra Didymo, sin embargo no en todos se dispone de un PVDC, tal es el ejemplo en Canadá, Islandia, entre otros, dado que no se considera como un problema ni para los pescadores ni para el gobierno (com.pers. M. Bothwell).

5.7.1 Programa de vigilancia, detección y control de la plaga Didymo.

La Ley General de Pesca y Acuicultura (LGPA) en su artículo N°86 y el D.S.N° 345/2005 (Reglamento sobre Plagas Hidrobiológicas) establece que SERNAPESCA debe tomar las medidas para evitar la dispersión de plagas que afecten los recursos hidrobiológicos.

Actualmente rige el Programa de Vigilancia, Detección y Control de la plaga *Didymosphenia geminata* RES.Ex.1070/2014, cuyo objetivo es "disminuir la probabilidad de dispersión de la microalga *Didymosphenia geminata* en cuencas del territorio nacional a través del establecimiento de medidas de vigilancia, detección y

control, a fin de proteger áreas de alto valor ambiental y turístico, que son aprovechadas para actividades de pesca recreativa y deportes acuáticos”.

De acuerdo a este PVDC, se realiza una vigilancia activa y pasiva. Se establecen medidas de control mediante medidas de desinfección a nivel de pre-frontera; frontera (controles fronterizo; carreteros y difusión. Estas se llevan a cabo principalmente durante las temporadas primavera-verano. En el caso del plan de difusión, éste consiste en la entrega de trípticos, instalación de pendones y letreros carreteros, así como mensajes radiales.

A continuación se entregan más detalles respecto a cada componente del programa (vigilancia, control, difusión), así como algunos de los resultados de la evaluación a nivel regional, realizada sobre la base de encuestas respondidas por los encargados del programa en cada región.

5.7.1.1 Vigilancia y detección

El aspecto de vigilancia y detección del programa tiene por finalidad la actualización de información de distribución geográfica del *Didymo*, por medio de:

- Vigilancia activa: mediante monitoreos programados de SERNAPESCA y/o SUBPESCA.
- Vigilancia pasiva: denuncias ciudadanas; equipos de investigación y vigilancia en el marco del Sistema de Evaluación Ambiental.

Se han realizado muestreos periódicos para el seguimiento de la cobertura y dispersión de la plaga en distintas cuencas de la zona centro-sur de Chile y de prospección en cuerpos de agua susceptibles de ser invadidos por *Didymo*. Actualmente se implementa el PVDC en 6 regiones que involucran diversas cuencas hidrográficas a partir de las regiones del Biobío a Magallanes.

Los medios de verificación de hallazgos de plaga siguen los siguientes pasos:

- Reporte de sospecha de la presencia de *Didymo*.

- SERNAPESCA Regional registra la denuncia, realiza el muestreo en terreno y envía las muestras a análisis.
- Si el resultado del análisis es negativo, el laboratorio informa al Servicio, este informa a SUBPESCA, se informa el resultado al denunciante. Si el resultado es positivo, SERNAPESCA confirma la presencia de Didymo al denunciante, a SUBPESCA y Servicio.

Una vez que SUBPESCA declara un área plaga o en riesgo se procede a sectorizar para implementar medidas de vigilancia y control.

5.7.1.2 Control

El componente de control del Programa, tiene por finalidad disminuir el riesgo de dispersión y de ingreso al país del alga por medio de fómites. Los elementos de control son:

- Controles de desinfección: establecimiento de polígonos de contención, con controles de desinfección en puestos fronterizos, caminos de conexión hacia zonas de uso intensivo de pesca recreativa y canotaje.
- Campeonatos de pesca recreativa y canotaje (desinfección).
- Organizadores de expediciones de pesca recreativa y canotaje (capacitación y aplicación protocolo de limpieza y desinfección).
- Pisciculturas en áreas de plaga, complementar sus programas sanitarios con el protocolo de Limpieza y desinfección Didymo.
- Pesca de investigación: informar a SERNAPESCA y cumplir normas de bioseguridad del PVDC.

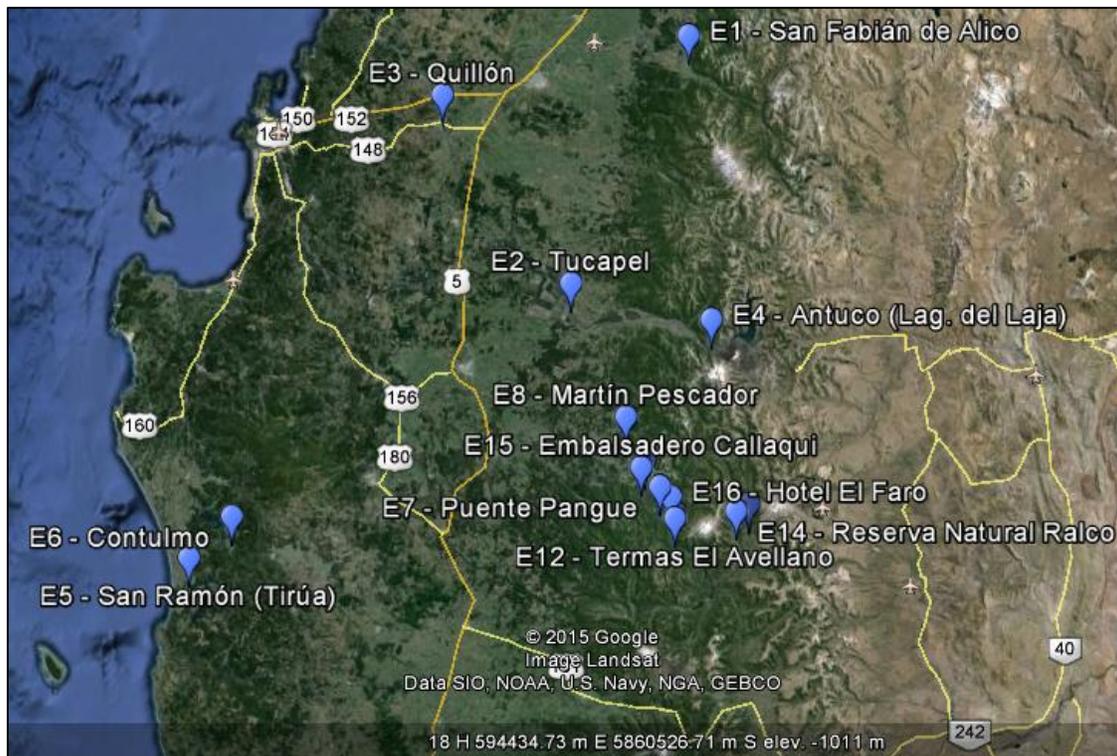
Los principales criterios para la instalación de las estaciones son: la información contenida en los muestreos previos, el objetivo de resguardar el patrimonio ambiental existente en el SNASPE, la coordinación con los municipios y la habilitación de estaciones móviles para la desinfección en actividades masivas.

Para ello se contemplan las siguientes acciones:

- Habilitación de estaciones de desinfección en las áreas de plaga, parques nacionales (CONAF) y cuerpos de agua de uso intensivo para la pesca recreativa.
- Declaración de las personas que ingresan al territorio nacional por los pasos fronterizos, con el fin de verificar la tenencia de aparejos e implementos de pesca recreativa, los cuales en caso de que representen peligro de ingreso de *D. geminata*, deben ser sometidos a desinfección de manera inmediata.
- Información de la presencia de Didymo en el territorio nacional a extranjeros en la zona de ingreso al país, esto en coordinación con el SAG (principalmente en el Aeropuerto Internacional Arturo Merino Benítez, en la Región Metropolitana).
- Controles carreteros en zonas estratégicas aledañas a zonas con la presencia de Didymo e interregionales.

A continuación se presentan algunos ejemplos de las medidas implementadas en las campañas del Programa de Control realizadas entre los años 2013 y 2014 para las regiones del Biobío y de la Araucanía.

En el caso de la Región del Biobío, el programa de control se basó en la instalación de 16 unidades de desinfección, cuya ubicación se puede ver en la siguiente figura 138.



Fuente: Elaboración propia en base a información proporcionada por SERNAPESCA.

Figura 138. Estaciones de desinfección en la Región del Biobío.

Además, se realizó la inspección visual sin toma de muestras para detectar la presencia macroscópica de la plaga, observando ausencia de *Didymo* en todos los puntos que se muestran en la siguiente figura 139.



Fuente: Elaboración propia en base a información proporcionada por SERNAPESCA

Figura 139. Inspección visual sin muestreo en la Región del Biobío.



Fuente: Elaboración propia en base a información proporcionada por SERNAPESCA.

Figura 140. Control de pasos fronterizos en la Región de la Araucanía.

En el caso de la Región de la Araucanía, los puntos establecidos como estratégicos y asociados a las áreas declaradas con plaga son las que se ven en la siguiente imagen. La ocupación de los sectores estuvo condicionada a una serie de factores que se debieron sortear a medida que avanzó la temporada, obligando a redefinir la estrategia de instalación y permanencia del equipo en reiteradas ocasiones.

Por otra parte, el Programa de Control se basó en la instalación de 6 Estaciones de desinfección en áreas SNASPE, las cuales fueron utilizadas por funcionarios de Servicio o eventualmente para que los usuarios la utilicen por sí mismos. Las estaciones instaladas se pueden apreciar en la siguiente figura 141.



Fuente: Elaboración propia en base a información proporcionada por SERNAPESCA.

Figura 141. Control de zonas prioritarias en la Región de la Araucanía.

Efectividad de las Medidas de Control

Se realizaron encuestas a los encargados de la implementación del programa en las regiones del Biobío, de Araucanía, de los Ríos, de los Lagos, de Aysén y de Magallanes, además de funcionarios de la Región Metropolitana que han participado en

el programa, con la finalidad de medir la efectividad de las medidas de control establecidas en sus respectivas regiones.

Los resultados de dichas encuestas se pueden observar a continuación.

La percepción de los funcionarios encuestados respecto a la efectividad de las medidas de control puede observar en las siguientes gráficas (Fig. 142), en donde las regiones en general evaluaron el control carretero como Poco Efectivo y/o sin opinión, mientras que el control en eventos como Muy Efectivo a Efectivo.

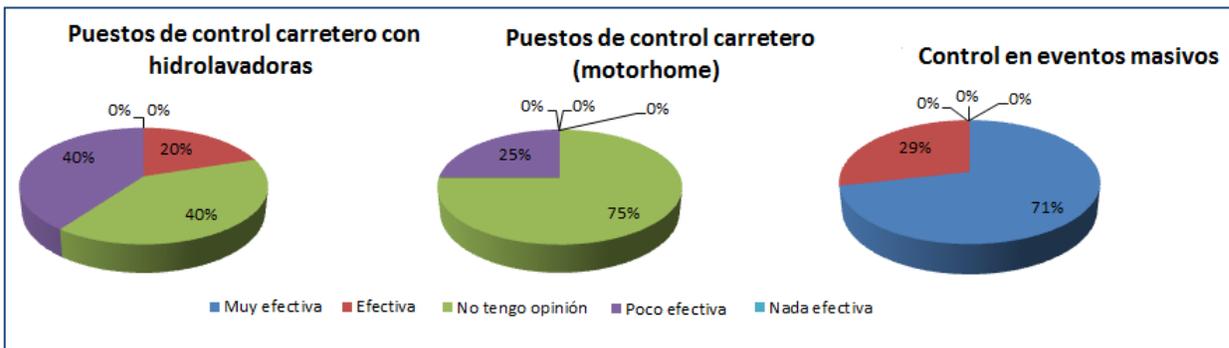


Figura 142. Control carretero y en eventos masivos.

Respecto a la efectividad de las medidas de control en fronteras, se puede observar que en general se evaluó como Muy Efectivo y Efectivo, mientras que los controles a pescadores recreativos se evalúan de manera variada entre las opciones posibles, sin una tendencia definida (Fig.143).

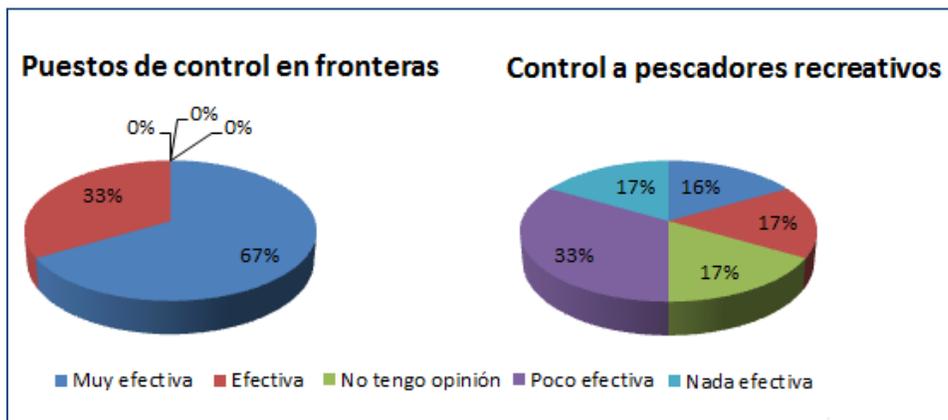


Figura 143. Control en fronteras y a pescadores recreativos.

Además, se pudieron recoger observaciones respecto al programa de controles emanados desde los mismos encargados a nivel regional, las cuales se listan a continuación. Esto permite identificar las individualidades de cada región en función de cómo funciona realmente el Programa de Control.

- “Los puestos de control carretero (motorhome) no son utilizados en la región” (de Los Ríos).
- “El control a pescadores recreativos en embarcaciones no es utilizado en la región” (de Los Ríos).
- “En relación a los puestos de control carretero con hidrolavadora, resulta práctico el uso de otros medios, como las bombas de espalda o pulverizadores, los cuales son más fáciles de manipular y transportar” (Aysén).
- “Los puestos de desinfección de aparejos a orilla del río no son efectivas si no hay funcionarios fiscalizando su uso” (Metropolitana).
- “No se cuenta con equipo hidrolavadora en la región, ni tampoco motorhome” (Biobío).
- “En la región no se realizaron las acciones de como Puestos de control carretero con hidrolavadoras ni motorhome” (Araucanía).
- El control a pescadores recreativos en embarcaciones sólo es efectiva su se encuentra realizando la actividad en una zona libre (Biobío).
- “Sería importante que el Servicio establezca convenios de cooperación con los demás servicios presentes en dichos lugares, como por ejemplo el SAG, quienes debido a sus competencias en el control de plagas, podrían prestar apoyo en la desinfección en momento que los funcionarios del Servicio no estén presentes, sobre todo en regiones como ésta, donde existen por lo menos cuatro controles fronterizos con personal de dicho servicio” (Aysén).

5.7.1.3 Difusión

El componente de difusión del programa forma parte integral de las medidas de control adoptadas para evitar la dispersión del Didymo en las cuencas del país. Para ello, se trabaja de forma distinta en las temporadas de invierno y de primavera-verano. En el caso de la temporada invernal, se trabaja principalmente en los medios

de comunicación, con los servicios públicos involucrados y con las comunidades estudiantiles, mientras que en la temporada primavera-verano, se trabaja principalmente con la instalación de pendones informativos, letreros carreteros y mensajes radiales enfocados a la población flotante (turistas) que llegan a las regiones.

Los principales objetivos del Plan de difusión son:

- Informar y concientizar a los segmentos de riesgo respecto a su responsabilidad en lograr contener la plaga y los procedimientos de desinfección existentes, para evitar la dispersión a otros cuerpos de agua (trabajo principalmente con pescadores deportivos y kayakistas, empresarios, operarios del sector turístico y turistas).
- Informar y concientizar a las comunidades locales sobre el Didymo, sus características y mecanismos disponibles para reportar la aparición de nuevos focos de plaga.

Efectividad de las Medidas de Difusión

En base a las encuestas realizadas, se buscó medir la percepción respecto a la efectividad de las medidas de difusión establecidas en sus respectivas regiones. Los resultados de dichas encuestas se pueden observar a continuación.

Respecto a la efectividad de las medidas de difusión en medios de comunicación, se puede observar en las siguientes gráficas (Fig.144) que las regiones evaluaron la difusión en medios como Efectiva a Muy Efectiva, destacando mayormente la difusión radial.

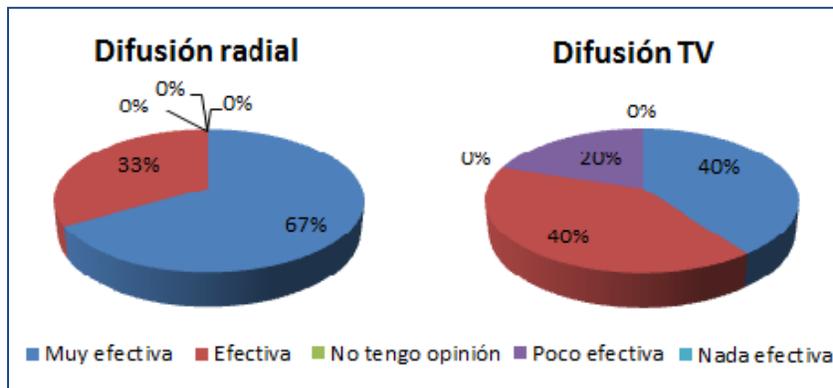


Figura 144. Difusión en medios de comunicación.

En cuanto a la difusión en otras instancias, se puede observar en las siguientes gráficas (Fig.145), en donde las regiones evaluaron la difusión como Efectiva a Muy Efectiva, y algunos casos sin opinión.



Figura 145. Difusión en otras instancias.

Además, se pudieron recoger observaciones respecto al programa de difusiones emanadas desde los mismos encargados a nivel regional, las cuales se listan a continuación. Esto permite identificar las individualidades de cada región en función de cómo funciona realmente el Programa de Control.

