

“Consultoría técnica de generación de información para utilización de indicadores biológicos en la cuenca del Río Elqui”

Informe Final

Consultor: Universidad Católica del Norte

Niris Cortés Pizarro
ncortes@ucn.cl

Mayo de 2017

Contenido

I Introducción	12
II Objetivos	18
2.1 Objetivo General.....	18
2.2 Objetivos Específicos:	18
III Materiales y Métodos	19
3.1 Caracterización del área de estudio	19
3.1.1 Antecedentes generales.....	19
3.1.2 Estaciones de muestreo.....	19
3.2 Actualización de la base de datos existente de comunidades biológicas acuáticas para la cuenca del Río Elqui.....	20
<i>Actividad a) Recopilación, revisión y sistematización de los antecedentes técnicos y científicos existentes y disponibles relacionados con la información biológica y ecosistémica acuática, para el Río Elqui.....</i>	20
<i>Actividad b) Análisis de la información biológica acuática disponible, generando un diagnóstico del estado actual del Río Elqui, a través de un análisis ecosistémico.....</i>	21
<i>Actividad c) Creación de un expediente bibliográfico que contenga la información recopilada.....</i>	21
3.3 Actualización y caracterización de los indicadores biológicos en la cuenca del Río Elqui para ser utilizados como herramienta de monitoreo del estado del ecosistema acuático. ..	21
Actividad a) Monitoreo de bioindicadores en los cursos de agua propuestos generando un informe con el estado de salud de los ecosistemas.	22
Actividad b) Caracterización de los bioindicadores hallados y generación de una propuesta y justificación de su factibilidad de ser utilizados.	23
3.4 Definición de variables biológicas que den cuenta del estado de salud de los ecosistemas acuáticos.	26
Actividad a) Estimación de la riqueza, abundancia y dominancia de especies.....	26

Actividad b) Estimación de los parámetros comunitarios de las variables biológicas analizadas.	26
3.5 Asociación de los bioindicadores identificados a los niveles de calidad de aguas de la cuenca del Río Elqui.	27
Actividad a) Monitoreo básico de parámetros físico químicos.	27
Actividad b) Correlación de los índices propuestos, con los datos físico-químicos solicitados y los parámetros monitoreados por la DGA.	28
3.6 Asociación de los bioindicadores al grado de perturbación de la cuenca.	29
Actividad a) Análisis de la calidad de agua con los bioindicadores.	29
Actividad b) Análisis de los resultados de calidad de agua mediante bioindicadores y los parámetros físico-químicos y nutrientes tomados.	29
Actividad c) Análisis de los parámetros físico químicos versus parámetros comunitarios.	30
Actividad d) Análisis de perturbación antrópica en la cuenca.	30
Actividad e) Grado de perturbación de la cuenca.	31
3.7 Evaluación económica de los servicios ambientales, que presta la funcionalidad del río en la cuenca.	32
IV Resultados	34
4.1 Actualización de la base de datos existente de comunidades biológicas acuáticas para la cuenca del Río Elqui.	34
4.2 Actualización y caracterización de los indicadores biológicos en la cuenca del Río Elqui para ser utilizados como herramienta de monitoreo del estado del ecosistema acuático.	49
4.2.1. Grupos taxonómicos de macroinvertebrados	49
4.2.2 Estado de salud del ecosistema según el Índice Biótico de Familia (ChIBF)	51
4.2.3 Estado de salud del ecosistema según el Índice Biótico Integrado de macroinvertebrados (IBIm)	53
4.2.4 Bioindicadores como herramienta de monitoreo del estado del ecosistema acuático.	59
4.3 Variables biológicas que dan cuenta del estado de salud de los ecosistemas acuáticos.	61

4.3.1. Riqueza de macronvertebrados.....	61
4.3.2. Abundancia de macroinvertebrados	62
4.3.3. Dominancia de macroinvertebrados	63
4.3.4 Diversidad biológica de los macroinvertebrados.....	63
4.4 Niveles de calidad de aguas de la cuenca del Río Elqui.....	64
4.4.1. Parámetros físico-químicos y nutrientes tomados.	64
4.4.2. Correlación de los índices propuestos con los datos físicoquímicos y nutrientes tomados y los parámetros monitoreados por la DGA.	67
4.5 Bioindicadores y grado de perturbación de la cuenca.	69
4.5.1. Análisis de la calidad de agua con los bioindicadores.....	69
4.5.2. Calidad de agua mediante bioindicadores y los parámetros físico-químicos y nutrientes tomados.....	72
4.5.3. Análisis de los parámetros físico químicos tomados versus parámetros comunitarios.	74
4.5.4. Análisis de perturbación antrópica en la cuenca.	76
4.5.5. Grado de perturbación de la cuenca	77
4.6 Evaluación económica de los servicios ambientales, que presta la funcionalidad del río en la cuenca.	83
4.6.1 Identificación de actividades desarrolladas en la Cuenca del Rio Elqui mediante la revisión de RCA aprobadas en el Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental.	83
4.6.2. Levantamiento de información productiva y económica de las actividades empresariales y particulares en la cuenca hidrográfica del Rio Elqui.....	85
4.6.3. Selección de la metodología de evaluación económica del activo ambiental.	86
4.6.4 Evaluación de los servicios ambientales prestados por el Río Elqui.....	87
4.6.5 Estimación económica de la pérdida de funcionalidad del Río Elqui.	89
V Conclusiones.....	91
VI Referencias Bibliográficas	93

VII Tablas	98
Tabla I: Ubicación geográfica de las estaciones de monitoreo en la cuenca del Río Elqui.	98
Tabla II: Valores de tolerancia de macroinvertebrados bentónicos dulceacuícolas para ríos de Chile, ChIBF modificado por Figueroa <i>et al.</i> (2007).	99
Tabla III: Valores de ChIBF de Hilsenhoff (1988), para determinar calidad de agua ...	100
Tabla IV: Atributos potenciales de los macroinvertebrados béticos para evaluar la condición biológica del agua de ríos (Barbour <i>et al.</i> 1999).	101
Tabla V: Escala de calidad del IBIm, para determinar calidad.	102
Tabla VI: Valores del IFF con los respectivos niveles, colores y juicios de funcionalidad.	102
Tabla VII: Taxas de macro invertebrados registrados en las estaciones de muestreo en el mes de septiembre 2016.	103
Tabla VIII. Taxas de macro invertebrados registrados en las estaciones de muestreo durante diciembre 2016.	104
Tabla IX: Resultados del ChIBF por estación de muestreo en septiembre 2016.	105
Tabla X: Resultados del ChIBF por estación de muestreo en diciembre 2016.	106
Tabla XI: Matriz de correlación no paramétricas (coeficiente de Spearman, $p < 0,05$), con las métricas composición y riqueza de especies con respecto a las variables fisicoquímicos. Septiembre 2016.	107
Tabla XII: Matriz de correlación no paramétricas (coeficiente de Spearman, $p < 0,05$), con las métricas composición y riqueza de especies con respecto a las variables fisicoquímicos. Diciembre 2016.	108
Tabla XIII: Matriz de correlación no paramétricas (coeficiente de Spearman, $p < 0,05$), con las métricas propuestas de estructura trófica con respecto a las variables fisicoquímicos. Septiembre 2016.	109
Tabla XIV: Matriz de correlación no paramétricas (coeficiente de Spearman, $p < 0,05$), con las métricas propuestas de estructura trófica con respecto a las variables fisicoquímicos. Diciembre 2016.	110

Tabla XV: Matriz de correlación no paramétricas (coeficiente de Spearman, $p < 0,05$), con las métricas propuestas para tolerancia con respecto a las variables fisicoquímicos. Septiembre 2016.	111
Tabla XVI: Matriz de correlación no paramétricas (coeficiente de Spearman, $p < 0,05$), con las métricas propuestas para tolerancia con respecto a las variables fisicoquímicos. Diciembre 2016.	112
Tabla XVII: Matriz de correlación no paramétricas (coeficiente de Spearman, $p < 0,05$), con las métricas propuestas de preferencia por el ambiente con respecto a las variables fisicoquímicas. Septiembre 2016.	113
Tabla XVIII: Matriz de correlación no paramétricas (coeficiente de Spearman, $p < 0,05$), con las métricas propuestas de preferencia por el ambiente con respecto a las variables fisicoquímicas. Diciembre 2016.	114
Tabla XIX: Matriz de correlación no paramétrica (Coeficiente de Spearman, $p < 0.05$), para evitar redundancia en la elección de las métricas finales. Septiembre 2016.	115
Tabla XX: Matriz de correlación no paramétrica (Coeficiente de Spearman, $p < 0.05$), para evitar redundancia en la elección de las métricas finales. Diciembre 2016.	123
Tabla XXI: Criterios de puntuación para las métricas de las estaciones de muestreo de la Cuenca del Elqui, establecido a través del Percentil 95 y 5. Septiembre 2016.	126
Tabla XXII: Criterios de puntuación para las métricas de las estaciones de muestreo de la Cuenca del Elqui, establecido a través del Percentil 95 y 5. Diciembre 2016.	127
Tabla XXIII: Puntuación de las métricas obtenidas en cada estación de muestreo. Septiembre del 2016.	128
Tabla XXIV: Puntuación de las métricas obtenidas en cada estación de muestreo. Diciembre del 2016.	129
Tabla XXV: Puntaje sometido a la fórmula para el cálculo final por Moyle y Randall (1997) para el IBIm, en las estaciones de la cuenca de Elqui. Septiembre del 2016.	130

Tabla XXVI: Puntaje sometido a la fórmula para el cálculo final por Moyle y Randall (1997) para el IBIm, en las estaciones de la cuenca de Elqui. Diciembre del 2016.	131
Tabla XXVII: Riqueza, abundancia y dominancia de los macroinvertebrados. Septiembre 2016.	132
Tabla XXVIII: Riqueza, abundancia y dominancia de los macroinvertebrados. Diciembre 2016.	133
Tabla XXIX: Diversidad Biológica y Uniformidad en las estaciones de muestreo. Septiembre 2016.	134
Tabla XXX: Diversidad Biológica y Uniformidad en las estaciones de muestreo. Diciembre 2016.	135
Tabla XXXI: Parámetros físico-químicos y nutrientes analizados en las estaciones de la cuenca del Elqui. Septiembre del 2016.	136
Tabla XXXII: Parámetros físico-químicos y nutrientes analizados en las estaciones de la cuenca del Elqui. Diciembre del 2016.	137
Tabla XXXIII: Correlación entre los parámetros físico-químicos y nutrientes analizados, versus los índices bióticos calculados, en las estaciones de la cuenca del Elqui. Septiembre del 2016.	138
Tabla XXXIV: Correlación entre los parámetros físico-químicos y nutrientes analizados, versus los índices bióticos calculados, en las estaciones de la cuenca del Elqui. Diciembre del 2016.	139
Tabla XXXV: Valores promedio de los parámetros tomados por la DGA en las estaciones de la cuenca del Elqui.	140
Tabla XXXVI: Matriz de correlación entre los Indices bioticos calculados y los datos de la DGA.	141
Tabla XXXVII: Resultados del IFF por estación de muestreo. Septiembre 2016.	143
Tabla XXXVIII: Resultados del IFF por estación de muestreo. Diciembre 2016.	144

Tabla XXXIX. Actividades empresariales y particulares desarrolladas en la cuenca del Río Elqui. Elaboración propia	145
Tabla II. Análisis de tipologías de valorización económica en su aplicación en la cuenca del Río Elqui y sus afluentes. Elaboración propia.....	147
Tabla III. Análisis de metodologías de valorización económica en su aplicación en la cuenca del Río Elqui y sus afluentes. Elaboración propia.....	148
Tabla II.II. Inversiones realizadas en la cuenca del Río Elqui y sus afluentes.....	149
VIII Figuras	150
Figura 1: Estaciones de muestreo en la cuenca del Río Elqui (Cepeda <i>et.al.</i> , 2008)	150
Figura 2: Distribución de estaciones de muestreo en septiembre del 2016, según los parámetros físico-químicos y nutrientes, realizado por ACP	151
Figura 3: Distribución de estaciones de muestreo en diciembre del 2016, según los parámetros físico-químicos y nutrientes, realizado por ACP	151
Figura 4: Cartografía de calidad ambiental según ChIBF en las estaciones de la cuenca del Río Elqui en septiembre del 2016.	152
Figura 5: Cartografía de calidad ambiental según ChIBF en las estaciones de la cuenca del Río Elqui en diciembre del 2016.....	153
Figura 6: Cartografía de calidad ambiental según IBIm en las estaciones de la cuenca del Río Elqui en septiembre del 2016.	154
Figura 7: Cartografía de calidad ambiental según IBIm en las estaciones de la cuenca del Río Elqui en diciembre del 2016.....	155
Figura 8: Distribución de estaciones de muestreo en septiembre del 2016, según parámetros comunitarios e índices bióticos (ACP).	156
Figura 9: Distribución de estaciones de muestreo en diciembre del 2016, según parámetros comunitarios e índices bióticos (ACP).	156
Figura 10: ACC entre los parámetros físico químicos y las familias de macroinvertebrados más representativas, en septiembre del 2016.....	157

Figura 11: ACC entre los parámetros físico químicos y las familias de macroinvertebrados más representativas, en diciembre del 2016.	157
Figura 12: Cartografía de calidad ambiental según IFF en las estaciones de la cuenca del Río Elqui en septiembre del 2016.	158
Figura 13: Cartografía de calidad ambiental según IFF en las estaciones de la cuenca del Río Elqui en diciembre del 2016.	159
Figura 14. Número de proyectos diferenciados por actividad en la cuenca del Rio Elqui. Elaboración propia. Fuente SEIA.	160
Figura 15. Inversión diferenciada por actividad productiva en la cuenca del Rio Elqui. Elaboración propia. Fuente SEIA.	160
Figura 16. Valor Económico Total. Fuente: Elaboración propia, adaptación de Martínez de Anguita, 2004.	161
Figura 17. Metodología Seleccionada para la Valorización Económica. Fuente: Elaboración propia.	161
Figura 18. Corrección de Inversiones en la Cuenca del Rio Elqui. Fuente: Elaboración propia.	162
IX Fotografías estaciones	163
Río Claro Derecho, Estación CD-1. Diciembre, 2016	163
Río Claro Derecho, Estación CD-2. Septiembre, 2016	164
Río Claro Derecho, Estación CD-2. Diciembre, 2016	164
Río Claro Derecho, Estación CD-5. Septiembre, 2016	165
Río Claro Derecho, Estación CD-5. Diciembre, 2016	165
Río Claro Derecho, Estación CD-6. Septiembre, 2016	166
Río Claro Derecho, Estación CD-6. Diciembre, 2016	166
Río Cochiguaz, Estación CO-1. Septiembre, 2016	168
Río Cochiguaz, Estación CO-1. Diciembre, 2016.....	168
Río Cochiguaz, Estación CO-3. Septiembre, 2016	169

Río Cochiguaz, Estación CO-3. Diciembre, 2016.....	169
Río Cochiguaz, Estación CO-4. Septiembre, 2016	170
Río Cochiguaz, Estación CO-4. Diciembre, 2016.....	170
Río Elqui, Estación EL-1. Septiembre, 2016.....	171
Río Elqui, Estación EL-1. Diciembre, 2016.....	171
Río Elqui, Estación EL-6. Septiembre, 2016.....	172
Río Elqui, Estación EL-6. Diciembre, 2016.....	172
Río Elqui, Estación EL-13. Septiembre, 2016.....	173
Río Elqui, Estación EL-13. Diciembre, 2016.....	173
Río Elqui, Estación EL-15. Septiembre, 2016.....	174
Río Elqui, Estación EL-15. Diciembre, 2016.....	174
Río Toro Muerto. Septiembre, 2016.....	176
Río Toro Muerto. Diciembre, 2016.....	176
Río Malo, Estación MA-1. Septiembre, 2016	177
Río Malo, Estación MA-1. Diciembre, 2016.....	177
Río Malo, Estación MA-2. Septiembre, 2016	178
Río Malo, Estación MA-2. Diciembre, 2016.....	178
Río Toro, Estación RT-1. Septiembre, 2016	179
Río Toro, Estación RT-1. Diciembre, 2016.....	179
Río Toro, Estación RT-2. Septiembre, 2016	180
Río Toro, Estación RT-2. Diciembre, 2016.....	180
Río Toro, Estación RT-3. Septiembre, 2016	181
Río Toro, Estación RT-3. Diciembre, 2016.....	181
Río Turbio, Estación TU-1. Septiembre, 2016.....	182
Río Turbio, Estación TU-1. Diciembre, 2016	182
Río Turbio, Estación TU-14. Septiembre, 2016.....	183
Río Turbio, Estación TU-14. Diciembre, 2016	183

Río Turbio, Estación TU-21. Septiembre, 2016.....	184
Río Turbio, Estación TU-21. Diciembre, 2016	184
Río Vacas Heladas, Estación VH-1. Septiembre, 2016.....	185
Río Vacas Heladas, Estación VH-1. Diciembre, 2016.....	185
Río Vacas Heladas, Estación VH-2. Septiembre, 2016.....	186
Río Vacas Heladas, Estación VH-2. Diciembre, 2016.....	186
Río La Laguna, Estación LA-3. Septiembre, 2016.....	187
Río La Laguna, Estación LA-3. Diciembre, 2016.....	187
Río La Laguna, Estación LA-8. Septiembre, 2016.....	188
Río La Laguna, Estación LA-8. Diciembre, 2016.....	188
Río Incahuaz, Estación IN. Diciembre, 2016	189
X Anexos	190
Anexo: Literatura Elqui. Archivo: obj1_actividad_a.xls.....	190
Anexo: ArcView_literatura_elqui.	190
Anexo: Proyectos SEIA.....	190
Anexo: Alojamientos turísticos Elqui.....	190

I Introducción

Los ríos presentan una variada dinámica ecológica que garantiza la diversidad y riqueza de los sistemas, esta dinámica ecológica está dada por su movilidad, tanto lateral como vertical, generada por las fluctuaciones de los caudales (Werritty, 1997; Malavoi *et al.*, 1998). Las formas y dimensiones que presentan los cauces fluviales son el resultado de la interacción de los materiales sólidos (sedimentos), el agua y la vegetación, siendo éste último el factor que tiene acción directa sobre el suelo y que ofrece resistencia frente al flujo como al material sedimentario (Martín, 2002). En los ríos es común apreciar elementos característicos distinguibles, como lo son la presencia de una comunidad de productores primarios más o menos compleja, presencia de productores secundarios, formada mayoritariamente por organismos invertebrados y peces (que se alimentan de algas, detritos u otros organismos) y una vegetación de ribera más o menos desarrollada (Gómez, 2003).

Diversos estudios han contribuido al entendimiento del funcionamiento de los ríos, en el año 1980 fue publicado el primer concepto teórico sobre el funcionamiento de éstos, por Vannote y colaboradores (1980), el cual indica que los sistemas fluviales son sistemas integrados longitudinalmente, por lo que existe una gran dependencia entre el funcionamiento aguas abajo del río y aquellos procesos que ocurren aguas arriba. La anterior aseveración está inserta dentro del denominado concepto de "río como un continuo (RCC)", en el cual los autores mediante dicho modelo conceptual describen el gradiente de condiciones físicas y químicas (en términos de aporte de energía) y sus resultantes respuestas bióticas en los sistemas fluviales desde cabecera hasta desembocadura (Gómez, 2003). Aun cuando, es relevante destacar que en los ecosistemas fluviales no solo es importante el cauce bañado, que es por donde circula el agua, sino que la faja perfluvial o la ribera conforman una gran parte del ecosistema y su estado determina de gran manera el estado ecológico de los ríos y de la cuenca.

Los ríos tienen la capacidad de transformar y retener los nutrientes (Peterson *et al.*, 2001; Martín, 2002), además al ser sistemas abiertos se exponen a la continua entrada de material particulado, esto a lo largo de su recorrido por la cuenca. Para explicar la dinámica que tienen los nutrientes a lo largo del río, se propuso el concepto de espiral de nutrientes, el cual incluye tanto el transporte como la retención de los nutrientes a lo largo de éste (Webster & Patten, 1979). El concepto indica que el ciclo de un nutriente, que se encuentra en el sistema fluvial, se cierra aguas abajo del río y no dentro de un mismo tramo, por lo que la forma de la espiral va a depender tanto de la velocidad de reciclaje del nutriente, como de la velocidad a la que éste es transportado aguas abajo (Newbold, 1992).

La clave para tener un río con un alto valor ecológico, paisajístico y ambiental es su dinámica fluvial, ya que es ésta la que garantiza la protección de cada uno de los elementos que conforman en forma natural el río y su ecosistema, por lo mismo para tener ríos con alta valoración en cada uno de sus componentes es importante proteger la dinámica de éste (Ollero, 2003; Ollero *et al.*, 2007).

La actividad humana a lo largo de los años ha generado una gran presión en los recursos hídricos (Figueroa *et al.*, 2007), lo que ha llevado a una cada vez mayor contaminación de los ríos, una disminución de su dinámica y una pérdida de la funcionalidad ecológica de estos, siendo éste último un proceso de difícil recuperación (APPA, 2007). Muchas de las actividades que el hombre realiza, en base al desconocimiento de la dinámica natural de los cauces y de las riberas, presentan una gran capacidad de modificación del funcionamiento fluvial y por ende genera problemas ambientales (Ollero *et al.*, 2007). No sólo la contaminación degrada los cursos de agua, sino que también se ha observado que los mayores impactos en cuerpos fluviales son generados por obras artificiales como eliminación de vegetación, revestimientos de la ribera, entre otros (APPA, 2007).

El estudio de los ríos implica la caracterización física y química de los mismos, dichos estudios son de gran importancia ya que permiten establecer planes de manejo (Figuroa *et al.*, 2007) y conocer la salud de éstos (Tiller & Metzeling, 2002), no obstante lo anterior, se hace necesaria la aplicación de índices que nos entreguen información relevante de la situación, tanto biológica como ecológica de ellos.

La importancia de la aplicación de Índices para la evaluación de ecosistemas está dada principalmente porque permiten identificar tensiones ecológicas a lo largo del tiempo, evalúan el estrés resultante de la contaminación y de los deterioros físicos y morfológicos, además aportan a la conservación de los ríos y permiten un monitoreo de estos. En distintos lugares del mundo se han utilizado índices bióticos, donde los macroinvertebrados bentónicos son el grupo más utilizado en estos tipos de estudios (Bonada *et al.*, 2006), para evaluación de calidad de aguas de diversos ríos. Es de esta manera como en Norteamérica (Plafkin *et al.*, 1989; Resh *et al.*, 1995; Barbour, 1997), Australia (Chessman, 1995, 2003; Schofield & Davies, 1996; Metzeling *et al.*, 2002; Tiller & Metzeling, 2002), Inglaterra (Wright *et al.*, 1984; Wright *et al.*, 2000) África (Chuter, 1972) y varios países de Europa, principalmente aquellos que se encuentran ajustando metodologías dentro de la Directiva Marco del Agua (Bonada, 2003), se han inclinado por la utilización de índices como herramientas para la gestión ambiental en ríos. Por otra parte, la utilización de índices que evalúan el funcionamiento de los ríos ha ido en incremento, implementándose aquellos que evalúan las características tanto morfológicas, ecológicas y bióticas de los ecosistemas y que han permitido evaluar diferentes características de ríos en España (Ollero *et al.*, 2007) y en Italia (APPA, 2007).

Dentro de la variada gama de índices que se conocen y aplican en estas materias se encuentra el Índice de Funcionalidad Fluvial (IFF) (APPA, 2007), que constituye un método de investigación que evidencia la situación funcional de los cursos de agua en relación al equilibrio, basado en la integración de factores bióticos, físico-químicos y morfológicos del sistema acuático y terrestre

asociado. Éste índice se creó en el año 2000 y se ha aplicado en más de 4000 ríos italianos (Dallafor *et al.*, 2010).

El Índice de Funcionalidad Fluvial (IFF, APPA, 2007) es un método que es de fácil y rápida aplicación, permitiendo de ésta manera ser un instrumento de evaluación y apoyo para la toma de decisiones relacionadas con la utilización del recurso agua, aplicándose tanto en el monitoreo ambiental, como en el apoyo de las planificaciones territoriales (APPA, 2007; Dallafor *et al.*, 2010).

En Chile, en el año 2010, en un trabajo en conjunto de la Universidad Católica de Chile, la Universidad Católica de Temuco y la Agencia Provincial por la Protección del Medio Ambiente (APPA) de Trento Italia, se aplicó el IFF en el río Trancura ubicado en la región de la Araucanía. A partir de dicho trabajo y su posterior publicación surgió el requerimiento de la aplicación del IFF en las cuencas de importancia de cada región en Chile, dicho trabajo ordenado por parte del Ministerio de Medio Ambiente.

Para la Región de Coquimbo, la cuenca del Río Elqui es de gran importancia, dada la alta actividad agrícola, ganadera y turística que ésta tiene. La aplicación del IFF implica la caracterización de la cuenca que será evaluada, en este caso, la cuenca hidrográfica del Río Elqui se ubica en la zona norte de Chile y su superficie es de 9.794 km² (Cepeda & Pizarro, 2005), aunque hay variaciones entre autores con respecto al tema, estas variaciones son menores (Zavala & Trigos, 2008). El Río Elqui, el más importante de los ríos de la cuenca, nace de la unión de los Ríos Turbio y Claro, unos 2 km aguas arriba del poblado de Rivadavia, a 815 m.s.n.m. Este río tiene una extensión de aproximadamente 75 km hasta su desembocadura en el Océano Pacífico (Cepeda *et al.*, 2008; Zavala, 2006; Zavala & Trigos, 2008). El Río Turbio se forma 43 km aproximadamente aguas arriba de Rivadavia, a 1.730 m.s.n.m. tiene como uno de sus principales tributarios el Río Incahuaz, en el sector de Las Terneras. La cuenca del río tiene una superficie de

4.196 km² y el curso de agua del Río Turbio se forma de la unión de los Ríos Toro y La Laguna. El Río Toro tiene por tributarios al Río Vacas Heladas (que se origina desde el estero Tambo) y los Ríos Malo y Toro Muerto. Al sur de la cuenca del Río Toro se ubica el Río La Laguna el que en su cabecera se ubica el glaciar El Tapado. El Río Claro se forma en el sector del poblado de Montegrande, dada la unión de los Ríos Cochiguaz y Derecho (o Claro Derecho), a 1.223 m.s.n.m.

En la cuenca del Río Elqui existen dos embalses, uno es el embalse Puclaro, que se ubica en el Río Elqui, aguas abajo de la ciudad de Vicuña, el cual comenzó su funcionamiento en el año 1999 y el otro es el embalse La Laguna, ubicado en el río del mismo nombre, que fue construido entre los años 1927 y 1937, con una capacidad de 40 millones de m³ (Zavala & Trigos, 2008).

Con respecto a los usos del agua de la cuenca, estos son diversos, pudiendo encontrarse usos in-situ, como lo es la pesca deportiva, que se realiza principalmente en sectores cercanos a la localidad de Paihuano. Otro tipo de uso es el de tipo extractivo, que en el caso de la cuenca está representado por el riego y por la captación para agua potable.

En el caso de riego, a lo largo de los ríos de la cuenca se pueden encontrar sectores en donde éstos son canalizados y desviados para el uso del agua en los cultivos. De acuerdo al diagnóstico realizado en el año 2004 por la consultora CADE-IDEPE para la DGA, la infraestructura de riego de la cuenca contaba con 152 canales. Además, existían 5.070 usuarios de los cuales 209 se encontraban organizados en 5 Asociaciones de Canalistas y 2 Comunidades de Agua. Con respecto al uso para la captación de agua potable, la cual contempla la utilización en las plantas de tratamiento para el abastecimiento tanto residencial como industrial, las comunas con mayor demanda de este tipo de agua son La Serena, Coquimbo, Vicuña y Paihuano. Con respecto al uso industrial, la principal demanda de agua la realizan las industrias ligadas a la agricultura, a la producción de pisco y de vino (CADE-IDEPE, 2004).

De acuerdo a la relevancia de la aplicación de índices en los ecosistemas fluviales y a la importancia de la cuenca del Elqui, se cree pertinente realizar la aplicación del Índice de Funcionalidad Fluvial (IFF) en dicha cuenca. Para lo anterior se requiere realizar un previo ajuste del índice, dada las diferencias en el ecosistema a evaluar y el ecosistema para el cual fue creado el índice en un principio.

II Objetivos

2.1 Objetivo General

Contar con una actualización y caracterización de los indicadores biológicos en la cuenca del Río Elqui para ser utilizados como herramientas de monitoreo del estado del ecosistema acuático.

2.2 Objetivos Específicos:

1. Actualizar la base de datos existente de comunidades biológicas acuáticas para la cuenca del Río Elqui.
2. Actualizar y caracterizar los indicadores biológicos en la cuenca del Río Elqui para ser utilizados como herramientas de monitoreo del estado del ecosistema acuático.
3. Definir y monitorear variables biológicas que den cuenta del estado de salud de los ecosistemas acuáticos.
4. Asociar los bioindicadores identificados a los niveles de calidad de agua de la cuenca del Río Elqui.
5. Asociar los bioindicadores al grado de perturbación de la cuenca.
6. Evaluación económica de los servicios ambientales, que presta la funcionalidad del río en la cuenca.

III Materiales y Métodos

3.1 Caracterización del área de estudio

3.1.1 Antecedentes generales

La cuenca del Río Elqui se ubica en la Provincia de Elqui, Región de Coquimbo, con una longitud en línea recta de aproximadamente 150 km y una superficie de 9.657 km². Forma parte del límite meridional del desierto costero peruano-chileno y presenta un carácter árido con influencias del clima desértico del norte y del clima semiárido de Chile central. La precipitación es variable, mayoritariamente nival y se presenta más abundante en la montaña andina.

3.1.2 Estaciones de muestreo

Las estaciones de muestreo se ubicaron en los ríos: Claro Derecho, Cochiguaz, Malo, Vacas Heladas, Toro, La Laguna, Turbio y Elqui. Cabe destacar que se adicionaron al muestreo los ríos: Toro Muerto e Incahuaz por ser tributarios de la cuenca y por su eventual significancia en la calidad de ésta.

Cada una de las estaciones fue nombrada de acuerdo a la nomenclatura establecida en el anteproyecto de la Normas Secundaria para la cuenca del Río Elqui, la cual es detallada a continuación:

- Río Claro Derecho: CD
- Río Cochiguaz: CO
- Río Malo: MA
- Río Vacas Heladas: VH
- Río La Laguna: LA
- Río Toro: RT
- Río Turbio: TU
- Río Elqui: EL
- Río Toro Muerto: TM
- Río Incahuaz: IN

En la Tabla I detalla la ubicación geográfica de las 27 estaciones de muestreo y su ubicación espacial en la Figura 1. El muestreo de primavera se realizó entre los días 5-8 de septiembre del 2016, sin acceso a la estación CD-1, pero incorporando la estación en el Río Toro Muerto. El muestreo de verano se realizó entre los días 5-7 de diciembre 2016, incorporando además una estación en el Río Incahuaz.

3.2 Actualización de la base de datos existente de comunidades biológicas acuáticas para la cuenca del Río Elqui.

Actividad a) Recopilación, revisión y sistematización de los antecedentes técnicos y científicos existentes y disponibles relacionados con la información biológica y ecosistémica acuática, para el Río Elqui.

La recopilación de información de los componentes de flora, fauna y de los sistemas presentes en la cuenca del Río Elqui, se realizó mediante estudios de universidades y centros de investigación regionales, publicaciones científicas, información de servicios públicos e información

proveniente del sistema de evaluación ambiental. La información detallada de las diferentes fuentes se presenta considerando los siguientes parámetros:

- Área de la cuenca donde se realizó la investigación.
- Componente analizado: flora y fauna.
- Visión ecosistémica.
- Ubicación de sitios prioritarios.

Actividad b) Análisis de la información biológica acuática disponible, generando un diagnóstico del estado actual del Río Elqui, a través de un análisis ecosistémico.

Se analizó toda la información relacionada con la biología acuática de la cuenca del Río Elqui, generando un diagnóstico de las comunidades biológicas presentes en la cuenca, su estado actual y nivel de información por grupo. La información se sistematizó y tabuló para facilitar su análisis según los componentes antes mencionados.

Los buscadores utilizados para la búsqueda de información fueron: METABUSCADOR UCN, WEB OF SCIENCE, SCIENCE@DIRECT, EBSCOHOST , SPRINGERLINK, SCOPUS, JSTOR, ACS, ACM.

Actividad c) Creación de un expediente bibliográfico que contenga la información recopilada.

El expediente se elaboró en archivo digital Base de datos información.xls, ordenada y clasificada por fuente, calidad, precisión, antigüedad metodológica y bibliografía, entre otros. Confeccionando además cartografía SIG con los sectores de la cuenca en donde se registran los estudios.

3.3 Actualización y caracterización de los indicadores biológicos en la cuenca del Río Elqui para ser utilizados como herramienta de monitoreo del estado del ecosistema acuático.

Actividad a) Monitoreo de bioindicadores en los cursos de agua propuestos generando un informe con el estado de salud de los ecosistemas.

Se aplicaron dos índices de bioindicación para la calidad de agua del Río Elqui, basados en la presencia de grupos de macroinvertebrados:

- Índice Biótico de Familia Chile (ChIBF)
- Índice Biótico Integrado con macroinvertebrados (IBIm).

Los índices bióticos integrados permiten tener una mejor estimación cuantitativa de la calidad biológica de las aguas superficiales continentales, ya que están diseñados para integrar toda la información desde los niveles de individuo, población y ecosistema, especialmente en su estructura, composición y organización.

Muestreo de Macroinvertebrados: Se colectaron macroinvertebrados bentónicos mediante una red Surber de 30x30 cm y de 500 μm de abertura de malla interpuesta en el curso de agua, lavándose el sustrato pedregoso que quede dentro del área de la red bajo el agua, para que los organismos sean atrapados en la malla, removiendo el sustrato para liberar los organismos presentes. El muestreo de cada estación se realizará con 5 réplicas, según lo descrito por Molina y Vila (2006); el material colectado se etiquetará y fijará en formalina al 10%, para ser posteriormente identificado y contado, utilizando para ello una lupa binocular Marca NIKON SMZ-10. El reconocimiento taxonómico se realizará en primera instancia a nivel de Orden y posteriormente a nivel de Familia, mediante la utilización de las claves taxonómicas de Fernández y Domínguez (2001), en los grupos donde sea posible. Las abundancias relativas serán calculadas como individuos promedio de las 5 réplicas y expresadas como número de individuos promedio en 0,09 m^2 .

Actividad b) Caracterización de los bioindicadores hallados y generación de una propuesta y justificación de su factibilidad de ser utilizados.

Para cada una de las estaciones de muestreo, se calcularon los índices bióticos propuestos de la siguiente manera:

- **Índice Biótico de Familia (ChIBF)**

Por cada Familia de macroinvertebrados se determinará el puntaje de tolerancia, en donde 0 (cero) representa el menos tolerante y el 10 el más tolerante a la contaminación orgánica (Tabla II):

$$IBF = 1/N \sum ni ti, \text{ donde:}$$

N: número total de individuos en la estación de muestreo

ni: número de individuos en la Familia "i" en la estación de muestreo

ti: puntaje de tolerancia de la Familia "i"

Para el cálculo del ChIBF, los taxa fueron agrupados en sus respectivas familias, asignando el puntaje de tolerancia sugeridos por Hilsenhoff (1988) y Figueroa *et al.* (2007), determinándose además el número total de individuos pertenecientes a cada familia.

Los resultados obtenidos se analizaron según los valores de ChIBF de Hilsenhoff (1988), especificados en la Tabla III.

- **Índice de Integridad Biótica para macroinvertebrados (IBIm)**

El IBI, se abordó detalladamente en 3 etapas: métricas candidatas, métricas finales y cálculo del IBI según Maturana (2012).

Etapas 1: Métricas candidatas

Se seleccionó una lista de métricas utilizadas en estudios como los de Barbour *et al.* 1996; Gibson *et al.* 1996; Stribling *et al.*, 1998 y Segnini, 2003; las que se agruparon en 5 categorías: riqueza taxonómica, composición taxonómica, tolerancia/intolerancia, estructura trófica y hábitat, como se indica en la Tabla IV:

Finalmente cada una de las métricas anteriormente mencionadas fueron correlacionadas estadísticamente con los parámetros fisicoquímicos del agua tomados en el área de estudio (Barbour *et al.* 1996), mediante el coeficiente de correlación de Spearman. Las métricas que se relacionen significativamente ($p < 0.05$) pasarán a la Etapa 2 de la metodología.

Etapas 2: selección de métricas finales

Las métricas seleccionadas (etapa 1) se volvieron a correlacionar, pero sólo entre métricas seleccionadas, mediante el mismo coeficiente de correlación. Sin embargo, esta vez se pone a prueba la correlación y no la probabilidad, donde aquellas métricas que se correlacionen con un r mayor 0,80 entre ellas, van a ser eliminada para evitar redundancia. Finalmente, aquellas métricas que aprobaron este criterio ($r < 0.80$) pasaron a ser las métricas finales.

Etapas 3: Cálculo del IBIm

El puntaje de las métricas finales se analizará en cada una de las estaciones de muestreo, asignando los valores máximos esperados para cada métrica, donde los valores obtenidos del muestreo biológico para cada una de éstas, serán puntuados con 1, 3 o 5, asignándoles el valor de 5 (bueno), 3 (medio) o 1 (pobre), donde se considera el percentil como criterio de corte.

Se considera el percentil 25 de los valores de las métricas para definir el corte, y a partir de ese valor máximo (o mínimo), se designan los umbrales para traspasar cada categoría de desviación (Barbour *et al.* 1996), respecto a la clasificación según el percentil de corte. No obstante, para los atributos cuyo valor incrementa con la degradación, el valor límite de referencia es el percentil del 75%.

Los valores obtenidos entonces, de la puntuación (1-3-5) por estación de muestreo se sumarán, arrojando un único valor por estación.

A fin de establecer valores críticos que permitan clasificar los sitios de estudio de acuerdo al estado de su condición biológica, el rango de valores del índice se divide en varias categorías y a cada una se le asocia un determinado nivel de la condición biológica (muy buena, buena, pobre y muy pobre) (Segnini, 2003).

Finalmente la suma total fue sometida a la última etapa donde el valor de la sumatoria fue introducido a una pequeña fórmula, para esto se utilizó el método propuesto por Moyle y Randall (1997):

$$CC = TP / NM \times 20$$

Dónde:

CC: Clase de calidad

TP: Total de Puntos

NM: N° de métricas

Una vez obtenido el guarismo final, este se asociará a su respectiva clase de calidad según lo propuesto por el mismo autor (Moyle y Randall, 1997) donde el valor más alto del índice, tendrá la mejor condición del área de estudio que será la condición de muy buena a excelente, seguida se encuentra buena condición, regular y finalmente pobre, como se muestra a Tabla V.

3.4 Definición de variables biológicas que den cuenta del estado de salud de los ecosistemas acuáticos.

Actividad a) Estimación de la riqueza, abundancia y dominancia de especies

Se estimaron para cada una de las 25 estaciones de muestreo: Abundancia relativa, riqueza de especies y dominancia específica. Una vez obtenido estos índices, se realizarán gráficos comparativos para observar las diferencias y/o similitudes entre las estaciones y sectores de la cuenca del Río Elqui.

Actividad b) Estimación de los parámetros comunitarios de las variables biológicas analizadas.

En cada una de las estaciones de muestro, se calcularon los siguientes parámetros comunitarios:

Para medir la variación de la diversidad dentro de la comunidad se calcularon:

- Índice de diversidad de especies de Shanon Winner :

$$H' = -\sum_{i=1}^S (ni / n) \ln (ni / n)$$

Donde:

H' = índice de diversidad
ni = número de individuos por especie
n = número total de individuos
ln = logaritmo natural

- Índice de Uniformidad o de equilibrio de Pielou's:

$$(J'): H'/H' \text{ max.} = H'/\log_2 S$$

Donde:

H': Índice de Diversidad

H' máx: Índice de diversidad máxima.

Se realizarán gráficos para comparar los resultados de las distintas estaciones y épocas de muestreo.

Para medir el grado de reemplazo de especies o cambio biótico a través de gradientes ambientales, se calculará el índice de similitud de Bray- Curtis

$$I_{BC} = 1 - \frac{\sum |x_i - y_i|}{\sum (x_i + y_i)}$$

Donde:

X_i= Abundancia de la especie i en la comunidad 1.

Y_i= Abundancia de la especie i en la comunidad 2.

Con los resultados arrojados por este índice, se elaboraron dendogramas de similitud faunística entre estaciones de muestreo, aplicándole a los datos la transformación de doble raíz cuadrada para darle importancia a la presencia de especies raras, cuya presencia puede determinar una característica particular de una zona.

3.5 Asociación de los bioindicadores identificados a los niveles de calidad de aguas de la cuenca del Río Elqui.

Actividad a) Monitoreo básico de parámetros físico químicos.

Por estación de muestreo se definió un transecto donde se ubicarán tres puntos longitudinalmente en el flujo, separados aproximadamente 100 m entre sí, desde los cuales se procederá a obtener agua mediante la sumersión de un frasco, para practicar los análisis. El valor por parámetro y por estación, corresponde al promedio de los valores parciales obtenidos en los puntos mencionados. Los parámetros a analizados fueron los siguientes:

- **Oxígeno disuelto, conductividad y pH**

Se midieron *in situ*, mediante un equipo de medición multiparámetro, Modelo Multi 340i WTW.

- **Nutrientes**

Se tomaron 3 muestras por estación de muestreo. Las muestras fueron trasladadas al laboratorio de la universidad, previa fijación en terreno con dos gotas de cloroformo y congeladas, para su posterior análisis de Nitrógeno total y Fósforo total. Se analizaron además, los nutrientes NO_2 , NO_3^- , PO_4^- , SiO_2 y NH_4^+ . Los análisis de se realizaron según la metodología descrita en American Public Health Association, *et al.* (1975).

Actividad b) Correlación de los índices propuestos, con los datos físico-químicos solicitados y los parámetros monitoreados por la DGA.

Para determinar el grado de relación cuantitativa de los datos, se relacionaron los índices calculados (IBF e IBIm) con parámetros físicos químicos dados por la DGA y los tomados en la presente consultoría, se utilizó el Coeficiente de Correlación de Spearman, el que corresponde a una medida de la correlación, asociación o interdependencia, entre dos variables aleatorias continuas.

Los parámetros físicos químicos dados por la DGA corresponden a los últimos tres meses de registro más cercanos a la fecha de muestreo, es decir, para el muestreo de septiembre se utilizaron los promedios de abril, junio y agosto 2016; y para el muestreo de diciembre los promedios de junio, agosto y octubre 2016.

Los parámetros físicos químicos y nutrientes tomados por la presente consultoría se realizaron según lo descrito en el pto. 3.1.2 de este informe.

Posteriormente se realizó un análisis de Componentes Principales (ACP) con los parámetros fisicoquímicos y también con las variables biológicas, con el fin de reducir los parámetros y obtener nuevas variables que resumen mayor información. Luego, con los componentes que reúnan el mayor porcentaje de la variación, y con el fin de determinar algún grado de relación, se realizó un análisis de correlación de Spearman, entre los componentes fisicoquímicos y el IBIm, para terminar con el IBF, utilizando el software Past (gratuito).

3.6 Asociación de los bioindicadores al grado de perturbación de la cuenca.

Actividad a) Análisis de la calidad de agua con los bioindicadores

Los índices de bioindicación propuestos, arrojarán de acuerdo al puntaje, la calidad de agua que se presenta en cada una de las estaciones muestreadas. Con estos índices se generó cartografía con la calidad de agua en los sectores de la cuenca analizados.

Actividad b) Análisis de los resultados de calidad de agua mediante bioindicadores y los parámetros físico-químicos y nutrientes tomados.

Análisis estadísticos de los datos

Los datos se normalizaron con $\ln(x+1)$, los análisis se realizarán utilizando el software Past (gratuito).

Análisis de Componentes Principales (ACP)

En primera instancia se realizó un ACP, para tener una visión general de la zona estudiada, de tal manera que se observe la distribución de las variables fisicoquímicas, variables biológicas y los índices propuestos (IBF e IBIm). Éste con el fin de reducir los parámetros y obtener nuevas variables que resumen mayor información.

Análisis de Correspondencia Canónica

De tal manera de determinar la relación entre la estructura de las comunidades, las variables fisicoquímicas y los índices bióticos, se realizó un ACC. Este sirve para entender como diversos taxa responden simultáneamente a factores externos como las variables ambientales, en este caso los parámetros fisicoquímicas tomados en el estudio. El resultado del ACC es un diagrama de ordenamiento formado por un sistema de ejes (cuadrantes) donde se muestran los sitios, las especies y variables fisicoquímicas (Fernández Gómez *et al.*, 1996)

Actividad c) Análisis de los parámetros físico químicos versus parámetros comunitarios.

Los análisis de la relación entre las variables físico químicas y los parámetros comunitarios, se realizó la misma metodología de análisis estadístico de los datos de la actividad anterior.

Actividad d) Análisis de perturbación antrópica en la cuenca.

Se realizó un catastro de las principales actividades antrópicas identificadas en la salida a terreno en la cuenca del Río Elqui. Los usos de aguas fueron tipificados siguiendo lo decretado por CADE-IDEPE (2004) .

Actividad e) Grado de perturbación de la cuenca

Se evaluó a partir del análisis de la funcionalidad fluvial de la cuenca versus el grado de perturbación al que esté sometida. La funcionalidad se evaluó según el Índice de Funcionalidad Fluvial (IFF) (APPA, 2001) y las perturbaciones de la cuenca, a partir de antecedentes bibliográficos y observaciones en terreno.

El Índice de Funcionalidad Fluvial (IFF) se basa en el análisis de 14 factores que tienen relación con el estado del territorio circundante, el tipo de vegetación de ribera, el espesor de la vegetación perfluvial, la continuidad de la vegetación perfluvial, las condiciones hídricas del cauce, el tipo de ribera, la estructura de retención de los aportes tróficos, la presencia de erosión y de modificaciones artificiales, la sección transversal, la composición del fondo del cauce, las características del flujo y la presencia de meandros, la comunidad de hidrófitos, el tipo de detritos dominante y las comunidades de macroinvertebrados. El puntaje total del IFF se obtiene con la suma de los valores otorgados a cada pregunta y puede alcanzar valores de entre 14 puntos hasta los 300 puntos (Tabla VI).

3.7 Evaluación económica de los servicios ambientales, que presta la funcionalidad del río en la cuenca.

Actividad: Valorización económica de los servicios ambientales

Metodología: Se realizará la evaluación económica de los servicios ambientales que presta el Río Elqui, dada la relevancia que éste presenta en los ámbitos económico y social de la cuenca hidrográfica. La evaluación económica del activo ambiental considerará los servicios que presta en la actualidad y los que se han perdido debido a la disminución de funcionalidad de algunos tramos del río a raíz de acciones antrópicas directas o indirectas, así como el alza en el costo que tendría para la sociedad la disponibilidad de agua en la cuenca (Birch *et al.*, 2011; Engel *et al.*, 2008).

Actividades, descripción de éstas e indicadores de resultado

a) Identificación de actividades desarrolladas en el Río Elqui mediante la revisión de RCA aprobadas en el Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental:

Se realizará una revisión de las actividades que se desarrollan en los distintos sectores productivos del Río Elqui.

b) Levantamiento de información productiva y económica de las actividades empresariales y particulares en la cuenca hidrográfica del Río Elqui:

Se realizará un chequeo de las actividades productivas y económicas que se realizan en el Río Elqui en terreno, aprovechando las salidas que se realizaran en época de primavera y verano.

c) Selección de la metodología de evaluación económica del activo ambiental:

Se analizarán las distintas metodologías que existen para evaluar económicamente los activos ambientales, se exigirá la que más concuerde con los datos recolectados y a la realidad del Río Elqui (Gehring, 2015; Loomis *et al.*, 2000; Paoli *et al.*, 2013).

d) Evaluación de los servicios ambientales prestados por el río Elqui:

Una vez seleccionada la metodología se realizará la evaluación de los servicios ambientales del Río Elqui.

e) Estimación económica de la pérdida de funcionalidad del Río Elqui:

Una vez obtenido los resultados de la actividad anterior, se determinarán los costos que implica, la pérdida de funcionalidad del Río Elqui y su efecto en las actividades productivas (Sanga & Mungatana, 2016; Schiappacasse *et al.*, 2012; Wunder & Wertz-Kanounnikoff, 2008).

Es importante señalar que la información recopilada en esta consultoría será entregada además en forma de mapas temáticos en formato Google Earth.

IV Resultados

4.1 Actualización de la base de datos existente de comunidades biológicas acuáticas para la cuenca del Río Elqui.

Actividad a) Recopilación, revisión y sistematización de los antecedentes técnicos y científicos existentes y disponibles relacionados con la información biológica y ecosistémica acuática, para el Río Elqui.

Después de realizar una búsqueda exhaustiva de información acerca de la información biológica y ecosistémica acuática de la cuenca del Río Elqui, se encontró muy poca información. La mayor cantidad de información encontrada corresponde a parámetros y características fisicoquímicas de la cuenca.

Además se consultaron los registros bibliográficos en universidades chilenas, encontrándose 2 tesis en la Universidad de Chile y una de la Universidad Católica de Valparaíso. También se consultó información en entidades públicas como la Dirección General de Aguas (DGA), Ministerio de Medio Ambiente, Dirección de Obras Hidráulicas (DOH), Servicio de Evaluación Ambiental (SEA).

La información detallada de las diferentes fuentes revisadas se presenta en archivo digital excell Anexo: Literatura Elqui. Archivo: obj1_actividad_a.xls

Actividad b) Análisis de la información biológica acuática disponible, generando un diagnóstico del estado actual del Río Elqui, a través de un análisis ecosistémico.

La cuenca hidrográfica, desde la cabecera hasta su desembocadura, constituye un único sistema que está bajo un continuo cambio de condiciones ambientales, lo que se refleja en el estado de las comunidades biológicas que lo componen. En general entonces, el estado de los ecosistemas fluviales depende de los diferentes usos del recurso hídrico a lo largo de la cuenca hidrográfica y de los efectos o consecuencias que generan estos en el recurso agua.

Los ecosistemas están compuestos por numerosas interacciones entre factores abióticos (temperatura, pH, velocidad de corriente, conductividad, nutrientes, etc.) y bióticos (competencia, predación, nichos, etc.). Por lo tanto, un ecosistema acuático corresponde a todos aquellos ecosistemas que tienen por biotopo algún cuerpo de agua, como por ejemplo: ríos, lagos, humedales y demás fuentes. Las variaciones de las aguas de un río son de gran importancia para las plantas hidrófitas, animales y personas que viven a lo largo de su trayectoria al mar. La fauna de los ríos generalmente abarca numerosos taxa, vegetal y animal, siendo características las poblaciones de anfibios, crustáceos, pequeños caracoles y peces, entre otros.

Los ríos y sus zonas de inundación sostienen diversos y valiosos ecosistemas, no sólo por la calidad del agua dulce para permitir la vida, sino también por las numerosas plantas e insectos que mantiene y que forman la base de las cadenas tróficas. En el lecho de los ríos, los peces se alimentan de plantas y los insectos son comidos por las aves, anfibios, reptiles y mamíferos. Los ecosistemas de agua dulce pueden considerarse entre los más importantes de la naturaleza y su existencia depende totalmente del régimen que tengan. Desde el punto de vista ecológico es totalmente diferente el funcionamiento de los tramos alto, medio y bajo:

En el **curso alto** (cabecera) el agua lleva pocos nutrientes pues no ha tenido tiempo de disolver o arrastrar minerales ni otras moléculas. El agua está bien oxigenada pues es fría y está agitada. Debido a la fuerte corriente no se pudo desarrollar el fitoplancton y hay poca fotosíntesis: el

ecosistema es heterótrofo (más respiración que producción) y los organismos obtienen la energía de los nutrientes que afluyen desde la cuenca, arrastrados por las aguas de lluvia.

En el **curso medio** el lecho es más amplio y menos abrupto, las corrientes tienen menos fuerza y crecen plantas que se sujetan al lecho del río. El río es más autótrofo (producción/respiración mayor que 1 frecuentemente). La diversidad de especies suele ser máxima.

En el **curso bajo** las corrientes son lentas y las aguas fangosas y al haber menos luz se hace menos fotosíntesis, por lo que el río de nuevo es heterótrofo y hay poca variedad de especies en la mayoría de los niveles tróficos.

Los ríos por su gran poder de regeneración de las aguas, son ecosistemas bien adaptados para el tratamiento natural de residuos, sin embargo éstos han sido muy alterados por acciones antrópicas, y por lo tanto es difícil actualmente encontrar un río auténticamente natural.

El agua de los ríos presenta una gran variedad química en su composición, la cual depende de lo que el agua pueda disolver del suelo por el que discurre, siendo entonces el suelo finalmente, quien determina la composición química del agua. Si el suelo es pobre en sales y minerales solubles, también el agua será pobre en sales y minerales. Y, a la inversa, si el suelo es rico en materias químicas solubles, gran parte de su riqueza la cederá al agua, con lo cual ésta contendrá muchas más sales minerales. Lo anterior es determinante para los tipos de vida animal y vegetal que allí se pueda desarrollar. Las principales adaptaciones de los animales y vegetales están directamente relacionadas con las características físicas del agua, con la que están permanentemente en contacto los organismos que viven en este medio acuático.

En la teoría ecológica aplicada a los ríos se han distinguido 4 dimensiones en su funcionamiento, la más conocida y característica dimensión del río es la longitudinal. El transporte aguas abajo

que se produce en el río es un factor clave que hace que el río sea un ecosistema particular. Los materiales disueltos y particulados son llevados río abajo por la corriente, y sólo se retienen de forma temporal por barreras físicas (como acumulaciones de hojas), por sedimentación en pozas, por su absorción en partículas o en los propios organismos. Esta retención temporal (ya que invariablemente la mayoría de elementos serán arrastrados hacia abajo por la corriente o las crecidas) ha recibido el nombre de espiral de nutrientes comparado con el ciclo de nutrientes de los lagos y embalses. Esta espiral tendrá espiras muy anchas cuando la retención sea baja y más cortas cuando los elementos o partículas sean depositados más frecuentemente por razones de barreras físicas o absorción por los organismos.

Una segunda dimensión corresponde a la longitudinal, donde la variabilidad geomorfológico que se da en el lecho con la sucesión de zonas de rápidos y pozas, determinando el estado ecológico del río es su dimensión lateral. Las zonas laterales que sólo se inundan temporalmente cada año o cada varios años originan la presencia de una gran variedad de hábitat en las márgenes del río que pueden presentar una gran heterogeneidad.

La tercera dimensión de la ecología de los ríos es la dimensión vertical, la que se encuentra en la zona hiporreica del río, es decir, las gravas y materiales fácilmente permeables bajo el lecho y la zona de ribera. El agua circula por esta zona de forma lenta, a través de los materiales porosos y mantiene una comunidad particular y diferente a las otras. Esta zona es vital como depósito de agua para su uso por parte del hombre, y es destruida por la explotación de áridos.

Por último, la dimensión temporal, es decir los cambios diarios, estacionales y plurianuales que se producen en el flujo del río, la corriente, la temperatura, el ritmo migratorio de las especies, etc. es altamente variable en los ríos y especialmente en los mediterráneos, fuente de su complejidad y también de biodiversidad. En suma el río es un sistema heterogéneo, diverso, variable en el tiempo y en el espacio y esta es la condición que se debe preservar o restaurar si

queremos mantener o alcanzar un estado ecológico óptimo. Por otro lado, los ecosistemas terrestres corresponden a aquellas zonas o regiones donde los organismos viven y se desarrollan en el suelo y en el aire que circunda un determinado espacio terrestre. En estos lugares los seres vivos que habitan el ecosistema encuentran todo lo que necesitan para poder subsistir. Dependiendo de los factores abióticos de cada ecosistema, existen distintos tipos de hábitat terrestres: desiertos, praderas y bosques.

a) *Flora de la cuenca del Río Elqui*

Después de analizar la información bibliográfica encontrada se puede desprender que: En general del punto de vista vegetacional en la cuenca del río Elqui se pueden distinguir las siguientes zonas:

- **Matorral arbustivo costero:** Se desarrolla en la franja litoral y en la vertiente oriental de los cordones costeros. Se desarrolla un matorral arbustivo costero poco denso. Presencia de espinos cactáceas y un tapiz herbáceo que sirve de forraje. En algunos sectores se encuentra vegetación psamófila.
- **Estepa abierta de *Acacia caven*:** Reencuentra en las laderas de los cordones transversales. Es una zona de vegetación compleja. Dado el estado de desertificación, el paisaje es dominado por matorrales degradados. En sectores protegidos de la actividad pastoril, se encuentra el espinal, el matorral subdesértico con abundancia de cactáceas, el matorral esclerófilo y el material arbóreo subdesértico.
- **Matorral abierto andino:** Se localiza en los cordones montañosos andinos (entre los 1.000 y 2.000 msnm). Es abierta, baja, cubierta de hierbas y arbustos bajos muy dispersos. Corresponde al jaral desértico y al matorral xerófilo subandino (entre 2.000 y 3.000 msnm).

- **Estepa andina:** Entre los 2.000 msnm y la nieve de la alta montaña. Se caracteriza por la presencia de hierbas xerófitas, adaptadas a condiciones de altura, arbustos pequeños hasta 60 cm. de altura.

En cuanto a la flora acuática se destaca la información del humedal Tambo-Puquíos, que del punto de vista de la flora presenta un total de 49 especies de plantas vasculares terrestres y semiacuáticas, de estas 18 son exclusivas de la matriz esteparia, 20 son exclusivas del humedal y las restantes se encuentran en ambos ambientes

b) Fauna en la cuenca del Río Elqui

Luego de la búsqueda bibliográfica realizada, se comprobó la poca información que existe de las comunidades biológicas acuáticas, se detectó que el sector más estudiado corresponde al sector de alta montaña del valle de Elqui, donde se concentra una gran cantidad de trabajos tendientes a caracterizar la zona y estudiar las interacciones biológicas presentes en el lugar. En el humedal de Tambo-Puquíos, la Fauna se caracteriza por la ausencia de peces y anfibios, la presencia de dos especies de reptiles y siete especies de mamíferos. El grupo más numeroso y diverso del área es la avifauna con 54 especies, que en su mayoría son visitantes estivales del sector. En cuanto a los macro invertebrados acuáticos su diversidad y abundancia es baja. La mayor cantidad de información existente de la zona alta del valle de Elqui se debe principalmente a los numerosos estudios financiados por la compañía minera "El Indio" desde 1988 a 2004.

En los sectores medios del Río Elqui se presenta una menor diversidad faunística y de flora hasta su desembocadura donde aumenta, no encontrándose demasiada información detallada de la flora y fauna presente en el sector. Sin embargo, se puede señalar que en cuanto a flora acuática, ésta presenta 35 especies, de las cuales el 77,15% es endémico o nativo. No se encontró información actualizada referente a fauna acuática, pero se presume en lo concerniente a los peces que se

presentarían 3 especies endémicas *Basilichtys microlepidotus* (Peligro de extinción), *Cauque brevianalis* (vulnerable) y *Galaxias maculatus* (vulnerable). En los afluentes superiores del río Elqui, se encuentran dos especies introducidas *Oncorhynchus mykiss* y *Salmo trutta*. También se reportan tres especies de anfibios.

En la zona de la desembocadura del Río Elqui se encuentra el mayor número de especies, concentrándose el 80% de las especies de reptiles de toda la cuenca y el 79% de la avifauna, siendo este el grupo más diverso de toda la cuenca con 170 especies. El grupo de mamíferos más numerosos son los roedores con 11 especies. Siendo los sitios con mayor diversidad de este grupo los sectores de El Molle y Diaguitas con 16 y 14 especies respectivamente.

Los macroinvertebrados acuáticos que son el motivo de este estudio se tratarán en forma especial.

Cabe señalar que la cuenca ha sufrido problemas ambientales provocados por el componente faunístico, es así como, las poblaciones de algunos animales se han convertido en plaga, dentro de este contexto se destaca la causada por roedores en los años 1972 y 1973, este fenómeno causa daños a los cultivos, provocando además alarma entre la población rural de la cuenca. Otra especie que potencialmente se podría convertir en un problema es la liebre *Lepus capensis*, dada su gran capacidad reproductiva, lo que se presenta como una amenaza tanto para la flora como fauna nativa. Aunque también es importante como fuente de alimento de especies nativas como el puma, el zorro rojo, el quique, aves rapaces y otros carroñeros. Los insectos son otro grupo que puede generar problemas en la cuenca por ser potenciales generadores de plagas, dentro de estos es importante destacar a los causantes de tripanosomiasis americana, en los poblados rurales del valle de Elqui. Con respecto a otros grupos de insectos su potencialidad como constituyentes de plagas dependerá de las condiciones ambientales y del manejo de agroquímicos.

Macroinvertebrados en la cuenca del Río Elqui:

La información sobre macroinvertebrados es bastante escasa, y lo es aún más si consideramos su uso como bioindicadores de calidad de agua.

La información recopilada de fuentes seguras y fidedignas, señalan que de acuerdo a la zona de la cuenca analizada se pueden encontrar los siguientes grupos:

- **Parte alta de la Cuenca:**

Cepeda *et al.* (2006) en un estudio general sobre la biota del humedal Tambo- Puquios ubicado en la alta cordillera Dona Ana del valle del Elqui presento un inventario de algunos invertebrados. Estos autores, describen la presencia de gusanos Turbellaria, larvas de Trichoptera y Ephemeroptera en el estero Tambo-Rio Vacas Helada; e insectos hemipteros, larvas de dípteros y anfipodos en las pozas presentes en la vega Puquios, ambos en la alta cordillera del Valle del Elqui a altitudes superiores a los 3500 m.

Alvial (2011), encuentra como familias más abundantes, en la zona alta de la cuenca, Chiromomidae, Empididae y Ephydriidae del Orden Diptera. Elmidae y Hydrophilidae del Orden coleóptera e Hydropsychidae del Orden Thycoptera

Alvial *et al* (2012), encuentra como familias más abundantes, en la zona alta de la cuenca, Chiromomidae, Athericidae, Ceratopogonidae y Empididae del Orden Diptera. Elmidae del Orden coleóptera

- **Sector medio de la Cuenca:**

Alvial, (2011) y Alvial, et al (2012), Encuentran como las familias más abundantes Ceratopogonidae, Chironomidae del Orden Diptera. Hydropsychidae del Orden Trichoptera y la familia Baetidae del Orden Ephemeroptera.

- **Sector bajo de la Cuenca:**

Orth (2008). En un estudio dentro del proyecto Caminar, proyecto realizado en conjunto por CAZALAC (Centro del Agua para Zonas Áridas de Latinoamérica y del Caribe) y CEAZA (Centro de Estudios Avanzados en Zonas Áridas y Semiáridas, de la Universidad de La Serena). Este estudio se centró en cuatro puntos de muestreo, cercanos a Marquesa, donde se encontraron las siguientes familias:

Orden/Clase	Familia
O. Ephemeroptera	Baetidae
O. Trichoptera	Hidrottilidae
	Hydrobiosidae
	Hydropsychidae
O. Diptera	Ceratopogonidae
	Chironomidae
	Empididae
	Limoniidae
	Simuliidae
O. Coleoptera	Elmidae
	Gyrinidae
	Hydrophilidae
Cl. Oligochaeta	
O. Triclada	Dugesidae
C. Gastropoda	Physidae
O. Odonata	Aeshnidae
	Gomphidae
	Coenagrionidae
	Libellulidae
O. Amphipoda	Hyaellidae

Alveal, (2011) y Alveal *et al* (2012). Señalan que las estaciones ubicadas en la parte baja de la cuenca presentan la mayor diversidad y riqueza de especies. Destacando las familias Chironomidae, Baetidae y el orden Oligochaeta.

Se encontraron además 2 tesis de pregrado que utilizan macroinvertebrados para evaluar la calidad de agua en la cuenca de Elqui. Es importante señalar que no se tuvo acceso al documento completo, solo a un resumen en ambos casos, por lo cual no se pudo identificar el sector preciso de la cuenca en que se tomaron las muestras. A pesar de este contratiempo se pudo encontrar información valiosa que permite asegurar que:

Jara (2002) encontró una variación estacional en la presencia de algunas familias de macroinvertebrados, además con la valiosa identificación a nivel de género de los ejemplares encontrados. Es así como, por ejemplo los géneros *Aeshna sp*, *Phenes sp*. y la especie *Lestes undulatus* de dos familias del Orden Odonata se encuentran solo en el mes de septiembre, al igual que el género *Penaphilia* del Orden Ephemeroptera. **Donoso, 2007** también tiene el aporte de identificar algunos ejemplares a nivel de especie, en particular a especies del Orden Ephemeroptera.

c) *Bioindicadores de calidad de agua en la cuenca del Río Elqui.*

Tello (2011) utilizó cianobacterias como bioindicadores de calidad de agua, en estaciones ubicadas en Vicuña, Embalse Puclaro, salida del embalse Puclaro, en Las Rojas, Tranque Monardez y en la desembocadura del Río Elqui. No se pudo entrar en más detalles ya que sólo se pudo acceder al resumen de la Tesis para optar al Título de Biólogo de la Pontificia Universidad Católica de Valparaíso. Facultad de Ciencias. Instituto de Biología.

Alveal (2011) utiliza tres índices bióticos en la cuenca del Elqui CHBMWP, CHIBF y CHSIGNAL 2. En general los índices mostraron una mala calidad para los ríos ubicados en la parte alta de la cuenca (Río Malo y Río Vacas Heladas), calidad regular a buena en la parte media de la cuenca, y mala calidad de agua en la parte baja de la cuenca. Sin embargo se debe destacar que el índice biótico CHBMWP, encontró mejor calidad de agua que los otros dos índices en las mismas estaciones.

Alveal et al.(2012) utilizaron dos índices bióticos usando macroinvertebrados, el CHBMWP y el CHIBF. Los resultados indican que los Ríos Malo, Vacas-Heladas y el Toro la calidad de agua encontrada es mala o muy mala. La mejor calidad de agua se encontró en las estaciones del Río Claro y Elqui con moderadamente perturbado, según el CHBMWP. Siendo según el CHIBF de muy perturbado a moderadamente perturbado.

d) Sitios de Protección de la Biodiversidad

- Sistema Nacional de Áreas Protegidas (SNASPE)

Dentro del análisis y protección de los ecosistemas presentes en la cuenca del Río Elqui el SNASPE no tiene áreas protegidas definidas en la cuenca del Río Elqui.

- Estrategia Regional de Protección de la Biodiversidad de la Región de Coquimbo

En la Estrategia Regional de Protección de la Biodiversidad de la Región de Coquimbo aparecen las zonas de Condoriaco, Llanos de Guanta, Río Turbio, La Laguna, Cerro de La Gloria, Río Cochiguaz, como sitios de prioridad III, lo que significa que son sitios sólo de interés, principalmente por la presencia de loros tricahue y flora del desierto florido.

Es importante destacar que Squeo *et al.* (2009), plantea la necesidad de declarar otras seis zonas como sitios prioritarios para la conservación de la biodiversidad en la zona de la cuenca del Río Elqui y que no están considerados en SNASPE. Éstos, basado en la flora nativa presente son:

Juan Soldado: Ubicado al norte de La Serena (12.000 ha aproximadamente), sector litoral al norte de La Serena. En este sector habitan 224 especies de plantas nativas (6 en peligro y 25 vulnerables), de las cuales 162 son endémicas de Chile y 22 endémicas de la Región de Coquimbo.

Quebrada Los Choros: Se ubica en la quebrada del mismo nombre, 75 km. Al norte de La Serena (12.000 ha aproximadamente). Se encuentra la principal población de *Balsamocarpon brevifolium* (algarrobilla), se encuentran 50 especies de plantas nativas (2 en peligro y 6 vulnerables), de las cuales 30 son endémicas de Chile.

Condoriaco: Al noroeste de La Serena (5.000 ha), se encuentran poblaciones pequeñas de algarrobilla. Con más de 31 especies nativas, de las cuales 2 están en peligro y dos vulnerable.

Quebrada el Arrayán: Pequeño valle fluvial que se interna en la montaña media, al sur de la ruta Vicuña – La Serena (10.000 ha), hay 110 especies de plantas nativas, 1 en peligro y 6 vulnerable, 75 endémicas.

Llanos de Guanta-Cordillera Doña Ana: Al oriente de La Serena, en la región precordillerana de Los Andes (34.500 ha), hay 230 especies de plantas nativas, 12 vulnerables y 64 endémicas de Chile.

Estero Derecho, aguas arriba de Alcoquaz: Área Protegida Privada – Santuario de la Naturaleza. Ubicado en la montaña media del Elqui (21.000 ha), con 179 especies de plantas nativas 81 en peligro, 10 vulnerables y 49 endémicas de Chile.

e) Usos en la cuenca del Río Elqui que pueden afectar los ecosistemas presentes

Un importante aspecto a considerar al estudiar los ecosistemas de la cuenca, es relacionar los usos que se presentan en ella y como éstos pueden afectar la salud y estabilidad de los ecosistemas. El detalle siguientes se extrae de CADE-IDEPE (2004) y Actualización de Proyecto Definitivo de Normas Secundarias de Calidad Ambiental para la Protección de las Aguas Continentales Superficiales de la Cuenca del Río Elqui elaborado por la Universidad Católica del Norte a la CONAMA, Región de Coquimbo el año 2009.

- **Agricultura**

La primera actividad productiva que puede generar influencia en los ecosistemas, dado su efecto en la calidad del agua del área de estudio, es la actividad agrícola, principalmente por la aplicación de los agroquímicos que da lugar a la contaminación de las aguas superficiales y por ende a la biota asociada; provocando disfunciones del sistema ecológico en las aguas superficiales por pérdida de los depredadores superiores, la inhibición del crecimiento y a los problemas reproductivos. Por otro lado, la FAO indica consecuencias negativas en la salud pública debido al consumo humano de animales acuáticos contaminados. Las principales formas en que los plaguicidas se integran al complejo hídrico de una cuenca, es mediante los trasladados generados por el viento hasta distancias muy lejanas y contaminan sistemas acuáticos, por el lavado de equipamientos y maquinaria en lugares sin el acondicionamiento adecuado, y por el manejo irresponsable de los envases.

En cuanto a las legislaciones, las restricciones de la presencia de plaguicidas corresponden principalmente a normativas ambientales de calidad y de salud humana, en tanto la legislación de aguas para riego a nivel nacional sólo indica restricciones generales a la presencia de herbicidas en el agua destinada a riego. En la cuenca del Río Elqui presenta una actividad agrícola centrada principalmente desde Vicuña hasta la desembocadura. En la parte alta de la cuenca, principalmente en los Ríos Turbio y Claro, la actividad es más reducida. La producción agrícola se concentra principalmente en cultivos forrajeros anuales y perennes, frutales, hortalizas y parronales.

- **Actividad Minera**

La minería es un factor importante a considerar, ya que puede afectar al recurso hídrico tanto en su calidad como cantidad, con el consiguiente efecto sobre las comunidades biológicas. La calidad de agua depende del buen manejo que presenta la actividad en sus procesos productivos y en el manejo de los RILES.

- **Actividad Urbana**

La presencia de localidades pobladas en la cuenca del Río Elqui, puede afectar la calidad de agua, dada la presencia tanto de aguas servidas domiciliarias, y de grasas y aceites, que pueden afectar a las comunidades biológicas y sus ecosistemas.

- **Actividad Turística**

Una actividad importante e intensiva en la cuenca del Elqui, sobre todo en períodos estacionales. La que se ha visto incrementada en los últimos 10 años, lo que ha provocado la aparición de numerosos hostales y camping, los cuales en algunas ocasiones modifican el curso de agua , afectándolo del punto de vista físico y con la modificación de parámetros como: DBO₅, SS, pH, nitrato, fosfato, amonio, aceites y grasas, detergentes, y coliformes fecales. Los que al aumentar modifican los ecosistemas, pudiendo provocar la proliferación de especies nocivas, tanto

vegetales como animales. Lo que daña y modifica los ecosistemas naturales presentes en la cuenca.

A manera de resumen se puede decir que luego de analizar toda la información recopilada de Los resultados de esta primera sesión de muestreo no permiten poner en evidencia un impacto de la minera sobre las comunidades de macroinvertebrados. Además hay que precisar que este año fue muy seco como para que se llene la quebrada seca que está conectado al río.

Estos primeros resultados tienen la ventaja de establecer una base sobre la fauna presente en el valle del Elqui, aunque el sector de estudio este muy reducido. También, permitió poner en evidencia que la composición y abundancia de las taxa de macroinvertebrados depende también de los sustratos y de ver alguna afinidad entre taxa y sustratos.

También se destacó que las consideraciones sobre la sensibilidad de las taxa son de orden generales y que no hay antecedentes al respecto en Chile como para poder apoyar la interpretación de los resultados. Por eso, el monitoreo de estas mismas estaciones en otro periodo o a lo largo de los años es crucial para estudiar más en detalles la ecología de estas taxa.

Cabe señalar también que el número de 20 taxa por las 4 estaciones es bastante bajo y que el trabajo de bioindicación queda bastante limitado en razón de la determinación al nivel de familias.

Dentro una familia existe diferentes especies que tienen a veces características autoecológicas diferentes y por consecuencias tolerancias distintas a las contaminaciones. Lamentablemente por el momento no se puede ir más allá en la determinación.

Actividad c) Creación de un expediente bibliográfico que contenga la información recopilada.

El expediente bibliográfico se entrega en carpeta digital Anexo: ArcView_literatura_elqui. En esta carpeta se encuentran los archivos con la cartografía generada con las publicaciones y los lugares donde se realizaron los estudios en la cuenca, además de la base de datos (literatura_elqui.sig.xls).

En los casos en que no existen coordenadas geográficas se entregó de referencia la estación de la DGA más cercana para poder visualizar la zona de estudio.