- “La difusión en carrera (letreros y pendones) es muy efectiva cuando se trata de letreros grandes en carretera” (Metropolitana).
- “La difusión en aeropuertos (letreros y pendones) es efectiva sólo si hay una persona entregando información adicional” (Metropolitana).
- “La difusión en TV es muy efectiva dependiendo del spot” (de Los Ríos).

- La difusión en carrera (letreros y pendones) es muy efectiva si son gigantografías” (de Los Ríos).
- “En la región no hay letreros en carreteras, ni tampoco en aeropuertos” (Biobío).

Finalmente, en base a la información levantada se concluye que las acciones mejor evaluadas corresponden a las de difusión, la cual se realiza por diversos medios y tiene la llegada esperada al público objetivo. Sin embargo, los resultados de las medidas de control varían mucho entre una región y otra, lo que podría además de aminorar su efectividad, no cumplir con el objetivo de evitar la propagación de la plaga hacia otros lugares, ya que los esfuerzos realizados en una región en particular podrían verse reducidos al mínimo si es que la región vecina no aplicase las mismas medidas.

Las actividades turísticas de pesca recreativa ha sido reconocidas como uno de las actividades antrópicas que podría ser una de las causas de la dispersión del alga, reconocido en países como Nueva Zelanda (Kilroy & Unwin, 2011; Branson, 2006) y también para Chile (Poch, 2012).

Desde la perspectiva científica, se han realizado estudios ecológicos relacionados con floraciones (blooms) de *Didymo* y su influencia sobre comunidades de peces, los cuales han arrojado diversas conclusiones:

Ejemplos:

- En Colorado (Estados Unidos), se marcaron y recapturaron individuos, evidenciando una reducción en las tasas de crecimiento de la trucha de arroyo asociadas a floraciones de *Didymo*. En el mismo estudio se concluye que las floraciones de *Didymo* promueven a los gusanos “*Turbifex*”, únicos huéspedes de la “enfermedad del torneo”, duplicando la prevalencia de dicha enfermedad en las Truchas antes mencionadas.
- En Dakota del Sur (Estados Unidos), las floraciones de *Didymo* no afectaron la productividad de la Trucha (marrón), ni tampoco sus hábitos de alimentación (cabe destacar que las floraciones fueron de menor magnitud).

- En Nueva Zelanda, el Didymo no alteró a las comunidades de invertebrados de manera suficientemente negativa como para alterar el crecimiento de la Trucha marrón.
- En Quebec (Canadá) las floraciones de Didymo impactaron en el comportamiento de forrajeo de Salmón del Atlántico.
- En Vancouver (Canadá) se realizó una evaluación retrospectiva que indicó que no hubo efecto de las floraciones de Didymo en la Trucha arcoíris durante la década de los noventa. Así mismo, no hay un efecto consistente entre el Didymo y la disminución de Salmón Coho o Salmón Rosado.
- Noruega: Algunos de los ríos más productivos en Salmón Atlántico y Trucha de Río, tienen extensos florecimientos de Didymo.
- Islandia: No se observó influencia en la productividad de peces en los ríos del país, por lo que el Didymo nunca se gestionó ya que no se considera como un problema ni para los pescadores ni para el gobierno.

De todos los casos revisados, Nueva Zelanda ha desplegado un PVDC con un fuerte despliegue de manejo e información pública. A pesar de la gran dispersión en la Isla del Sur, aún no se detecta el alga en la Isla del Norte lo cual podría demostrar que el programa ha sido muy efectivo (Bergey & Spaulding, 2015). Por otro lado es reconocido que los florecimientos son producidos por bajos niveles de fósforo disuelto (Bothwell & Kilroy, 2011), situación que no se da en la Isla del Norte (Botwell *et al.*, 2014), y por lo tanto esa sería la razón de la ausencia de Didymo y no la efectividad de las medidas de control, al realizar acciones para limitar la dispersión (Taylor & Boothwell, 2015).

Es difícil poder controlar la dispersión, se ha intentado mediante experimentos por tratamientos químicos, los cuales tendrían una incidencia temporal y no son medidas sustentables pues alteran la calidad de las aguas, por lo que los esfuerzos van en la dirección a medidas de sensibilización, difusión, bioseguridad, tales como:

- Difusión de información, creación de conciencia (para evitar la propagación hacia cuerpos de agua menos infectados), capacitación.

- Protección de sitios de conservación que tengan bajas concentraciones de fósforo (para evitar su incremento).

Analizando la realidad nacional, y considerando que el Didymo ya se encuentra presente en varias de las principales cuencas del país, es que se deben revisar las medidas para su control y/o contención.

5.7.1.4 Bioseguridad como alternativa

Marco Teórico

La bioseguridad es la disciplina que se encarga de la exclusión, erradicación o manejo efectivo de los riesgos de las pestes y enfermedades sobre la economía, el ambiente y la salud humana. Estas acciones implican específicamente a) manejo de la introducción de nuevas especies a una región dada.; b) mitigar sus impactos que tendrían si logran establecerse; c) regulación de introducciones intencionales y/o no-intencionales y c) manejo de las pestes a todos los niveles: gobiernos, la industria y la ciudadanía toda.

Una especie, potencialmente plaga o peste, debe superar diferentes barreras que definen que algunas especies pasen y otras no, que son:

a) La introducción, b) La aclimatación, c) La reproducción y d) La propagación.

Una vez superadas estas barreras, la especie puede (o no) transformarse en una plaga. Mientras más temprano en el proceso, operen las medidas de bioseguridad, mayor es la probabilidad de control y/o erradicación; mientras más tarde operen estas medidas, más difícil y costoso será la erradicación y, en muchos casos lo más factible es sólo manejar la plaga de modo de minimizar sus impactos negativos.

Así es posible concebir que las medidas de bioseguridad para especies invasoras plaga se pueden ordenar en un *continuum* (the biosecurity continuum). En la Figura 146, se observan diversas medidas, que son más viables según en la etapa que se detecte la plaga.

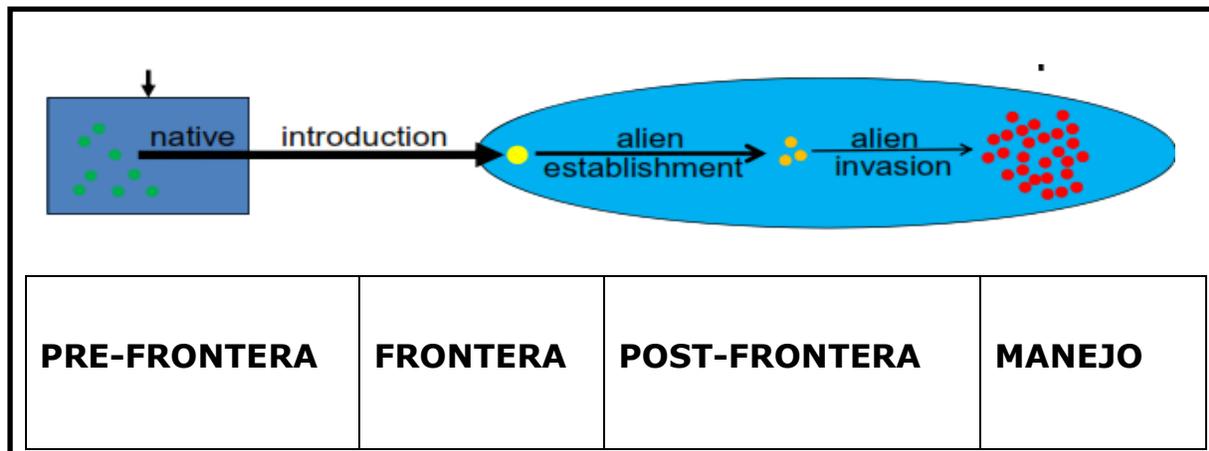


Figura 146. Esquema conceptual del "biosecurity continuum", (Hulme, 2014).

Se indican las fases de la invasión y las medidas de bioseguridad más efectivas dentro de cada fase (ver texto más abajo).

1) Medidas pre-frontera: se realiza cuando se quiere introducir una especie con fines económicos; se averigua el potencial de esta especie como plaga, se investigan análisis de riesgos realizados en otros países, certificaciones sanitarias que indiquen si esta especie se ha transformado en plaga en otras latitudes. Esas medidas funcionan para especies de introducción voluntaria solamente.

2) Medidas de frontera: Control estricto de la llegada de animales y plantas, realización de cuarentenas, análisis de riesgo, control exhaustivo **de los pasajeros**.

3) Medidas post-frontera: en esta fase la especie no ha podido ser controlada y se está estableciendo en forma natural en su nuevo rango. Las medidas de bioseguridad son cada vez más costosas y van sólo a la contención y control de las pocas poblaciones que se han establecido.

4) Medidas durante la invasión (o manejo): en esta fase la plaga está en franca fase de expansión geográfica, medidas de erradicación son poco viables a menos que haya un inversión económica muy grande. En esta fase se realiza monitoreo, estudio de la expansión, modelación espacial y evaluación de los impactos ecosistémicos, económicos o sanitarios.

Dentro de este continuum, la erradicación es probable solo en las primeras fases de invasión; después de estas fases el control y el manejo parecen ser en función de medidas de bioseguridad más viables.

5.6.1. Análisis de riesgo

Idealmente, es necesario disponer de un análisis de riesgo, evaluado en cada región invadida o bien uno que haya sido realizado en otras regiones. La evaluación del riesgo depende de dos factores: probabilidad que la invasión ocurra y magnitud del impacto que esta especie puede ejercer en el rango invadido. Así se genera un plano de fase que define zonas con diferente riesgo; ejemplo el riesgo máximo sería en aquella especie que tiene una alta probabilidad de ocurrir en el rango invadido y ejerce un impacto de alta intensidad en esa área (Figura 147).

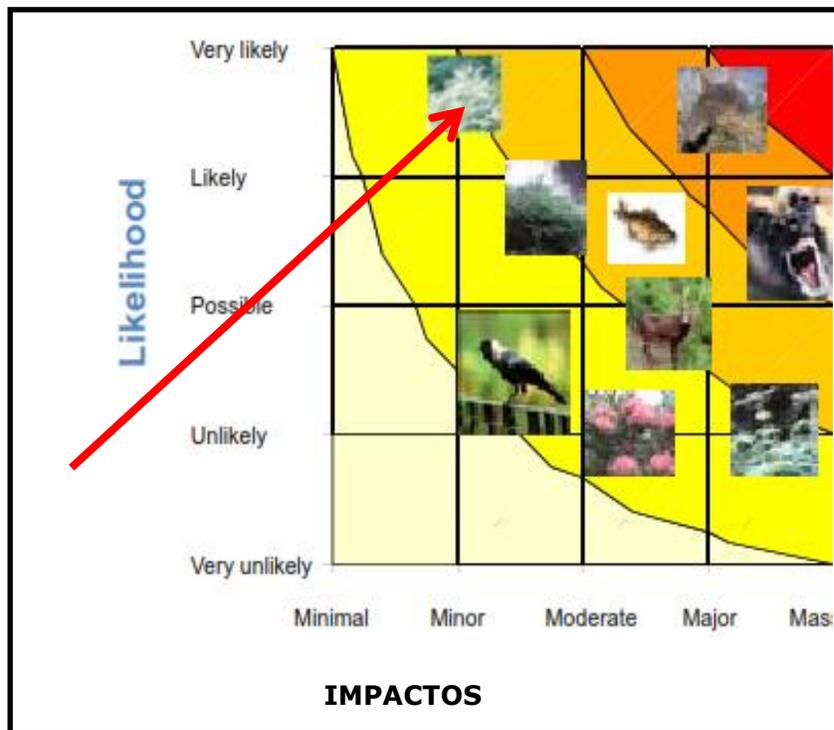


Figura 147. Probabilidad de ocurrencia y nivel de impacto, (Hulme, 2014).

Así, en función de estas dos variables, una especie puede ser de alto riesgo (color rojo) o bien caer dentro de una zona de bajo riesgo (amarillos). Si fuera posible realizar este análisis para un conjunto de especies invasoras (o potenciales plaga) y ubicarlas en este plano (Figura 147, es posible jerarquizar cuáles especies deberían ser objeto de medidas de bioseguridad.

El *Didymo* como especie invasora por su capacidad de colonizar y establecerse en una región más allá de sus rangos de distribución natural, previo a su expansión tiene un retardo temporal, es decir, tiene una fase de latencia antes de la evidente dispersión. Luego en su fase de expansión, a la forma visible cuando generalmente surgen los esfuerzos para controlarlo, es de difícil control, y más costoso (desde las acciones a desarrollar hasta las implicancias económicas). Por tanto, se debe identificar qué hacer antes que las especies invasoras estén en etapa de expansión.

En relación al *Didymo*, se entiende este concepto como un conjunto de medidas y disposiciones que permiten la exclusión, erradicación o manejo efectivo del riesgo de esta plaga sobre la economía y, ambiente, de manera continua, que implica:

- El manejo de la introducción de nuevas especies a una región dada.
- Mitigar los impactos que tendría si lograra establecerse.
- Regular las introducciones intencionales y/o no intencionales.
- Manejar las pestes por parte de los gobiernos, industrias u otros agentes.

Las especies que ameritan la mayor preocupación son aquellas que tienen una alta consecuencia sumada a una alta probabilidad de que invada o que ocurra.

En este sentido, resulta fundamental identificar en qué momento las medidas deben ser tomadas, con el fin de optimizar los recursos de la mejor manera. Existen tres instancias en las cuales se pueden tomar medidas:

- Pre-frontera
 - Análisis de riesgos de importación
 - Análisis de riesgo de plaga
 - Control de exportaciones
 - Tratamiento en alta mar
 - Inspección pre-exportación

- Certificación pre-exportación

- Frontera
 - Camino del análisis de riesgos
 - Tratamiento a la llegada
 - Inspección a la llegada
 - Cuarentena a la llegada
 - Proyección

- Post-frontera
 - Líneas directas de pestes y enfermedades
 - Detección post-cuarentena
 - Diagnóstico post-frontera
 - Gestión de las fronteras internas

- Vigilancia
 - Respuesta temprana
 - Manejo de plagas
 - Monitoreo y reporte
 - Modelo de propagación
 - Contención de especies
 - Control de especies
 - Manejo del ecosistema
 - Evaluación de impactos

5.7.1.5 Panel de expertos

A continuación se presenta el detalle de la actividad de Panel de Expertos, realizada durante el pasado mes de Junio, así como las principales conclusiones obtenidas de ésta. Cabe destacar la participación de distintos profesionales del mundo científico, público y privado, que actualmente trabajan en temáticas asociadas con plagas como el *Didymo*.

Descripción del Panel de Expertos

Se realizó un panel de expertos el día 23 de Junio de 2015, con el fin de discutir temáticas asociadas al Didymo, principalmente en lo que respecta a la posibilidad de manejar la plaga. En la primera parte del panel, se realizó mediante una videoconferencia la exposición del Dr. Max Bothwell (Pacific Biological Station-Environment Canadá), luego de ésta la exposición de los asistentes locales y finalmente, una mesa redonda para sintetizar las principales conclusiones de la jornada.

En el panel se abordaron las siguientes temáticas:

¿Se pueden gestionar los florecimientos masivos de *Didymosphenia geminata*?

La causa próxima de las floraciones de *D.geminata* es la baja concentración de fósforo disuelto.

Bases conceptuales para un programa de control de especies invasoras.

Programa de Vigilancia, Detección y Control de la plaga *Didymo* (SERNAPESCA) Res. Ex. 1070/2014.

A su vez, el panel estuvo compuesto por los siguientes profesionales, especialistas en Ecología, Ecología de las invasiones biológicas, Ecosistemas acuáticos, Gestión de plagas, Economía y otros:

Tabla 21. Participantes panel de expertos

Profesional	Institución
Vivian Montecino	Universidad de Chile
Ramiro Bustamante	Universidad de Chile-Instituto Ecología y Biodiversidad
Max Bothwell	Vancouver Island University, Canadá
Ricardo Sáez	Servicio Nacional de Pesca (SERNAPESCA)
Gonzalo Malhue	Servicio Nacional de Pesca (SERNAPESCA)
Ximena Molina	POCH Ambiental-Universidad de Chile
Rodrigo Morera	Poch Ambiental

Fuente: Elaboración propia.

Resultados del Panel de expertos

Una vez terminada la ronda de exposiciones, se procedió a sintetizar el trabajo realizado, lo cual se resume a continuación:

- Necesidad de destinar mayores recursos a esta plaga: cuando se ven las etapas de implementación de medidas de bioseguridad, se concuerda en que actualmente el país se encuentra en la etapa de "manejo de plagas" y que es donde se deben incorporar los esfuerzos en las medidas y sus acciones. Sin embargo, el programa está tomando medidas en frontera y pre-frontera, surgiendo la interrogante sobre si se debieran estar tomando medidas y poniendo esfuerzos en estos niveles o bien en otros, considerando que la plaga ya está presente a nivel nacional.
- Se sugiere generar un proyecto de Estado para evaluar el impacto real del *Didymo*, desde una perspectiva científica. Desde ahí evaluar si la especie produce impacto o no, considerando el aspecto ecológico y económico. Internacionalmente se ha evaluado impacto ecológico de *Didymo* en diversas publicaciones científicas, para Chile esto no se ha evaluado. Con mayor información se podrían establecer y seleccionar lugares con mayor valor ambiental, y con ello, reorganizar los esfuerzos en las medidas de manejo y continuar más focalizados para hacer más eficiente el programa.
- El rol de la educación para el manejo de plaga es importante. Enfocarlo en la ciudadanía, consultoras, ONG, etc. Se plantea la interrogante sobre cuántas consultoras aplican las medidas de bioseguridad cuando realizan los muestreos para distintos estudios, ya que perfectamente podrían existir otras especies invasoras que se estén trasladando por los mismos medios (como macrófitas), por lo que se deberían definir protocolos estándar y exigirlos según corresponda.
- Se destaca la importancia de la participación ciudadana en la ayuda a realizar observaciones en terreno, y confirmar o no los florecimientos. Muchas veces se denuncian episodios de plagas que no necesariamente corresponden a *Didymo*, pero que sirven para mejorar la información existente. El procedimiento indica que una vez que se recibe la denuncia de plaga, se debe constatar la existencia

de ésta por medio de una vigilancia activa realizada por funcionarios especializados.