4.2 Actualización y caracterización de los indicadores biológicos en la cuenca del Río Elqui para ser utilizados como herramienta de monitoreo del estado del ecosistema acuático.

4.2.1. Grupos taxonómicos de macroinvertebrados

Septiembre 2016

Se identificaron un total de 12 Clases/Subclases de macroinvertebrados, 15 Ordenes y 37 Familias. Destaca en el registro la Clase Insecta con mayor presencia de Ordenes (7): Diptera, Trichoptera, Ephemeroptera, Plecoptera, Coleoptera, Hemiptera y Odonata. La Clase Arachnida presentó dos Ordenes: Aranae y Acari. La Clase Entognatha presentó los Ordenes: Collembola y Megaloptera. La Clase Malacostraca sólo con el Orden Amphipoda. La Clase gastropoda con los Ordenes: Neotaenioglossa y Basommatopjora. La Clase Bivalvia con el Orden Veneroida. La Clase Turbellaria con el Orden Tricladida. Las Clases Oligochaeta, Nematoda, Nematomorpha, Copepoda y Ostracoda, sin identificación más específica de taxones, por lo dificultoso de su identificación y/o carencia en claves taxonómicas más específicas (Tabla VII).

En cuanto al número de individuos registrados durante el muestreo, existe un primer grupo de taxa con un número inferior a los 10 ejemplares, correspondiente a las Familias Blephariceridae,

Tipulidae, Tabanidae, Thaumaleidae, Ephydriidae, Stratiomyidae, Ceratopogonidae, Polycentropodidae, Hydrobiosidae, Hydroptilidae, Limnephilidae, Scirtidae, Hydrophilidae, Gyrinidae, Mesoveliidae, Notonectidae, Aphididae, Gomphidae, Aeshnidae, Coenagrionidae, Dugesiiidae y los Ordenes Araneae y Collembola (Tabla VII).

En un segundo grupo de taxa con un número individuos entre los 12-100 ejemplares, pertenecientes a las Familias: Simuliidae, Empididae, Philopotamidae, Gripopterygidae, Staphylinidae, Corydalidae, Hyalellidae, Hydrobiidae, Physidae y Sphaeriidae; y las Clases: Copepoda y Ostracoda.

Un cuarto grupo de taxa con un número individuos entre los 101-324 ejemplares de las Familias: Hydropsychidae Leptoceridae Elmidae y la Clase Nematoda. Finalmente un último grupo de taxa con registro sobre los 1.000 individuos de tres Familias: Chironomidae, Baetidae y Leptophlebiidae; la primera familia de éstas con presencia en la totalidad de las estaciones muestreadas.

Diciembre 2016

Se identificaron un total de 10 Clases/Subclases de macroinvertebrados, 15 Ordenes y 31 Familias. Destaca en el registro la Clase Insecta con mayor presencia de Ordenes (7): Diptera, Trichoptera, Ephemeroptera, Plecoptera, Coleoptera, Hemiptera y Odonata. La Clase Arachnida presentó dos Ordenes: Araneae y Acari. La Clase Entognatha presentó los Ordenes: Collembola y Megaloptera. La Clase Malacostraca sólo con el Orden Amphipoda. La Clase Gastropoda con los Ordenes: Neotaenioglossa y Basommatopjora. La Clase Bivalvia con el Orden Veneroida. Las Clases Hirudinia, Oligochaeta, Copepoda y Ostracoda, sin identificación más específica de taxas, por lo dificultoso de su identificación y/o carencia en claves taxonómicas más específicas (Tabla VIII).

En cuanto al número de individuos registrados durante el muestreo, existe un primer grupo de taxa con un número inferior a los 10 ejemplares, correspondiente a las Familias Blephariceridae, Tipulidae, Psychodidae, Muscidae, Ephydriidae, Ceratopogonidae, Hydroptilidae, Gripopterygidae, Scirtidae, Staphylinidae, Hydroptilidae, Gyrinidae, Belostomatidae, Notonectidae, Aeshnidae, Coenagrionidae, Corydalidae; los Ordenes Araneae e Isopoda; y las Clases Oligochaeta, Hirudinea y Copepoda (Tabla VIII).

En un segundo grupo de taxa con un número individuos entre los 12-100 ejemplares, pertenecientes a las Familias: Simuliidae, Empididae, Hydrobiosidae, Aphididae, Hydrobiidae, Physidae; y la Clase Ostracoda (Tabla VIII).

Un tercer grupo de taxa con un número individuos entre los 101-872 ejemplares de las Familias: Chironomidae, Hydropsychidae, Leptoceridae, Baetidae, Leptoceridae y Elmidae (Tabla VIII).

4.2.2 Estado de salud del ecosistema según el Índice Biótico de Familia (ChIBF)

Septiembre 2016

En los Ríos Cochiguaz, Claro Derecho y La Laguna, las estaciones poseen una calidad ambiental buena o muy buena, es decir con una perturbación moderada o sin perturbación.

En los cursos de agua de la parte alta de la cuenca, Ríos Toro Muerto, Malo, Vacas Heladas, las estaciones presentaron una calidad mala y regular.

El Río Toro en sus dos estaciones más altas la calidad es regular, sin embargo en la más baja (RT-3) la calidad es muy buena.

El Río Turbio presentó una tendencia similar al Río Toro, las estaciones más altas (TU-1 y TU-14) tienen calidad regular y la ubicada en la parte más baja presentó calidad buena (TU-21).

El Río Elqui presentó una característica ambiental buena, excepto en las estaciones EL-13 y EL-15 (bajo el Embalse Puclaro) donde la calidad ambiental es regular.

Los valores, clase y característica ambiental del índice se especifican en la Tabla IX.

Diciembre 2016

En los Ríos Cochiguaz, Claro Derecho y La Laguna, las estaciones poseen una calidad ambiental buena o muy buena, es decir con una perturbación moderada o sin perturbación, con excepción de la estación CD-2 (Claro Derecho), que presentó una calidad ambiental de regular perturbado.

En los cursos de agua de la parte alta de la cuenca la estación del Río Toro Muerto presentó una característica ambiental muy buena, no perturbada. Por el contrario los Ríos Malo, Toro y Vacas Heladas, las estaciones presentaron una calidad mala y regular.

El Río Turbio presentó una tendencia similar al Río Toro, las estaciones más altas (TU-1 y TU-14) tienen calidad Buena y Muy buena y la estación ubicada en la parte más baja presentó calidad regular (TU-21).

El Río Elqui presentó todas las características ambientales en sus estaciones; muy buena no perturbada en la estación EL-1, mala muy perturbada en EL-3, buena moderadamente perturbada en EL-15 y regular perturbado en las estaciones EL-13 y EL-16.

La estación del Río Incahuaz presentó una calidad ambiental buena moderadamente perturbada.

Los valores, clase y característica ambiental del índice se especifican en la Tabla X.

4.2.3 Estado de salud del ecosistema según el Índice Biótico Integrado de macroinvertebrados (IBIm)

Septiembre 2016

Posibles métricas.

Composición y riqueza de especies:

Las métricas propuestas para composición y riqueza de especies, respecto a las respuestas estadísticamente significativamente frente a las variables ambientales (Tabla XI), mostraron que todas las métricas posibles presentan correlaciones altas con conductividad eléctrica y sólidos disueltos totales, con excepción de Odonata, Chiromidae y el % de crustáceos. Otro aspecto a destacar es que la mayor parte de las métricas presentan buenas relaciones con Amonio (NH_4), y todas presentan buena correlación con la concentración de Sulfatos (SO_4). Las métricas de Molusco total y crustáceos total además presentan buenas relaciones con la concentración de oxígeno disuelto.

Estructura trófica:

El número de organismos colectores y el porcentaje de estos presentan cifras significativas con oxígeno disuelto. Ph presenta buenas relaciones principalmente con el número de organismos filtradores. La mayoría de los diferentes tipos de organismos presentan buenas relaciones con sólidos disueltos totales y conductividad eléctrica, siendo una relación inversa con filtradores, raspadores, colectores, fragmentadores, colectores recolectores y detritívoros.

Los nutrientes que presentan mayores relaciones significativas son Amonio (NH_4) y Sulfatos (SO_4). Siendo una relación directa sólo con el porcentaje de depredadores y colector raspador. Los organismos colectores fragmentadores y colectores detritívoros no presentan relaciones significativas con ningún parámetro físico químico medido (Tabla XIII).

Tolerancia:

Las métricas de número organismos tolerantes e intolerante, como también los porcentajes de estos presentan relaciones significativas con conductividad eléctrica y sólidos disueltos totales, pero siendo sólo una relación directa con el número de organismos tolerantes. Además presentan buenas relaciones con los nutrientes Amonio (NH_4) y Sulfatos (SO_4), pero solo siendo una relación directa solo con el % de especies tolerantes (Tabla XV).

Preferencia por ambiente:

El oxígeno disuelto tuvo relaciones significativas con el porcentaje de organismos agarradores (clingers) y el porcentaje de organismos nadadores agarradores (sw-cl) y reptadores (sprawlers (sp)). El pH presenta relaciones significativas con todas las preferencias de hábitat, con la excepción del porcentaje de organismos excavadores (bu). Todas las relaciones fueron significativas al asociar la preferencia de hábitat (salvo porcentaje de excavadores y agarradores) con conductividad eléctrica y sólidos disueltos totales, siendo esta una relación inversa (Tabla XVII).

Con respecto a la relación con los nutrientes, Amonio (NH_4), Silicatos (SiO_2) y Sulfatos (SO_4), presentan una relación significativa e inversa. Exceptuando el porcentaje de excavadores (bu) y reptadores (sp). Los fosfatos (PO_4) presentan relaciones significativas con organismos agarradores (clingers) y el porcentaje de organismos nadadores agarradores (sw-cl).

Métricas finales:

En total 50 métricas presentaron valores significativos, respecto a las variables físico químicas. Tras el proceso de eliminación de métricas redundantes, bajo el criterio de eliminar a las correlaciones mayores o iguales a 0,8, quedaron seleccionados un total de 11 métricas, Número de organismos tolerantes e intolerantes, organismos agarradores excavadores (cl-bu); porcentaje de agarradores (cl), nadadores agarradores (sw-cl) y nadadores. Número dípteros, coleóptera,

familia Chiromidae, suma EPT (efemenoptera+ plecoptera + tricoptera) y porcentaje de coleptor recolector (Tabla XIX).

Puntuación de métricas:

La metodología utilizada a través de los percentiles logró establecer los rangos de cortes para las métricas propuestas (Tabla XXI) poniendo a prueba cada una de las métricas anteriormente seleccionadas.

Respecto a los puntajes obtenidos en las estaciones muestreadas en septiembre del 2016, los mayores puntajes se encontraron en las estaciones ubicadas en los Ríos Claro Derecho, La Laguna y río Cochiguaz. Los puntajes más bajos se obtuvieron en las estaciones del Río Malo y la estación RT-2 del Río Toro. Finalmente cada uno de los puntajes se asoció a una clase de calidad (Tabla XXI-XXIII).

Clases de calidad

La utilización de la fórmula propuesta por Moyle y Randall (1997) fue capaz de estimar la calidad biológica del sistema a partir de los macroinvertebrados bentónicos, este método fue descrito para determinar las distintas clases de calidad. El resultado arrojó que el 56 % de las estaciones (14) presentaron buena calidad; el 32% de las estaciones (8) presentaron calidad regular y el 12% (3) presentó calidad pobre (Tabla XXV).

Si analizamos las clases de calidad por los cursos de agua presentes en la cuenca, se observa que la mejor calidad se encontró en los Ríos Cochiguaz, La Laguna y Claro Derecho, además de la estación analizada en el Río Toro Muerto. El Río Vacas Heladas presentó calidad regular en todas sus estaciones. Cuatro de las cinco estaciones de muestreo del Río Elqui presentaron calidad regular, y sólo la ubicada en el sector de Pelicana presentó buena calidad (EL-15). Las tres estaciones del Río Toro presentaron calidades diferentes, la ubicada en el sector de la aduana

tuvo buena calidad (RT-3). Las estaciones ubicadas mas arriba presentaron mala calidad (RT-2) y calidad regular (RT-1). El Río Turbio presentó buena calidad en el sector de Juntas (TU-1) y en el sector del Puente las Terneras (TU-14), la estación ubicada en Chapilca tuvo una calidad regular (TU-21). El Río Malo presento calidad pobre.

Diciembre

Posibles métricas en diciembre:

Composición y riqueza de especies:

Se encontraron diferencias con lo obtenido en el muestreo de septiembre en cuanto a las métricas propuestas para composición y riqueza de especies, respecto a las respuestas estadísticamente significativamente frente a las variables ambientales (Tabla XII), mostraron que las métricas Tricoptera, porcentaje de Tricoptera, Ephemeroptera, porcentaje de Ephemeroptera y EPT (efemenoptera+ plecoptera + tricoptera), presentan correlaciones altas con Oxígeno disuelto, pH, conductividad eléctrica y sólidos disueltos totales. Además tanto el número total y el porcentaje de moluscos presentan correlaciones significativas sólo con oxígeno disuelto y el número de Coleópteros sólo con conductividad eléctrica y sólidos disueltos totales. Otro aspecto a destacar es que la mayor parte de las métricas anteriormente señaladas presentan buenas relaciones con los nutrientes Amonio (NH_4), Nitrito (NO_2), Fosfatos (PO_4) y sulfatos (SO_4), y solo porcentaje de EPT presenta correlación significativa con la concentración de Silicatos (SiO_2).

Estructura trófica:

Oxígeno disuelto presenta correlaciones significativas con el porcentaje de organismos colectores raspadores y con el porcentaje y número de organismos colectores. Ph presenta buena relación principalmente con el número de organismos filtradores y el porcentaje de colectores. La conductividad eléctrica y los sólidos disueltos totales presenten buena correlación con el porcentaje de colectores recolectores y el número de organismos colectores. En relación a los nutrientes el porcentaje de colectores recolectores presenta buena correlación con Amonio

(NH₄), Fosfatos (PO₄) y sulfatos (SO₄). El porcentaje de colectores raspadores con Fosfatos (PO₄), al igual que el porcentaje de colectores. Finalmente el número y porcentaje de colectores presentan buena correlación con los sulfatos (SO₄) (Tabla XIV).

Tolerancia:

Las métricas de número organismos tolerantes e intolerante, como también los porcentajes de estos presentan relaciones significativas con conductividad eléctrica y sólidos disueltos totales, pero siendo sólo una relación directa con el número de organismos tolerantes. Además el porcentaje de organismos tolerantes y el de intolerantes presentan buenas relaciones con todos los nutrientes exceptuando Nitritos y Nitratos. Siendo una relación directa solo con los organismos tolerantes (Tabla XVI).

Preferencia por ambiente:

El oxígeno disuelto y el pH tuvieron relaciones significativas con el número y porcentaje de organismos agarradores (clingers). La conductividad eléctrica y los sólidos disueltos totales presentan relaciones significativas pero inversas con el número y porcentaje de organismos agarradores y el número de organismos nadadores (Tabla XVIII).

Con respecto a la relación con los nutrientes, los fosfatos (PO₄) presentan relaciones significativas directas con organismos agarradores excavadores e inversa con el porcentaje de organismos agarradores. El Amonio (NH₄) presenta relaciones significativas inversa sólo con el porcentaje de organismos nadadores. Finalmente los Sulfatos (SO₄), presentan una relación significativa e inversa con el número total de organismos agarradores y los organismos nadadores.

Métricas finales:

En total 22 métricas presentaron valores significativos, respecto a las variables físico químicas. Tras el proceso de eliminación de métricas redundantes, bajo el criterio de eliminar a las correlaciones mayores o iguales a 0,8, quedaron seleccionados un total de 13 métricas, Porcentaje de organismos tolerantes y número de organismos intolerantes, porcentaje de colectores recolectores, total de organismos depredadores y filtradores; porcentaje de agarradores excavadores, número de nadadores; porcentaje de Chiromidae. Número de EPT (efemenoptera+ plecoptera + tricoptera), Moluscos totales, organismos colectores y agarradores. Y finalmente porcentaje de organismos colectores raspadores (Tabla XX).

Puntuación de métricas:

La metodología utilizada a través de los percentiles logró establecer los rangos de cortes para las métricas propuestas (Tabla XXII) poniendo a prueba cada una de las métricas anteriormente seleccionadas.

Respecto a los puntajes obtenidos en las 27 estaciones muestreadas en diciembre del 2016, los mayores puntajes se encontraron en las estaciones ubicadas en los Ríos Claro Derecho, La Laguna y río Cochiguaz. Los puntajes más bajos se obtuvieron en las estaciones del Río Malo, Toro, Vacas Heladas Turbio y las estaciones EL-13; EL-6 y EL-1 del río Elqui. Finalmente cada uno de los puntajes se asoció a una clase de calidad (Tabla XXIV).

Clases de calidad

La utilización de la fórmula propuesta por Moyle y Randall (1997) fue capaz de estimar la calidad biológica del sistema a partir de los macroinvertebrados bentónicos, este método fue descrito para determinar las distintas clases de calidad. El resultado arrojó que el 29,63 % de las estaciones (8) presentaron buena calidad; el 48,15% de las estaciones (13) presentó calidad regular y el 22,22% (6) presentó calidad pobre (Tabla XXVI).

Si analizamos las clases de calidad por los cursos de agua presentes en la cuenca, se observa que la mejor calidad se encontró en los Ríos La Laguna, las estaciones EL-16, EL-15 y EL-13 del Río Elqui y las estaciones del CD-1 y CD-5 del Río Claro Derecho, además de la estación CO-3 del Río Cochiguaz, las estaciones restantes de estos dos últimos ríos presentaron calidad regular. El Río Turbio presentó calidad regular en todas sus estaciones. Los Ríos Vacas Heladas, Malo y Toro presentaron estaciones con calidad regular y pobre. El Río Toro Muerto presentó calidad regular. Finalmente la estación del Río Incahuaz presentó Calidad pobre, al igual que las estaciones del Río Elqui ubicadas sobre el Embalse Puclaro EL-6 y EL-1.

4.2.4 Bioindicadores como herramienta de monitoreo del estado del ecosistema acuático.

El conocimiento de las características y abundancia de los organismos bentónicos en un sistema acuático fluvial es fundamental para relacionarlos con las condiciones del medio ambiente en el que está inserto en una estrecha y dinámica relación.

Sin duda la taxa más importante en diversidad de familias y abundancias específicas corresponde a los insectos, los cuales son valiosos indicadores. Los macroinvertebrados bentónicos ofrecen ventajas para ser usados como indicadores de contaminación y/o de calidad o característica ambiental (Figuroa *et al.*, 1999; Figuroa *et al.*, 2003), lo que se ve reflejado con los resultados obtenidos en este primer objetivo.

En general la toma de muestras en terreno de macroinvertebrados no necesita mayor destreza ni conocimiento específico que quien realiza la actividad, sin embargo la identificación de las muestras en el laboratorio, sí requiere de conocimientos específicos de un biólogo experto en la identificación de las taxas. Por otro lado, existe escasez de claves taxonómicas que abarquen taxas más específicas que el nivel de familias, por lo tanto esta es una limitante a considerar a futuro.

El cálculo de ChIBF y del IBIm es rápido en general y permite estimar la calidad ambiental en ambos casos. Sin embargo el IBIm requiere otros antecedentes o métricas de los taxa registrados, como por ejemplo, composición faunística, riqueza, tolerancia a las perturbaciones, formas de alimentación y preferencias de hábitat, lo que permite integrar información del ambiente al índice. En general tanto el ChIBF como el IBIm entregan información valiosa del estado del ecosistema, siendo herramientas complementarias en caso de ser utilizadas ambas.

El monitoreo del estado del ecosistema acuático en la cuenca del Río Elqui debería considerar a futuro:

- Ajustar tablas de tolerancia de macroinvertebrados a la realidad de la cuenca en estudio
- Realizar una línea base de macroinvertebrados de manera estacional durante un año, (otoño, invierno, primavera y verano) para tener referencia de la dinámica estacional de la cuenca
- Modificar estaciones de muestreo:
 - Río Vacas Heladas: VH-1 y VH-2 están muy cerca geográficamente y representan una misma unidad ecosistémica.
 - En el Río Toro: RT-1 y RT-2 están muy cerca geográficamente y representan una misma unidad ecosistémica.
 - Río Elqui: se sugiere incorporar una estación en la parte baja de cuenca, bajo la ciudad de La Serena.
 - Río Cochiguaz: CO-3 y CO-4 están muy cerca geográficamente y representan una misma unidad ecosistémica.
 - Río La Laguna: se sugiere incorporar una sobre el embalse La Laguna.
 - Incorporar al monitoreo los Ríos Toro Muerto e Incahuaz, en ambos casos antes de juntarse con el Río Malo y Turbio respectivamente.

- Hacer coincidir fechas de muestreos y ubicación de estaciones de la DGA y muestreo Bioindicadores
- IBIm es un buen índice integrado de calidad por su sensibilidad a los cambios ambientales, pero su cálculo es algo más compleja
- ChIBF es un índice de calidad de aguas de fácil estimación y sus resultados presentan una buena correlación con el IBIm
- IFF es un índice de funcionalidad que responde y refleja los cambios en antrópicos, por lo tanto se recomienda estimarlo cuando se quiera analizar el efecto de la acción antrópica en la cuenca.

4.3 Variables biológicas que dan cuenta del estado de salud de los ecosistemas acuáticos.

4.3.1. Riqueza de macronvertebrados

Septiembre 2016

Las estaciones que presentaron la mayor riqueza de taxa corresponden a las estaciones EL-13 y CO-3 con 18 taxa, seguida de CD-6 con 17 taxa. Las estaciones CD-5, CO-1 y CO-4 registraron una riqueza de valor 16; EL-15 y CD-7 con riqueza de valor 15; LA-3 con riqueza 14; CD-2, LA-8 y TM con riquezas de 13, 12 y 10 respectivamente. Las demás estaciones presentaron riquezas inferiores al valor 10 (Tabla XXVII).

Diciembre 2016

Las estaciones que presentaron la mayor riqueza de taxa corresponden a las estaciones EL-13 con 18 taxa, seguida de CD-6 con 17 taxa. Las estaciones CD-5 registró una riqueza de valor 16; CD-1, CD-7 y EL-15 con riqueza de valor 15; CO-1 con riqueza 14; CD-2, CO-3 con riquezas

de 13 y LA-3 con 12. Las demás estaciones presentaron riquezas inferiores al valor 10 (Tabla XXVIII).

4.3.2. Abundancia de macroinvertebrados

Septiembre 2016

Todas las estaciones de los Río Vacas Heladas, Malo, Toro y Turbio presentan un número >100 individuos capturados en cada una de ellas. El Río Elqui sin embargo, presenta mayor diferencias en los registros de individuos por estación; es decir, en las estaciones extremas del curso EL-16 y EL-1 el número de individuos es >100, pero en EL-15 bajo el Embalse Puclaro el número de individuos alcanzó los 611 individuos, el segundo mayor registro en el muestreo de septiembre. El Río La Laguna en general presenta registros >500 individuos en sus dos estaciones. El Río Cochiguaz con registros >300 individuos; el Claro Derecho en general con registros entre los 200-500 individuos y el Río Toro Muerto con 220 individuos (Tabla XXVII).

Diciembre 2016

La estación LA-3 presentó la mayor abundancia relativa de ejemplares capturados (615).

Todas las estaciones de los Río Vacas Heladas, Malo, Toro y Turbio presentan un número <30 individuos capturados en cada una de ellas. El Río Elqui sin embargo, presentó mayores diferencias en los registros de individuos por estación; es decir, en las estaciones bajas del curso, EL-16, EL-15 y EL-13 el número de individuos fue >170, pero en EL-6 y EL-1 no superaron los 34 individuos. El Río Cochiguaz con registros >100 individuos en sus estaciones altas (CO-1 y CO-3), y 36 individuos es la estación baja (CO-4); el Río Claro Derecho en general con registros entre los >150 en las estaciones altas del curso e <100 en las estaciones bajas. El Río Toro Muerto con 32 individuos e Incahuaz con 10 individuos (Tabla XXVIII).

4.3.3. Dominancia de macroinvertebrados

Septiembre 2016

Las dominancias más altas se presentaron en los Ríos: Elqui, Claro Derecho, Toro y Turbio. En el Río Elqui las estaciones EL-16 y EL-13; en el Río Claro Derecho la estación CD-6; en el Río Toro la estación RT-3 y en el Río Turbio la estación TU-14.

El Río Cochiguaz en general, presentó bajos valores de dominancia. El Río Malo con los valores de dominancia más bajos de la cuenca, es decir, sin dominancia de especies. Los Ríos Toro Muerto, Vacas Heladas y La Laguna presentaron dominancias entre los valores de 2-3 (Tabla XXVII).

Diciembre 2016

Las dominancias más altas se presentaron en los Ríos: Elqui y Cochiguaz, específicamente en las estaciones EL-16 y EL-13; y en CO-1. Las demás estaciones en general no presentaron dominancia de taxa.

EL-16 y EL-13 son las únicas estaciones que mantuvieron dominancia tanto en septiembre como en diciembre 2016 (Tabla XXVIII).

4.3.4 Diversidad biológica de los macroinvertebrados

Septiembre 2016

La mayor diversidad biológica se registró en los Ríos Elqui, Claro Derecho, Cochiguaz y Turbio. En el Río Elqui la mayor diversidad se registro sólo en las estaciones bajo el Embalse Puclaro (EL-13, EL-15 y EL-16); en el Río Turbio en las primeras estaciones después de unirse con el Río La Laguna (TU-1 y TU-14), es en las estaciones bajas de los Ríos Toro y La Laguna. Los

Ríos con menor diversidad biológica corresponden a los ríos de la parte alta de cuenca, Ríos: Toro Muerto, Malo, Vacas Heladas y Toro (Tabla XXIX).

Las estaciones con mayor uniformidad en sus taxa se observó en los Ríos Elqui, Claro Derecho, Vacas Heladas, Toro y Turbio (Tabla XXIX).

Diciembre 2016

En relación a la Diversidad de especies en diciembre del 2016, los valores más altos se encontraron en las estaciones del los Ríos Estero Derecho, Cochiguaz, las estaciones del Río Elqui ubicadas debajo del Embalse Puclaro. Los valores más bajos se encontraron en los Ríos Incahuaz, Vacas Heladas, Malo y Toro (Tabla XXX).

Con respecto a la uniformidad (J') en general los valores presentan la misma tendencia que la diversidad de especies

4.4 Niveles de calidad de aguas de la cuenca del Río Elqui.

4.4.1. Parámetros físico-químicos y nutrientes tomados.

Septiembre 2016

Con respecto a los parámetros físico químicos , se observa una gran diferencia en los valores de conductividad eléctrica (CE) y de sólidos disueltos totales (TDS), en las distintas zonas de la cuenca, los valores más altos se encuentran en las estaciones del Río Malo, Vacas Heladas y Río Toro; los más bajos se encontraron en los Ríos La Laguna , Cochiguaz y Claro Derecho. La misma diferencia se observa en los datos de pH, siendo muchos menores en las estaciones de los ríos ubicados en la parte alta de la cuenca. En cuanto al oxígeno disuelto los valores mas altos se enciontraron en las estaciones del Río Elqui, Claro Derecho y Cochiguaz (Tabla XXXI).

En relación a los nutrientes analizados, se encontraron valores altos de silicatos (SiO_2) y sulfatos (SO_4) en toda la cuenca, por el contrario se encontraron valores bajos de nitritos, fosfatos y amonios. Con respecto a los nitratos, los valores más altos se midieron en las estaciones del Río Elqui.

Luego de realizar el análisis de componentes principales (ACP) (Figura 2), con los parámetros físico químicos tomados, se puede observar el agrupamiento claro de estaciones, donde se observa en el cuadrante I a las estaciones que se caracterizan por altos valores de conductividad eléctrica, de sólidos disueltos totales, y bajos valores de pH, además de altos valores de silicatos y sulfatos, estas estaciones corresponden a los Ríos Toro, Vacas Heladas y Malo; en el cuadrante II se encuentran las estaciones asociadas a altos valores de nitrato, Oxígeno disuelto y Temperatura, estas estaciones corresponden a las del Río Elqui; cuadrante III a las estaciones con valores de pH más elevados con bajas concentraciones de nutrientes y bajos valores de conductividad eléctrica y sólidos disueltos totales, estas estaciones corresponden a los Ríos Cochiguaz, La Laguna, y Claro Derecho.

Diciembre 2016

Nutrientes

Con respecto a los resultados de NO_3 las estaciones bajas del Río Elqui (EL-16, EL-15, EL-13) y TU-14 son la que presentaron los valores más altos >3 mg/L. En los registros de NO_2 destacan los valores altos en las estaciones del Río Toro y en MA-2. En cuanto al PO_4 , sólo la estación MA-1 presentó un valor superior a las demás estaciones analizadas. El NH_4 presentó valores más altos sólo en las estaciones MA-2 y RT-3. Los SiO_2 presentaron altos en las estaciones del Río Malo. Los SO_4 presentaron valores entre 130-180 mg/L en todo el Río Elqui, valores entre 1128-1984 mg/L en el Río Malo, entre 500-1000 mg/L en el Río Toro Muerto, Vacas Heladas y Toro; le sigue el Río Turbio e Incahuaz con valores entre 100-185 mg/L.

Parámetros físico-químicos *in situ*

En general los cursos de agua presentaron valores de oxígeno disuelto que variaron entre los 8-10 mg/L. Los Ríos Malo, Toro Muerto, Vacas Heladas, Toro, Laguna presentaron valores inferiores. Un patrón similar presentó los registros de pH. La Conductividad eléctrica y los TDS en general tuvieron registros altos en los cursos altos de los cursos de agua.

En la Tabla XXXII se muestran los resultados obtenidos del análisis físico-químicos y nutrientes de las aguas en cada una de las estaciones de muestreo de diciembre 2016

Luego de realizar el análisis de componentes principales (ACP) (Figura 2), con los parámetros físico químicos tomados en diciembre, se puede observar el agrupamiento claro de estaciones, donde se observa en el cuadrante I a las estaciones que se caracterizan por altos valores de conductividad eléctrica, de sólidos disueltos totales, y bajos valores de pH, además de altos valores de silicatos, amonio y sulfatos, estas estaciones corresponden a los Río Malo y una estación del río Toro; en el cuadrante II se encuentran las estaciones asociadas a altos valores de nitrato, nitrito y Oxígeno disuelto, estas estaciones corresponden a las del Río Elqui; cuadrante III a las estaciones con valores de pH más elevados con bajas concentraciones de nutrientes y bajos valores de conductividad eléctrica y sólidos disueltos totales, estas estaciones corresponden a los ríos: Cochiguaz, La Laguna, Claro Derecho, Turbio y la estación del Río Incahuaz. En el cuadrante IV se encuentran las estaciones del río Vacas Heladas, las dos estaciones restantes del Río Toro y la del Río Toro Muerto.

4.4.2. Correlación de los índices propuestos con los datos físicoquímicos y nutrientes tomados y los parámetros monitoreados por la DGA.

Septiembre 2016

Se realizó la correlación entre los índices bióticos propuestos (ChIBF y IBIm) y los parámetros físico químicos analizados, observándose en la Tabla **XXXIII**, que ambos índices presentan las correlaciones más altas con los parámetros de conductividad eléctrica (CE), sólidos totales disueltos (TDS) y los nutrientes silicatos (SiO_2), sulfatos (SO_4) y amonios (NH_4). Diferenciándose en que para el caso del Índice Biotico Integrado (IBIm) la relación es inversa.

Diciembre 2016

El Índice Biótico de Familia (ChIBF) presenta correlaciones significativas con oxígeno disuelto, pH y los nutrientes Nitrato (NO_3) y Nitrito (NO_2). Por otra parte el Índice Biótico Integrado (IBIm) presenta correlaciones altamente significativas solo con los silicatos (SiO_2).

Se observa que los valores más altos corresponden a cloruros, calcio, magnesio y hierro, en las siete estaciones, destacando además los altos valores de cobre encontrados en las dos estaciones del Río Malo.

Al realizar el análisis de correlación entre los parámetros físico químicos, metales y los índices bióticos calculados. Se destaca que el ChIBF presenta altas correlaciones con la conductividad eléctrica y la cantidad de sólidos disueltos totales, al igual que con Arsénico, Boro, Calcio, Hierro, Manganeso, Potasio y Zinc siendo todas ellas relaciones directas. Por otra parte el Índice Biótico Integrado (IBIm) presentó relaciones significativas directas con oxígeno disuelto y pH, e inversas con Hierro, Magnesio, Manganeso, Potasio y Zinc (Tabla XXXIV).

El Nitrato, Fosfatos, Amonio y Sulfatos presentan valores altos de correlación inversa con todos los metales, con excepción del Plomo que es una relación directa.

Los valores de concentración de plata, selenio y mercurio fueron eliminados de la matriz de correlación, ya que la relación con las otras variables fue de valor cero.

Es importante señalar que los datos tomados en este estudio no se pudieron correlacionar totalmente con los parámetros tomados por la DGA (Tabla XXXV), debido a varios factores como:

- Sólo doce estaciones del total con que cuenta la DGA, presentan datos físico químicos al día, concentrándose todas ellas en la parte alta de la Cuenca del Elqui.
- Las estaciones de la DGA, se encuentran ubicadas en otros sectores, los cuales no corresponden a las ubicaciones de las estaciones muestreadas en este estudio de bioindicadores.
- La toma de muestras en las estaciones de la DGA se realizan sólo en los meses pares, y como el primer monitoreo del estudio de bioindicadores se realizó en el mes de septiembre, no se encontraron datos correspondientes a ese mes.

Para solucionar esta situación se procedió a ubicar primero las estaciones de la DGA con datos actualizados de parámetros físico-químicos, las cuales estaban más cercanas a alguna estación del muestreo de bioindicadores, como resultado se obtuvo que siete estaciones de la DGA podrían asimilarse a alguna estación del monitoreo actual, estas estaciones estaban ubicadas en el Río Elqui (EL-1), Malo (MA-1 y Ma-2), Vacas Heladas (VH-2), Turbio (TU-1 y TU-21) y La Laguna (LA-8).

Se observa que los valores más altos corresponden a cloruros, calcio, magnesio y hierro, en las siete estaciones, que corresponden a la parte alta de la cuenca del Elqui.

Posterior a este trabajo, se realizó un análisis de correlación entre los parámetros físico químicos, metales y los índices bióticos calculados. Se destaca en los resultados que, los índices bióticos calculados presentan altas correlaciones con cloruros, calcio, cobre, hierro magnesio, manganeso, potasio total y zinc. Diferenciándose en que, para el caso del IBIm la relación es inversa y para el ChIBF directa. Además este último índice biótico presenta alta correlación con níquel y cadmio total (Tabla XXXVI).

Todos los nutrientes analizados presentaron valores altos de correlación con sodio total, zinc, magnesio y manganeso.

Los valores de concentración de plata, selenio, plomo y mercurio fueron eliminados de la matriz de correlación, ya que la relación con las otras variables fue de valor cero.

4.5 Bioindicadores y grado de perturbación de la cuenca.

4.5.1. Análisis de la calidad de agua con los bioindicadores

Septiembre 2016

Índice Biótico de Familia (ChIBF)

En los Ríos Cochiguaz, Claro Derecho y La Laguna, las estaciones poseen una calidad ambiental buena o muy buena, es decir con una perturbación moderada o sin perturbación.

En los cursos de agua de la parte alta de la cuenca, Ríos Toro Muerto, Malo, Vacas Heladas, las estaciones presentaron una calidad mala y regular. El Río Toro en sus dos estaciones más altas la calidad es regular, sin embargo en la más baja (RT-3) la calidad es muy buena. El Río Turbio presentó una tendencia similar al Río Toro, las estaciones más altas (TU-1 y TU-14) tienen calidad regular y la ubicada en la parte más baja presentó calidad buena (TU-21).

El Río Elqui presentó una característica ambiental buena, exepcto en las estaciones EL-13 y EL-15 (bajo el Embalse Puclaro) donde la calidad ambiental es regular (Figura 4).

Índice Integrado Biótico de macroinvertebrados (IBIm)

Si analizamos las clases de calidad por los cursos de agua presentes en la cuenca, se observa que la mejor calidad se encontró en los Ríos Cochiguaz, La Laguna y Claro Derecho, además de la estación analizada en el Río Toro Muerto. El Río Vacas Heladas presento calidad regular en todas sus estaciones. Cuatro de las cinco estaciones de muestreo del Río Elqui presentaron calidad regular, y sólo la ubicada en el sector de Pelicana presento buena calidad (EL-15). Las tres estaciones del Río Toro presentaron calidades diferentes, la ubicada en sector de la aduana tuvo buena calidad (RT-3). Las estaciones ubicadas más arriba presentaron mala calidad (RT-2) y calidad regular (RT-1). El Río Turbio presentó buena calidad en el sector de Juntas (TU-1) y en el sector del Puente las Terneras (TU-14), la estación ubicada en Chapilca tuvo una calidad regular (TU-21). El Río Malo presento calidad pobre (Figura 6).

Diciembre 2016

Índice Biótico de Familia (ChIBF)

El Río Claro Derecho presentó en general una buena calidad de las aguas en sus estaciones excepto en CD-2 donde la calidad bajo a regular en comparación con septiembre.

En el Río Cochiguaz se mantuvo la calidad muy buena o buena en sus tres estaciones.

En la parte media de la cuenca, en el Río Elqui, donde existe mayor presión ambiental por usos, la calidad de las aguas se mantuvo en comparación con septiembre, empeorando sólo en EI-6, a la salida de Vicuña.

El Río Toro Muerto presenta una mejor calidad en este segundo muestreo; por el contrario el Río Malo empeora su calidad, incluso en MA-2 no se pudo estimar ChIBF ya que se registró una escasez extrema de taxa que imposibilitaron el cálculo del índice.

El Río Toro presentó una calidad similar a lo registrado en septiembre (regular, malo), destacando en RT-2 una situación similar a lo ocurrido en MA-2.

Las estaciones altas del Río Turbio presentaron una calidad buena y en TU-21 una calidad regular.

En el Río Vacas Heladas la situación fue similar a lo registrado en septiembre, en general una calidad regular y mala.

En las estaciones del Río La Laguna, bajo el embalse del mismo nombre la calidad se mantuvo en muy buena en ambas fechas de muestreo. Finalmente en el Río Incahuaz, la calidad del agua en buena.

La calidad de las aguas en todas las estaciones se puede visualizar en la Figura 5 y sus detalles en la Tabla IX-X.

Índice Integrado Biótico de macroinvertebrados (IBIm)

En la cuenca del Río Elqui, la mejor calidad según este índice integrado se registraron en los Ríos La Laguna, en el Río Elqui (EL-16, EL-15 y EL-13), en las estaciones del CD-1 y CD-5 del Río Claro Derecho y en CO-3 del Río Cochiguaz.

El Río Turbio presentó calidad regular en todas sus estaciones. Los Ríos Vacas Heladas, Malo y Toro presentaron estaciones con calidad regular y pobre. El Río Toro Muerto presentó calidad

regular. Finalmente la estación del Río Incahuaz presentó Calidad pobre, al igual que las estaciones del Río Elqui ubicadas sobre el Embalse Puclaro EL-6 y EL-1.

La calidad de las aguas en todas las estaciones se puede visualizar en la Figura 7 y sus detalles en la Tabla XXV-XXVI.

4.5.2. Calidad de agua mediante bioindicadores y los parámetros físico-químicos y nutrientes tomados.

Septiembre 2016

Al relacionar la calidad de agua, obtenida mediante el uso del índice biótico ChIBF, se observa que las estaciones que las estaciones de los ríos: Claro Derecho, Cochiguaz y La Laguna, presentan desde buena calidad a muy buena no perturbada. Estando relacionadas a sectores que presentaron, valores de pH cercanos a 7, valores bajos de conductividad eléctrica y de sólidos disueltos totales y concentraciones bajas de nutrientes.

Las dos estaciones del Río Elqui ubicadas sobre el embalse Puclaro (EL-1y EL-6), además de la estación EL-16, mostraron también buena calidad de agua asociadas a sectores con valores altos de oxígeno disuelto y de nitratos.

Las estaciones de Río Malo fueron las únicas que presentaron condición mala muy perturbada, dado principalmente por los altos valores de conductividad eléctrica y sólidos disueltos totales, además de bajos valores de pH.

Al realizar el mismo análisis con la calidad de agua entregada por los valores obtenidos al aplicar el índice biótico integrado IBIm, se observa que las estaciones con buena calidad al igual que con el índice ChIBF, son las ubicadas en los Ríos Claro Derecho, Cochiguaz, La Laguna y Toro

Muerto. Además de algunas estaciones del Río Turbio y Toro. Pero a diferencia de lo indicado por el ChIBF, tres sectores presentaron una calidad pobre, las dos estaciones del Río Malo y la estación RT-2 del Río Toro (Figura 8-10).

Diciembre 2016

Al relacionar la calidad de agua, obtenida mediante el uso del índice biótico ChIBF, se observa que las estaciones que tuvieron de buena a muy buena calidad están asociadas a sectores que presentaron, valores de pH cercanos a 7, valores bajos de conductividad eléctrica y de sólidos disueltos totales y concentraciones bajas de nutrientes, como son las estaciones del Río la Laguna, Claro Derecho (exceptuando la estación CD-2), Cochiguaz y 2 estaciones del Río Elqui (EL-15 y EL-1), Río Incahuaz y 2 estaciones del Río Turbio.

Por el contrario las estaciones que presentan calidad de agua de regular a malo, están asociadas con sectores de altos niveles de nutrientes, valores altos de conductividad eléctrica y de sólidos disueltos totales, además de bajos valores de pH.

Al realizar el mismo análisis con la calidad de agua entregada por los valores obtenidos al aplicar el índice biótico integrado IBIm, se observa que las estaciones con buena calidad disminuyen. Encontrándose buena calidad de agua en las estaciones del Río Elqui ubicadas bajo la cortina del embalse, las estaciones del Río La Laguna y dos estaciones del Río Claro Derecho (CD-1 y CD-5). Al igual que para el índice biótico anterior, parece favorecer a la buena calidad de agua, sectores con valores de pH cercanos a 7, valores bajos de conductividad eléctrica, de sólidos disueltos totales y concentraciones bajas de nutrientes (**Figura 9-11**)

Sin embargo este índice parece ser más restrictivos o refleja mejor los cambios ambientales que se producen, ya que disminuye la cantidad de estaciones con buena calidad, aumentando las estaciones con calidad regular, y de una pobre calidad ambiental.

4.5.3. Análisis de los parámetros físico químicos tomados versus parámetros comunitarios.

Septiembre 2016

Se realizó un análisis para observar la distribución de estaciones considerando los parámetros ecológicos y los dos índices bióticos calculados. Las estaciones de los Ríos La Laguna, Cohiguaz y Claro Derecho se relacionan positivamente con la riqueza, abundancia, diversidad y con el IBI e inverso con el ChIBI, lo que no es de extrañar, ya que los valores más bajos de este índice indican mejor calidad de agua (cuadrante IV). Y directamente con las estaciones de los Ríos Turbio, Vacas Heladas y Malo, ríos que presentan baja calidad de agua según los índices bióticos calculados.

Al relacionar las variables ambientales (parámetros fisicoquímicos) con la abundancia de las familias más representativas, mediante un análisis de correspondencia canónica, explica el 59,36% de la varianza en el conjunto de datos (% acumulativo de varianza de datos de especies, primeros cuatro ejes CCA). El gradiente más importante se compone de conductividad eléctrica, sólidos disueltos totales y los nutrientes amonio, silicato y sulfatos, que presentan una relación estrecha pero inversa con el primer eje de ACC. El segundo eje CCA está relacionado con el oxígeno disuelto y los valores de pH.

Los sitios con bajos valores de conductividad eléctrica y de sólidos disueltos totales, además de valores de pH cercanos a 7, se encuentran en el primer cuadrante. Son estaciones que corresponden al Río Claro Derecho, Cohiguaz y las estaciones del Río Turbio TU-21 y EL-6 del Río Elqui. Las familias de estos sitios fueron Baetidae, Simuliidae, Hydropsychidae, Leptoceridae e Hydroptilidae).

Por el contrario, en el cuadrante tres, se ubican las estaciones asociadas a altos valores de conductividad eléctrica, sólidos disueltos totales y los nutrientes analizados, con excepción de los nitritos. Se encuentran aquí las estaciones de los Ríos Malo, Vacas Heladas, Toro y Turbio (TU-1). Las familias que se encuentran asociados a estos sitios son Elmidae, Ecnomidae (**Figura 8-10**)

Diciembre 2016

Al relacionar las variables ambientales (parámetros fisicoquímicos) con la abundancia de las familias más representativas, mediante un análisis de correspondencia canónica, explica el 67,16 % de la varianza en el conjunto de datos (% acumulativo de varianza de datos de especies, primeros cuatro ejes CCA). El gradiente más importante se compone de conductividad eléctrica, sólidos disueltos totales y amonio, que presentan una relación directa con el primer eje de ACC. El segundo eje CCA está relacionado con los valores de sulfatos, sólidos disueltos totales y conductividad eléctrica.

Los sitios con altos valores de conductividad eléctrica, sólidos disueltos totales, sulfatos, fosfatos, además de valores bajos de pH, se encuentran en el primer cuadrante. Son estaciones que corresponden al Río Toro, Malo, Incahuaz, dos estaciones del río Turbio (TU-21 y TU-14) y dos estaciones del río Elqui (EL-15 y EL-16). Las familias de estos sitios fueron, Hydropsychidae y Ecnomidae.

Por el contrario, en el cuadrante tres, se ubican las estaciones asociadas a bajos valores de conductividad eléctrica, sólidos disueltos totales y los nutrientes analizados, exceptuando los silicatos que presentan valores más altos y valores altos de pH. Se encuentran aquí la estación TU-1 del Río Turbio y la estación 6 del Río Claro Derecho. La familia que se encuentra asociada a este sitio es Elmidae.

En el cuadrante dos se encuentran las estaciones del Río la Laguna y las estaciones CO-3 y CO-4 del Río Cochiguaz con valores de nitrato. La familia que se encuentra asociada a este sitio es Leptophlebiidae.

En el cuadrante cuatro se encuentran las estaciones del Río Claro Derecho CD-1, CD-5 y CD-7 asociados a valores altos de oxígeno disuelto. Las familias que se encuentran asociadas a este sitio son Baetidae y Leptoceridae (Figura 9-11).

4.5.4. Análisis de perturbación antrópica en la cuenca.

El **Río Malo** presentó un uso minero de sus aguas con el proyecto Minero El Indio, el que se encuentra desde el 2002 en proceso de cierre. La estación MA-1 se encuentra a unos 3,5 km sobre el campamento de la minera y MA-2 a la altura de la curva 1 al subir al campamento, lejos de la actividad antrópica en la actualidad, usando sus aguas para mantener la biodiversidad del lugar.

El **Río Vacas Heladas** con sus dos estaciones está justo antes de juntarse con el Río Malo, tienen actualmente un uso para la biodiversidad.

El **Río Toro** actualmente tiene un uso para la biodiversidad en el tramo donde se encuentran las estaciones en estudio. Geográficamente nace de la confluencia del Río Malo con Vacas Heladas hasta la Juntas del Toro en la aduana chilena.

El **Río Claro Derecho** actualmente tiene un uso de sus aguas para la biodiversidad en CD-1, justo antes de ingresar al Área Protegida Privada: Santuario de la Naturaleza Estero Derecho. En CD-2 tiene uso de riego y recreación; en el resto de las estaciones principalmente riego y recreación en menor grado (camping).

El **Río Cochiguaz** con uso de sus aguas para la biodiversidad en la parte alta de las estaciones estudiadas, para combinar con el riego en la parte baja de la cuenca.

El **Río Turbio** presenta un uso principalmente destinado para el riego.

El **Río La Laguna y Toro Muerto** presentan un uso de sus aguas para la biodiversidad

El **Río Elqui**, sin duda es el curso de agua que presenta una mayor variedad de usos de las aguas: riego, captación de aguas, actividad industrial y pesca deportiva y recreativa.

4.5.5. Grado de perturbación de la cuenca

En general la cuenca presentó un grado de perturbación similar en septiembre y diciembre, empeorando en nivel de funcionalidad fluvial sólo las estaciones del Río La Laguna en el mes de diciembre, es decir, se pasó de una funcionalidad buena en septiembre a una mediocre en diciembre (Tabla XXXVII-XXXVIII). La situación anterior puede deberse a la constante presión que tiene la parte alta de la cuenca por las obras viales de mejoramiento de la ruta internacional (Figura 12-13).

El **Río Claro Derecho** a lo largo de su extensión, presentó una funcionalidad fluvial (IFF) buena-mediocre que empeora al descender en el curso de agua, llegando a una categoría de funcionalidad inferior en la parte baja (CD-6 y CD-7) (Tabla XXXVII-XXXVIII).

El tramo en CD-2 presentó actividades e infraestructuras relacionadas al turismo como : cabaña y piscinas "naturales" en el río. La vegetación se caracteriza por ser de tipo funcional, con presencia de formaciones asociadas a la especie "cola de zorro". La formación vegetal es más amplia en la ribera izquierda, donde ésta se extiende por más de 10 m. En el lado derecho del río

existe una extensión de entre 2 a 6 m. En el cauce existen estructuras que permiten retención, principalmente piedras y bolones. No se observa erosión y hay presencia de una barrera aguas arriba de la estación.

En CD-5 está inserta una zona rica en actividad agrícola mezclada con áreas naturales. Las formaciones vegetales dominantes son de tipo no funcional, principalmente por la presencia de formaciones asociadas al "sauce llorón". La amplitud y la continuidad de las formaciones son bajas, así como también la zona inundable del cauce. Se registró presencia de piedras, superficies de retención.

CD-6 se encuentra en un sector predominante de viñedos, el río en este tramo se encuentra modificado y encauzado en línea recta, impidiendo el traslado natural del curso de agua. La vegetación, aún cuando es de tipo funcional (Sauce chileno), presenta baja continuidad y poca extensión. Lo anterior debido principalmente por la limitación dada por la presencia de caminos en ambos lados del río, lo que afecta tanto a la vegetación como a la superficie de inundación del río.

En CD-7 la vegetación se caracteriza por formaciones de cañas y colas de zorro de pequeño tamaño y en baja cobertura. La vegetación se encuentra limitada por presencia de cultivos y caminos alrededor del cauce, por lo que ésta no se extiende ni es continua a lo largo del tramo. La capacidad de inundación del cauce es limitada y el régimen hidrológico se encuentra altamente alterado. Se observa presencia de erosión en las riberas, aunque no es altamente evidente. El tramo se caracteriza por la presencia de un solo tipo de elemento hidromorfológico, esto debido a el encauzamiento realizado en el río.

El **Río Cochiguaz** en su estación más alta de la cuenca presentó una funcionalidad (IFF) óptima-buena, mediocre en el tramo medio y buena en la parte baja (Tabla XXXVII-XXXVIII).

La estación CO-1 se caracteriza por una baja presencia de antropización, por lo cual la vegetación presente es de tipo funcional, con una gran amplitud y una alta continuidad. Las condiciones hídricas son óptimas, ya que existe un aumento del caudal que es estable y con fluctuaciones naturales. El tramo no se encuentra estancado y tiene una amplia superficie de inundación. Las condiciones de retención son ideales, ya que hay presencia de piedras de diversos tamaños que cumplen esta función. A la vez, no existe erosión en los bordes de las riberas. Hay preponderancia de un tipo de elemento hidromorfológico, de tipo sinuoso.

En CO-3 existe una coexistencia de áreas naturales con uso antrópico del territorio, ya que el área es principalmente utilizada como zona de camping. La vegetación en el tramo se caracteriza por ser de tipo no funcional (Sauce llorón), pero sí tiene una amplitud mayor a 10 m, aunque con un alto grado de discontinuidad. La superficie de inundación es considerable, de 2 a 3 veces el cauce más bajo. En el cauce hay presencia de fondo de grava y algunas piedras que cumplen función de retención. Hay presencia de intervenciones artificiales, que impiden que el cauce se transporte de manera natural. Existe presencia de macrófitas y de fragmento vegetales.

El tramo CO-4 se caracteriza por no presentar gran actividad antrópica cercana, y en ambas riberas se puede apreciar vegetación del tipo funcional, la cual tiene una amplitud mayor y una alta continuidad. Las condiciones hídricas del tramo son buenas, el caudal tiene fluctuaciones asociadas a la estacionalidad natural, sin influencia de tipo externa, además es un tramo que no se encuentra estancado y que tiene una gran amplitud de la zona inundable. La presencia de grandes piedras permite contar con una gran capacidad de retención a lo largo del tramo. A lo largo del tramo no se aprecia la presencia de erosión, ni tampoco grandes intervenciones artificiales del cauce. Hay preponderancia de un tipo de elemento hidromorfológico distinguible.

El **Río Elqui** en las estaciones sobre Vicuña presentó una funcionalidad (IFF) mediocre y pésima. Sin embargo en las estaciones bajo el Embalse Puclaro la funcionalidad mejora a bueno (El-13, El-15 y El-16).

En el sector coexisten áreas naturales y con uso del territorio, siendo ésta predominante en la parte superior del Puente Algarrobal donde se presenta gran erosión de las riberas por maquinaria que modifica el curso del río en pro de despejar terreno para realizar cultivos.

En El-1 la amplitud y continuidad de la vegetación son bajas, con falta de diversidad morfológica en las secciones transversales. Los regímenes hidrológicos en este tramo se encuentran alterados. No existen grandes piedras para la retención, pero sí grava que aporta a la retención.

En la estación EL-6, el tramo se encuentra completamente intervenido. El trabajo de maquinarias y la constante intervención han dejado un tramo desprovisto de vegetación, en ambas riberas. Las condiciones hídricas del tramo son bajas, ya que al encontrarse completamente intervenido los regímenes hidrológicos se encuentran altamente alterado.

EL-13 se caracteriza por la presencia de una formación vegetal funcional (caña), así como una formación asociada a eucalipto, la cual es una formación no funcional. Las formaciones vegetales tienen continuidad y amplitud. El tramo no se encuentra estancado, ni intervenido. Existen condiciones de retención a lo largo del cauce y una alta diversidad morfológica en este. Se visualizan fragmentos vegetales reconocibles y presencia de macrofitas tolerantes.

En el tramo de EL-15 no hay grandes intervenciones antrópicas, es más bien un tramo en el cual hay ausencia de antropización. La vegetación en ambas riberas es de tipo funcional *Cortaderia speciosa* (cola de zorro) principalmente, con una amplitud para ambos lados mayor a 10 m y con

alta continuidad. Existen variaciones en el cauce del tramo que pueden ser atribuidas a la actividad antrópica, pero estas no afectan la naturalidad de éste. El tramo no se encuentra estancado y existe una superficie de inundación superior a 3 veces el cauce más bajo. A lo largo del tramo se presentan estructuras de retención, las que permiten una alta eficacia de ésta.

En EL-16 se registraron áreas naturales en ambas riberas, aun cuando en la ribera izquierda estas coexisten con cierto uso antrópico del territorio (huellas de camino). Existe presencia de formaciones vegetales que son funcionales, estas se extienden más de 30 m y son relativamente continuas. A lo largo del tramo hay presencia de piedras y rocas de pequeño tamaño que cumplen con la función de retención, aunque no de una gran manera.

El **Río Malo** presentó una funcionalidad (IFF) inferior en la estación alta de la cuenca, pasando a mediocre al descender en la cuenca (Tabla XXXVII-XXXVIII). La estación MA-1 está al interior de la faena minera El Indio, actualmente en plan de cierre. El Río se encuentra desprovisto de vegetación (falta de diversidad morfológica), con encauzamiento y evidente trabajo en sus riberas producto de la reconstitución del cauce original, por lo tanto los regímenes hidrológicos se encuentran altamente alterados por la acción antrópica. El cauce no se encontró estancado y tiene una zona inundable de entre 2 a 3 veces el cauce normal. En la estación MA-2 presentó baja intervención antrópica, con formaciones vegetales de baja continuidad y amplitud. El tramo no se encuentra estancado, pero tiene poca superficie de inundación. Con estructuras de retención, como piedras de pequeño tamaño y grava. Riberas erosionadas y cauce con baja diversidad morfológica.

El **Río Toro Muerto** presentó una funcionalidad (IFF) mediocre. Con formaciones vegetales de baja continuidad y amplitud. El tramo no se encuentra estancado, pero tiene poca superficie de inundación. Presenta estructuras de retención, como piedras de pequeño tamaño y grava. Riberas algo erosionadas y cauce con baja diversidad morfológica (Tabla XXXVII-XXXVIII).

El **Río Toro** en general presentó en sus tres estaciones una funcionalidad (IFF) buena-mediocre (Tabla XXXVII-XXXVIII). El tramo de las estaciones analizadas presentaron erosión en las riberas, poca vegetación, discontinua y con falta de diversidad morfológica. Los elementos hidromorfológicos son indistintos. A lo largo del tramo hay coexistencia de áreas naturales con actividad antrópica. El camino es una barrera para la vegetación que se encuentra en la ribera izquierda. En la ribera derecha la vegetación es mayor, con presencia de formación funcional que tiene una mayor amplitud. El tramo no se encuentra estancado y cuenta con una superficie inundable entre 1 y 2 veces el cauce menor.

El **Río Turbio** presentó una funcionalidad (IFF) mediocre en la totalidad de las estaciones (Tabla XXXVII-XXXVIII). La vegetación en ambas riberas es de tipo funcional con dominancia de la formación *Cortaderia speciosa* (cola de zorro). La ribera izquierda se encuentra limitada por la presencia de la carretera, la que impide una mayor amplitud de la vegetación. Aún así, la ribera derecha es de similar amplitud a la de la izquierda, aunque en esta ribera la vegetación es más continua. El tramo no se encuentra estancado y tiene una zona inundable de entre 1 a 2 veces el cauce normal. No hay presencia de erosión en las riberas y el cauce cuenta con poca diversidad morfológica.

El **Río Vacas Heladas** presentó en general una funcionalidad (IFF) mediocre (Tabla Tabla XXXVII-XXXVIII). Tramos con ausencia de actividad antrópica. La vegetación es de tipo funcional (*Cortaderia speciosa*), pero con una alta discontinuidad y baja amplitud (2-10 m), en ambas riberas. Sin embargo se mantiene eficacia de las formaciones en el sector. La presencia de erosión es baja. La hidromorfología del tramo tiene un valor bajo, dada la preponderancia de un solo tipo de elemento hidromorfológico.

El **Río La Laguna** presentó una funcionalidad (IFF) buena en sus dos estaciones ubicadas bajo el Embalse La Laguna (Tabla XXXVII-XXXVIII). En el tramo, la actividad antrópica está dada por la presencia del camino internacional entre Chile y Argentina a un costado del río. Existe presencia de formaciones de tipo funcionales, las que se encuentran en ambas riberas del río y tienen una alta continuidad y una amplitud moderada. No hay presencia de erosión y existen estructuras que permiten una condición ideal para la retención. El tramo no se encuentra estancado, tiene superficie favorable para inundación.

4.6 Evaluación económica de los servicios ambientales, que presta la funcionalidad del río en la cuenca.

4.6.1 Identificación de actividades desarrolladas en la Cuenca del Río Elqui mediante la revisión de RCA aprobadas en el Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental.

La revisión de la información existente en el Servicio de Evaluación Ambiental (SEA) entregó detalles acerca de los proyectos productivos con impacto en el ambiente. Los parámetros con los cuales se realizó la búsqueda corresponden a:

- Tramitación ante el servicio desde el año 1992 y septiembre de 2016.
- Cercanía con la rivera del río Elqui y sus afluentes.

La consulta fue realizada en el sitio Web del Servicio de Evaluación Ambiental www.sea.gob.cl el día 16 de octubre de 2016 y entregó como resultado 72 proyectos ingresados al sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA), de los cuales 65 se encontraban con Resolución de Calificación Ambiental aprobada, salvo 2 que se encontraban en tramitación, ver Base de datos Anexo: Proyectos SEIA. La metodología para la búsqueda de estos proyectos fue mediante la definición del área geográfica de la cuenca del Río Elqui para proyectos sometidos al SEIA a través de la herramienta "Análisis Territorial" de dicho sitio web. Como resultado se obtuvo un

documento el cual entrega la imagen del área identificada con los proyectos que intersectan el área delimitada además de los que se encuentran a una cercanía de 30 kilómetros de ésta. Cabe destacar que los proyectos identificados corresponden a Estudios de Impacto Ambiental (EIA) y Declaraciones de Impacto Ambiental (DIA).

Los proyectos ingresados al SEIA nos permiten tener una aproximación al tejido productivo de la zona geográfica definida, es así como para la cuenca del Río Elqui, las actividades productivas se concentran principalmente en minería, prospecciones mineras, industria del pisco, vino y turismo. El detalle de los proyectos con RCA aprobada se aprecia en la Figura 14.

La inversión regional para el periodo indicado fue cercana a los MMU\$ 691,000, según lo registrado en SEIA. Esta información individual permite también asociar cada proyectos a su sector productivo, permitiéndonos visualizar cual es la magnitud del aporte que genera cada sector productivo, destacando la astronomía y la minería muy por sobre las demás (Figura 14). Es importante destacar que la inversión por rubros ingresada en el SEIA muestra una aproximación a la realidad productiva pero no refleja fielmente a ésta, ya que existe una serie de empresas de otros rubros productivos que tiene gran relevancia en la zona de estudio, pero que por su nivel productivo no deben someterse a evaluación ambiental.

La información existente en el SEA se encuentra catalogado según lo indicado en el artículo 3° del Reglamento del SEIA, lo que exige una revisión más detenida para redefinir a que sector productivo pertenece cada proyecto ingresado al sistema.

La Figura 15 indica las inversiones realizadas en la cuenca del Río Elqui, pero no permite una aproximación a la productividad de cada sector o rentabilidad de estos, situación que facilitaría una valorización de los servicios ambientales de manera directa.

La información registrada en el SEA requiere de ser complementada por la revisión *in situ* de las actividades productivas realizadas en las cercanías del Río Elqui y sus afluentes, para sí tener una apreciación completa de las actividades productivas de la cuenca.

4.6.2. Levantamiento de información productiva y económica de las actividades empresariales y particulares en la cuenca hidrográfica del Río Elqui.

Las actividades de muestreo físico, químico y biológico realizadas en Septiembre y Diciembre del año 2016 en los diferentes puntos geográficos definidos, posibilitó la realización de un recorrido por la gran parte de las riveras de los ríos existentes en la cuenca del Río Elqui. Esta situación permitió la observación de las actividades productivas y domiciliarias que se realizan en el borde río y que permiten complementar la información determinada por medio de la revisión de proyecto ingresados al SEIA.

La información generada posee elementos que la hacen significativa para el análisis económico que se persigue. Sin embargo, por la forma en que fue obtenida es sólo un aporte cualitativo respecto de las actividades productivas y domiciliarias que se ven beneficiadas (servicios ambientales) por la existencia de diferentes cauces de los ríos de la cuenca del Río Elqui.

Las principales actividades que se apreciaron en los recorridos por las riveras de los ríos de la cuenca del Río Elqui corresponden a turismo, minería, agricultura, agroindustria, ganadería y captación de agua para consumo humano. Cada una de las actividades beneficiadas por el servicio ambiental que presta el recurso hídrico en Elqui y la proporción en la cual éstas son contribuidas, dependen del sector geográfico y de la densidad productiva (Tabla XXXIX).

La Tabla XXXIX entrega mayor detalle respecto de las actividades particulares y empresariales, sin embargo, sólo es aproximada debido a que la metodología utilizada sólo buscaba detectar las

actividades desarrolladas sin ahondar en la cuantificación de empresas ni volúmenes de producción.

4.6.3. Selección de la metodología de evaluación económica del activo ambiental.

La evaluación económica de activos ambientales es tratada a través del concepto de Valor Económico Total (VET), el que considera valores de Uso, de Opción y de No Uso, tal como lo muestra la Figura 16.

Las tipologías poseen características propias que los hacen convenientes de aplicar para casos especiales, los cuales serán contrastadas con características de la cuenca para generar un análisis de conveniencia respecto de que tipología utilizar en la valorización de éste. La Tabla II indica las tipologías de valorización económica de Uso, No Uso y de Opción y las contrasta con las ventajas y desventajas de su aplicación en la valorización de la cuenca del Río Elqui.

El análisis de las diferentes tipologías de valorización de activos ambientales y la aplicación de éstas a la realidad de la Cuenca del Río Elqui nos permite discriminar respecto de la mejor alternativa para realizar el presente estudio. Las alternativas de No Uso y de Opción presentan ventajas que no se acercan a la realidad de la cuenca y muy por el contrario presentan una desventaja que excluye a estas tipología. Es decir, con la actual existencia y asignación de derechos de explotación sobre la tierra y el agua en la cuenca, no permite evitar sus usos (No Uso) ni su preservación (Opción). Por otra parte, la tipología de Valor de Uso presenta ventajas que facilitan su aplicación y sus desventajas generan dificultad en su análisis, pero que no la excluyen de aplicar.

La tipología de Valor de Uso puede ser aplicada para la valorización del activo ambiental mediante metodologías de valorización Directas o Indirectas (García & Colina, 2004) según sea

la compatibilidad entre particularidad de donde se desea aplicar y las características de cada metodología. En la Tabla ILI se muestra una comparación entre las metodologías y su aplicabilidad a la cuenca del Río Elqui.

De la información expuesta en la Tabla ILI se aprecian las ventajas y desventajas de cada metodología frente a su aplicación en la valorización económica del río Elqui y sus afluentes. La metodología directa presenta características que la hacen pertinente de aplicar como lo son la existencia de valores de mercado para su productividad y el acercamiento que generaría con los protagonistas de la gestión del recurso hídrico: Comunidad, financiadores y gobierno (Walters & Javernick-Will, 2015), sin embargo, se presenta como un mercado imperfecto para la toma de decisiones ya que la información existente no está disponible en los términos requeridos para el análisis económico y su generación representa un esfuerzo en recursos financieros y humanos. Por otra parte, las metodologías de carácter indirecta presentan la posibilidad de trabajar con información secundaria de diversa cantidad y calidad, permitiendo el establecimiento de mercados sustitutos para la cuenca del Río Elqui. El camino para determinar el valor económico total de los servicios ambientales que genera la cuenca se muestra en la Figura 17.

4.6.4 Evaluación de los servicios ambientales prestados por el Río Elqui.

Según De Groot, 1992, las funciones del ecosistema están definidas como la capacidad de los procesos y componentes naturales para proporcionar bienes y servicios que satisfacen las necesidades humanas, directa o indirectamente. Es así como podemos considerar entre ellas a la belleza escénica, protección de la biodiversidad y suelos, captación y retención de agua en los ecosistemas y la regulación de ciclos naturales. Para llevar a cabo la determinación de los servicios ambientales que entrega el Río Elqui y sus afluentes y dadas las características de la información secundaria disponible, se optó por la valorización mediante la aplicación de la técnica de Precios Hedónicos.

La técnica de valorización de precios hedónicos permite asignar un valor de mercado a un bien en virtud de los atributos y la funcionalidad de éste. En el caso específico del Río Elqui y sus afluentes, esta técnica permite valorizar la tierra de sus riberas en función de su productividad y de sus atributos ambientales.

Los valores asignados a la tierra se establecieron en función de la productividad de ésta, las instalaciones, localización, conectividad y su tamaño. Respecto de los atributos ambientales de interés para este estudio corresponden, por una parte, a los derechos de aprovechamiento del uso del agua (consuntivos y no consuntivos) y por otra, al aprovechamiento del paisaje con fines recreacionales que principalmente afecta a la actividad turística.

La valoración que le entrega cada propietarios a la tierra y sus atributos ambientales se ve reflejado en las inversiones llevadas a cabo de manera productivas, las cuales se encuentran descritas y cuantificadas en los proyectos evaluados por el SEIA. Ahí se encuentra intrínsecamente reflejada la productividad del proyecto (niveles de producción), la calidad de la tierra (instalaciones, localización y tamaño) y el aprovechamiento de los atributos ambientales (Agua, suelo, paisaje). Para el análisis de las inversiones se fijó un plazo de análisis de 20 años (Mideplan, 2013) y se agrupó a cada proyecto en los rubros productivos presentes en la cuenca del Río Elqui, ya que a modo de ejemplo un proyecto de sistema de tratamiento puede estar asociado tanto a la industria de minería como a uno de agroindustria.

Las inversiones agrupadas por rubro productivo fueron ponderadas en función de la relación o necesidad del recurso hídrico para su desarrollo, ajustándose a una escala de va de 0 a 1,0 si no requiere de agua o si requiere completamente de ésta. La Tabla ILII muestra las inversiones en millones de dólares (MMU\$) ordenadas por rubros y corregidas de acuerdo a su necesidad de agua. El presente análisis no permite conocer la valorización que le entregan las familias y las empresas, principalmente agrícolas, ganaderas y de turismo, que no están contenidas en los

registros del SEIA. Para ello se complementó la metodología con el análisis de las transacciones de comercialización de derechos de aprovechamiento de agua registrados en los Conservadores de Bienes Raíces de la cuarta región que mantiene en línea la Dirección General de Aguas (Anexo: Estudio Bienes Raices_Region de Coquimbo). Respecto de las inversiones realizadas en sistemas de Agua Potable Rural se recogió la información disponible en los anuarios de Inversiones del FNDR de los años 2011, 2012 y 2014.

Los resultados de las inversiones realizadas en las cercanías del Río Elqui y sus afluentes registradas en el SEA corresponden a MMU\$ 690,4. Por su parte, las inversiones realizadas en derechos de aprovechamiento de aguas e inscritas en el Conservador de Bienes Raíces alcanzan un total de MMU\$ 35,1. Después de aplicar el factor de corrección a cada uno de los montos de individuales se obtiene un monto total MMU\$ 350,8, lo que expresado en moneda nacional representa MM\$ 229.992,1 como valor del Río Elqui y sus afluentes.

Se debe precisar los montos de las inversiones en turismo, ya que la información no está disponible en línea ni tampoco a través de la Ley de transparencia (Anexo:Alojamientos turísticos_Elqui) y las inversiones en agua, las cuales fueron solicitadas a través de la Ley de transparencia (Anexo: APR_Elqui) y aún no recibe respuesta.

En la Figura 18 se aprecia de mejor manera la magnitud de las inversiones por rubro productivo y la corrección de cada una de ellas. También se distingue la dimensión de las inversiones en minería y astronomía, las cuales se encuentran muy por sobre las demás actividades productivas.

4.6.5 Estimación económica de la pérdida de funcionalidad del Río Elqui.

El factor funcionalidad del sistema de agua se refiere a cómo el sistema de agua está funcionando en cualquier momento en particular. Por ejemplo, un sistema de agua que no está funcionando

adecuadamente podría influir en los usuarios (Walters & Javernick-Will, 2015). La funcionalidad depende del tiempo, condiciones climáticas, económicas y sociales y para el caso particular de la cuenca del Río Elqui, la pérdida de ésta está asociada a la proporción de la totalidad del monto considerado para la cuenca. Dicho en otras palabras está dado por el porcentaje en el cual se realizan inversiones de cada sector.

Otro factor importante de considerar es que la retroalimentación de información entre los actores del sistema de hídrico puede implicar que aumente la funcionalidad o disminuya en el tiempo (Walters & Javernick-Will, 2015), desafiando así a los actores relevantes en la gestión del sistema hídrico (Comunidad, Financiadores y Gobierno) sistemas de información expeditos, transparentes y eficaces para la administración del recurso.

V Conclusiones

Del total de taxas registradas algunas de ellas no están incluidas en la tabla de tolerancia necesaria para calcular el valor del ChIBF (Thaumaleidae, Stratiomyidae, Hydroptilidae, Limnephilidae, Scirtidae, Staphylinidae, Hydrophilidae, Gyrinidae, Hydrobiidae y las Clases Copepoda y Ostracoda).

Es necesario levantar una línea base de macroinvertebrados de manera estacional durante un año calendario (otoño, invierno, primavera y verano).

Se sugiere ajustar ubicación de estaciones de muestreo, por ejemplo, en el Río Vacas Heladas (VH-1 y VH-2), Río Toro (RT-1 y RT-2) y Río Cochiguaz (CO-3 y CO-4), las estaciones están muy cerca geográficamente y representan una misma unidad ecosistémica.

En el Río Elqui falta incorporar una estación en la parte baja de cuenca.

En el Río La Laguna debe incorporarse una estación sobre el embalse La Laguna para conocer su calidad ambiental, aspecto que toma relevancia si se va a construir a futuro el paso internacional.

Se sugiere incorporar estaciones en los Ríos Toro Muerto e Incahuaz, por su influencia en el curso de agua bajo ellos.

El ChIBF es un bioindicador de fácil y rápida aplicación para determinar la calidad ambiental del curso de agua, totalmente recomendado para ser aplicado. Sin embargo necesita ser ajustado en tolerancia para la cuenca del Río Elqui.

El IBIm es un indicador integrador de variables ecológicas y físico químicas, aunque su aplicación requiere de más expertiz del evaluador entrega información valiosa y complementaria al ChIBF.

Para que la información de calidad de aguas registradas por la DGA sean de utilidad en la evaluación con los bioindicadores, ambos muestreos deben coincidir en escala temporal y espacial.

Se sugiere usar como estación de referencia CD-1, por su estado de menor perturbación antrópica, sin embargo se debe asegurar el ingreso al área, ya que todo el tramo está cercado por privados.

Los cambios estaciones observados aparentemente están asociados a un fenómeno mecánico físico-químico que altera las comunidades de macro invertebrados (aumento de caudal).

Comentario y aclaración final a la consultoría:

Si bien en la licitación de esta consultoría se consideraba realizar pesca eléctrica en la cuenca, ésta finalmente no se realizó, ya que Subpesca de la Región de Valparaiso no aprobó la solicitud de pesca de investigación por la metodología presentada por la Universidad Católica del Norte al adjudicarse la licitación. Ante este hecho, la Seremia de Medio Ambiente resolvió realizar la consultoría de igual manera sin esta variable.