- Respecto a las atribuciones de SERNAPESCA, y lugares de vigilancia se mencionaron los pasos transfronterizos. Sin embargo el servicio no tiene atribuciones sobre estos sectores, así es necesario establecer convenios con otros servicios que posean dichas atribuciones y generar un trabajo conjunto, sobre todo considerando que son los Gobiernos Provinciales quienes deciden la administración de los pasos fronterizos.
- Existen evidencias sobre la dificultad de trabajar con Argentina, principalmente debido al sistema de gobierno Federal que posee el país. Esto debido a que para realizar cualquier acción, se debe solicitar autorización a todos los Estados, lo cual implica una mayor cantidad de tiempo involucrado sólo para dar curso al aspecto administrativo.
- La presencia de Didymo no asegura la persistencia de éste, ya que pueden ser propágulos que llegan pero que no necesariamente persisten en el lugar. No se ha podido definir de manera concreta la distribución que sigue la plaga.
- Qué tan efectivo es enfocarse en Didymo como plaga: se coincide en que probablemente habría que considerar también otras plagas, tema que está cobrando cada vez mayor importancia. Hoy en día las especies invasoras son un tema preocupante a nivel internacional, y se debe tomar conciencia de la expansión de estas especies en nuestro país.

5.7.1.6 Propuesta de medidas

En base a los antecedentes expuestos, se puede señalar que no existe evidencia suficientemente contundente como para afirmar si hay impacto o no del Didymo en distintos niveles, por lo que las medidas que se adopten deben ser dirigidas correctamente en función de lo que se espera abordar.

Las medidas propuestas apuntaron principalmente a:

- Concentrar los esfuerzos a nivel intra-frontera.
- Establecer polígonos de aislamiento en zonas con alto valor ambiental.
- Potenciar las campañas de difusión en cada temporada.
- Aumentar la participación de los actores claves en los procesos de desinfección.

- Monitorear constantemente la efectividad del programa.

➤ **Esfuerzos Intra-frontera**

En primer lugar, y debido a que el Didymo ya ha sido declarado como “plaga” en distintas cuencas de la zona centro-sur del país, se debe tener claridad sobre la instancia en la cual se tomarán las medidas. Visto desde esta perspectiva, el hecho de que la plaga ya esté instalada implica que las medidas deben ser tomadas a nivel interno en el país, estableciendo líneas directas de acción en función de la plaga, desarrollando diagnósticos periódicos, gestionando las fronteras entre regiones, aumentando los planes de vigilancia y fomentando los episodios de respuesta temprana.

➤ **Establecimiento de polígonos de aislamiento**

Otra medida que adquiere gran relevancia, es la priorización de recursos por medio del establecimiento de polígonos en zonas con alto valor (de conservación, de interés económico y cultural) para ser aislados, en lugar de establecer polígonos de contención una vez que la plaga ya está instalada. Lo anterior permitiría generar una especie de bloqueo en dichos polígonos, evitando el ingreso de la plaga desde otros lugares y con ello, la infección de los cuerpos de agua asociados. La medida debe ir enfocada en evitar el ingreso de la plaga al polígono más que a evitar la propagación una vez que la plaga ya existe.

➤ **Énfasis en campañas de difusión**

En relación con lo anterior, la difusión resulta clave en cuanto al control de la plaga. Ello ya que permite obtener resultados inmediatos en función de la participación de la ciudadanía que recibe la información, y no sólo en cuanto a la disminución de los episodios de propagación por falta de información de las personas, sino porque se han obtenido externalidades positivas para ésta y otras plagas (habiendo episodios de denuncias que no corresponden a Didymo, pero que permiten actualizar la información disponible sobre otras plagas de las cuales no necesariamente se tenían antecedentes).

➤ **Participación de actores clave**

La instalación de puntos de desinfección en lugares inhóspitos resulta poco efectiva, ya que en general se produce el robo de los equipamientos. Es por ello que se

SBP 0010

Arch: Informe Final Proyecto FIP N° 2014-58.doc

Noviembre 2015

propone seguir el ejemplo llevado a cabo en la Región de los Lagos (en la Provincia de Llanquihue), en donde además de identificar a los líderes locales e incorporarlos como actores claves en el programa, se les entrega la posibilidad de que sean ellos quienes deciden dónde se colocan los puntos, al tiempo que se hacen cargo de dicha estación de desinfección, evitando con ello cualquier tipo de inconvenientes.

➤ **Monitoreo efectividad del programa**

Esta medida permite evaluar la efectividad del programa y sus distintas etapas de acuerdo a la realidad de cada región, obteniendo una retroalimentación que es de suma utilidad para el mejoramiento del programa año a año. La medida se evalúa en función de las respuestas obtenidas en las encuestas enviadas a cada región y respondidas por el encargado regional del programa. Sin embargo, requiere que los encargados de responder la encuesta sean profesionales realmente involucrados con el programa, que tengan claridad de cómo ha evolucionado éste en el tiempo, sepa cuáles son las medidas que han sido más o menos efectivas, y que puedan aportar con información que realmente pueda ser internalizada en el programa, para posteriormente ser aplicada a futuro.

5.7.2 Estimación de costos

A continuación se indican las metodologías para la estimación de los costos asociados a la implementación del Plan de Acción asociado al Programa de Verificación, Detección y Control del Didymo para la zona Centro-Sur de Chile.

5.7.2.1 Identificación de áreas de alto valor ambiental

El primer punto en el plan de acción es realizar un estudio para la identificación de las áreas con alto valor ambiental en cada región del centro-sur de Chile donde se aplica el programa (desde la región del Biobío hasta la Región de Magallanes), además de definir las zonas con presencia de Didymo y al mismo tiempo, los polígonos de aislamiento. Para ello, se asume que el estudio debiese contemplar al menos una revisión bibliográfica de los antecedentes disponibles para cada una de las cinco regiones, procesos de participación ciudadana y la elaboración de una propuesta para

cada región. Los costos de esta medida no pueden ser establecidos a priori, ya que variarán en función de la licitación que se publique.

5.7.2.2 Estimación de costos medios por unidad de control para cada acceso

El segundo punto en el Plan de Acción consiste en establecer polígonos de aislamiento en función de lo que recomiende el estudio señalado en el punto anterior. Si bien el costo de esta medida no se puede estimar de manera exacta (ya que dependerá de qué medidas se propongan y qué características tenga cada polígono) si se puede estimar un costo aproximado por cada punto de control en cada uno de los accesos viales a los polígonos establecidos, es decir, un costo unitario por punto de control.

La estimación de los costos para las unidades de control, se realizó en función de los datos recopilados en el "Presupuesto gastado en campaña vigilancia y control plaga *Didymo*" de SERNAPESCA, para los dos semestres del año 2013. En base a ello, se determinaron seis ítems a ser considerados para la estimación de los costos operacionales de un punto de control (honorarios, viático, arriendo de vehículo, combustible, detergente y aspersor).

En primer lugar, se realizaron los cálculos por región (para cada región en la que se aplica el programa) a partir de datos obtenidos del año 2013. Luego se obtuvieron los valores totales estimados para cada una de las regiones y posteriormente los promedios entre todas las regiones para obtener un costo estimativo para cada estación de control (entendiendo que este valor variará según cada realidad regional y sus condiciones particulares). Finalmente, dicho valor fue llevado a precio actual, considerando una inflación de un 5% anual.

Los ítems considerados fueron:

- Honorarios: sueldo mensual para un trabajador, sin considerar ningún viático asociado. En los casos en que se contaba con un solo valor para el año 2013, se utilizó dicho valor, en los casos donde había dos valores en el año (uno para el primer semestre y otro para el segundo semestre) se consideró un promedio entre ambos valores.

- Viático: gasto en alimentación de un día completo y alojamiento para treinta días por mes, estimados en \$40.000 diarios por funcionario. Este valor fue estimado en \$1.200.000 para todas las regiones por igual.
- Arriendo de vehículo: arriendo mensual de una camioneta 4x4 para efectos de movilización del funcionario a cargo del punto de control. En los casos en que se contaba con un solo valor para el año 2013, se utilizó dicho valor, en los casos donde había dos valores en el año (uno para el primer semestre y otro para el segundo semestre) se consideró un promedio entre ambos valores.
- Combustible: combustible utilizado durante un mes por el vehículo utilizado para las labores del funcionario a cargo del punto de control. En los casos que se contaba información para dos etapas del año el valor utilizado fue un promedio entre ambos, en los casos donde se contaba con un solo valor, se utilizó dicho valor.
- Detergente: principalmente a lava-lozas, el cual es empleado en las máquinas de limpieza para la desinfección de todos los artefactos de pesca, equipamientos y embarcaciones, entre otros. Para efectos prácticos, se calculó el valor en base a los datos obtenidos para la Región de Aysén porque era la que presentaba información más detallada. En este caso, se estimó en \$7.687 mensuales por cada punto de control, valor que para efectos prácticos, fue replicado en el resto de las regiones.
- Aspensor: equipamiento utilizado para la limpieza y desinfección de todos los artefactos de pesca, equipamientos y embarcaciones, entre otros. Para el año 2013, el valor del aspensor fue estimado en un costo de inversión de \$100.000. Se asume una vida útil del aspensor de un año, sin valor residual, obteniéndose un costo mensual aproximado de \$8.334.

Los valores utilizados para los cálculos se pueden ver a continuación (los valores que no fueron posibles de obtener se indican con la sigla s/i: sin información).

Tabla 22. Costos operacionales año 2013.

Ítem	2013						Promedios Año 2013
	VIII	IX	XIV	X	XI	XII	
Honorario	\$ 780.000	\$ 520.000	\$ 364.000	\$ 613.125	\$ 630.000	\$ 678.122	\$ 597.541
Viático	\$ 1.200.000	\$ 1.200.000	\$ 1.200.000	\$ 1.200.000	\$ 1.200.000	\$ 1.200.000	\$ 1.200.000
Arriendo Vehículo	\$ 869.652	\$ 869.652	s/i	s/i	\$ 786.605	\$ 1.249.500	\$ 943.852
Combustible	\$ 500.960	\$ 800.000	\$ 600.000	\$ 600.000	\$ 500.000	\$ 839.761	\$ 640.120
Detergente	\$ 7.687	\$ 7.687	\$ 7.687	\$ 7.687	\$ 7.687	\$ 7.687	\$ 7.687
Aspersor	\$ 8.334	\$ 8.334	\$ 8.334	\$ 8.334	\$ 8.334	\$ 8.334	\$ 8.334
Total	\$ 3.366.633	\$ 3.405.673	\$ 2.180.021	\$ 2.429.146	\$ 3.132.626	\$ 3.983.404	\$ 3.397.535

Fuente: Elaboración propia.

Una vez obtenidos los valores promedios para cada año por ítem, se obtuvo un promedio anual estimado para el costo de cada estación de control. Para el año 2013 se estimó un costo aproximado de \$3.397.535 cada una, mientras que dicho valor llevado a un valor actual, se estima en \$4.129.725 al año 2015.

5.7.2.3 Incremento en la inversión por concepto de difusión

El tercer punto en el Plan de Acción corresponde a un incremento en la inversión por concepto de difusión en cada región. Para ello, se estimó un costo promedio de la inversión en las campañas de difusión para cada región, como se puede ver a continuación.

Tabla 23. Inversión en difusión.

Difusión	VIII	IX	XIV	X	XI	XII	Promedio año
2013 (\$)	5.130.161	8.384.185	8.337.159	9.453.150	4.640.000	3.411.859	6.559.419

Fuente: Elaboración propia.

Como enfoque se definió considerar como *proxy* el número de turistas como el indicador de los requerimientos de inversión en difusión. Para ello, se estimó la inversión por turista en difusión (independiente si es nacional o extranjero).

Se calculó la cantidad de turistas nacionales y extranjeros (a partir del número de llegadas de pasajeros a establecimientos de alojamiento turístico) en cada región donde se aplicó el programa durante los años 2011, 2012 y 2013 (la información correspondiente al año 2014 aún no se encuentra disponible). Dicha información se puede ver a continuación.

Tabla 24. Llegadas de pasajeros (N°) a alojamientos turísticos, año 2011.

Criterio	2011					
	VIII	IX	XIV	X	XI	XII
N° llegadas de pasajeros extranjeros a establecimientos de alojamiento turístico	43.933	40.240	23.455	122.351	9.983	121.259
N° llegadas de pasajeros chilenos a establecimientos de alojamiento turístico	450.118	230.843	162.443	355.035	29.284	106.314
Total	494.051	271.083	185.898	477.386	39.267	227.573

Fuente: Elaboración propia, a partir de Informe Anual 2011 de Turismo (INE, 2011).

Tabla 25. Llegadas de pasajeros (N°) a alojamientos turísticos, año 2012.

2012						
Criterio	VIII	IX	XIV	X	XI	XII
N° llegadas de pasajeros extranjeros a establecimientos de alojamiento turístico	48.933	54.065	23.463	142.828	10.705	141.072
N° llegadas de pasajeros chilenos a establecimientos de alojamiento turístico	500.688	282.789	164.365	371.793	35.664	106.321
Total	549.621	336.854	187.828	514.621	46.369	247.393

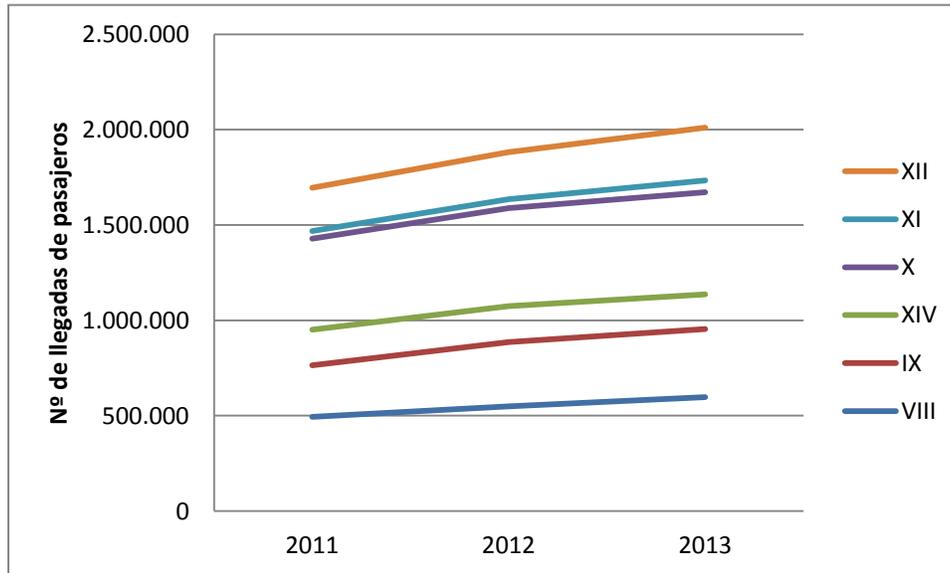
Fuente: Elaboración propia., a partir Informe Anual 2012 de Turismo (INE, 2012).

Tabla 26. Llegadas de pasajeros (N°) a alojamientos turísticos al año 2013.

2013						
Criterio	VIII	IX	XIV	X	XI	XII
N° llegadas de pasajeros extranjeros a establecimientos de alojamiento turístico	50.386	60.932	23.890	148.246	13.724	159.203
N° llegadas de pasajeros chilenos a establecimientos de alojamiento turístico	547.435	295.299	158.486	387.977	46.660	118.062
Total	597.821	356.231	182.376	536.223	60.384	277.265

Fuente: Elaboración propia, a partir Informe Anual 2013 de Turismo (INE, 2013).

El comportamiento del total de turistas (nacionales y extranjeros) que llegaron a establecimientos de alojamiento turístico se puede ver en la siguiente figura 161, observándose un aumento paulatino entre los años 2011 y 2013 para todas las regiones, según estadísticas de los Informes Anuales de Turismo.



Fuente: Elaboración propia, Informes Anuales Turismo (2011, 2012 y 2013).

Figura 148. Total llegada de turistas a establecimientos de alojamiento turístico por región en los años 2011, 2012 y 2013.

A partir de los datos disponibles se puede establecer que el total de llegadas de turistas aumentó en un 11,06% entre el año 2011 y el 2012 y un 7,53% entre el año 2012 y el 2013. Por tanto, para proyectar la variación de turistas entre el año 2013 y el 2014, se estima que ésta será equivalente al promedio entre las variaciones mencionadas anteriormente, es decir, se espera que entre el año 2013 y el 2014 habrá un aumento de un 9,29%. Las estimaciones realizadas se pueden ver a continuación.

Tabla 27. Inversión promedio por turista en difusión al año 2013.

	VIII	IX	XIV	X	XI	XII	Total
2011	494.051	271.083	185.898	477.386	39.267	227.573	1.695.258
2012	549.621	336.854	187.828	514.621	46.369	247.393	1.882.686
2013	597.821	356.231	182.376	536.223	60.384	277.265	2.010.300
2014	653.369	389.331	199.322	586.048	65.994	303.028	2.197.094

Fuente: Elaboración propia.