VI Referencias Bibliográficas

Alveal I. E. 2011. Línea de base macrofauna bentónica y propuesta de seguimiento ambiental con bioindicadores de calidad de agua en la cuenca del Río Elqui, Región de Coquimbo. Informe final proyecto Bioindicadores, Río Elqui. CEAZA y Ministerio de Medio Ambiente Región de Coquimbo.

Alveal I. E, D.H. Tapia, M.J. Castro, B.C. Duran, C.A. Verdugo. 2012. Analysis of benthic macroinvertebrates and biotic indices to evaluate water quality in rivers impacted by mining activities in northern Chile. Knowledge and Management of Aquatic Ecosystems (2012) 407, 01

APPA (Agenzia Provinciale per la Protezione dell'Ambiente). 2007. Indice di Funzionalità Fluviale, Nuova versione del metodo revisionata e aggiornata. Lineagrafica Bertelli Editori snc, Trento, Italia, 325 pp.

Barbour, M. 1997. The re-invention of biological assessment in the U.S. Human and Ecological Risk Assessment 3: 933-940.

Bonada, N., Prat, N., Resh, V. & B. Statzner. 2006. Developments in aquatic insect biomonitoring: a comparative analysis of recent approaches. Annual Review of Entomology 51: 495-523.

CADE-IDEPE. 2004. Diagnóstico y clasificación de los cursos y cuerpos de agua según objetivos de calidad cuenca del Río Elqui. DGA.

Cepeda, P. & J. Pizarro. 2005. Ecología del valle del Elqui (Región de Coquimbo, Chile): Insectos y otros artrópodos. Research Program Institutional Adaptation to climate change: comparative study of dryland river basins in Canada and Chile. Social Sciences and Humanities. Canadá. Convenio Universidad de Regina (Canadá)-Universidad de La Serena (Chile). La Serena.

Cepeda, J. R. Cabezas. M. Robles & H. Zavala. 2008. Antecedentes generales de la cuenca del Río Elqui (región de Coquimbo, Chile). En: Cepeda PJ (ed). 2008. Los 55 sistemas naturales de la cuenca del río Elqui (Región de Coquimbo, Chile): Vulnerabilidad y cambio del clima. CEPEDA PJ (ed): 13-37 (2008). Ediciones Universidad de La Serena, La Serena, Chile.

Cepeda JP., Squeo F., Cortés A., Oyarzún J., Zavala H. 2009. El Humedal Tambo-Puquíos en la alta montaña del Valle del Elqui. 241-281, En Los Sistemas Naturales de la Cuenca del Río Elqui (Región de Coquimbo, Chile): vulnerabilidad y cambio del clima. Ed, Universidad de La Serena.

Chessman, B. 1995. Rapid assessment of rivers using macroinvertebrates: a procedure based on habitatspecific sampling, family-level identification and a biotic index. *Australian Journal Ecology* 20: 122-129.

Chutter, F. 1972. An empirical biotic index of the quality of water in South African streams and rivers. *Water Research* 6: 19-30.

Dallafior, V., F. Burrows, R. Canepel & M. Siligardi. 2010. Índice de Funcionalidad Fluvial en ríos Andinos de la región de la Araucanía. Ediciones sede regional Villarrica Pontificia Universidad Católica. Villarrica, Chile, 207 pp.

De Groot, R.S. 1992. *Functions of Nature: Evaluation of Nature in Environmental Planning, Management and Decision Making*, Wolters-Noordhoff, Groningen.

Donoso K. 2007. Macroinvertebrados bentónicos y la evaluación de la calidad del agua en los ríos Elqui y Cachapoal. Memoria de título entregada a la Facultad de Ciencias de la Universidad de Chile, para optar al Título Profesional de Biología mención en Medio Ambiente.

Figuroa, R., A. Palma, V. Ruiz & X. Niell. 2007. Análisis comparativo de índices bióticos utilizados en la evaluación de la calidad de las aguas en un río mediterráneo de Chile: Río Chillán, VIII Región. *Revista chilena de Historia Natural* 80: 225-242.

García, L. and Colina, A. 2004. Métodos directos e indirectos en la valoración económica de bienes ambientales. Aplicación al valor de uso recreativo del Parque Natural de Somiedo. *Estudios de Economía Aplicada* 22 (3): 811-838.

Gómez, R. 2003. Modelos conceptuales de funcionamiento de ríos y arroyos. Departamento de Ecología e Hidrología. Universidad de Murcia. 26 pp.

GORE Coquimbo. 2011. Inversión FNDR 2011. Departamento de Gestión Estratégica. División de Planificación y Desarrollo Regional.

GORE Coquimbo. 2012. Inversión FNDR 2012. Departamento de Gestión Estratégica. División de Planificación y Desarrollo Regional.

GORE Coquimbo. 2014. Inversión FNDR 2014. Departamento de Gestión Estratégica. División de Planificación y Desarrollo Regional.

Jara C., 2002. Evaluación de la existencia de insectos bioindicadores de la calidad del agua en zonas rítrónicas y potámicas de tres ríos de la zona semiárida de Chile. Memoria de título entregada a la Facultad de Ciencias de la Universidad de Chile, para optar al Título Profesional de Biología mención en Medio Ambiente.

Malavoi, J., J. Bravard, H. Piégay, E. Héroin & P. Ramez. 1998. Determination de l'espace de liberté des cours d'eau. SDAGE Rhone-Méditerranée-Corse.

Martín, J. 2002. Ingeniería de ríos. Edicions de la Universitat Plitécnica de Catalunya. Barcelona, España, 404 pp

Martínez de Anguita, P. 2004. Economía ambiental y ordenación del territorio. Ecosistemas 13 (1): 87-93.

MIDEPLAN. 2013. Metodología de preparación y evaluación de proyectos de edificación pública. Departamento Gestión Estratégica

Metzeling, L., Wells, f., & P. Newall. 2002. The development and testing of biological objectives for the protection of rivers and streams in Victoria, Australia. Verthandlungden der internationale Vereinigung für theoretische und angewandte. Limnologie (Germany) 28: 106-111.

Newbold, J. 1992. Cycles and spirals of nutrients. En P. Calow, y G.E. Petts G.E., Eds. The rivers handbook. Vol. 1. Oxford: Blackwell, 379-408

Ollero, A. 2003. El Ebro quiere volver a ser libre. Una dinámica fluvial active es la clave para que haya ríos vivos. Quercus, 213, 34-38.

Ollero, A., D. Ballarín, E. Díaz, D. Mora, M. Sánchez, V. Acín, M. Echeverría, D. Granado, A. González, L. Sánchez y N. Sánchez. 2007. Un Índice Hidrogeomorfológico (IHG) para la evaluación del estado ecológico de sistemas fluviales. Geographicalia 52: 113-141.

Orth, 2008. Impacto de la Minera Talcuna sobre las comunidades de macroinvertebrados dulceacuícolas, Sector de Marquesa, Valle del Elqui. Informe Proyecto CAMINAR-CEAZA.

Peterson, B., Wollheim, W., Mulholland, P., Webster, J., Meyer, J., Tank, J., Martí, E., Bowden, W., Valett, H., Hershey, A., Mcdowell, W., Dodds, W., Hamilton, S., Gregory, S., & D. Morrall. 2001. Control of nitrogen export from watersheds by headwater streams. Science 292: 86-90.

Plaftkin, J., Barbour, K., Poter, S., Gross, P. & R. Hughes. 1989. Rapid bioassessment protocols for use in stream and rivers. Benthic macroinvertebrates and fish. EPA/444/4-89/0001. Office of

water regulations and standard, United States Environmental Protection Agency, Washington, District of Columbia, USA. 196 pp.

Resh, V., Norris, R. & M. Barbour. 1995. Design and implementation of rapid assessment for water resource monitoring using benthic macroinvertebrates. *Australian Journal of Ecology* 20: 108-121.

Schofield, N. & P. Davies. 1996. Measuring the health of our rivers. *Water (Australia)* 23: 39-43.

Squeo F., Tracol Y., López D., León M., Gutiérrez J. 2009. Vegetación nativa y variación temporal de su productividad en la provincia del Elqui. 159-183. , En *Los sistemas Naturales de la Cuenca del Río Elqui (Región de Coquimbo, Chile)*. Ed, Universidad de La Serena.

Tello, G. 2011. Cianobacterias en la cuenca del Río Elqui IV Región Chile. Tesis para Optar al Título de Biólogo. Pontificia Universidad Católica de Valparaíso. Facultad de Ciencias. Instituto de Biología

Tiller, D. & L. Metzelling. 2002. Australia-wide assessment of river health: Victorian AusRivas sampling and processing manual. Monitoring river health. Initiative Technical Report 15, Commonwealth of Australia and VIC Environmental Protection Authority, Canberra, Australia. 20 pp.

Vannote, R., Minshall, G., Cummins, K., Sedell, J. & C. Cushing. 1980. The river continuum concept. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 37: 130-137.

Walters, J. and Javernick-Will, A. 2015. Long-Term Functionality of Rural Water Services in Developing Countries: A System Dynamics Approach to Understanding the Dynamic Interaction of Factors. *Environ. Sci. Technol.* 49: 5035–5043.

Webster J., & B. Patten. 1979. Effects of watershed perturbation on stream potassium and calcium dynamics. *Ecological Monographs* 1979: 51-72.

Werrity, A. 1997. Short-term changes in channel stability. In Thorne, C.R, Hey, R.D & Newson, M.D (eds) *Applied fluvial geomorphology for river engineering and management*, 47-65, Chichester, Wiley.

Wright, J., Moss, D., Armitage, P., & M. Furse. 1984. A preliminary classification of running water sites in Great Britain based on macroinvertebrate species and the prediction of community type using environmental data. *Freshwater Biology* 14: 221-256.

Wright, J., Sutcliffe D. & M. Furse. 2000. Assessing the biological quality of fresh waters: RIVPACS and other techniques. Freshwater Biological Association, Cumbria, United Kingdom. 23 pp.

Zavala H. 2006. Hidrología del Humedal Tambo-Puquíos. En: Cepeda P, J (ed) Geoecología de los Andes desérticos. La Alta Montaña del Valle del Elqui: 287- 321. Ediciones Universidad de La Serena. La Serena, Chile.

Zavala, H. & H. Trigos. 2008. En: Cepeda PJ. Los sistemas naturales de la cuenca del río Elqui (Región de Coquimbo, Chile): Vulnerabilidad y cambio del clima. Cepeda, P. (ed): 66-164 (2008). Ediciones Universidad de La Serena, La Serena, Chile.

VII Tablas

Tabla I: Ubicación geográfica de las estaciones de monitoreo en la cuenca del Río Elqui.

Río	Código Estación	Coordenadas UTM		Altura msnm
		Este	Norte	
Claro Derecho	CD-1	356857	6648084	2035
Claro Derecho	CD-2	356247	6653168	1758
Claro Derecho	CD-5	357030	6658337	1470
Claro Derecho	CD-6	356106	6665756	1237
Claro Derecho	CD-7	355404	6675523	1025
Cochiguaz	CO-1	367550	6662112	1727
Cochiguaz	CO-3	364865	6664468	1549
Cochiguaz	CO-4	363943	6664563	1485
Elqui	EL-1	347249	6681027	794
Elqui	EL-6	335885	6675657	646
Elqui	EL-13	317051	6681191	421
Elqui	EL-15	306956	6681009	275
Elqui	EL-16	300978	6681674	203
Toro Muerto	TM	401140	6699231	3209
Malo	MA-1	401140	6699231	3209
Malo	MA-2	398481	6691132	2525
Toro	RT-1	397600	6690643	2483
Toro	RT-2	397198	6689967	2439
Toro	RT-3	395272	6684653	2182
Turbio	TU-1	394194	6683314	2068
Turbio	TU-14	379398	6681798	1644
Turbio	TU-21	349712	6682687	816
Vacas Heladas	VH-1	398349	6691070	2522
Vacas Heladas	VH-2	398481	6691132	2525
La Laguna	LA-3	398763	6664187	2757
La Laguna	LA-8	395099	6672191	2480
Incahuaz	IN	379486	6681680	1644

Tabla II: Valores de tolerancia de macroinvertebrados bentónicos dulceacuícolas para ríos de Chile, ChIBF modificado por Figueroa *et al.* (2007).

Plecóptera	Gripopterygiidae	1	Megaloptera	Corydalidae	0
	Notonemouridae	0		Sialidae	4
	Perlidae	1	Lepidoptera	Pyralidae	5
	Diamphipnoidae	0	Platyhelminthes	Turbellaria	4
	Eustheniidae	0	Decápoda	Parastacidae	6
	Autroperlidae	1		Aegliidae	3
	Limnephilidae	2	Coleóptera	Elmidae	4
Ephemeroptera	Baetidae	4		Psephenidae	4
	Caenidae	7	Díptera	Athericidae	2
	Leptophlebiidae	2		Blephariceridae	0
	Nesameletidae	7		Ceratopogonidae	6
	Oligoneuridae	2		Chironomidae	7
	Ameletopsidae	2		Empididae	6
	Oniscigastridae	3		Ephydriidae	6
Odonata	Aeshnidae	3		Psychodidae	10
	Calopterygidae	5	Simuliidae	6	
	Gomphidae	1	Syrphidae	10	
	Lestidae	9	Tabanidae	6	
	Libellulidae	9	Tipulidae	3	
	Coenagrionidae	9	Amphipoda	Hyaellidae	8
	Cordulidae	5	Mollusca	Amnicolidae	6
Petaluridae	5	Lymnaeidae		6	
Trichoptera	Calamoceratidae	3		Physidae	8
	Glossosomatidae	0		Sphaeriidae	8
	Helicopsychidae	3	Chiliniidae	6	
	Hydropsychidae	4	Oligochaeta	8	
	Hydropyilidae	4	Hirudinea	10	
	Leptoceridae	4	Acari	4	
	Ecnomidae	3	Isopoda	Janiriidae	4
	Helicophidae	6			
	Polycentropodidae	3			
	Philopotamidae	2			
	Hydrobiosidae	0			
	Sericostomatidae	3			

Tabla III: Valores de ChIBF de Hilsenhoff (1988), para determinar calidad de agua

Clase	Ch IBF	Características ambientales	Color
I	0,00-3,75	Muy bueno, no perturbado	Azul
II	3,76-4,63	Bueno, moderadamente perturbado	Verde
III	4,64-6,12	Regular, perturbado	Amarillo
IV	6,13-7,25	Malo, muy perturbado	Naranja
V	7,26-10,00	Muy malo, fuertemente perturbado	Rojo

Tabla IV: Atributos potenciales de los macroinvertebrados bénticos para evaluar la condición biológica del agua de ríos (Barbour *et al.* 1999).

Métrica	Característica
Riqueza Taxonómica	EPT taxa
	Efemeróptera
	Plecóptera
	Tricópteras
	Coleóptera
	Díptera
	Chironomidae
	Odonata
	Crustáceos o moluscos
Composición taxonómica	% EPT (1-2)
	% Odonata
	% Efemeróptera
	% Plecóptera
	% Megaloptera
	% Tricópteras
	% Coleóptera
	% Díptera
	% Chironomidae
	% Contribución del taxón dominante
% Contribución de los cinco taxa dominantes	
Tolerancia/intolerancia	Taxa intolerante
	% tolerante
	% intolerante
	% taxón dominante
	% Hydropsychidae de Tricópteras
	% Baetidae de Efemeróptera
Composición trófica	N° taxa raspadores
	% raspadores
	N° taxa predadores
	% predadores
	% colectores
	% filtradores
	% trituradores
	N° fragmentadores
% fragmentadores	
Hábitat	% excavadores
	% excavadores (general)
	% escaladores
	% escaladores (general)

Tabla V: Escala de calidad del IBIm, para determinar calidad.

Calidad	Simbología	Valor IBIm	Color en la representación grafica
Muy bueno a excelente	MB	80-100	Azul
Buena condición	B	60-79	Verde
Regular	R	40-59	Amarillo
Pobre	P	20-39	Rojo

Tabla VI: Valores del IFF con los respectivos niveles, colores y juicios de funcionalidad.

Valores IFF	Nivel de Funcionalidad	Juicio de Funcionalidad	Color
261-300	I	Óptimo	
251-260	I-II	Óptimo-Bueno	
201-250	II	Bueno	
181-200	II-III	Bueno-Mediocre	
121-180	III	Mediocre	
101-120	III-IV	Mediocre-Inferior	
61-100	IV	Inferior	
51-60	IV-V	Inferior-Pésimo	
14-50	V	Pésimo	

“Consultoría técnica de generación de información para utilización de indicadores biológicos en la cuenca del Río Elqui”: Informe Final.

Tabla VII: Taxas de macro invertebrados registrados en las estaciones de muestreo en el mes de septiembre 2016.

Clase	Orden	Familia	EL-16	EL-15	EL-13	EL-6	EL-1	CD-7	CD-6	CD-5	CD-2	CO-4	CO-3	CO-1	TU-21	TU-14	TU-1	RT-3	RT-2	RT-1	LA-8	LA-3	VH-2	VH-1	MA-2	MA-1	TM	Indiv/Estación			
Insecta	Diptera	Chironomidae	2	330	63	6	7	51	30	12	66	9	15	19	2	11	18	10	21	13	141	172	9	7	19	7	62	1102			
		Simuliidae	0	2	13	1	0	3	4	28	0	3	1	10	0	8	1	0	0	0	0	0	4	0	0	0	1	0	79		
		Blephariceridae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1		
		Tipulidae	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	8	
		Tabanidae	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	3	
		Thaumaleidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
		Ephydriidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	2	
		Stratiomyidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
		Ceratopogonidae	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	2
		Empididae	1	1	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1	3	3	1	1	0	0	0	0	14
Trichoptera	Hydropsychidae	Hydropsychidae	0	21	1	49	18	3	67	7	6	20	15	23	23	3	2	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	259	
		Philopotamidae	0	0	0	0	0	0	0	5	8	8	1	3	5	0	0	0	1	0	0	10	1	0	0	0	0	0	1	43	
		Leptoceridae	0	0	0	0	0	2	61	21	33	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	121	
		Polycentropodidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	
		Hydrobiosidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3
		Hydrophilidae	0	4	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7
Ephemeroptera	Baetidae	Baetidae	1	130	0	110	14	45	85	106	206	42	120	121	27	7	3	2	0	0	0	156	131	0	0	0	0	0	0	1333	
		Leptophlebiidae	0	0	0	0	0	18	103	62	22	203	118	27	0	2	1	8	0	0	0	312	216	0	0	0	0	0	3	1095	
Plecoptera	Gripopterygidae	Gripopterygidae	0	0	0	0	0	1	0	0	0	11	23	11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	46	
		Elmidae	1	0	0	0	0	16	45	10	23	50	4	7	0	2	3	2	0	0	29	12	0	1	0	0	0	119	324		
Coleoptera	Scirtidae	Scirtidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	
		Staphylinidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	4	3	0	0	0	0	1	1	2	0	0	0	12	
		Hydrophilidae	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	3	
		Gyrinidae	0	4	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7	
		Hemiptera	Mesovellidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	2
Odonata	Notonectidae	Notonectidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	1	3	
		Aphididae	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	
		Gomphidae	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	
Arachnida	Acanthoscorpionidae	Acanthoscorpionidae	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	
		Coenagrionidae	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	
Arachnida	Araneae	Araneae	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	3	
		Acanthoscorpionidae	1	5	5	1	0	3	0	0	0	2	3	1	1	0	0	0	0	0	0	14	9	0	0	0	0	0	0	45	
Entognatha	Collembola	Collembola	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	1	0	0	0	0	0	6	
		Megaloptera	Corydalidae	0	0	0	0	0	1	3	0	0	12	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	17
Malacostraca	Amphipoda	Hyalellidae	0	23	6	0	0	1	10	1	0	1	2	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	52	
		Neotanaididae	0	0	0	0	0	3	9	5	3	3	28	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	53	
Gastropoda	Basommatophora	Physidae	6	34	12	0	0	1	2	2	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	58	
		Oligochaeta		0	3	1	0	0	1	4	1	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	12	0	0	0	0	0	1	26	
Bivalvia	Venerida	Sphaeriidae	0	0	19	0	0	0	4	1	4	0	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	35	
		Nematoda		1	31	6	1	0	9	3	9	12	5	0	2	0	0	0	4	0	0	18	0	0	0	0	0	0	0	101	
Nematomopha	Copepoda		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	5	
		Ostracoda		0	5	24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	29	
Turbellaria	Tricladida	Dugesidae	7	17	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	25	
			0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	
Total de organismos por estación			20	611	165	173	40	158	497	275	387	365	345	237	56	35	30	34	25	19	705	555	12	12	22	8	220				
Riqueza (S) por estación			7	15	18	8	4	15	17	16	13	16	18	16	6	8	8	9	3	6	12	14	4	6	3	2	10				

“Consultoría técnica de generación de información para utilización de indicadores biológicos en la cuenca del Río Elqui”: Informe Final.

Tabla VIII. Taxas de macro invertebrados registrados en las estaciones de muestreo durante diciembre 2016.

Clase	Orden	Familia	EL-16	EL-15	EL-13	EL-6	EL-1	CD-7	CD-6	CD-5	CD-2	CD-1	CO-4	CO-3	CO-1	TU-21	TU-14	TU-1	RT-3	RT-2	RT-1	LA-8	LA-3	VH-2	VH-1	MA-2	MA-1	TM	IN	Inv. Taxa			
Insecta	Diptera	Chironomidae	37	39	19	0	0	3	5	4	72	28	1	7	31	0	0	0	0	3	0	5	27	21	7	8	0	20	1	0	338		
		Simuliidae	9	2	1	6	0	0	0	0	0	1	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	9	0	0	0	0	0	0	31	
		Blephariceridae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	
		Tipulidae	2	0	0	0	0	0	0	1	0	0	3	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7	
		Psychodidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	
		Muscidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	
		Ephydriidae	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	
		Ceratopogonidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
		Empididae	1	11	0	1	0	0	2	0	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	18
		Trichoptera	Hydropsychidae	5	103	1	0	1	3	0	0	0	12	0	0	2	2	2	2	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	2	134
	Leptoceridae	0	0	7	0	0	4	8	92	5	78	0	4	5	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	204		
	Hydrobiosidae	0	0	0	0	0	1	1	8	5	8	0	1	4	0	0	1	0	0	0	0	0	0	8	1	0	0	0	0	0	38		
	Hydroptilidae	1	8	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10		
Ephemeroptera	Baetidae	102	70	42	0	11	31	21	141	43	20	11	91	17	5	1	2	0	0	1	147	106	0	0	0	0	1	1	8	872			
	Leptophlebiidae	18	6	0	0	1	8	36	12	4	35	9	62	18	0	0	0	0	0	0	0	0	126	405	0	0	0	0	12	0	752		
Plecoptera	Gripopterygidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9		
Coleoptera	Elmidae	2	0	0	0	2	4	1	13	20	20	9	2	3	0	0	23	0	0	0	0	0	40	63	0	0	0	0	15	0	217		
	Scirtidae	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1		
	Staphylinidae	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1		
	Hydrophilidae	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	4		
	Gyrinidae	3	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	5			
Hemiptera	Belostomatidae	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	5		
	Notonectidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	3		
	Aphididae	24	0	1	1	19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	46		
Odonata	Aeshnidae	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2		
	Coenagrionidae	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8		
Arachnida	Araneae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1		
	Acari	17	7	9	1	0	0	0	0	1	3	2	1	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	46		
Collembola		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7	0	0	8		
	Megaloptera	Corydalidae	0	2	1	0	0	2	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	
Malacostraca	Amphipoda	Hyalidae	11	0	52	0	0	0	4	0	0	0	0	14	4	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	86		
Gastropoda	Neotaenoglossa	Hydrobiidae	0	22	0	0	0	1	0	7	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	31		
	Basommatophora	Physidae	77	7	28	0	0	0	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	121		
Oligochaeta		1	1	0	11	0	5	3	1	0	1	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	27			
Bivalvia	Veneroida	Sphaeriidae	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5		
Hirudinea		1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1		
	Isopoda	0	0	2	0	0	0	0	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5		
Copepoda		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	4		
Ostracoda		3	0	3	0	0	0	0	3	0	0	0	1	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	14			
Total de organismos por estación			315	281	173	20	34	62	83	292	154	214	36	197	100	8	5	27	3	1	7	349	615	8	12	1	28	32	10				
Riqueza (S) por estación			7	15	18	8	4	15	17	16	13	15	7	13	14	3	4	4	1	1	3	6	12	2	3	1	3	6	2				

Tabla IX: Resultados del ChIBF por estación de muestreo en septiembre 2016.

Río	Código Estación	ChIBF Valor	ChIBF Clase	ChIBF Característica ambiental
Claro Derecho	CD-2	4.23	II	Bueno, moderadamente perturbado
Claro Derecho	CD-5	3.68	I	Muy bueno, no perturbado
Claro Derecho	CD-6	3.78	II	Bueno, moderadamente perturbado
Claro Derecho	CD-7	4.51	II	Bueno, moderadamente perturbado
Cochiguaz	CO-1	3.90	II	Bueno, moderadamente perturbado
Cochiguaz	CO-3	2.99	I	Muy bueno, no perturbado
Cochiguaz	CO-4	2.68	I	Muy bueno, no perturbado
Elqui	EL-1	4.58	II	Bueno, moderadamente perturbado
Elqui	EL-6	4.07	II	Bueno, moderadamente perturbado
Elqui	EL-13	5.31	III	Regular, perturbado
Elqui	EL-15	5.64	III	Regular, perturbado
Elqui	EL-16	4.00	II	Bueno, moderadamente perturbado
Toro Muerto	TM	4.86	III	Regular, perturbado
Malo	MA-1	6.88	IV	Malo, muy perturbado
Malo	MA-2	6.32	IV	Malo, muy perturbado
Toro	RT-1	5.74	III	Regular, perturbado
Toro	RT-2	6.12	III	Regular, perturbado
Toro	RT-3	3.06	I	Muy bueno, no perturbado
Turbio	TU-1	5.53	III	Regular, perturbado
Turbio	TU-14	5.23	III	Regular, perturbado
Turbio	TU-21	4.00	II	Bueno, moderadamente perturbado
Vacas Heladas	VH-1	5.17	III	Regular, perturbado
Vacas Heladas	VH-2	5.75	III	Regular, perturbado
La Laguna	LA-3	4.15	II	Bueno, moderadamente perturbado
La Laguna	LA-8	3.60	I	Muy bueno, no perturbado

Tabla X: Resultados del ChIBF por estación de muestreo en diciembre 2016.

Río	Código Estación	ChIBF Valor	ChIBF Clase	ChIBF Característica ambiental
Claro Derecho	CD-1	3.94	II	Bueno, moderadamente perturbado
Claro Derecho	CD-2	5.21	III	Regular, perturbado
Claro Derecho	CD-5	3.86	II	Bueno, moderadamente perturbado
Claro Derecho	CD-6	3.59	I	Muy bueno, no perturbado
Claro Derecho	CD-7	3.95	II	Bueno, moderadamente perturbado
Cochiguaz	CO-1	4.39	II	Bueno, moderadamente perturbado
Cochiguaz	CO-3	3.86	II	Bueno, moderadamente perturbado
Cochiguaz	CO-4	3.31	I	Muy bueno, no perturbado
Elqui	EL-1	1.71	I	Muy bueno, no perturbado
Elqui	EL-6	6.7	IV	Malo, muy perturbado
Elqui	EL-13	6.02	III	Regular, perturbado
Elqui	EL-15	4.25	II	Bueno, moderadamente perturbado
Elqui	EL-16	5.08	III	Regular, perturbado
Toro Muerto	TM	3.47	I	Muy bueno, no perturbado
Malo	MA-1	5.14	III	Regular, perturbado
Malo	MA-2	0		
Toro	RT-1	5.57	III	Regular, perturbado
Toro	RT-2	0		
Toro	RT-3	7.0	IV	Malo, muy perturbado
Turbio	TU-1	3.85	II	Bueno, moderadamente perturbado
Turbio	TU-14	3.60	I	Muy bueno, no perturbado
Turbio	TU-21	4.25	III	Regular, perturbado
Vacas Heladas	VH-1	4.67	III	Regular, perturbado
Vacas Heladas	VH-2	6.13	IV	Malo, muy perturbado
La Laguna	LA-3	2.76	I	Muy bueno, no perturbado
La Laguna	LA-8	3.42	I	Muy bueno, no perturbado
Incahuaz	IN	4	II	Bueno, moderadamente perturbado

Tabla XI: Matriz de correlación no paramétricas (coeficiente de Spearman, $p < 0,05$), con las métricas composición y riqueza de especies con respecto a las variables fisicoquímicas. Septiembre 2016.

	OD	pH	CE	TDS	OD%	NO3 [mg]	NO2 [mg]	PO4 [mg]	NH4 [mg]	SiO2 [mg]	SO4 mg
Diptera	-0,14286	-0,14286	-0,12245	-0,37274	-0,35426	-0,12168	0,16596	0,18548	-0,12594	-0,3219	-0,006546
% Diptera	-0,41692	-0,41692	-0,16385	0,80308	0,79615	-0,47	-0,01	-0,13813	0,42508	0,65384	0,55
Ephemeroptera	0,062212	0,062212	-0,033439	-0,83753	-0,84531	0,12598	-0,069211	0,38664	-0,31812	-0,74075	-0,54669
% Ephemeroptera	0,1462	0,1462	0,011665	-0,82975	-0,84142	0,22319	-0,1773	0,27423	-0,38968	-0,68434	-0,5879
Plecoptera	0,10607	0,10607	0,017477	-0,45741	-0,4556	0,24528	-0,38148	0,16097	-0,27908	-0,43868	-0,12716
%Plecoptera	0,10722	0,10722	0,015662	-0,45659	-0,45418	0,24577	-0,37949	0,15668	-0,28076	-0,44239	-0,12529
Trichoptera	0,45316	0,45316	0,11397	-0,85614	-0,86626	0,46872	-0,010891	0,14592	-0,51919	-0,63635	-0,48622
%Trichoptera	0,46348	0,46348	0,15475	-0,68122	-0,69989	0,49614	0,035772	0,035397	-0,52968	-0,48359	-0,59801
EPT	0,13362	0,13362	0,015492	-0,87764	-0,88461	0,19365	-0,008908	0,3427	-0,34148	-0,79289	-0,59606
%EPT	0,37484	0,37484	0,12895	-0,81164	-0,82132	0,43137	-0,048017	0,16406	-0,52073	-0,64744	-0,63312
Coleoptera	-0,22704	-0,22704	-0,21273	-0,53337	-0,53298	-0,16941	-0,078516	0,17431	-0,09594	-0,43654	-0,056856
%Coleoptera	-0,37066	-0,37066	-0,18301	0,18842	0,2085	-0,34827	-0,084171	-0,18038	0,14482	0,23411	0,30965
Chironomidae	-0,21606	-0,21606	-0,067398	-0,31003	-0,28153	-0,15906	0,15636	0,16105	-0,066641	-0,28189	0,0038513
%Chironomidae	-0,44769	-0,44769	-0,17154	0,79769	0,80538	-0,49231	0,0076923	-0,10504	0,422	0,66577	0,59154
Odonata	0,42909	0,42909	0,25432	-0,20189	-0,20189	0,36762	0,22238	-0,17333	-0,40747	-0,044622	-0,10908
%Odonata	0,42768	0,42768	0,25781	-0,19396	-0,19396	0,37106	0,2301	-0,185	-0,40125	-0,045806	-0,10963
Platelmintos	0,25476	0,25476	0,31138	0	0	0,28307	0,31138	-0,19822	0,11325	-0,08497	0,084921
% Platelmintos	0,25476	0,25476	0,31138	0	0	0,28307	0,31138	-0,19822	0,11325	-0,08497	0,084921
Nematodo	0,3975	0,3975	0,32987	-0,55227	-0,56513	0,43028	0,02697	0,22664	-0,071796	-0,42783	-0,030705
%Nematodo	0,50018	0,50018	0,45622	-0,38488	-0,394	0,5234	0,088755	0,19874	0,0099557	-0,32618	0,058893
Anélidos	0,15322	0,15322	0,021134	-0,58031	-0,58999	0,19901	0,11624	0,20966	-0,13255	-0,54584	-0,028179
% Anélida	0,14937	0,14937	0,059052	-0,52713	-0,53494	0,198	0,20842	0,18678	-0,13767	-0,55176	0,0043421
Moluscos Total	0,55666	0,55666	0,231	-0,61744	-0,60268	0,57142	-0,03821	0,16202	-0,26492	-0,54959	-0,018237
% Molusco t	0,58879	0,58879	0,28397	-0,57576	-0,55579	0,61223	0,017368	0,19938	-0,22409	-0,56132	-0,033868
Crustáceo total	0,46778	0,46778	0,23128	-0,39475	-0,38083	0,50647	0,26389	0,18179	-0,2085	-0,50742	0,069993
% Crustáceo	0,47155	0,47155	0,24055	-0,35952	-0,34302	0,50281	0,31089	0,21588	-0,20846	-0,49311	0,092052

Tabla XII: Matriz de correlación no paramétricas (coeficiente de Spearman, $p < 0,05$), con las métricas composición y riqueza de especies con respecto a las variables fisicoquímicas. Diciembre 2016.

	OD mg/l	pH	CE	TDS	OD%	NO3 [mg/l]	NO2 [mg/l]	PO4 [mg/l]	NH4 [mg/l]	SiO2 [mg/l]	SO4 mg/l
Díptera	0,2300	0,2399	-0,1712	-0,1706	0,1675	0,0653	-0,1216	0,2291	0,0758	0,2763	-0,3000
% Díptera	-0,1624	-0,1532	0,3066	-0,1176	-0,1032	0,0712	0,4024	0,3334	0,1957	0,2181	0,2181
Tricoptera	0,6535	0,4792	-0,6615	-0,6675	0,5972	0,2339	-0,4494	-0,4180	-0,3726	-0,1683	-0,6821
% Tricoptera	0,5509	0,5545	-0,6075	-0,6094	0,5345	0,3192	-0,5266	-0,6556	-0,5099	-0,4251	-0,5786
Ephemeroptera	0,5009	0,4879	-0,6177	-0,6171	0,4276	0,2325	-0,3461	-0,3412	-0,5016	-0,1625	-0,7177
% Ephemeroptera	0,3386	0,4258	-0,5531	-0,5519	0,3260	0,2363	-0,4714	-0,4984	-0,8121	-0,4560	-0,6796
Plecóptera	0,1916	-0,0376	-0,2164	-0,2164	0,2742	-0,2513	-0,3623	-0,2431	-0,1623	-0,1801	-0,7177
EPT	0,5052	0,5109	-0,6329	-0,6323	0,4397	0,2327	-0,3574	-0,3639	-0,5029	-0,1830	-0,7312
% EPT	0,3733	0,5127	-0,5721	-0,5709	0,3831	0,2437	-0,5512	-0,6408	-0,8044	-0,5260	-0,6793
Coleóptera	0,2147	0,3087	-0,6917	-0,6910	0,1323	0,0100	-0,2076	-0,2809	-0,4030	-0,1568	0,3446
Chironomidae	0,1463	0,1196	-0,1428	-0,1434	0,1011	-0,0186	-0,1233	0,2668	0,0648	0,2968	-0,2504
% Chironomidae	-0,1833	-0,3196	0,2229	0,2204	-0,1786	-0,2372	0,0474	0,5624	0,3408	0,3446	0,1364
Odonata	0,2595	0,0524	-0,0793	-0,0793	0,2527	0,0228	-0,2348	-0,1253	-0,0599	0,0094	-0,0954
% Odonata	0,2595	0,0524	-0,0793	-0,0793	0,2527	0,0228	-0,2348	-0,1253	-0,0599	0,0094	-0,0954
Crus total	0,3750	0,1048	-0,3053	-0,2955	0,3351	0,1062	-0,2307	-0,1464	-0,1601	0,0509	-0,3950
% crus total	0,3566	0,0284	-0,3041	-0,2972	0,3143	0,0662	-0,2370	-0,1044	-0,1737	0,0789	-0,3864
Molusco total	0,6430	0,2754	-0,2104	-0,2104	0,6106	0,2119	-0,2462	-0,1278	0,0349	0,1604	-0,2922
% Molusco total	0,6456	0,2678	-0,2099	-0,2099	0,6076	0,2234	-0,2503	-0,1230	0,0246	0,1557	-0,2939
Anélida	0,4629	0,1999	-0,2728	-0,2728	0,3584	0,1687	-0,1394	0,0131	-0,0497	0,1315	-0,3530
% Anélida	0,4250	0,1905	-0,2618	-0,2618	0,3232	0,1619	-0,1315	0,0255	-0,0623	0,1262	-0,3367

Tabla XIII: Matriz de correlación no paramétricas (coeficiente de Spearman, $p < 0,05$), con las métricas propuestas de estructura trófica con respecto a las variables fisicoquímicos. Septiembre 2016.