Asumiendo que el número de turistas el 2014 será un 9,29% más que el año 2013 (como se puede ver en el cuadro anterior), se propone establecer un aumento de un 20% por turista en campañas de difusión (conservador en el monto por turista, pero significativo en términos absolutos). Este monto se proyecta en la inversión en difusión para los años posteriores, proyecciones que se presentan a continuación.

Tabla 28. Inversión promedio por turista en difusión al año 2013.

Criterio	VIII	IX	XIV	X	XI	XII
N° llegadas de pasajeros (nacionales y extranjeros) a establecimientos de alojamiento turístico	597.821	356.231	182.376	536.223	60.384	277.265
Inversión en Difusión (en pesos chilenos)	5.130.161	8.384.185	8.337.159	9.453.150	4.640.000	3.411.859
Promedio inversión en difusión (pesos por turista)	9	24	46	18	77	12

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 29. Estimación de Inversión promedio por turista en difusión al año 2014.

Criterio	VIII	IX	XIV	X	XI	XII
N° llegadas de pasajeros (nacionales y extranjeros) a establecimientos de alojamiento turístico	653.369	389.331	199.322	586.048	65.994	303.028
Inversión en Difusión (en pesos chilenos)	6.728.211	10.995.864	10.934.197	12.397.826	6.085.297	4.474.660
Promedio inversión en difusión (pesos por turista)	10	28	55	21	92	15

Fuente: Elaboración propia.

Se puede observar que las regiones que invierten más en difusión en función de la cantidad de turistas son Aysén, Los Ríos y Araucanía, mientras que la menor inversión está dada por las regiones del Biobío y Magallanes.

Ya que las campañas de difusión han sido bien evaluadas dentro del programa, se espera que la inversión en este ítem siga aumentando cada año, con la finalidad de llegar a muchos más turistas y abarcar una mayor cantidad de sectores (hoteles, hosterías, camping, restaurantes, áreas SNASPE, entre otros), contribuyendo con ello a la contención de los polígonos ya infectados o bien, a mantener el aislamiento en aquellos polígonos aún libres de plaga.

Como se pudo apreciar, la llegada de turistas (entre turistas nacionales y extranjeros) presenta una tendencia hacia un aumento año a año, lo cual se relacionaría de manera directa con el aumento propuesto en el monto de inversión.

5.8 Realizar cursos de entrenamiento en medidas de bioseguridad e identificación de *D.geminata* orientados a técnicos que operan en laboratorios de análisis y en estudios de línea de base

5.8.1 Cursos de capacitación

Para el desarrollo de los cursos de capacitación en cinco regiones que comprende la Zona Centro-Sur Austral se elaboró material de difusión: afiche, invitación (ver Anexo X).

5.8.1.1 Programa

Se elaboró el programa en conjunto con la contraparte técnica SUBPESCA, como también con SERNAPESCA para considerar las necesidades del Servicio, la cual se expone a continuación.

Curso capacitación interactiva: "Conviviendo con Didymo"	
Equipo de Trabajo	
Coordinación	Dr. Ramiro Bustamante
	Dra. Ximena Molina
Ejecución	Prof. Vivian Montecino
Administración	Marta Cariceo
Equipo de Relatores	Dr. Ramiro Bustamante (U. de Chile-IEB)
	Prof. Vivian Montecino (U. de Chile)
	Dra. Ximena Molina (Poch S.A-U. de Chile)
	Mg. G. Amb. Daniela Guajardo (Unidad Gestión Sanitaria y Plagas, SUBPESCA)
Colaboradores	Dr. Max Bothwell (Pacific Biological Station-Environment, Canadá)
	Dr. Sunil Kumar (Oregon State University, USA)

Fuente: Elaboración propia.

Objetivo del curso

- Difundir el estado del arte de las Invasiones Biológicas.
- Conocer distribución actual de *D. geminata* en Chile, con énfasis en la zona Centro Sur Austral.
- Capacitar a los actores de interés en la identificación de *D. geminata* y medidas de bioseguridad.
- Sensibilizar en torno al valor ambiental de los ecosistemas acuáticos continentales.
- Conocer la normativa vigente aplicada en la gestión de plaga en Chile.

Contenido del curso

En la tabla 30 se describe el contenido programático del curso interactivo de un día de duración, con la modalidad teórico práctico.

Tabla 30. Contenido del programa de curso *Conviviendo con Didymo*.

Sesión	Horario	Tema	Relator
1	08:30-09:00	Inscripciones	Ximena Molina
2	09:00-09:10	Presentación del curso	Vivian Montecino
3	09:10-10:10	Invasiones biológicas	Ramiro Bustamante
4	10:10-11:10	Estado del Arte <i>D. geminata</i> : Zona Centro Sur Austral, Chile	Ximena Molina
5	11:30-12:00	Normativa Aplicada	Daniela Guajardo
6	12:00-13:00	Taller	Moderador Vivian Montecino
7	14:30-15:00	Muestreo <i>D. geminata</i> Video demostrativo. Medidas de bioseguridad	Ximena Molina
8	15:00-16:00	Identificación taxonómica	Vivian Montecino
9	16:15-16:45	Análisis de riesgo: conceptos y orientaciones	Ramiro Bustamante
10	16:45-17:45	Mesa Redonda	Moderador

Sesión	Horario	Tema	Relator
			Vivian Montecino
11	17:45-18:00	Evaluación Curso	Ximena Molina
	18:00	Cierre Curso	Vivian Montecino

Fuente: Elaboración propia.

El curso se efectuó en cinco localidades correspondientes a cinco regiones de la zona Centro Sur Austral.

Localidades de ejecución e Instituciones patrocinantes

Localidad	Institución
Concepción	U. de Concepción.
Temuco	U. Austral de Chile
Valdivia	U. Austral de Chile
Puerto Montt	U. Austral de Chile
Coyhaique	U. Austral de Chile

Fuente: Elaboración propia.

5.8.1.2 Talleres interactivos

Se desarrollaron dos actividades interactivas, un Taller de trabajo en grupo y una Mesa redonda con todos los integrantes de cada curso, con el fin de cumplir los siguientes objetivos:

Objetivos:

- Analizar y evaluar medidas de control y/o contención Didymo.
- Proponer acciones para aportar al manejo y Plan de Vigilancia Didymo.

A) Trabajo grupal

Se desarrolló un Taller conformado por grupos de trabajo, para discutir y consensuar en torno a cuatro preguntas formuladas respecto a Didymo. En la Tabla 31 se describe un resumen de las respuestas obtenidas a cada pregunta, agrupando las cinco regiones. Las respuestas por localidad (cada región) se exponen en el Anexo X.

Tabla 31. Resumen de respuestas consensuadas en trabajo taller.

Pregunta	Respuestas
Cuáles han sido las fuentes de conocimiento	<ul style="list-style-type: none"> • Difusiones: medios radiales, televisión, periódicos locales, trípticos, folletos; documental. • Información: SERNAPESCA (página web), Información Subpesca, Directemar, Municipio; Programa de pesca recreativa; Programas de Vigilancia; Permiso pesca recreativa; Pesca de investigación. • Publicaciones científicas. • Capacitaciones y por desarrollo laboral
Que sabe de las medidas de Control y manejo de Didymo actuales.	<ul style="list-style-type: none"> • Conocimiento científico: identificación especie • Conocimiento bioseguridad: desinfección fómites; pediluvios en zonas SNASPE y pasos transfronterizos; Procedimiento bioseguridad en muestreo Didymo; Campeonatos de pesca y Eventos costumbristas. • Educación: charlas, videos en colegios y Clubes deportivos, lodge. • Difusión de material: folletos. • Conocimiento de Resoluciones.
Proponga medidas de manejo de Didymo a llevarse a cabo local y nacional.	<ul style="list-style-type: none"> • Difusión: publicar resultados de monitoreo a nivel nacional y local; desplegar mapas de distribución, uso imágenes satelitales, mapear la capacidad invasora a nivel nacional y local. Crear base dato o plataforma para tener libre acceso; desplegar en medios de comunicación TV radio; Información: al renovar permiso pesca; Desplegar la aplicación de Smarphone "alerta didymo". • Comunicación: Usar medios atractivos, abanderarse con algún personaje famoso. Uso de imágenes directas y claras a través de COMICS; Uso de juegos material didáctico, Video. Carabineros. • Medidas de desinfección: recomendar uso de sustancias

Pregunta	Respuestas
	<p>biodegradables; uso de KIT de limpieza en aduanas y peajes y en venta de lugares de artículos de pesca; Fomentar uso de insumos de pescador desinfectados sin riesgo. Distribuir Kit en lugares donde se venden,</p> <ul style="list-style-type: none"> • Multas: infracción por no cumplir en zona roja; obligación bioseguridad de aparejos • Enfocarse en medidas preventivas: incorporar otras áreas, canales de regadío por trasvasije de agua; cuencas de la VI región al Norte; Prohibir ingreso fómites a Parques Nacionales, Fomentar mayores prospecciones para diagnóstico. • Fomentar estudios/investigación: Estudios I+D para usos alternativos de la plaga, uso tecnología para manejo; Difundir estudios económicos; licitación proyectos a nivel local; Uso biotecnología para la fisiología del alga y manejo Bloom. • Normativa: vincular bioseguridad con otras normativas; Incorporar en el Servicio de biodiversidad, una unidad destinada a especies invasoras; Generar una norma compensatoria para Salmonicultura que participen en difusión y se obtenga un certificado P+L; Incentivos para cuidado Sello verde Didymo. • Capacitación/Educación: Involucrar a municipios, operadores turísticos, pescadores; guarda parques; incorporar a toda la comunidad además de pesca recreativa; ONG, club pesca y caza; Incorporar en curso formal en carreras ambientales, diplomados, tesis, investigación. Educación ambiental en colegios, generar mayor conciencia; crear brigadas ambientales; conocer efectos de Didymo; crear conciencia de valores ambientales y sustentabilidad de los ecosistemas acuáticos; mejorar información del conocimiento sobre conciencia ambiental. Incorporar a

Pregunta	Respuestas
	<p>MINEDUC. Realizar talleres mejorando la transferencia para una mejor llegada.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Plan vigilancia: aumento fiscalizadores; incorporar a fiscalizadores ad honorem, colegios; Desarrollar un sensor simple o kit para el hallazgo de Didymo; Realizar control permanente todo el año mediante estaciones móviles y fijas (mayor concurrencia de público) y lugares de mayor Valor ambiental (Parques nacionales); Aumentar los recursos; mantención permanente en fronteras para fiscalizar aparejos.
<p>Qué criterios consideraría importantes para evaluar riesgos de una especie invasora, para el hombre y medio ambiente</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Gestión de plaga: Elaborar un compilado de lo que ya se ha contribuido para aportar a conocer los gastos y costos futuros; Cambio institucional de SERNAPESCA a Ministerio M Ambiente; Validación de criterios de porque es plaga. • Fomento estudios/investigación: <ul style="list-style-type: none"> ➤ Analizar efectos ecológicos (calidad de agua, biodiversidad, fauna íctica); estudio otras especies invasoras; consecuencias a especies nativas; estudio distribución potencial y uso modelación; biología de la especie; genética; toxicidad; enfoque hidrológicos e hidráulico; riesgo ambiental; biodiversidad; incorporar estudios de otras invasiones; Vulnerabilidad de los ecosistemas; servicios ecosistémicos; impactos socioeconómicos;; daño en fauna íctica; definición si es problema socio económico; análisis de percepción impacto en forma estacional y simulación a 10 a 15 años.

Fuente: Elaboración propia.

B) Mesa redonda

En la Tabla 32 se describe un resumen de los aportes a medidas de manejo Didymo propuestas en los cursos.

Tabla 32. Resumen aportes a Medidas de manejo Didymo.

Aspecto	Descripción de Aporte
Educación/ Capacitación	<p>Acciones dirigidas a una mayor Sensibilización:</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Sernapesca ha realizado campañas educativas, importantes de profundizar, continuar. La actividad turística es un buen vehículo para educar en bioseguridad. Considerar como indicador que en Parques Nacionales no hay Didymo. ➤ Crear programas con establecimientos educativos: Brigadas ambientales de pesca recreativa. <p>Incorporar tema en mallas curriculares en carreras ambientales, de salud. Existen espacios en carreras acreditadas</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Aunar esfuerzos en mayor despliegue, mayor participación ciudadana: lodge, involucrar empresa – servicios. ➤ Ir hacia un cambio cultural del cuidado del medio ambiente en torno a Invasiones biológicas, valoración del patrimonio ambiental de nuestros ecosistemas acuáticos, plantear el tema de forma transversal, problema de todos. INVOLUCRAR.
Estudios/ Investigación	<p>Fomentar estudios, se necesita fundamentar los criterios para el PVDC.</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Evaluar la efectividad, aplicabilidad del PVDC: objetivo, criterios, alcance (sitios prioritarios). Dada la situación de expansión, los esfuerzos deberían ir enfocados al manejo, todo el territorio es muy difícil de controlar, de manera que se pueden determinar zonas, priorizando con criterios de Ordenamiento territorial. Realizar estudio de vulnerabilidad de ecosistemas (criterio social,

Aspecto	Descripción de Aporte
	<p>económico, ecológico).</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Contribuir a evaluación del PVDC: efectividad a la fecha; definir si estamos ante una plaga, es un Problema; importancia de cuidar patrimonio ambiental; incorporar análisis social, económico y ambiental en forma balanceada; de conservación, rol Didymo en ecosistemas acuáticos, considerar percepción ciudadana en valoración ambiental. ➤ Evaluación de riesgo para la toma de decisiones. ➤ Analizar la información ya generada en estudios ya efectuados. Disponer, almacenar la información en una Plataforma de datos, etapa ya avanzada con la Elaboración y disposición de una Plataforma para la Región de Los Lagos (CORFO INNOVA de interés público, 2014). ➤ Realizar investigación aplicada: uso, beneficio.
Difusión/ Comunicación	<p>Mejorar Plan comunicacional:</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Uso medios locales: diario, TV, radio, spot para difusión ➤ Elaborar material con apoyo de personajes públicos, para potenciar la conciencia ambiental. ➤ Asociaciones: Crear asociaciones público-privada con iniciativas al cuidado de los ecosistemas acuáticos, y establecer acciones de difusión. ➤ Elaborar difusiones claras y no alarmistas, para no afectar actividades socioeconómicas. ➤ Difusión de resultados de estudios previos. ➤ Uso Plataforma de información para despliegue <i>on line</i>.
Plan Vigilancia detección y control, (PVDC)/ Bioseguridad.	<p>Considerar en control regional lo siguiente:</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Ampliar el número de actores involucrados no solo SERNAPESCA: público-privado: establecer colaboración sinergias con servicios involucrados, guías de pesca, brigadas ambientales, lodges, empresas turismo, etc.

Aspecto	Descripción de Aporte
	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Apoyar en la complejidad del control: cuidado de pediluvios, identificar responsables para ello. Es muy difícil por la dimensión espacial de la aplicación del control de desinfección. Es difícil verificar contagios, y bioseguridad a nivel de subcuencas. ➤ Mejorar relaciones entre INSTITUCIONES: SAG, Aduana, PDI, CONAF, Carabineros, Municipio. ➤ Aplicar bioseguridad verificada en otras instancias, ejemplos: ➤ Licitación de río para empresa Turismo, Concesión acuícola, SEIA en RCA, elaborar un plan de contingencia en Bioseguridad, seguimiento a Pesca de investigación; incorporar proyectos de árido como vector (caso de DOH, DGA). ➤ Evitar ingreso de fómites en sitios SNASPE ➤ Analizar si se requiere un PVA, con fundamentos. ➤ Conocer una evaluación económica del PVA ➤ Evaluar PVDC a la fecha desde su aplicación, la plaga se ha expandido, que tan efectivo ha sido su aplicación.
Multas	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Multa: son bajas. Considerar la dificultad de multar las fronteras son un tema delicado legalmente y es difícil por tema recurso ➤ Involucrar tribunales ambientales, Ministerio medio ambiente, Turismo.
Gestión/Fondos	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Realizar una evaluación socioeconómica, para definir los fondos. Se requiere inversión a largo plazo. ➤ Coordinación entre servicios públicos involucrados (ejemplo COCEI). ➤ Considerar evaluación de plan comunicacional para elaborar cambios en la estrategia. ➤ Instaurar una política Preventiva en la gestión. ➤ Incorporar otras especies invasoras, establecer sinergias

Aspecto	Descripción de Aporte
	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Ir en dirección a revisar los criterios del PVDC con fundamentos, para aunar esfuerzos, enfocarse a medidas de manejo de acuerdo a la expansión de la invasión (considerar marco teórico de invasiones), evaluación de riesgo. ➤ Aprovechar lo ya aprendido, se ha contribuido en educación, estudios, ➤ Dar continuidad a las acciones, se enfatiza en meses de pesca recreativa. ➤ Involucrar servicios ecosistémicos, no solo impacto económico.

Fuente. Elaboración propia.

Evaluación del curso

Se procedió a evaluar el curso parte de los participantes en sus contenidos programáticos, de desarrollo, de externalidades, (Anexo X).

5.8.2 Video

Se elaboró material de apoyo audiovisual para la ejecución de los Cursos de capacitación, cuyo objetivo fue el siguiente:

Objetivo

- Describir el procedimiento de muestreo de *D. geminata* y medidas de Bioseguridad.

Se elaboró un libreto preliminar por el equipo técnico del proyecto el cual fue discutido con la contraparte técnica. El video demostrativo describe las actividades de muestreo con los elementos de bioseguridad, el cual se muestra en el Anexo XI.

Este Video fue utilizado en el *Curso de Capacitación* y distribuido en las actividades de Difusión del proyecto.

6. Análisis y discusión de resultados

6.1 Distribución de *D. geminata* en la zona Centro Sur Austral basado en presencias/ausencias.

6.1.1 Monitoreo de prospección

Respecto al monitoreo de prospección se desprende la siguiente figura, en la cual se puede observar el porcentaje de presencias por estación de muestreo por cuenca, donde la tendencia es a aumentar los registros de presencia hacia el sur comparando desde la cuenca del Itata a Aysén. Es esperable que por las condiciones hidráulicas del sistema fluvial asociado al desarrollo del alga, los requerimientos de hábitat fuesen más favorables al crecimiento en las estaciones de primavera tardía-verano, y con el inicio de las lluvias en otoño su presencia no fuese tan evidente en el bentos (Cullis *et al.*, 2012 y 2015). De hecho se ha observado una distribución parchosa en los meses de Otoño y de difícil detección en invierno, por ejemplo para la dinámica de *Didymo* se ha descrito etapas sucesivas de: no detección, crecimiento inicial, colonización, invasión y declinación nuevamente, en el río Futaleufú, atribuido en gran parte a las condiciones hidráulicas (Sastre *et al.*, 2013). De hecho por inspección visual y corroborado en el laboratorio los mayores registros en el bentos fueron en la campaña de primavera-verano. Hay que considerar que para la C2 (otoño) se incorporaron nuevas estaciones de muestreo, donde la accesibilidad al mismo lugar dentro del sitio de muestreo realizado para la C1 no siempre es la misma. También se observaron diferencias en cobertura y crecimiento de *D.geminata*, se debe considerar que las condiciones ambientales entre primavera-verano y otoño difieren en variables, tales como caudal, luz, entre otros.

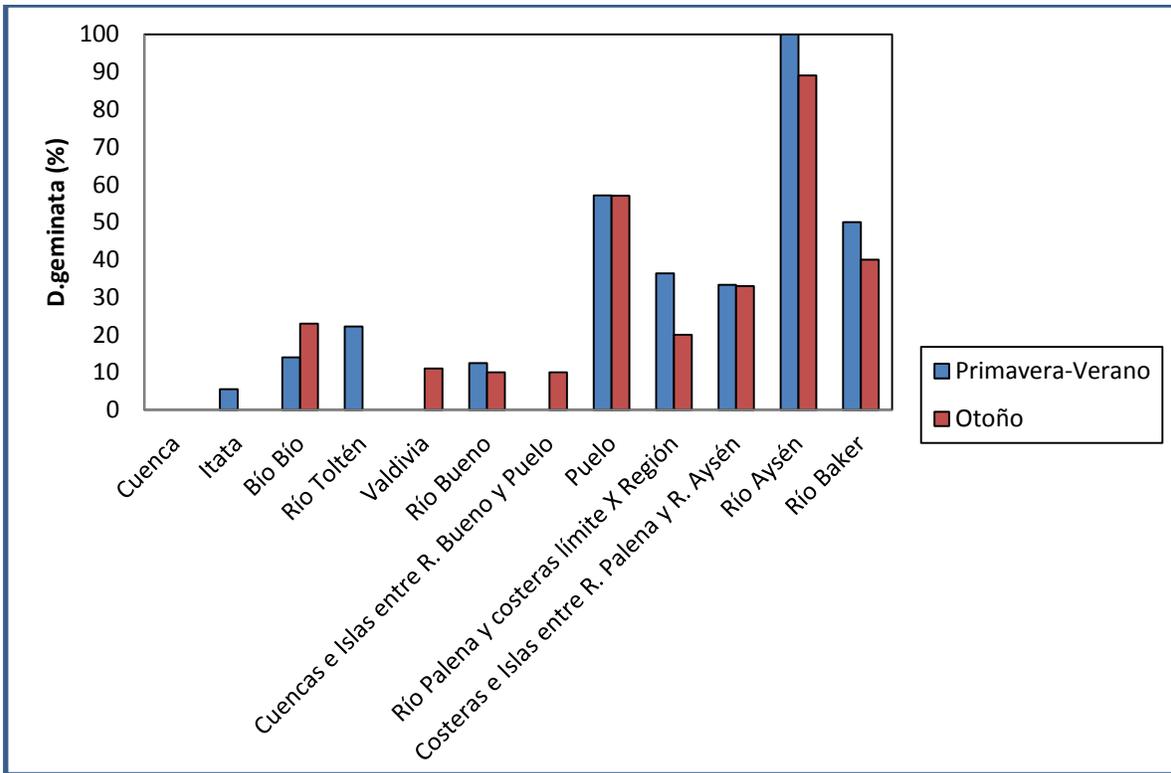


Figura 149. Presencia *D.geminata* (%) por sitio de muestreo prospectado por cuenca.

6.1.2 Monitoreo de seguimiento

El proceso de invasión es variable en el tiempo y en el espacio, sin embargo, es posible identificar un patrón general, cuando un río es colonizado tiene altas probabilidades de permanecer invadido. De los ríos que presentaron presencias, las mayores invadidas fueron las de más al sur que fueron Aysén, Yelcho y Río Palena y Costeras límite X Región (Figura 150). Cabe considerar que en la cuenca Yelcho fue primeramente detectado a la forma de Didymo el alga en Mayo del 2010.

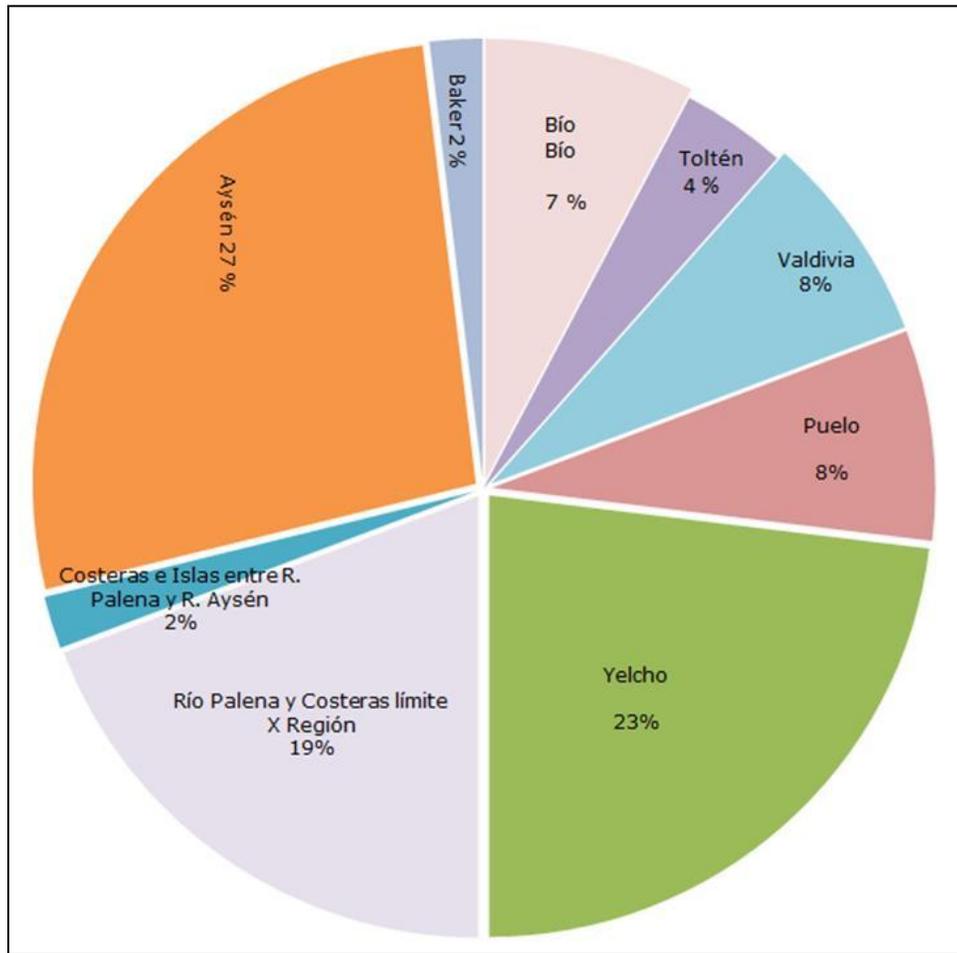


Figura 150. Presencias en monitoreo de seguimiento.

6.1.3 Asociación *D.geminata* con variables físicas y químicas

De las variables destacadas con la base de datos bioclimáticas representadas por precipitaciones y temperaturas las cuales mostraron un gradiente latitudinal en el sentido de incremento de precipitaciones y disminución de temperaturas de de norte a sur, (de Itata a Baker). Esto coincide con asociaciones encontradas en relación a temperaturas frías y presencia de *Didymo* (Whitton *et al*, 2009).

Por otro lado el proceso de invasión es extraordinariamente variable en el tiempo y en el espacio. Sin embargo, es posible identificar algunos patrones:

a) cuando un río es colonizado por *Didymo* tiene altas probabilidades de permanecer invadido con la especie.

b) se destacaron dos variables de mayor contribución a la presencia de *D. geminata*, el fósforo y el sílice, de acuerdo a la base de dato generada.

De los ríos monitoreados se observa la concentración de fósforo (Fig. 151) y de sílice (Fig. 152, en los sitios de muestreo por cuencas. Se observa la tendencia de disminución de P y Si de norte a sur. Se detectó mayor porcentaje de presencias en las cuencas más australes, de Yelcho al sur.

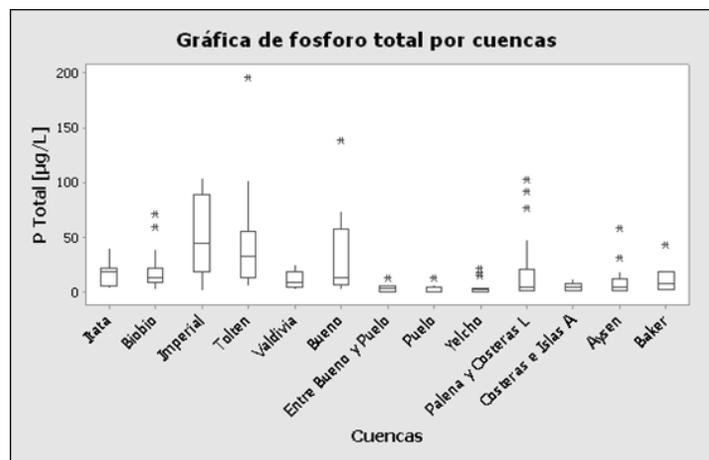


Figura 151. Gráfica de fósforo total por cuencas.

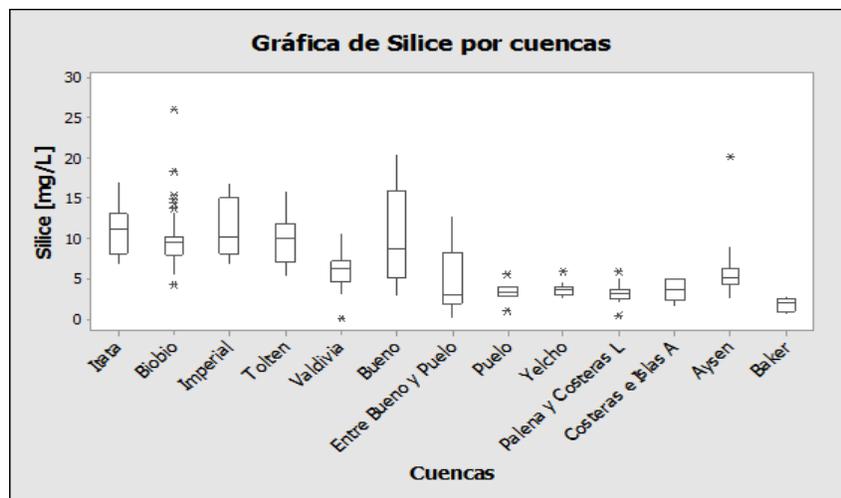


Figura 152. Gráfica de sílice por cuencas.

Es sabido la asociación entre bajos niveles de fósforo y presencia de *D. geminata* (Bothwell *et al*, 2014). En general las presencias no superan los 10 µg/L de P inorgánico (ejemplo cuenca Puelo, Yelcho, Aysén, entre otras). También la tendencia es que las presencias se presentaron en ríos con concentraciones menores a los 10 mg/L de Sílice (ejemplo cuenca Puelo, Yelcho, Aysén, entre otras).

Por otro lado se detectaron variables hidromorfológicas que resultan ser muy buenos predictores de la presencia/ausencia de Didymo. Es el caso del orden del río, los sectores con mayor probabilidad de invasión fueron en sitios de orden 3 y 4, por sobre 40 %. Estas localidades corresponden a zonas de baja pendiente, más accesibles y en general poseen mayor actividad antrópica, siendo muy frecuente un uso de suelo destinado a actividades agrícolas.

c) al comparar los ríos con presencias/ausencia se observó diferencias significativas entre las campañas, sin embargo la primera campaña resultó ser más predictiva para agrupar los ríos con y sin Didymo. Esto podría atribuirse que existen ríos con características físico-químicas que son una barrera a la colonización de Didymo y por lo tanto no podrían ser colonizados, y por otro parte las condiciones de hábitat requeridos difieren entre primavera – verano y otoño. Como también hay que considerar que en la campaña 1 el espacio físico químico de las presencias no difiere de las ausencias.

6.1.4 Modelo de distribución

Con la información generada, fue posible validar estadísticamente un modelo de distribución potencial de Didymo (el construido con las presencias/ausencias de Chile). Esta herramienta permite tener una mejor predictibilidad de la especie para la zona de estudio, realizar aportes al plan de vigilancia pues es un insumo para la realizar Análisis de Riesgo. Esta constituye una valiosa y necesaria herramienta para la gestión de plaga.

6.1.5 Análisis biológico

En el centro-sur de Chile los resultados de este estudio sobre la abundancia relativa de *D. geminata* en fitoplancton y fitobentos (específicamente diatomeas

epilíticas) de 13 cuencas indican Anexo V y Anexo VI que no fue dominante en la mayoría de las comunidades. En el fitobentos aun cuando visualmente se reconocieron las típicas formaciones "didymo" o tapetes, la abundancia relativa de *D. geminata* fue mayor en primavera-verano (en promedio 20 % en C1 y disminuyó a 4,5% durante la campaña de otoño C2) y con un patrón inverso de su abundancia relativa promedio en el fitoplancton (7.5 % en C1 y que aumentó a 15,5% durante la campaña de otoño C2).

Los mayores valores de *D. geminata* en el fitobentos durante C1 (Tabla 7) podrían ser atribuidos a una mayor luminosidad durante primavera-verano, como observó Whitton *et al.*, (2009). En Nueva Zelanda y Polonia el grado de sombreado es a menudo el factor determinante más importante de la composición de la comunidad del perifiton en arroyos (Biggs & Kilroy: 2000; Kilroy 2004; Kawecka & Sanecki 2003). Según Bothwell *et al.* (2011) una reducción de la exposición a la luz por atenuación de la materia orgánica y además una inestabilidad en el sustrato, jugarían un papel importante para evitar el desarrollo de tapetes de *D. geminata*. Sin embargo, no habría pruebas de que "didymo" en la isla de Vancouver (Canadá) se asociara con un período de condiciones hidrológicas benignas (Sherbot & Bothwell, 1993). Altos flujos de la corriente en invierno podrían favorecer el crecimiento de *D. geminata* (Kilroy *et al.*, 2005), pero contrariamente y al igual que en las cuencas chilenas, en el Lago Nahuel Huapi el registro de la especie ocurrió durante el verano austral de 2013 (Beamud *et al.*, 2013).

También en relación a las tendencias estacionales, George y Baldigo (2015) observaron los mayores porcentajes de *D. geminata* en verano, alcanzando hasta un máximo de 80 % pero con un promedio de 40% en el sur-este de Nueva York, USA. En Chile, la ausencia de tapetes con dominancia de *D. geminata* es de relevancia para el impacto estético y recreacional.

En cuanto a la variabilidad de nutrientes, aun cuando las poblaciones de *D. geminata* tendrían una ventaja competitiva en ambientes con pocos nutrientes sobre otras diatomeas, cuando no hay limitación de fósforo alcanza mayores tasas de división sin producción de tallos (Bothwell & Kilroy 2011). La respuesta de *D. geminata* a las concentraciones de nutrientes crecientes ha sido analizada por Cullis *et al.* (2012). En condiciones de bajos nutrientes en el agua la producción de tallos es alta,

SBP 0010

Arch: Informe Final Proyecto FIP N° 2014-58.doc
Noviembre 2015

pero el crecimiento celular es bajo, ya que la energía disponible es destinada a la producción de tallos en lugar de a la división celular. Tallos más largos ayudan a situar las células más arriba en la corriente del río con el fin de mejorar el acceso a los nutrientes y la luz limitada. Así con bajos nutrientes *D. geminata* es capaz de producir más rápido alta cantidad de biomasa de tallos, que compite con otras micro algas bentónicas capaces de producir biomasa a través de la división celular y el crecimiento. Esto le da a *D. geminata* una ventaja competitiva, lo que resulta en una amplia proliferación en los tapetes. En estas condiciones, también es probable que exista una retroalimentación positiva con la presencia de los tapetes que favorecen la adquisición de fósforo disuelto ya sea a través de los complejos procesos biogeoquímicos en su interior (Sundareshwar *et al.*, 2011), la hidrólisis de fósforo particulado que queda atrapado (Ellwood & Whitton, 2007), y los impactos de la hidrodinámica del fondo que aumentan la mezcla turbulenta y el ciclado de nutrientes entre el flujo de agua y los tapetes (Larned *et al.*, 2011, Cullis *et al.*, 2015). El potencial de generar tapetes disminuye cuando las concentraciones de nutrientes del agua siguen aumentando, entonces la energía disponible para el crecimiento se invierte en la división celular en lugar de en la producción de tallos. Al mismo tiempo las otras algas bentónicas tampoco se ven limitadas por nutrientes y aumentan sus tasas de crecimiento (Cullis *et al.*, 2012). Por otro lado hay que considerar los cambios en los ecosistemas acuáticos, por impacto de cambios climáticos y aumento de las poblaciones de *D. geminata*, discutido por Ellwood & Whitton (2007).