	OD	pH	T	CE	TDS	OD%	NO3 [mg]	NO2 [mg]	PO4 [mg]	NH4 [mg]	SiO2 [mg]	SO4 mg
COLECTOR RASPADOR	-0,15829	0,29584	-0,031581	-0,34932	-0,31581	-0,090121	0,19911	0,20728	0,065293	-0,35087	-0,016946	-0,33776
% COLECTOR RASPADOR	-0,32538	-0,47471	-0,032308	0,77538	0,78846	-0,35462	0,012308	-0,041939	0,4547	0,63113	0,57692	0,75615
DEPREDADOR	0,06086	-0,022632	0,46582	-0,30898	-0,30586	0,20443	0,12289	-0,0091716	0,018145	-0,31541	-0,25085	-0,32381
% DEPREDADOR	-0,12466	-0,49971	0,26741	0,56329	0,59523	-0,071181	0,020392	-0,53541	0,22936	0,54803	0,21508	0,53944
FILTRADOR	0,34664	0,6083	0,068704	-0,65659	-0,67221	0,36226	0,03279	0,26906	-0,22021	-0,61518	-0,26389	-0,67455
% FILTRADOR	0,32279	0,38664	0,10889	-0,24851	-0,29401	0,32162	0,015556	0,32058	0,080907	-0,26091	-0,15751	-0,2699
COLECTOR FRAGMENTADOR	-0,058852	0,26208	-0,099487	-0,045306	-0,058852	-0,17048	0,092948	-0,10653	0,20322	-0,053978	0,13405	0,094349
% COLECTOR FRAGMENTADOR	-0,058504	0,21038	-0,10122	0,043646	0,029716	-0,18016	0,084506	-0,16211	0,22849	0,0041813	0,19687	0,024145
RASPADOR	0,137	0,37914	-0,018186	-0,66398	-0,66034	0,16448	-0,1758	0,098847	-0,2502	-0,63323	-0,06951	-0,72905
% RASPADOR	0,062725	0,16649	-0,091675	-0,43787	-0,43224	0,043023	-0,2891	-0,08809	-0,16448	-0,48117	0,13108	-0,56573
COLECTOR DETRITIVORO	-0,26376	-0,27608	-0,22287	0,15539	0,23718	-0,2658	0,022491	0,045	0,2679	0,20765	0,065429	0,26989
% COLECTOR DETRITIVORO	-0,24589	-0,30453	-0,2132	0,18663	0,27041	-0,24317	0,010217	-0,0030663	0,26978	0,24978	0,097403	0,30856
COLECTOR	0,58611	0,46199	0,11015	-0,75013	-0,75817	0,58129	0,086028	0,035792	-0,6007	-0,46619	-0,38592	-0,74048
% COLECTOR	0,54913	0,40891	0,13748	-0,64883	-0,65928	0,57164	0,010452	0,0088474	-0,57416	-0,44004	-0,53627	-0,62712
FRAGMENTADOR	0,20653	0,00055085	0,1465	-0,43124	-0,42958	0,35083	-0,22966	0,06281	-0,21043	-0,4494	-0,086468	-0,43344
% FRAGMENTADOR	0,13373	0,067478	0,06867	-0,37708	-0,37467	0,28552	-0,26022	-0,081953	0,068683	-0,39598	-0,1518	-0,34094
COLECTOR RECOLECTOR	0,01394	0,47058	-0,10145	-0,81318	-0,82209	0,06157	-0,06157	0,36278	-0,29958	-0,72221	-0,51928	-0,81009
% COLECTOR RECOLECTOR	-0,02943	0,44037	-0,15722	-0,76594	-0,77717	0,025944	-0,10881	0,28143	-0,36271	-0,65131	-0,48597	-0,74968
DETRITIVORO	0,17475	0,4385	0,061755	-0,56018	-0,56938	0,22337	0,15417	0,18424	-0,1093	-0,54166	-0,024527	-0,61361
% DETRITIVORO	0,17195	0,40737	0,092052	-0,52192	-0,52973	0,22405	0,2145	0,19156	-0,13289	-0,54742	0,0060789	-0,58444

Tabla XIV: Matriz de correlación no paramétricas (coeficiente de Spearman, $p < 0,05$), con las métricas propuestas de estructura trófica con respecto a las variables fisicoquímicas. Diciembre 2016.

	OD mg/l	pH	T °C	CE	TDS	OD%	NO3 [mg/l]	NO2 [mg/l]	PO4 [mg/l]	NH4 [mg/l]	SiO2 [mg/l]	SO4 mg/l
% COLERECO	0,1983	0,4319	-0,4941	-0,6593	-0,6581	0,1516	0,1958	-0,3876	-0,5399	-0,7573	-0,4303	-0,5869
T DEPRE	0,5515	0,3800	-0,2039	-0,4342	-0,4383	0,4482	0,0574	-0,2985	-0,0742	0,0109	0,2173	-0,4956
% DEPRE	0,1027	0,0809	0,0783	0,0718	0,0712	0,0145	-0,2131	0,0548	0,2417	0,4535	0,4758	0,0603
T FILTRA	0,4833	0,5102	-0,0617	-0,1945	-0,1821	0,4737	0,3114	-0,1737	-0,3041	-0,0645	-0,0235	-0,3064
% FILTRA	0,3786	0,4252	-0,0309	-0,1308	-0,1227	0,3970	0,2876	-0,1723	-0,3061	-0,1475	-0,0912	-0,2166
T COLE RASPA	0,2824	0,1592	-0,2067	-0,1938	-0,1945	0,2232	0,0405	-0,1539	0,1905	0,0428	0,2824	-0,3143
% COLE RASPA	-0,1230	0,3298	0,0419	0,2414	0,2396	-0,1205	-0,2181	0,0368	0,5426	0,3790	0,3798	0,1500
T SUCCIO	0,3813	0,3405	0,2598	0,0583	0,0583	0,3597	0,4065	0,0987	-0,0531	0,1235	0,0565	0,0279
% SUCCIO	0,3318	0,2956	0,2641	0,0770	0,0770	0,3318	0,4020	0,0938	-0,0703	0,0828	0,0087	0,0499
T COLEFRAG	0,2993	0,4059	-0,1098	-0,2519	-0,2403	0,1804	0,2580	-0,1448	-0,1525	-0,1382	-0,0663	-0,3287
% T COLEFRAG	0,3229	0,3718	-0,0319	-0,2395	-0,2311	0,2197	0,2368	-0,1807	-0,1756	-0,1769	-0,0939	-0,3129
T RASPA	0,3667	0,1639	0,0807	-0,1247	-0,1159	0,3388	0,0631	-0,1559	-0,0404	0,0698	0,1877	-0,2281
% RASPA	0,3502	0,1019	0,0984	-0,1321	-0,1252	0,3223	0,0095	-0,1779	-0,0164	0,0651	0,1888	-0,2281
T COLE	0,7261	0,4307	-0,0811	-0,5900	-0,5944	0,6675	0,2254	-0,5024	-0,4260	-0,3048	-0,1406	-0,6230
% COLE	0,5760	0,5005	-0,0632	-0,5690	-0,5728	0,5601	0,2794	-0,5337	-0,6195	-0,4546	-0,3748	-0,5431
% RASPA	0,3502	0,1019	0,0984	-0,1321	-0,1252	0,3223	0,0095	-0,1779	-0,0164	0,0651	0,1888	-0,2281
T COLEDETRI	0,3022	0,3274	0,3022	0,1007	0,1007	0,3022	0,3022	0,0379	0,0505	0,1514	0,2014	0,0504
% COLEDETRI	0,3022	0,3274	0,3022	0,1007	0,1007	0,3022	0,3022	0,0379	0,0505	0,1514	0,2014	0,0504
FRAGMENTADOR	0,1916	0,0376	-0,2380	-0,2164	-0,2164	0,2742	-0,2513	-0,3623	-0,2431	-0,1623	-0,1801	-0,1989
% FRAG	0,1916	0,0376	-0,2380	-0,2164	-0,2164	0,2742	-0,2513	-0,3623	-0,2431	-0,1623	-0,1801	-0,1989
DETRITIVORO	0,4448	0,1809	0,0077	-0,2881	-0,2881	0,3443	0,1437	-0,1549	0,0075	-0,0640	0,1178	-0,3676
% DETRI	0,4105	0,1712	-0,0133	-0,2906	-0,2906	0,3120	0,1255	-0,1551	0,0104	-0,0748	0,1084	-0,3657

Tabla XV: Matriz de correlación no paramétricas (coeficiente de Spearman, $p < 0,05$), con las métricas propuestas para tolerancia con respecto a las variables fisicoquímicas. Septiembre 2016.

	TOLERANTE	% TOLERANTE	INTOLERANTE	% INTOLERANTE
OD	-0,10129	-0,28786	0,099808	0,27096
pH	0,41102	-0,4101	0,49412	0,43581
T	-0,07202	-0,023892	-0,036994	-0,002698
CE	-0,44868	0,77457	-0,85164	-0,81557
TDS	-0,42326	0,78921	-0,86474	-0,83022
OD%	-0,060081	-0,32601	0,14721	0,3095
NO3 [mg]	0,16484	0,030058	-0,00077071	-0,078628
NO2 [mg]	0,21942	-0,089245	0,29279	0,12242
PO4 [mg]	-0,12904	0,49778	-0,32897	-0,45393
NH4 [mg]	-0,44085	0,61384	-0,75844	-0,65002
SiO2 [mg]	-0,07125	0,56917	-0,55992	-0,55194
SO4 MG/L	-0,44483	0,75646	-0,85973	-0,80671

Tabla XVI: Matriz de correlación no paramétricas (coeficiente de Spearman, $p < 0,05$), con las métricas propuestas para tolerancia con respecto a las variables fisicoquímicas. Diciembre 2016.

	TOLERANTE	% TOLE	INTOLERANTE	% INTOLERANTE
OD mg/l	0,38133	-0,26172	0,46631	0,262
pH	0,26197	-0,47305	0,48934	0,473
T °C	-0,11217	0,40409	-0,4502	-0,4
CE	-0,20961	0,62685	-0,64335	-0,63
TDS	-0,20777	0,62624	-0,64273	-0,63
OD%	0,3112	-0,254	0,39104	0,254
NO3 [mg/l]	0,086278	-0,26655	0,1915	0,267
NO2 [mg/l]	-0,15835	0,37768	-0,33462	-0,38
PO4 [mg/l]	0,14334	0,65164	-0,33662	-0,65
NH4 [mg/l]	0,067617	0,74793	-0,45586	-0,75
SiO2 [mg/l]	0,28545	0,50669	-0,13933	-0,51
SO4 mg/l	-0,36169	0,55345	-0,70658	-0,55

Tabla XVII: Matriz de correlación no paramétricas (coeficiente de Spearman, $p < 0,05$), con las métricas propuestas de preferencia por el ambiente con respecto a las variables fisicoquímicas. Septiembre 2016.

	cl-bu	% cl-bu	clingers	% cl	burrowers	% bu	sw-cl	% sw-cl	sw	% sw	sprawlers	%sp	sw-dv	% sw-dw
OD	0,1263	-0,27329	0,29336	0,46778	0,16438	0,21401	0,17825	0,42846	0,15753	0,27799	0,34814	0,43256	0,16108	0,29518
pH	0,60389	-0,37729	0,69734	0,54886	0,33776	0,18294	0,57066	0,53818	0,52945	0,43059	0,44964	0,34966	0,5292	0,40894
T	0,036581	-0,19323	0,019634	0,022312	0,14731	0,20571	0,045043	0,10846	0,062549	0,14904	0,24814	0,41911	0,055106	0,14836
CE	-0,73354	0,81293	-0,78152	-0,28044	-0,50353	-0,22811	-0,85852	-0,77308	-0,86101	-0,84171	-0,54975	-0,371	-0,86551	-0,84085
TDS	-0,72468	0,81524	-0,79808	-0,30544	-0,49645	-0,23143	-0,87507	-0,78769	-0,87028	-0,84711	-0,56159	-0,38201	-0,86397	-0,837
OD%	0,18213	-0,36028	0,31992	0,39892	0,16229	0,20073	0,22868	0,46462	0,22471	0,35985	0,36528	0,45417	0,23083	0,37804
NO3 [mg]	0,24798	0,083141	0,13513	0,31391	0,072408	0,1012	0,073917	0,023077	0,028572	-0,044016	0,10938	0,17694	0,037765	-0,046243
NO2 [mg]	0,26714	-0,20793	0,22588	-0,027516	-0,18088	-0,35557	0,30965	0,1693	0,34067	0,28467	0,22783	0,21799	0,35081	0,27255
PO4 [mg]	-0,35047	0,29374	-0,44474	-0,34783	-0,14235	-0,085453	-0,31498	-0,44008	-0,30238	-0,33945	-0,1096	-0,012845	-0,29119	-0,31856
NH4 [mg]	-0,64727	0,70788	-0,7032	-0,32814	-0,50673	-0,28011	-0,81202	-0,67616	-0,78424	-0,75334	-0,44675	-0,3396	-0,77656	-0,738
SiO2 [mg]	-0,3839	0,56197	-0,34456	-0,27582	-0,36745	-0,21898	-0,53359	-0,58308	-0,52124	-0,64865	0,012244	0,087654	-0,51561	-0,63815
SO4 mg	-0,72545	0,77906	-0,80347	-0,33891	-0,4873	-0,22811	-0,87315	-0,74846	-0,85483	-0,80696	-0,60812	-0,44316	-0,84933	-0,79307

cl-bu: Agarradores excavadores; **Clingers (cl):** agarradores; **Burrowers (bu):** excavadores; **sw-cl:** nadadores agarradores, **sw:** nadadores; **sprawlers (sp):** reptadores; **sw-dv:** nadadores buceadores.

Tabla XVIII: Matriz de correlación no paramétricas (coeficiente de Spearman, $p < 0,05$), con las métricas propuestas de preferencia por el ambiente con respecto a las variables fisicoquímicas. Diciembre 2016.

	Agarradores-excavadores	% agaexca	T AGARR	% AGARR	T NADA	% NADA	T EXCA	% EXCA	T BUCE	% BUCE	T REPTA	% REPTA
OD mg/l	0,14625	-0,18176	0,64399	0,56463	0,47198	0,20523	0,36681	0,33624	0,1875	0,22424	0,42108	0,42499
pH	0,11963	-0,31402	0,62811	0,61992	0,46371	0,21639	0,17953	0,1922	0,46552	0,44552	0,18304	0,19048
T °C	-0,24267	-0,011138	-0,34095	-0,11736	-0,38898	-0,20661	0,31399	0,35843	-0,013357	0,025684	0,011838	0,014373
CE	-0,14283	0,21824	-0,64851	-0,51465	-0,59562	-0,32783	0,10286	0,12996	-0,11723	-0,11062	-0,24711	-0,26176
TDS	-0,14344	0,21576	-0,64789	-0,51588	-0,59501	-0,32599	0,10286	0,12996	-0,10239	-0,098769	-0,24711	-0,26176
OD%	0,10105	-0,1774	0,55481	0,50448	0,3981	0,2208	0,36338	0,3356	0,10833	0,14124	0,32177	0,32324
NO3 [mg/l]	-0,018566	-0,22826	0,33314	0,42096	0,2177	0,09387	0,08696	0,097851	0,32641	0,31305	0,17151	0,16187
NO2 [mg/l]	-0,12334	0,0354	-0,32024	-0,32478	-0,38949	-0,30023	-0,087905	-0,072786	-0,048661	-0,060976	-0,11279	-0,13147
PO4 [mg/l]	0,26684	0,56086	-0,38914	-0,55209	-0,28521	-0,27164	-0,066653	-0,066102	-0,076326	-0,0574	0,032114	0,025517
NH4 [mg/l]	0,06482	0,33433	-0,31877	-0,32562	-0,48596	-0,56635	0,11621	0,099068	0,010905	0,039098	-0,05712	-0,062344
SiO2 [mg/l]	0,29675	0,34795	-0,082901	-0,19493	-0,10196	-0,23727	0,22872	0,20719	0,020772	0,058265	0,14347	0,12622
SO4 mg/l	-0,25037	0,13209	-0,66885	-0,39792	-0,70679	-0,46361	0,030977	0,057452	-0,1939	-0,18075	-0,32469	-0,3367

Tabla XIX: Matriz de correlación no paramétrica (Coeficiente de Spearman, $p < 0.05$), para evitar redundancia en la elección de las métricas finales. Septiembre 2016.

	Tolerante	% Tolerante	Intolerante	% Intolerante	cl-bu	% cl-bu	clingers	% cl	burrowers	sw-cl	% sw-cl	sw	% sw
Tolerante		-0,030	0,512	0,102	0,781	-0,235	0,537	-0,258	0,224	0,585	-0,025	0,594	0,230
% Tolerante	-0,030		-0,821	-0,975	-0,576	0,809	-0,743	-0,531	-0,403	-0,758	-0,923	-0,744	-0,843
Intolerante	0,512	-0,821		0,859	0,854	-0,828	0,859	0,238	0,443	0,977	0,745	0,966	0,865
% Intolerante	0,102	-0,975	0,859		0,606	-0,825	0,788	0,505	0,393	0,800	0,916	0,785	0,861
cl-bu	0,781	-0,576	0,854	0,606		-0,571	0,873	0,125	0,399	0,891	0,483	0,879	0,607
% cl-bu	-0,235	0,809	-0,828	-0,825	-0,571		-0,661	-0,161	-0,523	-0,823	-0,845	-0,866	-0,974
clingers	0,537	-0,743	0,859	0,788	0,873	-0,661		0,466	0,355	0,894	0,730	0,858	0,696
% cl	-0,258	-0,531	0,238	0,505	0,125	-0,161	0,466		0,050	0,237	0,609	0,133	0,244
burrowers	0,224	-0,403	0,443	0,393	0,399	-0,523	0,355	0,050		0,499	0,405	0,490	0,475
sw-cl	0,585	-0,758	0,977	0,800	0,891	-0,823	0,894	0,237	0,499		0,736	0,985	0,860
% sw-cl	-0,025	-0,923	0,745	0,916	0,483	-0,845	0,730	0,609	0,405	0,736		0,721	0,894
sw	0,594	-0,744	0,966	0,785	0,879	-0,866	0,858	0,133	0,490	0,985	0,721		0,885
% sw	0,230	-0,843	0,865	0,861	0,607	-0,974	0,696	0,244	0,475	0,860	0,894	0,885	
sprawlers	0,559	-0,329	0,560	0,388	0,619	-0,510	0,665	0,081	0,204	0,619	0,329	0,619	0,424
%sp	0,384	-0,203	0,363	0,252	0,390	-0,445	0,485	0,112	0,039	0,434	0,277	0,449	0,351
sw-dv	0,601	-0,740	0,963	0,781	0,883	-0,867	0,852	0,122	0,486	0,979	0,716	0,998	0,884
% sw-dv	0,228	-0,828	0,851	0,846	0,595	-0,976	0,673	0,213	0,485	0,846	0,880	0,877	0,996
Diptera	0,964	0,022	0,449	0,046	0,734	-0,138	0,458	-0,296	0,143	0,500	-0,129	0,508	0,120
% Diptera	-0,030	0,935	-0,763	-0,911	-0,536	0,860	-0,696	-0,468	-0,431	-0,738	-0,949	-0,740	-0,893
Ephemeroptera	0,491	-0,789	0,974	0,826	0,805	-0,854	0,804	0,134	0,367	0,947	0,736	0,961	0,891
% Ephemerop	0,237	-0,881	0,895	0,901	0,620	-0,939	0,713	0,213	0,372	0,847	0,853	0,877	0,954
Plecoptera	0,111	-0,390	0,343	0,437	0,202	-0,469	0,366	0,049	-0,081	0,344	0,428	0,391	0,489
% Plecoptera	0,115	-0,389	0,340	0,436	0,199	-0,467	0,363	0,048	-0,081	0,341	0,425	0,387	0,486
Trichoptera	0,289	-0,861	0,826	0,873	0,722	-0,745	0,800	0,354	0,488	0,803	0,767	0,788	0,758
% Trichoptera	-0,019	-0,827	0,602	0,802	0,452	-0,579	0,575	0,531	0,365	0,538	0,720	0,520	0,599
EPT	0,509	-0,809	0,984	0,842	0,834	-0,862	0,817	0,175	0,476	0,968	0,751	0,971	0,899
%EPT	0,042	-0,962	0,798	0,943	0,550	-0,868	0,690	0,421	0,438	0,750	0,922	0,759	0,898

Continuación Tabla ...

	Tolerante	% Tolerante	Intolerante	% Intolerante	cl-bu	% cl-bu	clingers	% cl	burrowers	sw-cl	% sw-cl	sw	% sw
Coleoptera	0,729	-0,346	0,666	0,421	0,720	-0,408	0,669	0,037	0,050	0,667	0,261	0,666	0,400
% Coleoptera	0,118	0,178	-0,093	-0,131	-0,053	0,253	-0,018	0,067	-0,461	-0,134	-0,230	0,160	0,260
Chironomidae	0,955	0,068	0,398	-0,006	0,706	-0,094	0,389	-0,400	0,146	0,444	-0,201	0,464	0,076
% Chiromidae	0,029	0,937	-0,758	-0,925	-0,484	0,876	-0,692	-0,542	-0,445	-0,736	-0,981	0,731	0,907
Odonata	-0,208	-0,360	0,082	0,274	0,095	-0,298	0,167	0,276	0,502	0,118	0,382	0,119	0,243
%ODONATA	-0,205	-0,354	0,070	0,256	0,095	-0,286	0,159	0,278	0,502	0,110	0,372	0,110	0,231
Platelmintos	0,255	0,199	-0,142	-0,199	0,142	0,057	0,057	0,028	0,368	0,000	-0,113	0,000	0,114
% Platelmintos	0,255	0,199	-0,142	-0,199	0,142	0,057	0,057	0,028	0,368	0,000	-0,113	0,000	0,114
Nematoda	0,488	-0,302	0,524	0,360	0,540	-0,547	0,570	-0,011	0,217	0,581	0,316	0,596	0,452
% Nematoda	0,305	-0,178	0,312	0,227	0,297	-0,461	0,397	0,075	0,050	0,384	0,280	0,406	0,366
Anelidos	0,689	-0,352	0,627	0,405	0,759	-0,397	0,760	0,129	0,214	0,682	0,291	0,647	0,357
% anelida	0,687	-0,301	0,558	0,348	0,720	-0,347	0,715	0,157	0,228	0,627	0,247	0,588	0,303
moluscos Total	0,508	-0,241	0,399	0,303	0,519	-0,381	0,635	0,210	0,288	0,522	0,368	0,505	0,377
% molusco t	0,423	-0,198	0,326	0,257	0,414	-0,372	0,565	0,262	0,238	0,462	0,388	0,442	0,379
crustaceo total	0,468	-0,189	0,302	0,238	0,501	-0,214	0,660	0,398	0,036	0,436	0,333	0,387	0,242
% crustaceo	0,434	-0,149	0,247	0,194	0,438	-0,191	0,611	0,421	-0,006	0,385	0,320	0,339	0,219
% Raspador	0,285	-0,317	0,428	0,391	0,333	-0,339	0,507	0,142	0,317	0,451	0,292	0,406	0,308
Colector	0,079	-0,758	0,587	0,764	0,500	-0,545	0,658	0,454	0,368	0,562	0,686	0,534	0,566
% Colector	-0,102	-0,743	0,468	0,717	0,350	-0,451	0,500	0,556	0,334	0,419	0,664	0,387	0,491
Fragmentador	0,212	-0,285	0,264	0,330	0,251	-0,419	0,371	0,059	0,083	0,326	0,359	0,370	0,415
% Fragmentador	0,168	-0,296	0,261	0,343	0,252	-0,414	0,376	0,088	0,177	0,328	0,399	0,360	0,420
Colector recolector	0,486	-0,793	0,977	0,830	0,804	-0,818	0,818	0,192	0,336	0,941	0,731	0,946	0,861
% Colector recolector	0,336	-0,842	0,903	0,875	0,680	-0,830	0,793	0,306	0,293	0,851	0,798	0,864	0,856
Detritivoro	0,700	-0,318	0,597	0,369	0,756	-0,377	0,744	0,123	0,252	0,666	0,266	0,630	0,334
% Detritivoro	0,694	-0,282	0,545	0,328	0,718	-0,347	0,705	0,134	0,232	0,620	0,233	0,586	0,298

Continuación Tabla ...

	sprawlers	%sp	sw-dv	% sw-dw	Diptera	% Diptera	Ephemeroptera	% Ephemerop	Plecoptera	% Plecoptera	Trichoptera	% Tricoptera	EPT
Tolerante	0,559	0,384	0,601	0,228	0,964	-0,030	0,491	0,237	0,111	0,115	0,289	-0,019	0,509
% Tolerante	-0,329	-0,203	-0,740	-0,828	0,022	0,935	-0,789	-0,881	-0,390	-0,389	-0,861	-0,827	-0,809
Intolerante	0,560	0,363	0,963	0,851	0,449	-0,763	0,974	0,895	0,343	0,340	0,826	0,602	0,984
% Intolerante	0,388	0,252	0,781	0,846	0,046	-0,911	0,826	0,901	0,437	0,436	0,873	0,802	0,842
cl-bu	0,619	0,390	0,883	0,595	0,734	-0,536	0,805	0,620	0,202	0,199	0,722	0,452	0,834
% cl-bu	-0,510	-0,445	-0,867	-0,976	-0,138	0,860	-0,854	-0,939	-0,469	-0,467	-0,745	-0,579	-0,862
clingers	0,665	0,485	0,852	0,673	0,458	-0,696	0,804	0,713	0,366	0,363	0,800	0,575	0,817
% cl	0,081	0,112	0,122	0,213	-0,296	-0,468	0,134	0,213	0,049	0,048	0,354	0,531	0,175
burrowers	0,204	0,039	0,486	0,485	0,143	-0,431	0,367	0,372	-0,081	-0,081	0,488	0,365	0,476
sw-cl	0,619	0,434	0,979	0,846	0,500	-0,738	0,947	0,847	0,344	0,341	0,803	0,538	0,968
% sw-cl	0,329	0,277	0,716	0,880	-0,129	-0,949	0,736	0,853	0,428	0,425	0,767	0,720	0,751
sw	0,619	0,449	0,998	0,877	0,508	-0,740	0,961	0,877	0,391	0,387	0,788	0,520	0,971
% sw	0,424	0,351	0,884	0,996	0,120	-0,893	0,891	0,954	0,489	0,486	0,758	0,599	0,899
sprawlers		0,914	0,618	0,418	0,556	-0,368	0,525	0,428	0,131	0,130	0,559	0,274	0,531
%sp	0,914		0,448	0,345	0,354	-0,305	0,353	0,307	0,134	0,133	0,355	0,148	0,350
sw-dv	0,618	0,448		0,879	0,515	-0,740	0,959	0,875	0,390	0,386	0,786	0,519	0,969
% sw-dw	0,418	0,345	0,879		0,120	-0,881	0,877	0,944	0,488	0,485	0,749	0,584	0,886
Diptera	0,556	0,354	0,515	0,120		0,074	0,409	0,161	0,014	0,018	0,258	-0,028	0,427
% Diptera	-0,368	-0,305	-0,740	-0,881	0,074		-0,771	-0,875	-0,395	-0,393	-0,830	-0,770	-0,794
Ephemeroptera	0,525	0,353	0,959	0,877	0,409	-0,771		0,930	0,409	0,406	0,781	0,550	0,983
% Ephemerop	0,428	0,307	0,875	0,944	0,161	-0,875	0,930		0,519	0,516	0,795	0,659	0,918
Plecoptera	0,131	0,134	0,390	0,488	0,014	-0,395	0,409	0,519		1,000	0,280	0,173	0,369
% Plecoptera	0,130	0,133	0,386	0,485	0,018	-0,393	0,406	0,516	1,000		0,281	0,175	0,368
Trichoptera	0,559	0,355	0,786	0,749	0,258	-0,830	0,781	0,795	0,280	0,281		0,869	0,836
% Tricoptera	0,274	0,148	0,519	0,584	-0,028	-0,770	0,550	0,659	0,173	0,175	0,869		0,621
EPT	0,531	0,350	0,969	0,886	0,427	-0,794	0,983	0,918	0,369	0,368	0,836	0,621	
%EPT	0,318	0,213	0,758	0,887	-0,031	-0,955	0,799	0,919	0,441	0,440	0,884	0,853	0,829

Continuación Tabla ...

	sprawlers	%sp	sw-dv	% sw-dw	Diptera	% Diptera	Ephemeroptera	% Ephemerop	Plecoptera	% Plecoptera	Trichoptera	% Tricoptera	EPT
Coleoptera	0,644	0,525	0,667	0,377	0,702	-0,294	0,638	0,482	0,305	0,300	0,365	0,131	0,612
% Coleoptera	0,118	0,209	-0,159	-0,291	0,135	0,212	-0,112	-0,166	0,054	0,046	-0,315	-0,289	-0,171
Chironomidae	0,479	0,295	0,474	0,079	0,962	0,104	0,375	0,107	0,034	0,039	0,199	-0,083	0,390
% Chironomidae	-0,347	-0,300	-0,728	-0,898	0,124	0,972	-0,748	-0,874	-0,410	-0,406	-0,802	-0,765	-0,771
Odonata	0,138	0,116	0,118	0,243	-0,163	-0,388	0,009	0,183	-0,189	-0,189	0,388	0,412	0,098
% Odonata	0,127	0,107	0,110	0,231	-0,163	-0,382	-0,004	0,168	-0,189	-0,189	0,375	0,408	0,087
Platelmintos	0,210	0,240	0,000	-0,113	0,255	0,142	-0,258	-0,258	-0,089	-0,089	-0,043	-0,057	-0,143
% Platelmintos	0,210	0,240	0,000	-0,113	0,255	0,142	-0,258	-0,258	-0,089	-0,089	-0,043	-0,057	-0,143
Nematoda	0,974	0,908	0,595	0,451	0,487	-0,369	0,504	0,443	0,159	0,157	0,556	0,283	0,515
% Nematoda	0,868	0,977	0,405	0,365	0,272	-0,314	0,313	0,303	0,148	0,147	0,352	0,165	0,317
Anelidos	0,875	0,666	0,646	0,347	0,695	-0,312	0,560	0,402	0,201	0,201	0,559	0,267	0,577
% anélida	0,836	0,662	0,587	0,291	0,695	-0,256	0,473	0,328	0,210	0,211	0,480	0,214	0,509
moluscos Total	0,643	0,591	0,504	0,376	0,389	-0,358	0,374	0,301	0,384	0,384	0,509	0,268	0,416
% molusco t	0,592	0,605	0,441	0,378	0,283	-0,354	0,313	0,263	0,399	0,399	0,408	0,191	0,351
crustáceo total	0,550	0,564	0,386	0,230	0,356	-0,273	0,259	0,165	0,370	0,372	0,327	0,128	0,285
% crustáceo	0,536	0,585	0,338	0,206	0,323	-0,245	0,212	0,126	0,355	0,358	0,254	0,069	0,232
% Raspador	0,417	0,263	0,391	0,289	0,233	-0,263	0,382	0,363	0,496	0,496	0,391	0,130	0,392
Colector	0,420	0,244	0,533	0,559	0,063	-0,728	0,534	0,605	0,285	0,287	0,923	0,885	0,597
% Colector	0,180	0,036	0,387	0,481	-0,105	-0,695	0,410	0,531	0,208	0,212	0,821	0,956	0,489
Fragmentador	0,211	0,225	0,369	0,414	0,120	-0,314	0,277	0,381	0,904	0,904	0,247	0,140	0,288
% Fragmentador	0,109	0,091	0,360	0,419	0,058	-0,340	0,258	0,369	0,771	0,772	0,248	0,162	0,274
Colector recolector	0,515	0,337	0,943	0,843	0,414	-0,752	0,990	0,909	0,377	0,374	0,754	0,529	0,966
% Colector recolector	0,452	0,308	0,861	0,833	0,264	-0,782	0,919	0,922	0,470	0,466	0,691	0,537	0,882
Detritívoro	0,873	0,671	0,629	0,324	0,704	-0,286	0,519	0,362	0,176	0,176	0,540	0,252	0,549
% Detritívoro	0,847	0,676	0,585	0,287	0,703	-0,244	0,462	0,319	0,210	0,211	0,478	0,209	0,500

Continuación Tabla ...

	% EPT	Coleóptera	% Coleóptera	Chironomidae	% Chiromidae	Odonata	% Odonata	Platelmintos	% Platelmintos	Nematoda	% Nematoda	Anelidos	% anelida
Tolerante	0,042	0,729	0,118	0,955	0,029	-0,208	-0,205	0,255	0,255	0,488	0,305	0,689	0,687
% Tolerante	-0,962	-0,346	0,178	0,068	0,937	-0,360	-0,354	0,199	0,199	-0,302	-0,178	-0,352	-0,301
Intolerante	0,798	0,666	-0,093	0,398	-0,758	0,082	0,070	-0,142	-0,142	0,524	0,312	0,627	0,558
% Intolerante	0,943	0,421	-0,131	-0,006	-0,925	0,274	0,256	-0,199	-0,199	0,360	0,227	0,405	0,348
cl-bu	0,550	0,720	-0,053	0,706	-0,484	0,095	0,095	0,142	0,142	0,540	0,297	0,759	0,720
% cl-bu	-0,868	-0,408	0,253	-0,094	0,876	-0,298	-0,286	0,057	0,057	-0,547	-0,461	-0,397	-0,347
clingers	0,690	0,669	-0,018	0,389	-0,692	0,167	0,159	0,057	0,057	0,570	0,397	0,760	0,715
% cl	0,421	0,037	0,067	-0,400	-0,542	0,276	0,278	0,028	0,028	-0,011	0,075	0,129	0,157
burrowers	0,438	0,050	-0,461	0,146	-0,445	0,502	0,502	0,368	0,368	0,217	0,050	0,214	0,228
sw-cl	0,750	0,667	-0,134	0,444	-0,736	0,118	0,110	0,000	0,000	0,581	0,384	0,682	0,627
% sw-cl	0,922	0,261	-0,230	-0,201	-0,981	0,382	0,372	-0,113	-0,113	0,316	0,280	0,291	0,247
sw	0,759	0,666	-0,160	0,464	-0,731	0,119	0,110	0,000	0,000	0,596	0,406	0,647	0,588
% sw	0,898	0,400	-0,260	0,076	-0,907	0,243	0,231	-0,114	-0,114	0,452	0,366	0,357	0,303
sprawlers	0,318	0,644	0,118	0,479	-0,347	0,138	0,127	0,210	0,210	0,974	0,868	0,875	0,836
%sp	0,213	0,525	0,209	0,295	-0,300	0,116	0,107	0,240	0,240	0,908	0,977	0,666	0,662
sw-dv	0,758	0,667	-0,159	0,474	-0,728	0,118	0,110	0,000	0,000	0,595	0,405	0,646	0,587
% sw-dv	0,887	0,377	-0,291	0,079	-0,898	0,243	0,231	-0,113	-0,113	0,451	0,365	0,347	0,291
Díptera	-0,031	0,702	0,135	0,962	0,124	-0,163	-0,163	0,255	0,255	0,487	0,272	0,695	0,695
% Díptera	-0,955	-0,294	0,212	0,104	0,972	-0,388	-0,382	0,142	0,142	-0,369	-0,314	-0,312	-0,256
Ephemeroptera	0,799	0,638	-0,112	0,375	-0,748	0,009	-0,004	-0,258	-0,258	0,504	0,313	0,560	0,473
% Ephemerop	0,919	0,482	-0,166	0,107	-0,874	0,183	0,168	-0,258	-0,258	0,443	0,303	0,402	0,328
Plecoptera	0,441	0,305	0,054	0,034	-0,410	-0,189	-0,189	-0,089	-0,089	0,159	0,148	0,201	0,210
% Plecoptera	0,440	0,300	0,046	0,039	-0,406	-0,189	-0,189	-0,089	-0,089	0,157	0,147	0,201	0,211
Trichoptera	0,884	0,365	-0,315	0,199	-0,802	0,388	0,375	-0,043	-0,043	0,556	0,352	0,559	0,480
% Tricoptera	0,853	0,131	-0,289	-0,083	-0,765	0,412	0,408	-0,057	-0,057	0,283	0,165	0,267	0,214
EPT	0,829	0,612	-0,171	0,390	-0,771	0,098	0,087	-0,143	-0,143	0,515	0,317	0,577	0,509
%EPT		0,258	-0,306	-0,074	-0,948	0,391	0,382	-0,171	-0,171	0,333	0,221	0,289	0,233

Continuación Tabla ...