Una mayor disponibilidad de luz en estaciones cálidas y niveles bajos de nutrientes en las cabeceras de los ríos; tal como han reportado Pizarro *et al.* (2010); serian efectivos forzantes para una mayor proliferación de tapetes dominados por *D. geminata* en las cuencas del centro-sur de Chile. De todas maneras, análisis estadísticos adicionales (i.e. test de Student) realizados confirmaron las diferencias entre las abundancia relativa de *D. geminata* entre los períodos estudiados. Diferencias significativas entre los nutrientes entre los ríos permitirían afirmar que las estaciones cálidas y menores concentraciones de nutrientes son los que determinan la mayor abundancia de *D. geminata* (proliferaciones registradas en el bentos para la cuenca Puelo en la campaña de primavera-verano, por ejemplo).

Los análisis de clusters entre las diferentes cuencas de Chile, para C1 y C2, si bien son robustos en su mayoría; tampoco revelan agrupaciones marcadamente distintivas; tal vez debido a que *D. geminata* posee las características de una especie “invasora” (aunque estudios paleolimnológicos en Chile podría confirmar su presencia o no en el pasado), dispersada por el vector hombre (Spaulding & Elwell, 2007; Bothwell *et al.*, 2011; Kilroy *et al.*, 2005; Elwell 2006).

Como valiosa información adicional de toda la comunidad de diatomeas, las otras especies más abundantes en cuencas con y sin *D. geminata*, son en su mayoría epifíticas: *Achnanthes minutissima*, *Encyonema silesiacum*, *Gomphonema angustatum* y *Cocconeis placentula* (entre otras) y crecen adheridas utilizando como sustrato los pedúnculos polisacáridos de *D. geminata*. Esto también se observó en diversas cuencas en todo el mundo (Beamud *et al.*, 2013; Beltrami *et al.*, 2008; Kawecka y Sanecki, 2003; Krammer y Lange-Bertalot, 1991). Por otro lado, la diatomea planctónica *Fragilaria arcus* sería indicadora de condiciones oligotróficas (Krammer y Lange-Bertalot, 1991), mientras que *Diatoma vulgaris* (cuenca Itata), si bien en baja abundancia, es un indicador de ambientes eutróficos (van Dam *et al.*, 1994). Esto podría confirmar en Chile que *D. geminata* considerado un taxón restringido a habitats prístinos demuestra que presenta amplia distribución y amplitud de requerimientos ecológicos (Blanco & Ector, 2009; Spaulding & Elwell, 2007; Kawecka & Sanecki, 2003).

Finalmente si se trata de una especie no nativa o invasora y cuáles son sus efectos como una pregunta permanente (Lavery *et al.* 2014; Elwell *et al.*, 2014) continua siendo relevante para los ríos de Chile.

6.2 Plan de Vigilancia

En términos generales, los efectos observados de la plaga en los estudios científicos revisados a nivel mundial, no evidencian un impacto claro y significativo sobre los ecosistemas donde ésta se encuentra. No obstante, el alga tiene un evidente impacto estético y, en determinadas áreas, se identificaron impactos sobre el desarrollo de especies de peces locales.

A nivel internacional, en base a la bibliografía revisada, el único caso de éxito en el control del Didymo corresponde a Nueva Zelandia, donde, a pesar de la gran dispersión en la Isla del Sur, aún no se detecta el alga en la Isla del Norte. Sin embargo, de acuerdo a algunos investigadores esto se debería a que los florecimientos son producidos por bajos niveles de fósforo disuelto, situación que no se da en la Isla del Norte.

A nivel nacional, y en base a las encuestas realizadas a los encargados de la implementación del programa de vigilancia, con, se observan los siguientes resultados:

- Se percibe un alto grado de efectividad para los controles fronterizos y en eventos, no así en el caso de los controles carreteros y a pescadores recreativos.
- Se percibe un alto grado de efectividad para los mecanismos de difusión de todo tipo, destacan particularmente la difusión radial, en eventos especializados y en carretera. En cuanto a la difusión en aeropuertos, se indica que es efectiva solo cuando se cuenta con una persona entregando información adicional.
- Sin embargo, los resultados observados de las medidas de control y difusión varían mucho entre regiones. Esto implica un dilema ya que, además de los efectos sobre una región en concreto, las debilidades en la implementación de los mecanismos de control, tienen efectos adversos sobre la propagación de la plaga en las regiones colindantes.

En vista de los impactos de la plaga y los análisis de riesgo, el Didymo presenta un riesgo relativamente bajo en términos de impactos; no así de probabilidad de ocurrencia, dada su alta dispersión. En este sentido, si bien el Didymo no implica efectos nocivos para la salud ni efectos altamente significativos para los ecosistemas donde se encuentra y la productividad de éstos, se considera que por criterio precautorio, tanto para las actividades que dependen de estos ecosistemas como de cara a la opinión pública, es necesario adoptar medidas costo-efectivas para el control de la plaga.

En cuanto a las medidas adoptadas, el programa está realizando esfuerzos a nivel frontera (aeropuertos, pasos fronterizos, etc.) y pre-frontera (esfuerzos de coordinación con Argentina) lo cual se identifica como poco efectivo, tomando en consideración que la plaga ya está presente a nivel nacional. Los esfuerzos a nivel frontera y pre-frontera podrían ser efectivos a nivel intra-nacional e interregional, con el objetivo de alcanzar mejores medidas de control entre zonas sin o con baja presencia de la plaga y zonas altamente afectadas. En este sentido, se hace evidente la necesidad de mayores esfuerzos de coordinación entre los encargados del programa en las diferentes regiones y las estrategias de implementación del programa entre zonas con y sin presencia de la plaga.

Con miras a lograr mayor costo-efectividad del programa, se debiesen establecer y seleccionar lugares con alto valor ambiental y productivo para poder reorganizar y reestructurar los esfuerzos de control y manejo de plaga, estableciendo polígonos de aislación que permitan controlar de forma más focalizada y eficiente. En este sentido, resulta relevante desarrollar estudios que permitan determinar los efectos de la plaga sobre los ecosistemas donde ésta se encuentra y las especies con las que convive, así como los efectos en términos económicos y sociales que pudiese tener en las diferentes regiones con presencia de *Didymo*. Asimismo, se debiesen definir criterios para determinar aquellas áreas (de alto valor ambiental o productivo) que se deberán establecer como polígonos de aislamiento para minimizar el riesgo, en términos de probabilidades de contagio e impacto esperado.

En este sentido, el rol de la educación para el manejo de plaga es muy relevante, siendo la participación ciudadana en la ayuda a generar conciencia, controlar, realizar observaciones en terreno, y confirmar o no los florecimientos, un elemento estratégico. De esta manera, se considera que las medidas de difusión cumplen un rol fundamental en el manejo de la plaga. Asimismo, estas medidas tienen externalidades positivas en relación al control de otras plagas de características similares, actuales o futuras.

7. Actividades realizadas

En la Tabla 33 se da cuenta de las actividades realizadas por Objetivo.

Tabla 33. Resumen de actividades por objetivo.

Objetivo	Actividades/Productos
1	-Ejecución de dos campañas de monitoreo en primavera-verano 2014 y otoño 2015. Se identificaron nuevos cuerpos de agua con presencia/ausencia de Didymo y la evolución de la plaga en monitoreo de seguimiento.
2	
3	
4	<ul style="list-style-type: none"> -Elaboración de diseño muestreo al azar ajustado -Análisis biológicos, físico químico. Se determinaron variables asociadas a la presencia/ausencia de Didymo. -Elaboración Base de dato Access. -Análisis estadístico: se realizaron diversos análisis principalmente multivariados, por campaña y agrupando toda la información. -Cartografía temática de los ríos prospectados y de seguimiento para ambas campañas. -Validación de Modelo de distribución potencial Didymo. Se usó el modelo para el diseño de muestreo al azar-ajustado y se validó el modelo (Montecino et al., 2014). -Ejecución Seminario internacional: se efectuó un seminario para el diseño de muestreo y para sentar las bases de -- Validación del modelo.
5	<ul style="list-style-type: none"> -Taller de expertos a nivel internacional para discutir el tema de Didymo y realizar aportes sobre medidas al Plan de Vigilancia detección y Control, PVDC. -Encuestas a ejecutores del Plan de Vigilancia detección y Control, PVDC, a nivel regional. -Revisión de material sobre PVDC facilitado por SERNAPESCA para análisis del PVDC. -Estimación de costos del PVDC -Evaluación y Propuesta medidas para PVDCI

Objetivo	Actividades/Productos
6	<p>-Elaboración de un Video sobre "Protocolo de muestreo y de Bioseguridad". Este fue usado y distribuido en las actividades de difusión</p> <p>-Cursos de capacitación en cinco regiones, con una asistencia de aproximadamente 150 personas. Se dispone de este material en la página de SUBPESCA, con diverso material fotográfico generado durante el proyecto.</p> <p>-Actividades de Difusión, durante el desarrollo del proyecto: - Entrevistas televisión local; diarios locales.</p> <p>-Talleres de difusión de resultados del proyecto en cuatro localidades diferente a la ejecución de los cursos. De capacitación. Se fortalecieron redes locales, municipios, CONAF, entre otros. Se contó con una asistencia aproximada de 70 personas.</p>
7	-Informes de Avance, pre Informe e Informe Final

Fuente: Elaboración propia.

8. Conclusiones

- 1) La invasión de *D. geminata* se ha expandido, en la zona Centro Sur Austral.
 - Se evaluaron 13 cuencas con un total de ríos (estaciones de muestreo) en época de primavera –verano y de otoño. La distribución de *D. geminata* se extiende desde la cuenca del río Itata a la cuenca del río Baker, a excepción de las cuencas de Imperial y Toltén.
 - Se realizó un monitoreo de prospección (sin registros de monitoreos previos) en la época de primavera-verano en 11 cuencas de la zona Centro Sur, contabilizando un universo de 81 ríos y 158 sitios de muestreo de tipo prospección. Las cuencas de Imperial y de Costeras e Islas entre R. Palena y R. Aysén no registraron presencia del alga. Los resultados de presencias se registraron para 28 sitios en el bentos y sólo en 5 casos para muestras sólo correspondientes a fitoplancton. Estas fueron en el Estero Calbuco B, Mininco B, Azul B, Estero seco B.
 - Se realizó un monitoreo de prospección en la época de otoño, en 11 cuencas de la zona Centro Sur, contabilizando un universo de 107 ríos con 162 estaciones de muestreo. En un total de 21 muestras se registró el alga en fitobentos, y sólo en 11 casos se registró el alga solo en las muestras correspondientes a fitoplancton.
 - En la zona más austral, a partir de Puelo) el porcentaje de presencias fue más alto con respecto a las cuencas al norte de Puelo hasta Itata. Hacia el Sur a partir de Puelo la proporción de aumento es de un 35 % hasta incluso un 100 % para la cuenca de Aysén.

- 2) Se establece un patrón general y es posible afirmar que cuando un río es colonizado tiene altas probabilidades de permanecer invadido.
 - Los ríos con presencias de *Didymo* previas desde 2010 a la fecha, continúan invadidos, como es el caso de las subcuencas de Futaleufú y Aysén que presentan registros de presencias a partir del año 2010 a la fecha.
 - En algunos casos la presencia del alga fue detectada sólo en la columna de agua (fitoplancton) en la época de otoño, donde las presencias fueron de un 94,2 %. Por el contrario en la época de primavera su presencia fue de un 100 % y en el bentos, y por tanto presenta pedúnculo para adherirse al sustrato.

3) Las condiciones físicas y químicas donde se distribuye la invasión, comprenden un rango amplio de variación, sin embargo el nicho físico y químico de las presencias difiere significativamente de las ausencias (ACP $p < 0,001$).

- Las cuencas prospectadas se distribuyen a lo largo de un gradiente latitudinal de norte a sur, dado por variables bioclimáticas, en el sentido de incremento de precipitaciones y disminución de temperatura de Itata a Baker.
- La mayor contribución asociada a la presencia de *D. geminata* (mediante Análisis de componentes principales, ACP) está dada por las siguientes variables:
 - Fosforo y Silicio, respecto a estas variables es posible determinar que las presencias se presentaron a concentraciones, $\leq 10 \mu\text{g/L}$ de fósforo inorgánico y $< 10 \text{ mg/L}$ de sílice. También condiciones de baja Temperatura, concentraciones más altas de Calcio y ambientes más alcalinos en comparación con las ausencias.
- Las variables hidromorfológicas se relacionan con la estructura del sistema, resultando una importante contribución para las presencias, la variable "Orden del río". Esto fue corroborado mediante análisis de estadístico con capacidad de predecir las características que deberían tener ríos con presencia/ausencia. Los sectores de mayor probabilidad de invasión fueron sitios que corresponden a orden 3 y 4, representando un 40 % de los ríos con presencia monitoreados. Estos sitios se asocian a lugares localizados en la parte baja de la cuenca, de mayor acceso, de uso de río para pesca y acuicultura.
- Si bien es cierto, de acuerdo a las diferencias físicas y químicas se espera que los ríos no invadidos a la fecha, no presenten invasión, pero se requiere expandir el análisis a nuevos ríos no monitoreados aún, y que tengan características similares a las ya encontradas en sitios con presencia.
- Se validó estadísticamente un modelo de distribución potencial de *Didymo*, construido para Chile con presencias/ausencias. El modelo fue útil para establecer el diseño de muestreo, y resultó tener un buen valor predictivo para la distribución de las presencias. Este modelo validado, es además un input para proceder a realizar un análisis de riesgo, junto con información de los impactos (ecológicos, económicos). Por lo que es una herramienta significativa para la gestión de plaga.

- Las condiciones físicas y químicas fueron diferentes significativamente entre primavera –verano y otoño, sin embargo a pesar de estas diferencias estacionales, los sitios con presencia mantuvieron su condición al presentar *D. geminata*.
- 4) Esta especie estaría en su la última etapa de expansión, traspasando las etapas de Aclimatación, Naturalización e Invasión.
- La proliferación en “tapetes” depende no sólo del ingreso de las células sino que también del ambiente físico-químico incluyendo la disponibilidad de luz, la presencia es más frecuente de detectar en el fitoplancton que en el bentos.
 - La Abundancia relativa (%) en fitoplancton y fitobentos cambió estacionalmente, en fitobentos fue mayor en primavera-verano, en fitoplancton la abundancia relativa de *D. geminata* fue mayor en otoño.
 - El análisis de clúster utilizando parámetros comunitarios (i.e. riqueza y diversidad) no discrimina (agrupa) sitios invadidos o no-invadidos entre diferentes cuencas, y los efectos sobre la biodiversidad de estas comunidades según presencia o ausencia de *D. geminata*, no son aún concluyentes.
 - Según su historia de presencias y ausencias 2014-2015, la probabilidad de volver a estar donde ya estaba fue altamente significativa (primavera- verano 2014-2015 y el otoño 2015).
 - La variabilidad morfológica de las células de *D. geminata* en las diferentes cuencas pueden ser atribuibles al sitio geográfico habitado.
 - Las especies más abundantes en la comunidad de diatomeas bentónicas en cuencas con *D. geminata*, indican que la mayoría de las especies concurrentes son epifíticas y crecen adheridas a los pedúnculos de didymo, y se caracterizan por ser de amplia distribución en ríos de los hemisferios norte y sur.
- 5) Respecto a la evaluación y propuestas de medidas específicas al programa de vigilancia, detección y control (PVDC).

En general falta información respecto de la causa de presencia del Didymo en los cuerpos de agua en Chile, ni a la forma en que se ha propagado ni a las consecuencias que los florecimientos de Didymo podrían tener en los cuerpos de agua

y las consecuencias sobre las especies que en ellos habitan. Los estudios existentes disponibles provienen de experiencias internacionales y de países que no tienen las mismas condiciones geográficas, por lo que no necesariamente se podrían tomar como referencia absoluta para el caso en Chile. Hay información que el florecimiento puede estar dado por nivel de fósforo disuelto en el agua y no necesariamente están determinados por la introducción antrópica. Por lo anteriormente expuesto los esfuerzos indicarían una concentración de PVDC a ríos que presenten estas condiciones.

Se deberían fortalecer los criterios para establecer los puntos de control y unidades de desinfección, por lo que sería conveniente determinar una estrategia para la localización de estos.

Se debe considerar que se han percibido problemas de índole administrativo cuando se ha detectado la plaga en fronteras entre regiones. Se recomienda evaluar las competencias de cada institución relacionada con el programa y otorgar las herramientas necesarias a cada una según corresponda para que puedan funcionar de manera coordinada y efectiva, entre instituciones y servicios, con el fin de mejorar el programa.

Resulta fundamental fortalecer los canales información levantada en las distintas instituciones del Estado, Academia y Consultoría. Esto en función de usar toda la información disponible y usarla es efectivamente. Complementar los esfuerzos en torno a la temática, bajo diferentes enfoques.

Se realizaron importantes **contribuciones al PVDC a partir de métodos participativos, que** consideraron la realidad local de cada una de las regiones de la zona centro sur-austral. Estos aportes van dirigidos a los siguientes temas: Educación; Investigación y Estudios; Difusión-Comunicación; al Programa; a la Gestión.