	% EPT	Coleóptera	% Coleóptera	Chironomidae	% Chironomidae	Odonata	% Odonata	Platelmintos	% Platelmintos	Nematoda	% Nematoda	Anelidos	% anelida
Coleoptera	0,391	-0,230	-0,396	-0,266	-0,398		0,998	0,421	0,421	0,158	0,141	0,004	0,051
% Coleoptera	0,382	-0,231	-0,395	-0,262	-0,389	0,998		0,443	0,443	0,147	0,133	0,004	0,054
Chironomidae	-0,171	0,057	-0,057	0,227	0,113	0,421	0,443		1,000	0,214	0,244	0,194	0,320
% Chironomidae	-0,171	0,057	-0,057	0,227	0,113	0,421	0,443	1,000		0,214	0,244	0,194	0,320
Odonata	0,333	0,551	0,048	0,410	-0,357	0,158	0,147	0,214	0,214		0,904	0,796	0,743
% ODONATA	0,221	0,424	0,141	0,208	-0,319	0,141	0,133	0,244	0,244	0,904		0,574	0,556
Platelmintos	0,289	0,745	0,138	0,622	-0,276	0,004	0,004	0,194	0,194	0,796	0,574		0,974
% Platelmintos	0,233	0,736	0,171	0,625	-0,225	0,051	0,054	0,320	0,320	0,743	0,556	0,974	
Nematoda	0,300	0,397	-0,069	0,337	-0,360	0,114	0,116	0,352	0,352	0,648	0,621	0,598	0,567
% Nematoda	0,261	0,342	-0,037	0,233	-0,368	0,098	0,101	0,352	0,352	0,601	0,647	0,516	0,504
Anelidos	0,178	0,425	0,082	0,306	-0,266	0,051	0,056	0,352	0,352	0,469	0,516	0,615	0,644
% anelida	0,134	0,407	0,116	0,269	-0,243	0,051	0,056	0,352	0,352	0,449	0,537	0,575	0,621
moluscos Total	0,280	0,420	0,183	0,174	-0,294	0,001	-0,011	0,030	0,030	0,396	0,238	0,516	0,504
% molusco t	0,788	0,158	-0,307	0,000	-0,716	0,425	0,413	-0,030	-0,030	0,434	0,276	0,413	0,336
crustaceo total	0,776	-0,015	-0,353	-0,162	-0,695	0,426	0,423	-0,030	-0,030	0,199	0,075	0,214	0,163
% crustaceo	0,345	0,311	0,024	0,127	-0,341	0,003	0,012	0,345	0,345	0,238	0,240	0,272	0,331
% Raspador	0,347	0,234	-0,060	0,066	-0,366	0,050	0,060	0,399	0,399	0,135	0,118	0,201	0,226
Colector	0,772	0,675	-0,044	0,371	-0,735	-0,015	-0,027	-0,271	-0,271	0,477	0,284	0,569	0,483
% Colector	0,799	0,658	0,054	0,216	-0,781	0,049	0,035	-0,271	-0,271	0,393	0,241	0,492	0,435
Fragmentador	0,261	0,726	0,123	0,632	-0,252	0,044	0,046	0,290	0,290	0,798	0,582	0,995	0,982
% Fragmentador	0,224	0,719	0,148	0,632	-0,214	0,067	0,071	0,352	0,352	0,763	0,576	0,973	0,998
Colector recolector	0,772	0,675	-0,044	0,371	-0,735	-0,015	-0,027	-0,271	-0,271	0,477	0,284	0,569	0,483
% Colector recolector	0,799	0,658	0,054	0,216	-0,781	0,049	0,035	-0,271	-0,271	0,393	0,241	0,492	0,435
Detritívoro	0,261	0,726	0,123	0,632	-0,252	0,044	0,046	0,290	0,290	0,798	0,582	0,995	0,982
% Detritívoro	0,224	0,719	0,148	0,632	-0,214	0,067	0,071	0,352	0,352	0,763	0,576	0,973	0,998

Continuación Tabla ...

	moluscos Total	% molusco t	crustáceo total	% crustáceo	% Raspador	Colector	% Colector	Fragmentador	% Fragmentador	Coleptor recolector	% Colector recolector	Detritívoro	% Detritívoro
Tolerante	0,508	0,423	0,468	0,434	0,285	0,079	-0,102	0,212	0,168	0,486	0,336	0,700	0,694
% Tolerante	-0,241	-0,198	-0,189	-0,149	-0,317	-0,758	-0,743	-0,285	-0,296	-0,793	-0,842	-0,318	-0,282
Intolerante	0,399	0,326	0,302	0,247	0,428	0,587	0,468	0,264	0,261	0,977	0,903	0,597	0,545
% Intolerante	0,303	0,257	0,238	0,194	0,391	0,764	0,717	0,330	0,343	0,830	0,875	0,369	0,328
cl-bu	0,519	0,414	0,501	0,438	0,333	0,500	0,350	0,251	0,252	0,804	0,680	0,756	0,718
% cl-bu	-0,381	-0,372	-0,214	-0,191	-0,339	-0,545	-0,451	-0,419	-0,414	-0,818	-0,830	-0,377	-0,347
clingers	0,635	0,565	0,660	0,611	0,507	0,658	0,500	0,371	0,376	0,818	0,793	0,744	0,705
% cl	0,210	0,262	0,398	0,421	0,142	0,454	0,556	0,059	0,088	0,192	0,306	0,123	0,134
burrowers	0,288	0,238	0,036	-0,006	0,317	0,368	0,334	0,083	0,177	0,336	0,293	0,252	0,232
sw-cl	0,522	0,462	0,436	0,385	0,451	0,562	0,419	0,326	0,328	0,941	0,851	0,666	0,620
% sw-cl	0,368	0,388	0,333	0,320	0,292	0,686	0,664	0,359	0,399	0,731	0,798	0,266	0,233
sw	0,505	0,442	0,387	0,339	0,406	0,534	0,387	0,370	0,360	0,946	0,864	0,630	0,586
% sw	0,377	0,379	0,242	0,219	0,308	0,566	0,491	0,415	0,420	0,861	0,856	0,334	0,298
sprawlers	0,643	0,592	0,550	0,536	0,417	0,420	0,180	0,211	0,109	0,515	0,452	0,873	0,847
%sp	0,591	0,605	0,564	0,585	0,263	0,244	0,036	0,225	0,091	0,337	0,308	0,671	0,676
sw-dv	0,504	0,441	0,386	0,338	0,391	0,533	0,387	0,369	0,360	0,943	0,861	0,629	0,585
% sw-dw	0,376	0,378	0,230	0,206	0,289	0,559	0,481	0,414	0,419	0,843	0,833	0,324	0,287
Díptera	0,389	0,283	0,356	0,323	0,233	0,063	-0,105	0,120	0,058	0,414	0,264	0,704	0,703
% Díptera	-0,358	-0,354	-0,273	-0,245	-0,263	-0,728	-0,695	-0,314	-0,340	-0,752	-0,782	-0,286	-0,244
Ephemeroptera	0,374	0,313	0,259	0,212	0,382	0,534	0,410	0,277	0,258	0,990	0,919	0,519	0,462
% Ephemerop	0,301	0,263	0,165	0,126	0,363	0,605	0,531	0,381	0,369	0,909	0,922	0,362	0,319
Plecóptera	0,384	0,399	0,370	0,355	0,496	0,285	0,208	0,904	0,771	0,377	0,470	0,176	0,210
% Plecoptera	0,384	0,399	0,372	0,358	0,496	0,287	0,212	0,904	0,772	0,374	0,466	0,176	0,211
Trichoptera	0,509	0,408	0,327	0,254	0,391	0,923	0,821	0,247	0,248	0,754	0,691	0,540	0,478
% Tricoptera	0,268	0,191	0,128	0,069	0,130	0,885	0,956	0,140	0,162	0,529	0,537	0,252	0,209
EPT	0,416	0,351	0,285	0,232	0,392	0,597	0,489	0,288	0,274	0,966	0,882	0,549	0,500
%EPT	0,300	0,261	0,178	0,134	0,280	0,788	0,776	0,345	0,347	0,772	0,799	0,261	0,224

Continuación Tabla ...

	moluscos Total	% molusco t	crustáceo total	% crustáceo	% Raspador	Colector	% Colector	Fragmentador	% Fragmentador	Colector recolector	% Colector recolector	Detritívoro	% Detritívoro
Coleoptera	0,397	0,342	0,425	0,407	0,420	0,158	-0,015	0,311	0,234	0,675	0,658	0,726	0,719
% Coleoptera	-0,069	-0,037	0,082	0,116	0,183	-0,307	-0,353	0,024	-0,060	-0,044	0,054	0,123	0,148
Chironomidae	0,337	0,233	0,306	0,269	0,174	0,000	-0,162	0,127	0,066	0,371	0,216	0,632	0,632
% Chiromidae	-0,360	-0,368	-0,266	-0,243	-0,294	-0,716	-0,695	-0,341	-0,366	-0,735	-0,781	-0,252	-0,214
Odonata	0,114	0,098	0,051	0,051	0,001	0,425	0,426	0,003	0,050	-0,015	0,049	0,044	0,067
%ODONATA	0,116	0,101	0,056	0,056	-0,011	0,413	0,423	0,012	0,060	-0,027	0,035	0,046	0,071
Platelmintos	0,352	0,352	0,352	0,352	0,030	-0,030	-0,030	0,345	0,399	-0,271	-0,271	0,290	0,352
% Platelmintos	0,352	0,352	0,352	0,352	0,030	-0,030	-0,030	0,345	0,399	-0,271	-0,271	0,290	0,352
Nematoda	0,648	0,601	0,469	0,449	0,396	0,434	0,199	0,238	0,135	0,477	0,393	0,798	0,763
% Nematoda	0,621	0,647	0,516	0,537	0,238	0,276	0,075	0,240	0,118	0,284	0,241	0,582	0,576
Anelidos	0,598	0,516	0,615	0,575	0,516	0,413	0,214	0,272	0,201	0,569	0,492	0,995	0,973
% anelida	0,567	0,504	0,644	0,621	0,504	0,336	0,163	0,331	0,226	0,483	0,435	0,982	0,998
moluscos Total		0,975	0,822	0,784	0,526	0,534	0,316	0,512	0,473	0,339	0,245	0,617	0,585
% molusco t	0,975		0,839	0,829	0,469	0,444	0,249	0,526	0,473	0,279	0,208	0,536	0,521
crustaceo total	0,822	0,839		0,987	0,419	0,325	0,161	0,500	0,477	0,252	0,211	0,634	0,649
% crustaceo	0,784	0,829	0,987		0,375	0,256	0,104	0,484	0,433	0,210	0,193	0,592	0,625
% Raspador	0,526	0,469	0,419	0,375		0,360	0,165	0,479	0,399	0,395	0,395	0,504	0,499
Colector	0,534	0,444	0,325	0,256	0,360		0,927	0,257	0,246	0,503	0,474	0,396	0,336
% Colector	0,316	0,249	0,161	0,104	0,165	0,927		0,185	0,198	0,384	0,392	0,202	0,161
Fragmentador	0,512	0,526	0,500	0,484	0,479	0,257	0,185		0,904	0,241	0,329	0,289	0,345
% Fragmentador	0,473	0,473	0,477	0,433	0,399	0,246	0,198	0,904		0,233	0,312	0,228	0,241
Colector recolector	0,339	0,279	0,252	0,210	0,395	0,503	0,384	0,241	0,233		0,942	0,525	0,468
% Colector recolector	0,245	0,208	0,211	0,193	0,395	0,474	0,392	0,329	0,312	0,942		0,444	0,413
Detritívoro	0,617	0,536	0,634	0,592	0,504	0,396	0,202	0,289	0,228	0,525	0,444		0,984
% Detritívoro	0,585	0,521	0,649	0,625	0,499	0,336	0,161	0,345	0,241	0,468	0,413	0,984	

Tabla XX: Matriz de correlación no paramétrica (Coeficiente de Spearman, $p < 0.05$), para evitar redundancia en la elección de las métricas finales. Diciembre 2016.

	% TOLE	INTOLERANTE	% INTO	% COLERECO	T DEPRES	T FILTRA	% COLE RASPA	TCOLE	%COLE	% agaexca
% TOLE		-0,58135	-1	-0,90553	0,01093	-0,071372	0,48523	-0,30514	-0,43558	0,4647
INTOLERANTE	-0,58135		0,58135	0,67109	0,69948	0,48983	0,08474	0,65479	0,46264	0,083491
% INTO	-1	0,58135		0,90553	-0,01093	0,071372	-0,48523	0,30514	0,43558	-0,4647
% COLERECO	-0,90553	0,67109	0,90553		0,1467	0,13251	-0,33723	0,25657	0,27517	-0,31422
T DEPRES	0,01093	0,69948	-0,010931	0,1467		0,54665	0,28232	0,62874	0,30922	0,26251
T FILTRA	-0,07137	0,48983	0,071372	0,13251	0,54665		-0,00903	0,30464	0,14308	-0,065582
% COLE RASPA	0,48523	0,084735	-0,48523	-0,33723	0,28232	-0,0090282		0,065444	-0,19374	0,97744
TCOLE	-0,30514	0,65479	0,30514	0,25657	0,62874	0,30464	0,06544		0,88936	0,029193
%COLE	-0,43558	0,46264	0,43558	0,27517	0,30922	0,14308	-0,19374	0,88936		-0,1995
% agaexca	0,4647	0,083491	-0,4647	-0,31422	0,26251	-0,065582	0,97744	0,029193	-0,1995	
T AGARR	-0,44428	0,91031	0,44428	0,51124	0,79519	0,66043	0,02967	0,73937	0,5418	0,012803
% AGARR	-0,40737	0,42415	0,40737	0,3548	0,36174	0,52067	-0,29735	0,59985	0,65074	-0,3117
TNADA	-0,55522	0,96183	0,55522	0,65984	0,71702	0,46324	0,07663	0,63391	0,4191	0,064529
% NADA	-0,61705	0,47065	0,61705	0,62005	0,13015	0,038732	-0,37828	0,21566	0,19343	-0,3665
% Chiromidae	0,46159	0,088467	-0,46159	-0,31235	0,25338	-0,065582	0,97869	0,029193	-0,1995	0,99875
Tricoptera	-0,37717	0,78449	0,37717	0,36431	0,68965	0,32235	0,07986	0,95167	0,82869	0,072539
% Tricoptera	-0,50325	0,52498	0,50325	0,34736	0,30839	0,17183	-0,22074	0,86587	0,98788	-0,21376
Ephemeroptera	-0,58644	0,98317	0,58644	0,68952	0,68113	0,48497	0,068	0,64733	0,44328	0,05088
% Ephemeroptera	-0,78759	0,70935	0,78759	0,85745	0,22473	0,21534	-0,23679	0,40395	0,37621	-0,23586
EPT	-0,59243	0,9912	0,59243	0,66924	0,68841	0,4953	0,05475	0,67261	0,48892	0,049776
Molus total	-0,00199	0,51818	0,0019927	0,088819	0,65776	0,44357	0,27375	0,64513	0,36587	0,16899
% Molus total	-0,00239	0,5061	0,0023906	0,088796	0,64531	0,43473	0,27128	0,64578	0,36783	0,16413

Continuación Tabla ...

	T AGARR	% AGARR	TNADA	% NADA	% Chironomidae	Tricoptera	% Tricoptera	Ephemeroptera
% TOLE	-0,44428	-0,40737	-0,55522	-0,61705	0,46159	-0,37717	-0,50325	-0,58644
INTOLERANTE	0,91031	0,42415	0,96183	0,47065	0,088467	0,78449	0,52498	0,98317
% INTO	0,44428	0,40737	0,55522	0,61705	-0,46159	0,37717	0,50325	0,58644
% COLERECO	0,51124	0,3548	0,65984	0,62005	-0,31235	0,36431	0,34736	0,68952
T DEPRA	0,79519	0,36174	0,71702	0,13015	0,25338	0,68965	0,30839	0,68113
T FILTRA	0,66043	0,52067	0,46324	0,038732	-0,065582	0,32235	0,17183	0,48497
% COLE RASPA	0,029665	-0,29735	0,076629	-0,37828	0,97869	0,079856	-0,22074	0,067996
TCOLE	0,73937	0,59985	0,63391	0,21566	0,029193	0,95167	0,86587	0,64733
%COLE	0,5418	0,65074	0,4191	0,19343	-0,1995	0,82869	0,98788	0,44328
% agaexca	0,012803	-0,3117	0,064529	-0,3665	0,99875	0,072539	-0,21376	0,05088
T AGARR		0,6762	0,85643	0,2661	0,012803	0,83121	0,58316	0,87566
% AGARR	0,6762		0,33236	-0,045652	-0,3117	0,56068	0,64148	0,37367
TNADA	0,85643	0,33236		0,6085	0,062358	0,74205	0,47303	0,98044
% NADA	0,2661	-0,045652	0,6085		-0,37084	0,2664	0,24254	0,54638
% Chironomidae	0,012803	-0,3117	0,062358	-0,37084		0,072539	-0,21376	0,053681
Tricoptera	0,83121	0,56068	0,74205	0,2664	0,072539		0,84292	0,75571
% Tricoptera	0,58316	0,64148	0,47303	0,24254	-0,21376	0,84292		0,49828
Ephemeroptera	0,87566	0,37367	0,98044	0,54638	0,053681	0,75571	0,49828	
% Ephemeroptera	0,49946	0,20031	0,76174	0,76853	-0,2343	0,46785	0,4324	0,7837
EPT	0,89632	0,40778	0,9746	0,52699	0,052265	0,78896	0,54807	0,99351
Molusco total	0,61994	0,3409	0,54996	0,097619	0,16899	0,58885	0,32725	0,55126
% Molusco total	0,61098	0,34681	0,54029	0,097197	0,16413	0,58381	0,3292	0,54116

Continuación tabla ...

	% Ephemeroptera	EPT	Molus total	% Molus total
% TOLE	-0,78759	-0,59243	-0,0019927	-0,0023906
INTOLERANTE	0,70935	0,9912	0,51818	0,5061
% INTO	0,78759	0,59243	0,0019927	0,0023906
% COLERECO	0,85745	0,66924	0,088819	0,088796
T DEPRE	0,22473	0,68841	0,65776	0,64531
T FILTRA	0,21534	0,4953	0,44357	0,43473
% COLE RASPA	-0,23679	0,054753	0,27375	0,27128
TCOLE	0,40395	0,67261	0,64513	0,64578
%COLE	0,37621	0,48892	0,36587	0,36783
% agaexca	-0,23586	0,049776	0,16899	0,16413
T AGARR	0,49946	0,89632	0,61994	0,61098
% AGARR	0,20031	0,40778	0,3409	0,34681
TNADA	0,76174	0,9746	0,54996	0,54029
% NADA	0,76853	0,52699	0,097619	0,097197
% Chiromidae	-0,2343	0,052265	0,16899	0,16413
Tricoptera	0,46785	0,78896	0,58885	0,58381
% Tricoptera	0,4324	0,54807	0,32725	0,3292
Ephemeroptera	0,7837	0,99351	0,55126	0,54116
% Ephemeroptera		0,75814	0,22742	0,22816
EPT	0,75814		0,52539	0,5133
Molusco total	0,22742	0,52539		0,99717
% Molusco total	0,22816	0,5133	0,99717	

Tabla XXI: Criterios de puntuación para las métricas de las estaciones de muestreo de la Cuenca del Elqui, establecido a través del Percentil 95 y 5. Septiembre 2016.

Métricas	P 95	P 5	5	3	1
N° Tolerantes	176	7,2	> 176	176 > & > 7,2	7,2 >
N° Intolerantes	367,8	0	> 367,8	367,8 > & > 0	0
N° cl-bu	231,4	10,2	> 231,4	231,4 > & > 10,2	10,2 >
% cl	47,08	4,83	>47,08	47,8 > & >4,83	4,83 >
% sw-cl	93,63	5,45	> 93,63	93,63 > & > 5,45	5,45 >
% sw	67,22	0	> 67,22	67,22 > & > 0	0
N° Diptera	173	3,8	> 173	173 > & >3,8	3,8 >
N° EPT	345	0	> 345	345 > & > 0	0
N° Coleoptera	49	0	> 49	49 > & > 0	0
% Coleoptera	13,96	0	> 13,96	13,96 > & > 0	0
N° Chironomidae	165,8	2,8	> 165,8	165,8 > & >2,8	2,8 >
% Colector recolector	72,28	0	> 72,28	72,28 > & > 0	0

Tabla XXII: Criterios de puntuación para las métricas de las estaciones de muestreo de la Cuenca del Elqui, establecido a través del Percentil 95 y 5. Diciembre 2016.

	P 95	P 5	5	3	1
% TOLE	100	0	> 100	100 > & > 0	0
INTOLERANTE	313,60	0	> 313,6	313,6 > & > 0	0
% COLERECO	92,16	0	> 92,16	92,16 > & > 0	0
T DEPRE	8,85	0	> 8,85	8,85 > & > 0	0
T FILTRA	5,7	0	> 5,7	5,7 > & > 0	0
% COLE RASPA	85,09	0	> 85,09	85,09 > & > 0	0
TCOLE	77,7	0	> 77,7	77,7 > & > 0	0
% Agaexca	97,5	0	> 97,5	97,5 > & > 0	0
T NADA	255,45	0	> 255,45	255,45 > & > 0	0
% Chiromidae	85,09	0	> 85,09	85,09 > & > 0	0
EPT	277,65	0	> 277,65	277,65 > & > 0	0
Molus total	1,85	0	> 1,85	1,85 > & > 0	0
T AGARR	119,35	0	> 119,35	119,35 > & > 0	0

Tabla XXIII: Puntuación de las métricas obtenidas en cada estación de muestreo.
Septiembre del 2016

Estaciones	Tolerante	Intolerante	cl-bu	% cl	% sw-cl	% sw	Díptera	EPT	Coleóptera	Chironomidae	% Colector recolector	Puntaje
EL-16	3	3	3	3	3	3	1	3	3	1	3	29
EL-15	5	3	5	3	3	3	5	3	3	5	3	41
EL-13	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	1	31
EL-6	1	3	3	3	5	3	3	3	1	3	3	31
EL-1	3	3	3	3	3	3	3	3	1	3	3	31
CD-2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	33
CD-5	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	33
CD-6	3	5	5	5	3	3	3	3	3	3	3	39
CD-7	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	33
CO-1	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	33
CO-3	3	3	3	3	3	5	3	3	3	3	3	35
CO-4	3	3	3	3	5	5	3	3	3	3	5	39
MA-1	3	1	1	3	3	1	3	1	1	3	1	21
MA-2	3	1	3	1	1	1	3	1	3	3	1	21
TM	3	3	3	5	3	3	3	3	5	3	3	37
VH-1	3	3	3	3	3	1	3	1	3	3	3	29
VH-2	3	1	3	3	3	1	3	1	3	3	1	25
RT-1	3	3	3	3	3	3	3	1	1	3	1	27
RT-2	3	1	3	1	1	1	3	1	3	3	1	21
RT-3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	33
LA-3	5	3	3	3	3	3	5	5	3	5	3	41
LA-8	3	5	3	3	3	3	3	5	3	3	5	39
TU-1	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	33
TU-14	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	33
TU-21	1	3	3	3	3	3	1	3	1	1	3	25

Tabla XXIV: Puntuación de las métricas obtenidas en cada estación de muestreo. Diciembre del 2016

	% TOLE	INTOLERANTE	% COLERECO	T DEPRE	T FILTRA	% COLE RASPA	T COLE	% Agaexca	T NADA	% Chiromidae	EPT	T AGARR	Puntaje
CD-1	3	5	3	5	3	3	5	3	5	3	5	5	48
CD-2	3	5	3	3	1	3	3	5	3	5	3	5	42
CD-5	1	5	3	3	5	3	5	3	5	3	5	5	46
CD-6	3	3	5	3	1	3	5	3	5	3	5	3	42
CD-7	3	3	5	3	1	1	5	3	3	3	3	1	34
CO-1	3	3	3	3	5	3	5	3	3	3	3	3	40
CO-3	3	5	5	5	5	3	3	3	5	3	5	3	48
CO-4	3	3	5	3	3	1	1	3	3	3	3	1	32
EL-16	3	5	3	5	5	3	3	3	5	3	5	5	48
EL-15	3	5	3	5	5	3	5	3	5	3	5	5	50
EL-13	3	3	3	5	5	3	5	3	3	3	3	5	44
EL-6	5	1	1	3	5	1	1	1	1	1	1	1	22
EL-1	1	3	3	1	1	1	3	1	3	1	3	1	22
TM	1	3	5	1	3	1	1	3	3	3	3	1	28
MA-1	3	3	3	1	1	3	1	5	1	5	1	1	28
MA-2	5	1	1	3	1	1	1	1	1	1	1	1	18
VH-1	5	1	1	3	1	3	1	5	3	5	1	1	30
VH-2	5	1	1	1	1	5	1	5	1	5	1	1	28
RT-1	3	1	3	3	1	5	1	5	1	5	1	1	30
RT-2	5	1	1	3	1	1	1	1	1	1	1	1	18
RT-3	5	1	1	1	1	5	1	5	1	5	1	1	28
LA-3	1	5	5	3	5	1	1	3	5	3	5	5	42
LA-8	1	5	5	3	1	1	3	3	5	3	5	5	40
TU-1	1	3	5	3	1	1	3	1	3	1	3	3	28
TU-14	3	3	3	1	3	1	3	1	1	1	3	1	24
TU-21	3	3	3	1	1	1	3	1	3	1	3	1	24
IN-1	1	3	5	1	1	1	3	1	3	1	3	1	24

Tabla XXV: Puntaje sometido a la fórmula para el cálculo final por Moyle y Randall (1997) para el IBIm, en las estaciones de la cuenca de Elqui. Septiembre del 2016.

Estación	IBIm – septiembre 2016		
	Valor	Calidad	Simbología
CD-2	60	Buena	B
CD-5	60	Buena	B
CD-6	70,91	Buena	B
CD-7	60	Buena	B
CO-1	60	Buena	B
CO-3	63,64	Buena	B
CO-4	70,91	Buena	B
EL-1	56,36	Regular	R
EL-6	56,36	Regular	R
EL-13	56,36	Regular	R
EL-15	74,55	Buena	B
EL-16	52,73	Regular	R
TM	67,27	Buena	B
MA-1	38,18	Pobre	P
MA-2	38,18	Pobre	P
RT-1	49,09	Regular	R
RT-2	38,18	Pobre	P
RT-3	60	Buena	B
TU-1	60	Buena	B
TU-14	60	Buena	B
TU-21	45,45	Regular	R
VH-1	52,73	Regular	R
VH-2	45,45	Regular	R
LA-3	74,55	Buena	B
LA-8	70,91	Buena	B

Tabla XXVI: Puntaje sometido a la fórmula para el cálculo final por Moyle y Randall (1997) para el IBIm, en las estaciones de la cuenca de Elqui. Diciembre del 2016.

Estación	IBIm – diciembre 2016		
	Valor	Calidad	Simbología
CD-1	66,154	Buena	B
CD-2	56,923	Regular	R
CD-5	69,231	Buena	B
CD-6	53,846	Regular	R
CD-7	56,923	Regular	R
CO-1	56,923	Regular	R
CO-3	63,077	Buena	B
CO-4	53,846	Regular	R
EL-1	38,462	Pobre	P
EL-6	35,385	Pobre	P
EL-13	66,154	Buena	B
EL-15	69,231	Buena	B
EL-16	69,231	Buena	B
TM	50,769	Regular	R
MA-1	44,615	Regular	R
MA-2	29,231	Pobre	P
RT-1	53,846	Regular	R
RT-2	26,154	Pobre	P
RT-3	41,538	Regular	R
TU-1	43,077	Regular	R
TU-14	44,615	Regular	R
TU-21	41,538	Regular	R
VH-1	38,462	Pobre	P
VH-2	41,538	Regular	R
LA-3	69,231	Buena	B
LA-8	63,077	Buena	B
IN	38,462	Pobre	P

Tabla XXVII: Riqueza, abundancia y dominancia de los macroinvertebrados. Septiembre 2016.

Estaciones	Riqueza	Abundancia relativa	Dominancia Simpson
CD-2	13	387	3,062
CD-5	16	275	4,566
CD-6	17	437	6,613
CD-7	15	158	4,794
CO-2	16	237	3,421
CO-3	18	345	3,978
CO-4	16	365	2,894
EL-16	7	20	5,135
EL-15	15	611	2,897
EL-13	18	165	5,153
EL-6	8	173	2,069
EL-1	4	40	2,943
TM	10	220	2,598
MA-1	2	8	1,333
MA-2	3	22	1,343
VH-1	6	12	3,143
VH-2	4	22	1,833
RT-1	6	19	2,165
RT-2	3	25	1,408
RT-3	9	34	6,375
LA-3	14	555	3,302
LA-8	12	705	3,483
TU-1	8	30	2,719
TU-14	8	35	5,459
TU-21	6	56	2,541

Tabla XXVIII: Riqueza, abundancia y dominancia de los macroinvertebrados. Diciembre 2016.

Estaciones	Riqueza	Abundancia relativa	Dominancia Simpson
CD-1	15	214	2,972
CD-2	13	154	3,205
CD-5	16	292	2,972
CD-6	17	83	3,832
CD-7	15	62	3,623
CO-1	14	100	6,188
CO-3	13	197	3,148
CO-4	7	36	4,809
EL-16	7	315	5,252
EL-15	15	281	4,48
EL-13	18	173	5,315
EL-6	8	20	2,714
EL-1	4	34	2,471
TM	6	32	2,884
MA-1	3	28	1,791
MA-2	1	1	
VH-1	3	12	2,129
VH-2	2	8	1,333
RT-1	3	7	2,1
RT-2	1	1	
RT-3	1	3	
LA-3	12	615	2,108
LA-8	6	349	3,072
TU-1	4	27	1,382
TU-14	4	5	10
TU-21	3	8	2,545
IN	2	10	1,552

Tabla XXIX: Diversidad Biológica y Uniformidad en las estaciones de muestreo. Septiembre 2016.

Estaciones	H'	J'
CD-2	2,270	0,613
CD-5	2,753	0,688
CD-6	2,715	0,744
CD-7	2,715	0,695
CO-2	2,543	0,636
CO-3	2,529	0,606
CO-4	2,255	0,564
EL-16	2,464	0,821
EL-15	2,198	0,562
EL-13	2,993	0,718
EL-6	1,397	0,466
EL-1	1,622	0,811
TM	1,732	0,521
MA-1	0,544	0,544
MA-2	0,700	0,442
VH-1	1,947	0,753
VH-2	1,208	0,604
RT-1	1,611	0,623
RT-2	0,764	0,482
RT-3	2,757	0,870
LA-3	1,981	0,520
LA-8	2,230	0,622
TU-1	2,021	0,674
TU-14	2,545	0,848
TU-21	1,585	0,613

Tabla XXX: Diversidad Biológica y Uniformidad en las estaciones de muestreo. Diciembre 2016

Estaciones	H'	J'
CD-1	2,808	0,719
CD-2	2,090	0,629
CD-5	2,084	0,581
CD-6	2,415	0,698
CD-7	2,459	0,74
CO-1	3,055	0,802
CO-3	2,17	0,587
CO-4	2,34	0,834
EL-16	2,896	0,694
EL-15	2,644	0,677
EL-13	2,827	0,699
EL-6	1,644	0,708
EL-1	1,536	0,611
TM	1,762	0,682
MA-1	1,018	0,643
MA-2		
VH-1	1,189	0,750
VH-2	0,544	0,544
RT-1	1,149	0,725
RT-2		
RT-3		
LA-3	1,576	0,44
LA-8	1,849	0,715
TU-1	0,827	0,414
TU-14	1,922	0,961
TU-21	1,299	0,819
IN	0,722	0,722

Tabla XXXI: Parámetros físico-químicos y nutrientes analizados en las estaciones de la cuenca del Elqui. Septiembre del 2016

							NUTRIENTES					
	OD	pH	T	CE	TDS	OD%	NO ₃ [mg]	NO ₂ [mg]	PO ₄ [mg]	NH ₄ [mg]	SiO ₂ [mg]	SO ₄ mg
EL-16	11,22	7,12	12,92	779,33	397,00	107,53	3,8931	0,0138	0,0304	0,0013	8,34451	201,4096
EL-15	10,37	7,21	15,65	685,00	342,33	107,17	3,8672	0,0138	0,0173	0,0047	9,67759	180,0064
EL-13	9,53	7,00	15,22	662,00	331,00	99,37	3,9638	0,0044	0,0255	0,0028	9,44335	179,1832
EL-6	9,73	6,80	11,93	603,00	243,00	96,73	2,7919	0,0082	0,0128	0,0078	7,66329	128,6936
EL-1	9,51	6,80	11,91	473,67	237,00	97,27	3,1212	0,0114	0,0298	0,0005	6,13023	121,5592
CD-2	8,32	7,08	4,42	112,33	56,00	79,13	0,4574	0,0080	0,0179	0,0036	8,41007	12,0736
CD-5	8,41	7,31	6,25	127,33	64,00	81,60	0,7573	0,0100	0,0097	0,0008	8,82556	13,1712
CD-6	8,44	6,74	8,66	150,00	80,33	83,57	1,7065	0,0061	0,0216	0,0004	8,23424	8,5064
CD-7	8,92	6,32	11,51	205,00	102,33	91,37	1,7646	0,0229	0,0088	0,0006	10,38023	35,672
CO-1	8,33	6,58	8,17	196,67	98,67	86,73	0,7911	0,0073	0,0191	0,0005	8,39335	56,5264
CO-3	7,97	6,75	9,14	190,67	95,67	82,23	0,6001	0,0092	0,0143	0,0001	7,01833	49,392
CO-4	8,15	6,62	9,12	194,67	94,33	84,70	0,4726	0,0103	0,0234	0,0032	8,20805	40,6112
MA-1	6,14	2,57	3,01	2236,33	1072,00	67,27	0,2774	0,0801	0,0410	0,0236	19,39349	1250,4408
MA-2	6,49	4,56	4,56	1866,67	1102,33	73,63	1,4967	0,0100	0,0653	0,0422	26,98224	1141,7784
TM	6,11	8,08	2,86	1247,33	626,33	66,60	3,9680	0,0093	0,0164	0,0062	12,46624	589,4112
VH-1	6,29	4,86	7,87	2187,33	1095,33	72,00	1,2333	0,0042	0,0358	0,0109	15,72722	1000,188
VH-2	6,20	6,00	8,69	2189,67	1095,67	72,27	1,1736	0,0022	0,0364	0,0100	19,86866	1018,024
RT-1	6,83	4,29	9,25	2094,67	1050,33	81,50	1,4132	0,0017	0,0222	0,0215	8,50649	1056,7144
RT-2	6,28	4,55	9,74	2054,67	1042,33	73,43	1,2447	0,0013	0,0164	0,0378	10,76588	1044,092
RT-3	6,58	3,28	10,81	2122,33	1061,33	76,67	0,9441	0,0031	0,0419	0,0314	10,84041	1040,2504
LA-3	6,12	6,71	7,89	398,33	199,33	71,30	2,1711	0,0200	0,0243	0,0006	6,21707	76,2832
LA-8	6,06	6,68	10,28	391,33	195,67	72,30	2,5503	0,0126	0,0376	0,0001	5,30919	74,6368
TU-1	5,59	6,55	10,69	816,33	410,00	72,60	1,4953	0,0118	0,0161	0,0089	5,11973	257,936
TU-14	8,49	6,95	5,78	786,33	393,00	82,50	2,5449	0,0070	0,0155	0,0107	5,51105	243,3928
TU-21	8,90	6,64	10,11	646,00	323,67	88,60	2,5044	0,0059	0,0094	0,0052	7,19278	191,8056

Tabla XXXII: Parámetros físico-químicos y nutrientes analizados en las estaciones de la cuenca del Elqui. Diciembre del 2016

Estación							NUTRIENTES				
	OD mg/l	pH	T °C	CE	TDS	OD %	NO ₃ [mg/l]	NO ₂ [mg/l]	PO ₄ [mg/l]	NH ₄ [mg/l]	SiO ₂ [mg/l]
EL-16	10,52	8,02	15,97	716,33	358,33	108,87	3,50	0,015	0,026	0,025	12,76
EL-15	10,27	8,04	16,77	693,33	347,00	110,10	3,47	0,012	0,026	0,024	11,91
EL-13	9,29	7,60	16,75	674,33	337,67	100,00	3,42	0,011	0,026	0,018	11,90
EL-6	8,65	7,80	16,72	456,33	228,33	98,80	2,40	0,014	0,025	0,026	9,69
EL-1	9,80	7,57	16,19	451,33	226,00	123,13	2,53	0,013	0,020	0,013	8,13
CD-1	8,04	7,79	8,30	95,67	47,67	85,17	0,55	0,005	0,021	0,015	8,27
CD-2	8,09	7,32	9,10	89,00	45,00	93,53	0,49	0,005	0,024	0,013	8,66
CD-5	8,75	7,33	10,93	105,00	53,00	102,53	0,64	0,005	0,016	0,014	9,08
CD-6	8,26	7,18	12,79	133,00	66,67	89,87	1,25	0,007	0,028	0,011	9,86
CD-7	8,62	7,42	16,28	207,00	103,67	96,53	1,39	0,003	0,023	0,005	6,59
CO-1	8,54	7,35	11,07	226,67	113,67	100,23	0,66	0,004	0,019	0,011	8,24
CO-3	8,26	7,49	12,58	221,67	111,00	97,47	0,52	0,003	0,016	0,010	7,20
CO-4	8,17	7,57	13,28	226,00	113,33	94,30	0,35	0,003	0,017	0,010	6,60
MA-1	4,87	2,84	15,22	3020,00	1509,00	72,40	0,18	0,022	0,176	0,048	26,88
MA-2	5,73	4,50	14,97	2113,00	1138,00	77,60	0,36	0,043	0,037	0,059	21,57
TM	5,40	6,08	11,80	1088,33	580,00	73,33	1,60	0,019	0,033	0,006	11,54
VH-1	5,57	6,84	14,91	1565,33	774,67	75,53	0,98	0,004	0,044	0,022	17,20
VH-2	5,86	6,11	14,66	1536,67	766,67	78,87	0,77	0,012	0,034	0,021	11,80
RT-1	5,60	4,73	15,37	1925,33	963,00	75,70	0,62	0,033	0,032	0,041	15,18
RT-2	5,75	4,88	15,22	1895,67	951,33	75,63	0,76	0,045	0,028	0,036	9,67
RT-3	6,56	4,90	16,60	1924,00	958,33	85,40	0,97	0,030	0,032	0,050	2,75
LA-3	6,27	7,98	10,29	365,00	184,33	78,53	2,61	0,012	0,018	0,006	5,46
LA-8	6,61	7,69	11,23	366,00	183,33	80,87	2,54	0,027	0,032	0,001	9,04
TU-1	8,04	7,79	8,30	95,67	47,67	85,17	2,35	0,012	0,009	0,018	8,74
TU-14	7,66	7,66	15,18	605,67	303,00	90,33	3,06	0,007	0,009	0,005	2,38
TU-21	8,24	7,81	17,89	576,33	271,67	95,60	2,51	0,006	0,014	0,005	3,55
IN	7,98	7,75	13,79	425,89	207,44	90,37	1,49	0,003	0,009	0,005	3,58

Tabla XXXIII: Correlación entre los parámetros físico-químicos y nutrientes analizados, versus los índices bióticos calculados, en las estaciones de la cuenca del Elqui. Septiembre del 2016

	ChIBF	IBI	OD	pH	T	CE	TDS	OD%	NO3 [mg]	NO2 [mg]	PO4 [mg]	NH4 [mg]	SiO2 [mg]	SO4 mg
IBF		0,0012	0,1512	0,0374	0,4037	0,0006	0,0005	0,3008	0,6574	0,1062	0,1423	0,0050	0,0029	0,0005
IBI	-0,6101		0,3808	0,0011	0,3086	0,0003	0,0002	0,3999	0,2606	0,3606	0,0786	0,0003	0,0015	0,0001
OD	-0,2957	0,1832		0,0125	0,0043	0,0046	0,0042	0,0000	0,0178	0,5365	0,0685	0,0170	0,0779	0,0021
pH	-0,4183	0,6133	0,4918		0,3173	0,0000	0,0000	0,0393	0,0089	0,0523	0,0029	0,0000	0,0054	0,0000
T	-0,1747	0,2122	0,5510	0,2085		0,2907	0,2592	0,0000	0,0146	0,1267	0,3394	0,2013	0,0413	0,1155
CE	0,6400	-0,6689	-0,5473	-0,7848	-0,2200		0,0000	0,0238	0,4268	0,5247	0,0034	0,0000	0,0003	0,0000
TDS	0,6482	-0,6792	-0,5527	-0,7798	-0,2345	0,9958		0,0221	0,4284	0,6107	0,0014	0,0000	0,0001	0,0000
OD%	-0,2156	0,1761	0,9535	0,4147	0,7478	-0,4506	-0,4556		0,0053	0,3805	0,1396	0,0447	0,0729	0,0093
NO3 [mg]	0,0933	0,2338	0,4697	0,5119	0,4825	-0,1663	-0,1658	0,5401		0,3730	0,5754	0,1685	0,2566	0,2070
NO2 [mg]	0,3309	-0,1909	-0,1298	-0,3924	-0,3138	0,1335	0,1070	-0,1833	0,1861		0,3394	0,7280	0,1838	0,3623
PO4 [mg]	0,3020	-0,3583	-0,3702	-0,5712	-0,1994	0,5630	0,6035	-0,3040	0,1177	0,1993		0,0043	0,0001	0,0013
NH4 [mg]	0,5434	-0,6696	-0,4729	-0,7908	-0,2645	0,7963	0,8237	-0,4048	0,2843	0,0732	0,5507		0,0010	0,0000
SiO2 [mg]	0,5701	-0,6020	-0,3591	-0,5394	-0,4110	0,6689	0,7047	-0,3649	0,2357	0,2748	0,7064	0,6195		0,0000
SO4 mg	0,6420	-0,6965	-0,5861	-0,8286	-0,3228	0,9841	0,9883	-0,5092	0,2614	0,1903	0,6078	0,8474	0,7390	

Tabla XXXIV: Correlación entre los parámetros físico-químicos y nutrientes analizados, versus los índices bióticos calculados, en las estaciones de la cuenca del Elqui. Diciembre del 2016

	IBF	IBI
IBF		0,8021
IBI	0,8021	
OD mg/l	0,61161	0,023494
pH	0,87385	0,037209
T °C	0,067924	0,16883
CE	0,2858	0,022289
TDS	0,28864	0,023354
OD%	0,4761	0,056607
NO3 [mg/l]	0,99638	0,34943
NO2 [mg/l]	0,82578	0,1677
PO4 [mg/l]	0,26717	0,31562
NH4 [mg/l]	0,059315	0,19031
SiO2 [mg/l]	0,34594	0,96005
SO4 mg/l	0,37686	0,0045402

Tabla XXXV: Valores promedio de los parámetros tomados por la DGA en las estaciones de la cuenca del Elqui. Promedios de abril, junio y agosto 2016.