- **Aspecto educacional** "Fomentar la valoración del patrimonio ambiental de nuestros ecosistemas acuáticos". Efectuar diversas acciones dirigidas a la Sensibilización incorporando los actores locales. Valorar que la expansión del alga continua, pero al menos en los sitios SNASPE no hay presencia de *Didymo* hasta la fecha. Incorporar la Educación ambiental en Programas educativos, y espacios establecidos para ello, como las acreditaciones.

- **Investigación y Estudios** "Generación de información". Se requiere fortalecer el establecer criterios fundamentados para el PVDC, entre los cuales se pueden mencionar los siguientes:
 - Definir si es realmente un Problema; realizar un estudio con análisis social, económico y ambiental en forma balanceada; Realizar una evaluación continua del PVDC, analizar su efectividad, aplicabilidad para conocer la realidad y diagnosticar como seguir.
 - Considerando que ya la plaga está en expansión los esfuerzos deberían ir enfocados al manejo. Definir sitios prioritarios, un ordenamiento del territorio para enfocar los esfuerzos. Realizar estudio de vulnerabilidad de ecosistemas y de análisis de riesgo de plaga.
 - Generar una Plataforma para uso de la información ya generada en los diversos estudios ya efectuados. En Nueva Zelanda se dispone de una Plataforma y en Chile se encuentra una herramienta elaborada para la Región de Los Lagos (CORFO INNOVA de interés público, 2014), dispuesta en SERNAPESCA, que serviría de base.
- **Difusión** "Mejorar Plan comunicacional dirigido a potenciar la conciencia ambiental". Aunar en uso de medios locales: diario, TV, radio, spot; publicidad con personajes públicos. Fomentar asociaciones público-privada con iniciativas al cuidado de los ecosistemas acuáticos, y establecer acciones de difusión.
- **Al Programa** "Involucrarse, es tarea de todos".
 - Necesidad de aunar esfuerzos coordinados entre diferentes servicios, establecer asociaciones público-privada, involucrar ciudadanía a través de guías de pesca, brigadas ambientales, lodges, empresas turismo, etc.
 - Apoyar en el control: cuidado insumos, cuidado de pediluvios, identificar responsables para ello. Apoyar en hacer efectivas por todos las medidas de bioseguridad. Ampliar la aplicación de bioseguridad a sistemas de: Licitación de río para empresa Turismo, Concesión acuícola, SEIA en RCA, monitoreos acuáticos.
 - Ampliar el PVDC en el tiempo anualmente no solo en meses de pesca recreativa.

- Evitar ingreso de fómites en sitios SNASPE, considerar MULTAS sobre todo en fronteras; Involucrar tribunales ambientales, Ministerio medio ambiente, Turismo.
- Fundamentar necesidad de requerir un PVDC, su real aplicabilidad.
- **La Gestión:**
- Realizar una evaluación socioeconómica, para definir los fondos, pues son medidas de inversión a largo plazo.
- Coordinación entre servicios públicos involucrados (ejemplo COCEI).
- Instaurar una política Preventiva en la gestión y considerar incorporar otras especies invasoras, establecer sinergias.
- Enfocarse a medidas de manejo de acuerdo a la expansión de la invasión (considerar marco teórico de invasiones), evaluación de riesgo.
- Elaborar mejoras en base a mejoramiento continuo es decir aprovechar lo ya aprendido. Valorar los aportes en educación, estudios, valoración.

9. Referencias bibliográficas

- ALPERT P, BONE E & HOLZPFEL C. (2000). Invasiveness, invisibility and the role of environmental stress in the spread of nonnative plants. *Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics* 3: 52–66, <http://dx.doi.org/10.1078/1433-8319-00004>.
- APHA. (2005). *Standard Methods for the examination of water and wastewaters*, 21th edition, American Public Health Association, Washington.
- ASPREY JF, BENSON-EVANS K & FURET JE. (1964). A contribution to the study of South American freshwater phytoplankton. *Gayana Botánica* 10: 1–18.
- BARBER & HAWORTH. (1981). A guide to the morphology of the diatom frustule. *Freshwater Biological Association Scientific PUBLICATION* 44, pp 112.
- BATTARBEE RW, JONES VJ, FLOWER RJ, CAMERON NG, BENNION H, CARVALHO L & JUGGINS S. (2001). Diatoms. In: Last WM, Smol JP, (eds.), *Tracking environmental change using lake sediments*, 3: Terrestrial, algal and siliceous indicators, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht: 155–202.
- BEAMUD G, BAFFICO G PEDROZO F & DIAZ M. (2013). First record of the invasive algae *Didymosphenia geminata* in the lake Nahuel Huapi: Argentina, Patagonia. *Revista Chilena de Historia Natural* 86: 493-496 pp.
- BELTRAMI ME., Cristina Cappelletti C. & CIUTTI F. (2008). *Didymosphenia geminata* (Lyngbye) M. Schmidt (Bacillariophyta) in the Danube basin: New data from the Drava river (northern Italy). *Plant Biosystems*, 142 (1): 126–129 pp.
- BERGEY EA & SPAULDING SA. (2015). *Didymosphenia*: It's more complicated. *Bioscience*, 65(3): 225-225. DOI: 10.1093/biosci/biu226.
- BIGGS B.J.F., KILROY C., (2000). *Periphyton monitoring manual*. Published by NIWA for Biggs, B.J.F.; Kilroy, C. 2004. *Periphyton*. Chapter 15 in: Harding, J.S.; Mosley, M.P., Pearson, C.P.; Sorrell, B.K. (Eds.). *Waters of New Zealand*. NZ Hydrological Society/NZ Limnological Society.
- BLANCO S, ECTOR L. (2009). Distribution, ecology and nuisance effects of the freshwater invasive diatom *Didymosphenia geminata* (Lyngbye) M. Schmidt: A literature review. *Nova Hedwigia* 88: 347–422.

- BOTHWELL ML TAYLOR BW & C Kilroy. (2014). The Didymo story: the role of low dissolved phosphorus in the formation of *Didymosphenia geminata* blooms, Diatom Research, DOI: 10.1080/0269249X.2014.889041
- BOTHWELL ML & KILROY C. (2011). Phosphorus limitation of the freshwater benthic diatom *Didymosphenia geminata* determined by the frequency of dividing cells. *Freshwater Biology* 56: 565–578.
- BOTHWELL ML, LYNCH DR, WRIGHT & DENISEGER, J. (2009). On the boots of fishermen: the history of didymo blooms on Vancouver Island, British Columbia. *Fisheries* 34: 382–388.
- BOURRELLY P. (1968). Les Algues D'eau Doce. Initiation à la Systématique. Tome II: Les Algues jaunes et brunes Chrysophycées, Phéophycées, Xanthophycées et Diatomées: 243- 252.
- BRANSON J. (2006). *Didymosphenia geminata* economic impact assessment: Wellington, New Zealand, New Zealand Institute of Economic Research Report: 1-22.
- BUS LEONE P, CERDA J, SALA S & REID B. (2014). Mink (*Neovison vison*) as a natural vector in the dispersal of the diatom *Didymosphenia geminata*. Diatom Research. <http://dx.doi.org/10.1080/0269249X.2014.890957>.
- CAMOUSSEIGHT A. (2006). Estado de conocimiento de los Ephemeroptera de Chile. *Gayana* 70(1): 50-56.
- CAMPBELL ML. (2008). Organism impact assessment: risk analysis for post-incursion management.-*ICES Journal of Marine Science*, 65: 795-804.
- CHANG R. (2002). Química, séptima edición. Editorial MacGraw-Hill Interamericana Editores S.A. Páginas: 67-78.
- CONNELLY NA, O'NEILL CR, KNUTH BA & BROWN TL. (2007). Economic impacts of zebra mussels on drinking water treatment and electric power generation facilities. *Environmental Management* 40: 105–112.
- CULLIS JDS, MCKNIGHT DM & SPAULDING SA. (2015). Hydrodynamic control of benthic mats of *Didymosphenia geminata* at the reach scale. *Canadian Journal Fishery Aquatic Sciences*. 72:1-13. [Dx.doi.org/10.1139/cifas](http://dx.doi.org/10.1139/cifas).
- CULLIS JDS, PACKMAN A, GILLIS CA, HASSAN M, BOTHWELL ML & KILROY C. (2012). A conceptual model for the blooming behavior and persistence of the benthic

- mat forming diatom *Didymosphenia geminata* in oligotrophic streams. Journal of Geophysical Research 117: G00N03.
- D' ANTONIO CM, LEVINE J & THOMSEN M. (2001). Ecosystem resistance to invasion and the role of propagule supply: A California perspective. Journal of Mediterranean Ecology 2: 233-246.
- DÍAZ C, MOLINA X & MONTECINO V. (2012). Manual para el Monitoreo e Identificación de la Microalga Bentónica *Didymosphenia geminata*. Elaborado en proyecto Poch-U. Chile. SUBSECRETARÍA DE PESCA.
- DIDHAM R K, TYLIANAKIS JM, HUTCHISON MA, EWERS RM, GEMMELL N J. (2005). Are invasive species the drivers of ecological change?. Trends Ecology & Evolution vol. 20 issue 9 September p. 470-474.
- DUDGEON D, ARTHINGTON AH, GESSNER MO, KAWABATA ZI, KNOWLER DJ, LÉVÊQUE C, NAIMAN RJ, PRIEUR-RICHARD AH, SOTO D, STIASSNY MLJ, SULLIVAN CA (2006). Freshwater biodiversity: importance, threats, status and conservation challenges. Biological Reviews 81: 163-182.
- 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. 58 p.
- ELTON CS. (1958). The ecology of invasions by animals and plants. Methuen and Co, London.
- ELWELL L.(2006). Dealing with "Didymo"?. Flyfisher, 24-26.
- Elwell C., C-A Gillis, L. A. Kunza & M. D. Modley. (2014). Management challenges of *Didymosphenia geminata*. Diatom Research, 29, (3), 303-305. <http://dx.doi.org/10.1080/0269249X.2014.929030>
- FIELDING AH, & J F BELL. (1997). A review of methods for the assessment of prediction errors in conservation presence/absence models. Environmental Conservation 24:38-49.
- GEORGE SD, BADIGO BP. (2015) *Didymosphenia geminata* in the Upper Esopus Creek: Current Status, Variability, and Controlling Factors. PLoS ONE 10(7): e0130558. doi:10.1371/journal.pone.0130558.
- GILLIS C & CHALIFOUR M. (2010). Changes in the macrobenthic community structure following the introduction of the invasive algae *Didymosphenia geminata* in the Matapedia River (Quebec-Canadá). Hydrobiología 647, 63-70.

- HAMMER Ø, HARPER DAT & RYAN P D. (2001). PAST: paleontological statistics software package for education and data analysis. *Paleontología Electrónica*, vol. 4, 1, 4: 9pp.
- HUSTEDT F. (1977). *Die Kieselalgen* vol. I, II, III. Otto Koeltz Science Publishers. Germany.
- HUSTEDT F. (1961-1966) *Die Kieselalgen*. In: Rabenhorst L (ed), *Kryptogamen-flora von Deutschland, Osterreich und der Schweiz*, 7(2) 6: 737 -845 (1959); 7(3) 1: 1 - 160 (1961); 7(3) 2: 161 - 348 (1962); 7(3) 4: 557 - 816.
- HULME PE. (2014). An introduction to plant biosecurity: past, present and future. In: *The Handbook of Plant Biosecurity* (eds Gordh G & McKirdy S). Springer, Dordrecht, p 1-25.
- ISO 8265 (1988). *Calidad del agua: Los métodos biológicos. Métodos de muestreo biológico: orientación sobre el diseño y uso de muestreadores cuantitativos de Macroinvertebrados bentónicos en sustrato rocoso en aguas dulces poco profundas.*
- ISO 7828 (1985). *Calidad de agua: Los Métodos de muestreo biológico - Dirección sobre muestreo handnet de macroinvertebrados acuáticos.*
- JARA CG, RUDOLPH E & GONZÁLEZ E. (2006). Estado de conocimiento de los malacostráceos dulceacuícolas de Chile. *Gayana* 70(1): 40-49.
- JERÉZ V & MORONI J. (2006). Diversidad de coleópteros acuáticos en Chile. *Gayana* 70: 72-81.
- JUGGINS S. (2003). *User Guide C2 Software for ecological and palaeoecological data.*
- KAWECKA B & SANECKI J. (2003). *Didymosphenia geminata* in running waters of southern poland - symptoms of change in water quality?. *Hydrobiología* 495: 193-201.
- 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.
- 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, BIGSS B, BLAIR N, LAMBERT P, JARVIE B, DEY K, ROBINSON K & SMALE D. (2005). Ecological studies of *Didymosphenia geminata*: National Institute of Water and Atmospheric Research, New Zealand, Client Report CHC2005-123, NIWA Project: MAF05505.
- KILROY C & DALE M. (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, LAGERSTEDT A, DAVEY A & ROBINSON K. (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.
- KILROY C, SNELDER T, FLOERL O, VIEGLAIS C & DEY K. (2008). A rapid technique for assessing the suitability of areas for invasive species applied to New Zealand's rivers. *Diversity and Distributions* 14, 262-272.
- KILROY C, LARNER S & BIGGS B. (2009). The non-indigenous diatom *Didymosphenia geminata* alters benthic communities in New Zealand rivers. *Freshwater Biology*. DOI:10.1111/J.1365-2427.2009.02247.
- KILROY & UNWIN. (2011). The arrival and spread of the bloom forming, freshwater diatom, *Didymosphenia geminata*, in New Zealand. *Aquatic Invasions* 6: 249-262.
- KRAMMER K. (2000). The genus *Pinnularia*. In: *Diatoms of Europe. Diatoms of the European Inland Waters and Comparable habitats*. Lange Bertalot H (ed), Vol 1. Koenigstein. ARG Gantner Verlag K.G.
- KRAMMER K. (2002). *Cymbella*. In: *Diatoms of Europe. Diatoms of the European Inland Waters and Comparable habitats*. H. Lange Bertalot (ed.). Vol 3. Koenigstein. ARG Gantner Verlag K.G.
- KRAMMER K. (2003). *Cymbopleura*, *Delicata*, *Navicymbula*, *Gomphocymbellopsis*, *Afrocymbella*. In: *Diatoms of Europe. Diatoms of the European Inland Waters and Comparable Habitats*. H. Lange-Bertalot (ed.). Vol. 4: Koenigstein. A. R. G. Gantner Verlag K.G.

- KRAMER K. (2009). Diatoms of Europe, Vol 3, Cymbella. Edited by H. Lange- Bertalot, Gantner, Ruggell.
- KRAMMER K & Lange-Bertalot H. (1991a). Süßwasserflora von Mitteleuropa, Bacillariophyceae, 4.Teil: Achnantheaceae, Kritische Ergänzungen zu Achnanthes s.l, Navicula s. str., Gomphonema. Elsevier, Berlin.
- KRAMMER K & LANGE-BERTALOT H. (1991b). Süßwasserflora von Mitteleuropa, Bacillariophyceae, 3.Teil: Centrales, Fragilariaceae, Eunotiaceae. Elsevier, Jena.
- KRAMMER K & LANGE-BERTALOT H. (1997a). Süßwasserflora von Mitteleuropa, Bacillariophyceae, 1.Teil: Naviculaceae. Elsevier, Jena.
- KRAMMER K & LANGE-BERTALOT H. (1997b). Süßwasserflora von Mitteleuropa, Bacillariophyceae, 2.Teil: Bacillariaceae, Ephitemiaceae, Surirellaceae. Elsevier, Berlin.
- KUMAR S, SPAULDING S A, STOHLGREN T J, HERMANN K A, SCHMIDT T S, & BAHLS L. L. (2009). Predicting habitat distribution for the freshwater diatom *Didymosphenia geminata* in the continental US. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 7(8): 415-420. doi:10.1890/080054.
- LANGE-BERTALOT H (1999a). Neue Kombinationen von Taxa aus Achnanthes Bory (sensu lato). *Iconographia Diatomologica* 6: 278-291.
- LANGE-BERTALOT H (1999 b). Neue Kombinationen von Taxa aus Achnanthes Bory (sensu lato). *Iconographia Diatomologica* 6: 278-291.
- LANGE-BERTALOT H. (2001). Diatoms of Europe. Navicula sensu stricto. 10 Genera Separated from Navicula sensu lato. *Frustulia*. Ed. Lange-Bertalot, H., Ruggell.
- LARNED S, BIGGS B, BLAIR N, BURNS C, JARVIE B, JELLYMAN D, KILROY C, LEATHWICK J, LISTER K, NAGELS J, SHALLENBERG M, SUTHERLAND S, SYKES J, THOMPSON WR, VOPEL K. WILCOCK Y B. (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
- LAVERY JM, KUREK J, RÜHLAND KM, GILLIS CA, PISARIC MFJ & SMOL JP. (2014). Exploring the environmental context of recent *Didymosphenia geminata* proliferation in Gaspésie, Quebec, using paleolimnology. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 71: 616–626 (2014) dx.doi.org/10.1139/cjfas-2013-0442.

- LEVKOV Z. (2009). Diatoms of Europe, Vol 5, Amphora sensu lato. Edited by H. Lange-Bertalot, Gantner, Liechtenstein.
- MCKINNEY ML & JL LOCKWOOD. (1999). Biotic homogenization: a few winners replacing many losers in the next mass extinction. Trends of Ecology and Evolution 14: 450 - 453.
- Millennium Ecosystem Assessment (MA) (2005). Ecosystems and Human Well-being: A Framework for Assessment. Island Press, Washington, DC. Available online at: <http://www.unep.org/maweb/en/Framework.aspx>.
- MINISTERIO DE ECONOMÍA, FOMENTO Y RECONSTRUCCIÓN (MINECOM). 1991. LEY GENERAL DE PESCA Y ACUICULTURA. LEY 18892.
- MINISTERIO DE ECONOMÍA, FOMENTO Y RECONSTRUCCIÓN (MINECOM). 345/2005. Reglamento sobre plagas Hidrobiológicas. Publ. D.O.14/12/2006. DS.
- MOLINA & VILA. (2006). Manual de evaluación de la Calidad de Agua. CENMA, 104 p.
- MOLINA X, MORERA R, SANTIBAÑEZ C, MANQUE C, TAPIA N, MONTECINO V, MUÑOZ P & BUSTAMANTE R (2012). Evaluación de la invasión *Didymosphenia geminata* en aguas continentales de Chile. Primera Reunión Conjunta de Botánica, Ecología y Evolución. XIX Reunión Anual Sociedad Ecología de Chile.
- MOLINA X. (2012). El paisaje fluvial en la gestión del recurso hídrico (Chile): caso de estudio río Limarí. Tesis doctoral. Universitat de Barcelona. 480 pp.
- MONTECINO V, MOLINA X, KUMAR S, CASTILLO M L & RO BUSTAMANTE. (2014). Niche dynamics and potential geographic distribution of *Didymosphenia geminata* (Lyngbye) M. Schmidt, an invasive freshwater diatom in southern Chile. Aquatic Invasions, 9:507-519.
- MONTECINO V., MOLINA X., KUMAR S., CASTILLO M L., MUÑOZ P., CARREVEDO M.L., SALINAS F., BOTWELL M & RO BUSTAMANTE (2015). Is *Didymosphenia geminata* expanding in central and southern Chile? 9th Congress Use of Algae for Monitoring Rivers and comparable habitats (UAMRIch, June). Museo delle Scienze - MUSE, Trento, Italy. Abstract Book (M. Cantonati et al. Eds.): 71
- MUÑOZ & MONTECINO V. (2014). Presencia de *Didymosphenia geminata* en Chile: venciendo barreras de la resistencia biótica. Presentación oral IX Congreso Nacional de Micro y Macroalgas, 7-10 Abril, Viña del Mar, Chile.
- MUÑOZ P (2012). Presencia de la diatomea invasora *Didymosphenia geminata* en el fitoplancton de los ecosistemas fluviales de las regiones XIV, X, XI y XII.

- Seminario de Título Biólogo Ambiental. Santiago, Chile. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias.
- NAIMAN R J, LONZARICH DG, BEECHE T J & RALPH SC. (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.
- NIX HA. (1986). Biogeographic analysis of Australian elapid snakes. In: Longmore R (ed) *Australian Flora and Fauna*. Australian Government Printing Service, Canberra. p. 4-15.
- 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.
- NORMA CHILENA OFICIAL NCh-ISO. 17025 "Requisitos generales para la competencia de los laboratorios de ensayo y calibración". INN.
- NORMA CHILENA OFICIAL NCh2313/15 Of. 2009. Aguas residuales - Métodos de análisis - Parte 15: Determinación de fósforo total. INN.
- OBJETIVOS DE DESARROLLO DEL MILENIO. (2007). Naciones Unidas, Objetivo 7. Nueva Cork.
- PARRA O & BICUDO CM. (1996). *Algas de Aguas Continentales: Introducción a la Biología y Sistemática*. Ediciones Universidad de Concepción. 268 pp.
- PARRA O, GONZÁLEZ M, DELLAROSSA V, RIVERA P & M ORELLANA. (1982-1983). *Manual Taxonómico del Fitoplancton de Aguas Continentales; con especial referencia al fitoplancton de Chile*. Editorial de la Universidad de Concepción Vol. 1, Cyanophyceae, 1982; Vol. 2, Chrysophyceae-Xanthophyceae, 1982; Vol. 3, Cryptophyceae, Dinophyceae y Euglenophyceae, 1982; Vol. 4, Bacillariophyceae, 1982; Vol. 5 (partes 1 y 2), Chlorophyceae, 1983.
- PARRISH JD, BRAUN DP & UNNASCH RS. (2003). Are we conserving what we say we are? Measuring ecological integrity within protected areas. *BioScience* 53: 851-860.

- PATRICK R, Reimer CW. (1975). The diatoms of the United States (exclusive of Alaska and Hawaii). Academy of Natural Sciences of Philadelphia Monography, 13(2), 1-213.
- PATRICK R, REIMER CW. (1966). The diatoms of the United States.Vol. 1: Fragilariaceae, Eunotiaceae, Achnantheaceae, Naviculaceae. Academy of Natural Sciences of Philadelphia Monography.
- PETERSON A T, SOBERON J, PEARSON RG, ANDERSON RP, MARTINEZ-MEYER E, NAKAMURA M, & ARAUJO MB. (2011). Ecological niches and geographic distributions. Princeton University Press, Princeton, N.J.
- PIMENTEL D. (2002). Biological Invasions. Economic and environmental costs of alien plants, animal and microbe species. CRC Press.
- PIZARRO J, VERGARA PM, RODRÍGUEZ JA, SANHUEZA PA, CASTRO SA (2010). Nutrients dynamics in the main river basins of the centre-southern region of Chile. Journal of Hazardous Materials 175:608–613
- POCH (2012). Evaluación Socio-Económica del impacto potencial de la presencia y propagación de *Didymosphenia geminata* en macrozona declarada plaga. Informe Final. Para SUBPESCA.
- POCH-U. CHILE (2012). "Prospección de la presencia de *Didymosphenia geminata* en la subcuenca del río Yelcho y las cuencas del río Palena y río Baker". Informe Final. Para SUBPESCA.
- POCH-U.CHILE (2011). DOCUMENTAL *Didymosphenia geminata* ESPECIE EXÓTICA INVASIVA QUE ORIGINA PLAGA HIDROBIOLÓGICA. DISEÑO Y ELABORACIÓN. SUBPESCA. Para SUBPESCA.
- POCH-U.CHILE (2011a). 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. Poch Ambiental S.A. Para SUBPESCA.
- POCH-U. CHILE (2011b). "Prospección de la presencia de *Didymosphenia geminata* en las regiones de Los Lagos y Aysén. Informe Final. Para SUBPESCA.
- POCH-U.CHILE (2011c). Prospección de la presencia de *Didymosphenia geminata* en las regiones de Araucanía y Los Ríos. Informe Final. Para SUBPESCA.
- PYŠEK P, JAROSIK, V, HULME PE, PERGL J, HEJDA M, SCHAFFNER U & VILÀ M. (2012). A global assessment of the significance of alien plant impacts on resident species, communities and ecosystems. Global Change Biology 18, 1725–1737.

- PYŠEK P., JAROSÍK, V., HULME, P.E. (2010). Disentangling the role of environmental and human pressures on biological invasions. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA*, 107, 12157–12162.
- RAHEL FJ. (2000). Homogenization of fish fauna across the United States. *Science* 288: 854 – 856.
- REID B & R TORRES. (2013). *Didymosphenia geminata* invasion in South America: Ecosystem impacts and potential biogeochemical state change in Patagonian rivers. *Acta Oecologica* <http://dx.doi.org/10.1016/j.actao.2013.05.003>.
- REID B, HERNANDEZ K, FRANGOPULOS M, BAUER G, LORCA M, KILROY C & SPAULDING S. (2012). The invasion of the freshwater diatom *Didymosphenia geminata* in Patagonia: prospects, strategies, and implications for biosecurity of invasive microorganisms in continental waters. *Conservation Letters* 5: 432–440.
- REID B, P MONTERO & M MARTINEZ. (2010) Evaluación preliminar sobre la diatomea invasora exótica *Didymosphenia geminata* en cuencas de Futaleufú y Palena, Provincia Palena, Región de Los Lagos, Chile. Documento Impreso. CIEP Chile 14 p.
- RESOLUCIÓN EXENTA N° 659 de 2015, publicada en diario oficial del 17.03.2015. Renueva declaración de área de plaga y de riesgo de plaga que indica en cuerpos de agua que señala en materia de Acuicultura.
- RESOLUCIÓN EXENTA N° 918, de 2015. Publicada en diario oficial del 11.04.2015. Modifica área de plaga y riesgo de plaga *didymo* en el país.
- RESOLUCIÓN EXENTA N° 1070 de 2014, publicada en Diario Oficial el 29.04.2014. Establece nuevo Programa de Vigilancia, Detección y Control de la Plaga *Didymo*.
- RESOLUCIÓN EXENTA N° 996 de 2013, publicada en diario oficial del 24.04.2013. Renueva y amplía área de plaga de la microalga *Didymosphenia geminata*, por un plazo de dos años, en sectores que indica.
- RESOLUCIÓN EXENTA N° 90 de 2012, publicada en el diario oficial el 28.01.12 Establece Programa de Vigilancia y Control de la Plaga *Didymosphenia geminata*.

- RESOLUCIÓN EXENTA N° 332 de 2011, enviada a publicación en el Diario Oficial. Establece Protocolo de limpieza y desinfección de fómites de la microalga *Didymosphenia geminata*, Didymo.
- RESOLUCIÓN EXENTA N° 1866 de 2010, publicada en el diario oficial del 23.11.10. Aprueba Programa de vigilancia, detección y control de plaga que indica (*Didymosphenia geminata*, Didymo).
- RICHARDSON (2012). The Effect of *Didymosphenia geminata* (Didymo) on Macroinvertebrate Communities in Esopus Creek, NY. Emily Bialowas Cornell University.
- RIVERA P. (1970). Diatomeas de los lagos Ranco, Laja y Laguna Chica de San Pedro (Chile). *Gayana Botánica* 20: 1-23.
- RIVERA P, PARRA O & GONZÁLEZ M. (1973). Fitoplancton del estero Lengua (Chile). *Gayana Botánica* 23: 1-93.
- RIVERA P. (1974). Diatomeas de agua dulce de Concepción y alrededores (Chile). *Gayana Botánica* 28: 1-134.
- RIVERA P, PARRA O, GONZÁLEZ M, DELLAROSSA V, ORELLANA M. (1982). Manual Taxonómico del fitoplancton de aguas continentales. Editorial Universidad de Concepción, Concepción.
- 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.
- RIVERA P & GEBAUER G. (1989). Diatomeas chilenas en las Colecciones de Boyer, Cleve & Moeller, Schulze y Smith, depositadas en la Academia de Ciencias Naturales de Filadelfia, Estados Unidos. *Gayana Botánica* 46: 89-116.
- RIVERA P, BASOALTO S & CRUCES F. (2013). Acerca de la diatomea *Didymosphenia geminata* (Lyngbye) M. Schmidt: su morfología y distribución en Chile. *Gayana Bot.* 70(1): 154-158.
- ROLDAN G. (2003). Bioindicación de la calidad del agua en Colombia. Editorial Universidad de Antioquia. 170 pp.
- ROJAS F. (2006). Estado de conocimiento de los Trichoptera de Chile. *Gayana* 70: 65-71.
- ROOT S, O'Reilly CM. (2012). Didymo Control: Increasing the Effectiveness of Decontamination Strategies and Reducing Spread. *Fisheries* (37) 10: 440-448.

- ROUND FE, CRAWFORD RM, MANN D.E. (1990). The Diatoms. Biology and Morphology of the Genera. Cambridge University Press, Cambridge.
- ROUND F. (1993). A review and Methods for the use of Epilithic Diatoms for Detecting and Monitoring changes in River Water Quality. Methods for the Examination of Waters and Associated Materials. HMSO, London. 65 p.
- RUMRICH U, LANGE-BERTALOT H. (2000). *Iconographia Diatomologica, Diatomeen der Anden, volume 9*, A.R.G Gantner Verlag K.G, Rugell, 673 p.
- SALA E, CHAPIN F S, ARMESTO J, BERLOW E, BLOOMFIELD J, DIRZO R, HUBER-SANWALD E, HUENNEKE L, JACKSON R, KINZIG A, LEEMANS R, LODGE D, MOONEY H, OESTERHELD M, POFF N L, SYKES MT, WALKER B, WALKER M, WALL D. (2011). Global Biodiversity Scenarios for the Year 2100. Science. Vol 287: 1770-1774.
- SASTRE V, SANTINELLI NH, BAUER GA, AYESTARÁN MG & UYUA N. (2013). First record of the invasive diatom *Didymosphenia geminata* (Lyngbye) Schmidt in a Patagonian Andean river of Argentina BioInvasions Records Volume 2, Issue 1: 11-17. doi: <http://dx.doi.org/10.3391/bir.2013.2.1.02>.
- SCHROEDER B. (2015 Software for ROC/AUC calculation, available at <http://lec.wzw.tum.de/index.php?id=67&L=1> (accessed Sept. 14, 2015).
- SEGURA P. (2011). A Slimy Invader Blooms in the Rivers of Patagonia. Science A Slimy Invader Blooms in the Rivers of Patagonia Vol.331. www.sciencemag.org.
- SERVICIO NACIONAL DE PESCA (SERNAPESCA). (2012). Programa 2011 para la Vigilancia, detección y control de la plaga *Didymosphenia geminata* en las cuencas de los ríos Futaleufu, Aysén y Baker, región de Los Lagos y región de Aysén. Informe segundo semestre.
- SERVICIO NACIONAL DE PESCA (SERNAPESCA). (2011). Establece Protocolo de Limpieza y Desinfección de Fomites de la microalga *Didymosphenia geminata*. RES. Ex. 332.
- SHELBY EL. (2006). An assessment and Analysis of Benthic Macroinvertebrate Communities Associated with the Appearance of *Didymosphenia geminata* in the White River below Bull Shoals Dam. Arkansas Department of Environmental Quality. Final Draft. 42 pp.
- SHERBOT DJ & BOTHWELL ML. (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 66 pp.
- SPAULDING SA & 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.
- STRAYER DL. (2010). Alien species in fresh waters: ecological effects, interactions with other stressors, and prospects for the future. *Freshwater Biology* **55**: 152-174.
- SUBSECRETARÍA DE PESCA. (2010). Informe técnico D.AC.N°2064/2010. Presencia de *Didymosphenia geminata* en Río Espolón y Río Futaleufú, Región de Los Lagos. Propuesta de Área de Plaga (D.S. MINECON N°345/2005).
- SUNDARESHWAR P, S UPADHAYAY, M ABESSA, S HONOMICHL, B BERDANIER, SA SPAULDING, C SANDVIK & A TRENNEPOHL. (2011) *Didymosphenia geminata*: Algal blooms in oligotrophic streams and rivers Geophysical Research Letters 38, L10405, doi:10.1029/2010GL046599.
- TAPIA N. (2012). Caracterización física y química de la cuenca hidrográfica del Yelcho y su relación con la presencia de la especie plaga *Didymosphenia geminata*. Seminario de Título Químico Ambiental. Santiago, Chile. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias. 126 pp.
- TAYLOR & BOTHWELL M. (2015). RESPONSE TO BERGEY AND SPAULDING BIOSCIENCE 65(3): 226. DOI: 10.1093/BIOSCI/BIU227
- TAYLOR & BOTHWELL M. (2014).The origin of Invasive Microorganisms Matters for Science, Policy, and Management: the case of *Didymosphenia geminata*. *Bioscience*, 64, 6: 531-538.The origin of Invasive Microorganisms Matters for Science, Policy, and Management: the case of *Didymosphenia geminata*. *Bioscience*, 64, 6: 531-538.
- TER BRAAK CJF & SMILAUER P. (1998). Canoco for Windows (4.0). Centre for Biometry, Wageningen.
- THRONDSSEN J. (1978). Preservation and storage. In: Sournia, A. (ed) Phytoplankton manual. UNESCO, Paris, p. 69-74.
- U. CHILE-POCH (2012). Desarrollo de una plataforma on-line para el apoyo a la gestión de ecosistemas dulceacuícolas para la sustentabilidad productiva y

- recreativa de cuencas ante la amenaza del alga invasiva *Didymosphenia geminata* (Didymo). *INNOVA CORFO 11BPC-10019 (2011-2013)*
- VALDOVINOS C. (2006). Estado de Conocimiento de los Gastrópodos Dulceacuícolas de Chile. *Gayana* 70(1):88-95.
- VALDOVINOS C. (2008). Invertebrados dulceacuícolas. En: CONAMA. Biodiversidad de Chile, patrimonio y desafíos: 201-225. Ocho Libros Editores, Santiago, Chile.
- VERA A & CAMOUSSEIGHT A. (2006). Estado de conocimiento de los plecópteros de Chile. *Gayana* 70(1): 57-64.
- VAN DAM, H., Mertens, A., Sinkeldam, J. (1994). A coded checklist and ecological indicator values of freshwater diatoms from The Netherlands. *Neth. J. Aquat. Ecol.* 28, 117-133.
- VILÁ M, ESPINAR JL, HEJDA M, HULME PE, JAROSIK, V, MARON JL, PERGL J, SCHAFFNER U, SUN Y, PYŠEK P. (2011). Ecological impacts of invasive alien plants: a meta-analysis of their effects on species, communities and ecosystems *Ecology Letters*, 14: 702-708.
- WETZEL RG & LIKENS GE. (1991). *Limnological Analyses*. 2nd. Ed. Springer- Verlag. 391 pp.
- WHITTON BA, ELLWOOD NTW & KAWECKA B. (2009). Biology of the freshwater diatom *Didymosphenia*: a review. *Hidrobiologia* 630:1-37 p.

Página web

- FOURTANIER E, Kociolek, JP (on-line version updated: 19 September of 2011). Catalogue of Diatom Names, California Academy of Sciences. Available online at <http://research.calacademy.org/research/diatoms/names/index.asp>.