	Arsenico	Boro	Cloruro	Cadmio T	Calcio	Cobalto	Cobre	DQO	Hierro	Magnesio	Manganeso	Mercurio	Niquel	Plata	Plomo	Potasio	Selenio	Sodio T	Zinc
EL-1	0,062	1,000	17,521	0,010	60,804	0,010	0,481	2,256	3,626	13,515	0,419	0,002	0,050	0,010	0,070	2,213	0,001	32,301	
MA-2	0,516	3,556	79,829		232,327	0,087	14,208	5,139	19,842	57,424	6,845	0,002	0,057	0,010	0,070	7,700	0,001	117,190	3,091
MA-1	0,128	1,734	12,246	0,022	173,909	0,113	40,087	12,819	34,876	40,217	7,496	0,002	0,077	0,010	0,070	8,104	0,001	77,264	4,479
LA-8	0,071	1,207	23,676	0,010	58,074	0,040	0,042	7,295	4,404	13,613	0,325	0,002	0,050	0,010	0,070	2,743	0,001	42,939	0,049
TU-1	0,295	1,417	40,965	0,010	91,817	0,040	1,551	0,907	12,374	25,261	1,604	0,002	0,050	0,010	0,070	4,521	0,001	69,551	0,620
TU-21	0,169	1,113	25,992	0,010	77,813	0,040	0,971	0,667	8,845	19,694	1,363	0,002	0,050	0,010	0,070	2,915	0,001	42,893	0,420
VH-2	0,385	3,529	91,306	0,010	196,702	0,040	0,133	1,570	20,646	49,998	4,601	0,002	0,050	0,010	0,070	8,606	0,001	131,992	0,586

Promedios de junio, agosto y octubre 2016.

	Arsénico	Boro	Cloruro	Cadmio T	Calcio	Cobalto	Cobre	Hierro	Magnesio	Manganeso	Mercurio	Niquel	Plata	Plomo	Potasio	Selenio	Sodio T	Zinc
EL-16	0,022	1,000	16,993	0,010	56,843	0,040	0,443	2,914	12,058	0,423	0,002	0,050	0,010	0,064	2,689	0,001	32,795	0,125
MA-2	0,319	3,953	89,927	0,017	229,114	0,085	17,678	21,193	56,979	7,721	0,002	0,070	0,010	0,058	12,308	0,001	142,095	3,875
MA-1	0,065	1,510	12,100	0,026	184,794	0,145	55,356	63,807	46,193	9,498	0,002	0,099	0,010	0,055	12,035	0,001	79,860	5,433
LA-8	0,022	1,000	21,768	0,010	52,509	0,040	0,022	0,619	13,042	0,093	0,002	0,050	0,010	0,058	2,777	0,001	44,074	0,022
TU-1	0,045	1,152	41,885	0,010	85,681	0,040	1,865	5,047	21,051	0,944	0,002	0,050	0,010	0,058	4,711	0,001	95,140	0,483
TU-21	0,032	1,000	27,355	0,010	68,882	0,040	0,932	4,207	16,469	0,756	0,002	0,050	0,010	0,061	3,465	0,001	44,985	0,254
VH-2	0,273	3,270	93,808	0,010	209,451	0,040	0,121	11,689	45,405	3,826	0,002	0,050	0,010	0,058	13,044	0,001	160,416	0,803



“Consultoría técnica de generación de información para utilización de indicadores biológicos en la cuenca del Río Elqui”: Anexo Informe de Avance.

Tabla XXXVI: Matriz de correlación entre los Indices bióticos calculados y los datos de la DGA.

Promedios de abril, junio y agosto 2016.

	Arsenico	Boro	Cloruro	Calcio	Cobalto	Cobre	DQO	Hierro	Magnesio	Manganeso	Niquel	Potacio	Sodio	Zinc	Cadmio	OD	pH	T	CE	TDS	NO3 [mg]	NO2 [mg]	PO4 [mg]	NH4 [mg]	SIO2 [mg]	SO4 MG/L	ChBF	IBI	
Arsenico	0,881	0,906	0,924	0,916	0,381	0,129	-0,008	0,504	0,936	0,698	0,086	0,834	0,967	0,280	0,035	-0,424	-0,348	-0,526	0,783	0,848	-0,516	-0,150	0,685	0,687	0,878	0,774	0,600	0,547	-0,504
Boro	0,881	0,924	0,916	0,381	0,129	-0,008	0,504	0,936	0,698	0,086	0,834	0,967	0,280	0,035	-0,424	-0,348	-0,526	0,783	0,848	-0,516	-0,150	0,685	0,687	0,878	0,774	0,600	0,547	-0,504	
Cloruro	0,906	0,924	0,916	0,381	0,129	-0,008	0,504	0,936	0,698	0,086	0,834	0,967	0,280	0,035	-0,424	-0,348	-0,526	0,783	0,848	-0,516	-0,150	0,685	0,687	0,878	0,774	0,600	0,547	-0,504	
Calcio	0,916	0,924	0,916	0,381	0,129	-0,008	0,504	0,936	0,698	0,086	0,834	0,967	0,280	0,035	-0,424	-0,348	-0,526	0,783	0,848	-0,516	-0,150	0,685	0,687	0,878	0,774	0,600	0,547	-0,504	
Cobalto	0,301	0,381	0,057	0,688	0,501	0,274	0,778	0,995	0,924	0,457	0,946	0,923	0,656	0,522	-0,442	-0,680	-0,803	0,930	0,976	-0,738	0,221	0,722	0,860	0,980	0,952	0,828	0,750	-0,653	
Cobre	-0,012	0,129	-0,233	0,501	0,909	0,770	0,874	0,644	0,888	0,882	0,708	0,443	0,994	0,937	-0,496	-0,951	-0,974	0,727	0,730	-0,811	0,750	0,562	0,799	0,714	0,807	0,750	-0,653		
DQO	-0,258	-0,008	-0,357	0,274	0,770	0,850	0,612	0,195	0,554	0,865	0,360	0,026	0,737	0,864	-0,378	-0,808	-0,730	0,409	0,369	-0,519	0,867	0,513	0,377	0,360	0,490	0,415	-0,204		
Hierro	0,353	0,504	0,212	0,778	0,874	0,859	0,612	0,747	0,931	0,852	0,887	0,627	0,876	0,854	-0,492	-0,923	-0,896	0,919	0,878	-0,953	0,737	0,423	0,609	0,752	0,920	0,897	0,751		
Magnesio	0,845	0,936	0,771	0,995	0,644	0,435	0,195	0,747	0,892	0,389	0,942	0,949	0,593	0,431	-0,467	-0,621	-0,756	0,913	0,962	-0,731	0,151	0,682	0,843	0,959	0,925	0,812	-0,757		
Manganeso	0,558	0,698	0,402	0,924	0,888	0,793	0,554	0,931	0,892	0,760	0,920	0,741	0,901	0,838	-0,430	-0,906	-0,956	0,940	0,954	-0,852	0,567	0,649	0,870	0,928	0,983	0,904	-0,833		
Niquel	-0,080	0,086	-0,276	0,457	0,882	0,996	0,865	0,852	0,389	0,760	0,554	0,175	0,924	1,000	-0,279	-0,961	-0,856	0,628	0,577	-0,733	0,961	0,380	0,537	0,505	0,688	0,705	-0,572		
Potacio	0,670	0,834	0,628	0,946	0,708	0,575	0,360	0,887	0,942	0,920	0,554	0,912	0,660	0,564	-0,579	-0,730	-0,795	0,986	0,985	-0,887	0,375	0,586	0,722	0,895	0,965	0,875	-0,714		
Sodio T	0,868	0,967	0,891	0,923	0,443	0,210	0,026	0,627	0,949	0,741	0,175	0,912	0,316	0,149	-0,556	-0,414	-0,558	0,855	0,892	-0,680	-0,033	0,574	0,658	0,847	0,819	0,701	-0,576		
Zinc	0,158	0,280	-0,101	0,656	0,994	0,953	0,737	0,876	0,593	0,901	0,924	0,660	0,316	0,992	-0,186	-0,981	-0,974	0,708	0,712	-0,773	0,799	0,589	0,796	0,705	0,809	0,821	-0,711		
Cadmio T	-0,216	0,035	-0,388	0,522	0,937	0,999	0,864	0,854	0,431	0,838	1,000	0,564	0,149	0,992	-0,270	-0,985	-0,945	0,636	0,608	-0,730	0,990	0,482	0,880	0,613	0,732	0,730	-0,596		
OD	-0,413	-0,424	-0,363	-0,442	-0,496	-0,288	-0,378	-0,492	-0,467	-0,430	-0,279	-0,579	-0,556	-0,186	-0,270	0,372	0,429	-0,466	-0,459	0,700	-0,247	-0,350	-0,355	-0,336	-0,442	-0,464	-0,057		
pH	-0,186	-0,348	0,013	-0,680	-0,951	-0,974	-0,808	-0,923	-0,621	-0,906	-0,961	-0,730	-0,414	-0,981	-0,985	0,372	0,960	-0,782	-0,761	0,814	-0,852	-0,558	-0,729	-0,718	-0,848	-0,822	0,699		
T	-0,388	-0,526	-0,190	-0,803	-0,974	-0,886	-0,730	-0,896	-0,756	-0,956	-0,856	-0,795	-0,558	-0,974	-0,945	0,429	0,960	-0,823	-0,835	0,800	-0,689	-0,675	-0,854	-0,841	-0,900	-0,803	0,747		
CE	0,581	0,783	0,544	0,930	0,727	0,643	0,409	0,919	0,913	0,940	0,628	0,986	0,835	0,708	0,636	-0,466	-0,782	-0,823	0,988	-0,874	0,455	0,565	0,703	0,899	0,982	0,877	-0,783		
TDS	0,676	0,848	0,618	0,976	0,730	0,605	0,369	0,878	0,962	0,954	0,577	0,985	0,892	0,712	0,608	-0,459	-0,761	-0,835	0,988	-0,832	0,374	0,647	0,787	0,951	0,989	0,876	-0,800		
NO3 [mg]	-0,430	-0,516	-0,294	-0,738	-0,811	-0,740	-0,519	-0,953	-0,731	-0,852	-0,733	-0,887	0,700	0,814	0,800	-0,874	-0,832	-0,641	-0,342	-0,605	-0,662	-0,849	-0,873	0,591					
NO2 [mg]	-0,314	-0,150	-0,481	0,221	0,750	0,938	0,867	0,737	0,151	0,567	0,961	0,375	-0,033	0,799	0,990	-0,247	-0,852	-0,689	0,455	0,374	-0,641	0,191	0,302	0,262	0,496	0,564	-0,369		
PO4 [mg]	0,483	0,685	0,449	0,722	0,562	0,424	0,513	0,423	0,682	0,669	0,380	0,586	0,574	0,589	0,482	-0,350	-0,558	-0,675	0,565	0,647	-0,342	0,191	0,757	0,797	0,671	0,517	-0,360		
NH4 [mg]	0,715	0,687	0,459	0,860	0,799	0,606	0,377	0,669	0,843	0,870	0,537	0,722	0,658	0,796	0,880	-0,355	-0,729	-0,854	0,703	0,787	-0,605	0,302	0,757	0,879	0,808	0,773	-0,731		
SIO2 [mg]	0,714	0,878	0,640	0,980	0,714	0,549	0,360	0,752	0,959	0,928	0,505	0,895	0,847	0,705	0,613	-0,336	-0,718	-0,841	0,899	0,951	-0,662	0,262	0,797	0,879	0,945	0,780	-0,801		
SO4 MG/L	0,587	0,774	0,500	0,952	0,807	0,714	0,490	0,920	0,925	0,983	0,688	0,965	0,819	0,809	0,732	-0,442	-0,848	-0,900	0,982	0,989	-0,849	0,496	0,671	0,808	0,945	0,895	-0,813		
IBF	0,547	0,600	0,362	0,828	0,750	0,736	0,415	0,897	0,812	0,904	0,705	0,875	0,701	0,821	0,730	-0,464	-0,822	-0,803	0,877	0,876	-0,873	0,564	0,517	0,773	0,780	0,895	-0,723		
IBI	-0,504	-0,567	-0,345	-0,780	-0,653	-0,606	-0,204	-0,751	-0,757	-0,833	-0,572	-0,714	-0,576	-0,711	-0,596	-0,057	0,699	0,747	-0,783	-0,800	0,591	-0,369	-0,360	-0,731	-0,801	-0,813	-0,723		

“Consultoría técnica de generación de información para utilización de indicadores biológicos en la cuenca del Río Elqui”: Anexo Informe de Avance.

Continuación tabla ...

Promedios de junio, agosto y octubre 2016.

	IBF	IBI
OD mg/l	-0,37143	0,52254
pH	-0,37143	0,52254
T °C	0,37143	-0,14415
CE	0,88571	-0,39641
TDS	0,88571	-0,39641
OD%	-0,37143	0,52254
NO3 [mg/l]	-0,54286	0,72075
NO2 [mg/l]	-0,20292	0,39091
PO4 [mg/l]	0,6	-0,30632
NH4 [mg/l]	0,77143	-0,10811
SiO2 [mg/l]	0,6	-0,054056
SO4 mg/l	0,77143	-0,52254
Arsénico	0,69573	-0,50909
Boro	0,69825	-0,37398
Cloruro	0,028571	-0,054056
Cadmio T	0,39279	-0,40452
Calcio	0,77143	-0,48651
Cobalto	0,39279	-0,40452
Cobre	0,2	-0,46849
Hierro	0,71429	-0,68471
Magnesio	0,54286	-0,5766
Manganeso	0,71429	-0,68471
Níquel	0,39279	-0,40452
Plomo	-0,15179	0,56661
Potasio	0,6	-0,61264
Sodio T	0,42857	-0,50452
Zinc	0,71429	-0,68471

“Consultoría técnica de generación de información para utilización de indicadores biológicos en la cuenca del Río Elqui”: Anexo Informe de Avance.

Tabla XXXVII: Resultados del IFF por estación de muestreo. Septiembre 2016.

Estación	IFF Nivel		IFF Juicio de funcionalidad	
	Ribera izquierda	Ribera derecha	Ribera izquierda	Ribera derecha
CD-2	195	185	Bueno-mediocre	Bueno-mediocre
CD-5	165	145	Mediocre	Mediocre
CD-6	92	92	Inferior	Inferior
CD-7	75	75	Inferior	Inferior
CO-2	255	255	Optimo-Bueno	Optimo-Bueno
CO-3	151	151	Mediocre	Mediocre
CO-4	220	230	Bueno	Bueno
EL-1	155	140	Mediocre	Mediocre
EL-6	50	50	Pésimo	Pésimo
EL-13	250	250	Bueno	Bueno
EL-15	250	250	Bueno	Bueno
EL-16	195	200	Bueno-mediocre	Bueno-mediocre
TM	156	156	Mediocre	Mediocre
MA-1	64	63	Inferior	Inferior
MA-2	131	131	Mediocre	Mediocre
RT-1	185	175	Bueno-mediocre	Mediocre
RT-2	165	165	Mediocre	Mediocre
RT-3	144	210	Mediocre	Bueno
TU-1	141	141	Mediocre	Mediocre
TU-14	145	145	Mediocre	Mediocre
TU-21	155	140	Mediocre	Mediocre
VH-1	173	162	Mediocre	Mediocre
VH-2	185	180	Bueno-mediocre	Mediocre
LA-3	230	230	Bueno	Bueno
LA-8	215	215	Bueno	Bueno

“Consultoría técnica de generación de información para utilización de indicadores biológicos en la cuenca del Río Elqui”: Anexo Informe de Avance.

Tabla XXXVIII: Resultados del IFF por estación de muestreo. Diciembre 2016.

Estación	IFF Nivel		IFF Juicio de funcionalidad	
	Ribera izquierda	Ribera derecha	Ribera izquierda	Ribera derecha
CD-1	206	246	Bueno	Bueno
CD-2	230	220	Bueno	Bueno
CD-5	155	160	Mediocre	Mediocre
CD-6	93	93	Inferior	Inferior
CD-7	70	70	Inferior	Inferior
CO-1	231	231	Bueno	Bueno
CO-3	160	160	Mediocre	Mediocre
CO-4	221	221	Bueno	Bueno
EL-1	113	123	Mediocre-Inferior	Mediocre
EL-6	39	39	Pésimo	Pésimo
EL-13	250	250	Bueno	Bueno
EL-15	245	245	Bueno	Bueno
EL-16	190	190	Bueno-Mediocre	Bueno-Mediocre
TM	148	148	Mediocre	Mediocre
MA-1	64	64	Inferior	Inferior
MA-2	174	174	Mediocre	Mediocre
RT-1	182	178	Bueno-Mediocre	Mediocre
RT-2	178	174	Mediocre	Mediocre
RT-3	145	145	Mediocre	Mediocre
TU-1	125	114	Mediocre	Mediocre-Inferior
TU-14	172	192	Mediocre	Bueno-Mediocre
TU-21	137	136	Mediocre	Mediocre
VH-1	182	191	Bueno-Mediocre	Bueno-Mediocre
VH-2	182	182	Bueno-Mediocre	Bueno-Mediocre
LA-3	165	170	Mediocre	Mediocre
LA-8	170	170	Mediocre	Mediocre
IN	143	143	Mediocre	Mediocre

“Consultoría técnica de generación de información para utilización de indicadores biológicos en la cuenca del Río Elqui”: Anexo Informe de Avance.

Tabla XXXIX. Actividades empresariales y particulares desarrolladas en la cuenca del Río Elqui. Elaboración propia

Área Geográfica	Actividad Productiva	Detalle Productivo
Rio Malo	Agrícola	✓ Forraje
	Ganadería	✓ Menor (Cabras / Ovejas)
	Minería	✓ Extractiva / Prospecciones
Rio Vacas Heladas	Agrícola	✓ Forraje
	Ganadería	✓ Menor (Cabras / Ovejas)
	Minería	✓ Extractiva / Prospecciones
Rio El Toro	Agrícola	✓ Forraje
	Ganadería	✓ Menor (Cabras / Ovejas)
	Minería	✓ Extractiva / Prospecciones
Rio La Laguna	Agrícola	✓ Forraje
	Ganadería	✓ Mayor (Caballos / Asnos / Vacas) ✓ Menor (Cabras / Ovejas)
Rio Turbio	Agrícola	✓ Frutales ✓ Hortalizas ✓ Forraje
	Agroindustria	✓ Packing exportación
	Ganadería	✓ Menor (Cabras / Ovejas)
	Agua para Bebida	✓ Agua potable Rural APR

"Consultoría técnica de generación de información para utilización de indicadores biológicos en la cuenca del Río Elqui": Anexo Informe de Avance.

Continuación Tabla XXXIX. Actividades empresariales y particulares desarrolladas en la cuenca del Río Elqui.

Área Geográfica	Actividad Productiva	Detalle Productivo
Rio Claro Derecho	Agrícola	✓ Frutales ✓ Hortalizas ✓ Forraje
	Agroindustria	✓ Pisco ✓ Vino ✓ Packing exportación
	Ganadería	✓ Mayor (Caballos / Asnos / Vacas) ✓ Menor (Cabras / Ovejas)
	Turismo	✓ Camping / Intereses especiales ✓ Hotel / Hostería / Restaurante
	Agua para Bebida	✓ Agua potable Rural APR
Rio Cochiguaz	Agrícola	✓ Frutales ✓ Forraje
	Agroindustria	✓ Packing exportación
	Ganadería	✓ Menor (Cabras / Ovejas)
	Turismo	✓ Camping / Intereses especiales ✓ Hotel / Hostería / Restaurante
	Agua para Bebida	✓ Agua potable Rural APR
Rio Elqui Sobre Embalse Puclaro	Agrícola	✓ Frutales ✓ Hortalizas ✓ Forraje
	Agroindustria	✓ Pisco ✓ Vino ✓ Packing exportación
	Ganadería	✓ Menor (Cabras / Ovejas)
	Turismo	✓ Camping / Intereses especiales ✓ Hotel / Hostería / Restaurante
	Minería	✓ Extractiva / Prospecciones ✓ Depósito de Relave
	Agua para Bebida	✓ Agua potable Rural APR
Rio Elqui Bajo Embalse Puclaro	Agrícola	✓ Frutales ✓ Hortalizas ✓ Forraje
	Agroindustria	✓ Pisco ✓ Vino ✓ Packing exportación
	Ganadería	✓ Mayor (Caballos / Asnos / Vacas) ✓ Menor (Cabras / Ovejas)
	Turismo	✓ Camping / Intereses especiales ✓ Hotel / Hostería / Restaurante
	Minería	✓ Extractiva / Prospecciones ✓ Tranques Relave
	Agua para Bebida	✓ Agua potable Rural APR ✓ Captación Compañía Agua Potable

Fuente: Elaboración propia.

“Consultoría técnica de generación de información para utilización de indicadores biológicos en la cuenca del Río Elqui”: Anexo Informe de Avance.

Tabla II. Análisis de tipologías de valorización económica en su aplicación en la cuenca del Río Elqui y sus afluentes. Elaboración propia.

	Ventajas	Desventaja
Valor de Uso	<ul style="list-style-type: none"> ✓Fácil aplicación debido a que existen valores de mercado para interacciones entre oferta y demanda. ✓Existen valores de mercado que permiten evaluar la rentabilidad. ✓Existen valores de mercado por el derecho a hacer uso. 	<ul style="list-style-type: none"> x No existen cifras económicas por compensaciones a grupos afectados. x No existen cifras económicas por compensaciones de flora y fauna. x No existen cifras económicas por compensación en impactos sociales y económicos. x Mercado para transacciones imperfecto (falta de información, asimétrico).
Valor de Opción	<ul style="list-style-type: none"> ✓Utilizado para la valorización económica de potenciales usos en el futuro o para la información ecológica. 	<ul style="list-style-type: none"> x Imposibilidad de constituir el criterio de “Opción”, debido a que existen derechos de propiedad sobre el Uso de éste.
Valor de No Uso	<ul style="list-style-type: none"> ✓De gran aplicación para valorizar económicamente un servicio ambiental cuando existen comunidades indígenas o patrones culturales ancestrales. ✓Eficaz para la valorización económica de lugares destinados a la investigación o preservación de biodiversidad. 	<ul style="list-style-type: none"> x En la presente evaluación económica no aplica, debido a que no se presenta la desaparición de tradiciones. x Los servicios ambientales de la cuenca del río Elqui no suponen la pérdida de biodiversidad ni cambios irreversibles. x Imposibilidad de constituir el “No Uso” del activo ambiental, debido a que existen derechos de propiedad sobre el Uso de éste.

Fuente: Elaboración propia.

“Consultoría técnica de generación de información para utilización de indicadores biológicos en la cuenca del Río Elqui”: Anexo Informe de Avance.

Tabla III. Análisis de metodologías de valorización económica en su aplicación en la cuenca del Río Elqui y sus afluentes. Elaboración propia.

	Ventajas	Desventaja
Metodología Directa de Valorización	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Permite el acercamiento con los actores relevantes en el manejo del sistema hídrico (usuarios, propietarios, gobierno). ✓ Aplicada a partir de la valores de mercado a productos y subproductos de la zona de estudio. ✓ Información secundaria disponible en los ámbitos productivos y económicos. 	<ul style="list-style-type: none"> xIncapacidad de acotar los valores de rentabilidad y/o producción a la zona de estudio. xNecesidad de generar información primaria. xNecesidad de recursos financieros y humanos para el levantamiento y análisis de la información. xLa información secundaria disponible es disímil en cantidad y calidad. xMercado imperfecto (no transparente, asimétrico, no regulado).
Metodología Indirecta de Valorización	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Aplicada a partir de información secundaria disponible en los ámbitos productivos y económicos. ✓ Entrega flexibilidad en la aplicación de la metodología, en la medida que el análisis se adecúa a la cantidad y calidad de la información secundaria. ✓ Permite el establecimiento de mercados sustitutos. 	<ul style="list-style-type: none"> xLa información secundaria disponible es disímil en cantidad y calidad. xEl hecho de que sea una metodología indirecta entrega un escenario propicio para la subjetividad.

Fuente: Elaboración propia.

“Consultoría técnica de generación de información para utilización de indicadores biológicos en la cuenca del Río Elqui”: Anexo Informe de Avance.

Tabla II.2. Inversiones realizadas en la cuenca del Río Elqui y sus afluentes.

CATEGORIA	Cantidad de Proyectos	Inversión Proyectos SEIA	Inversión Derechos de Agua CBR	Inversión Total	Factor de Corrección	Inversión en Proyectos Corregida
Agrícola	2	0,042	31,702	31,744	1,00	31,744
Agroindustrial	8	1,358	0,988	2,346	1,00	2,346
Agropecuaria	1	0,290	0,000	0,290	1,00	0,290
Turismo	5	6,450	0,000	6,450	1,00	6,450
Minería	31	282,167	0,000	282,167	1,00	282,167
Agua para Bebida	0	0,000	1,954	1,954	1,00	1,954
Embales	1	1,000	0,000	1,000	1,00	1,000
Hidroeléctricas	1	4,800	0,000	4,800	1,00	4,800
Sistemas Tratamiento Agua	8	2,416	0,000	2,416	1,00	2,416
Astronomía	1	390,000	0,000	390,000	0,05	19,500
Otros	8	1,895	0,440	2,335	0,50	1,168
TOTAL	66	690,418	35,084	725,502		353,834

Fuente: Elaboración propia en base a datos del SEA.

"Consultoría técnica de generación de información para utilización de indicadores biológicos en la cuenca del Río Elqui": Anexo Informe de Avance.

VIII Figuras

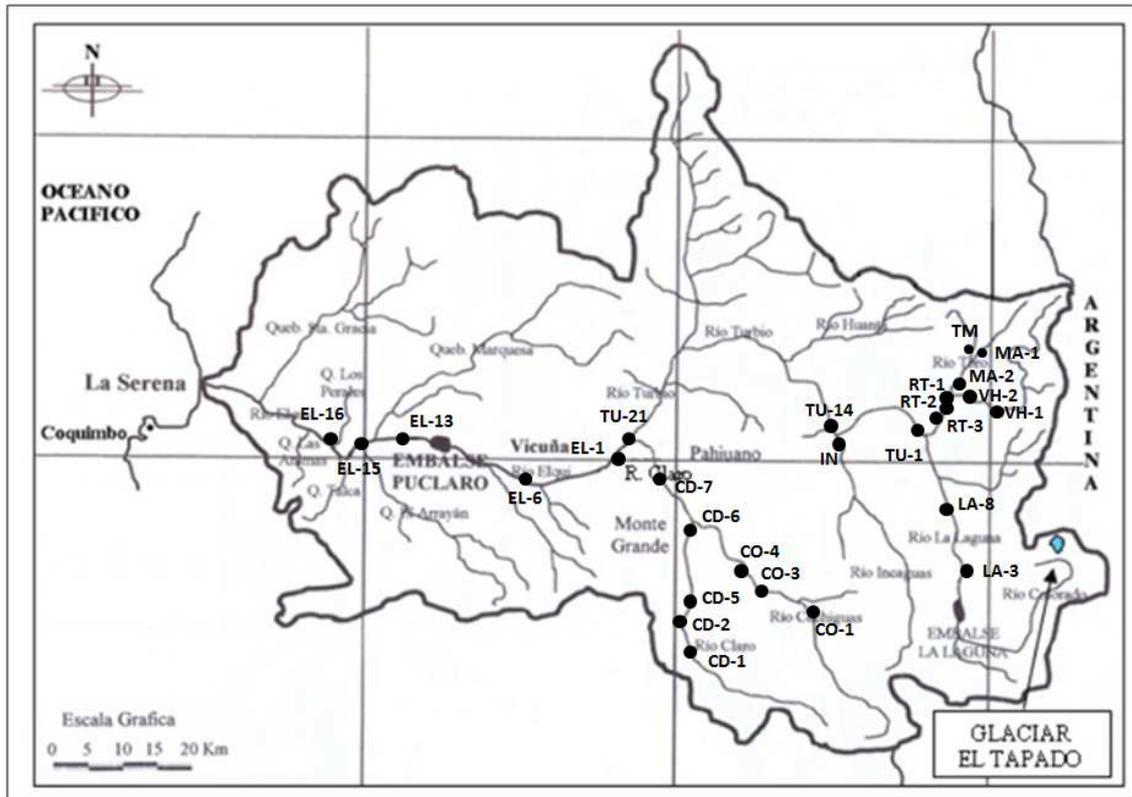


Figura 1: Estaciones de muestreo en la cuenca del Río Elqui (Cepeda *et.al.*, 2008)

“Consultoría técnica de generación de información para utilización de indicadores biológicos en la cuenca del Río Elqui”: Anexo Informe de Avance.

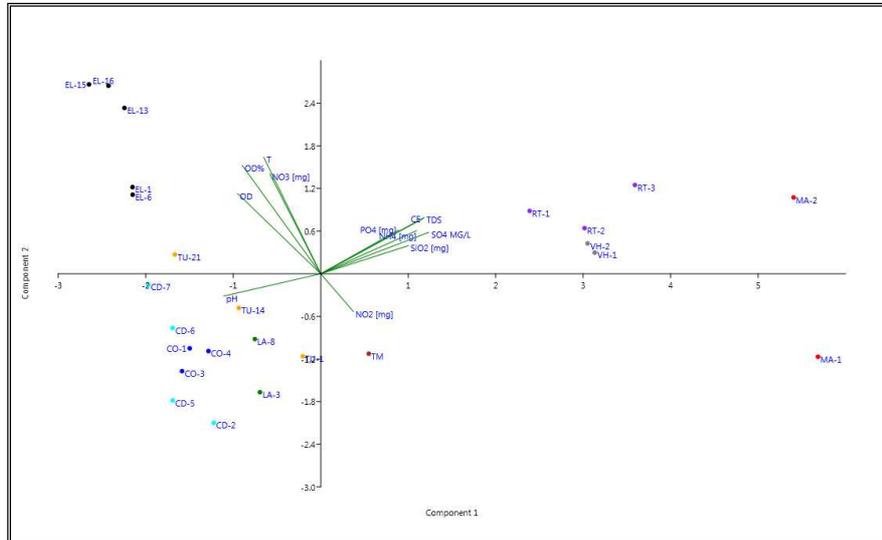


Figura 2: Distribución de estaciones de muestreo en septiembre del 2016, según los parámetros físico-químicos y nutrientes, realizado por ACP

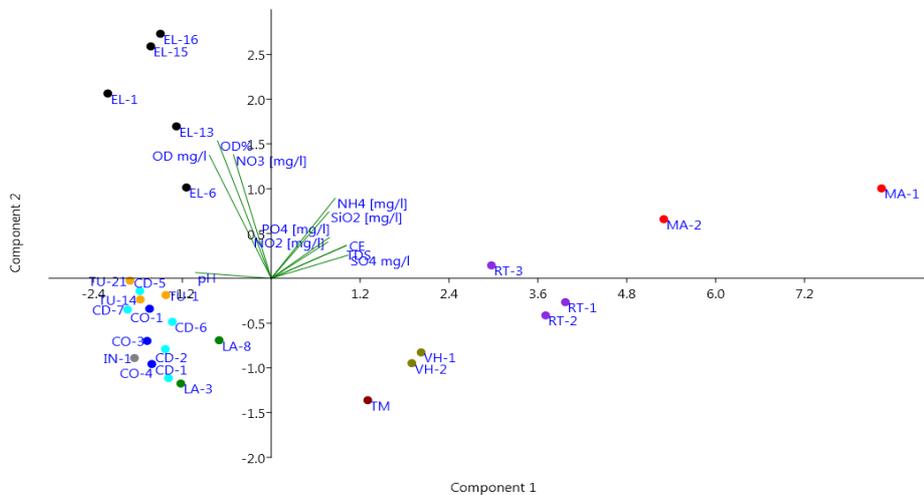


Figura 3: Distribución de estaciones de muestreo en diciembre del 2016, según los parámetros físico-químicos y nutrientes, realizado por ACP

“Consultoría técnica de generación de información para utilización de indicadores biológicos en la cuenca del Río Elqui”: Anexo Informe de Avance.

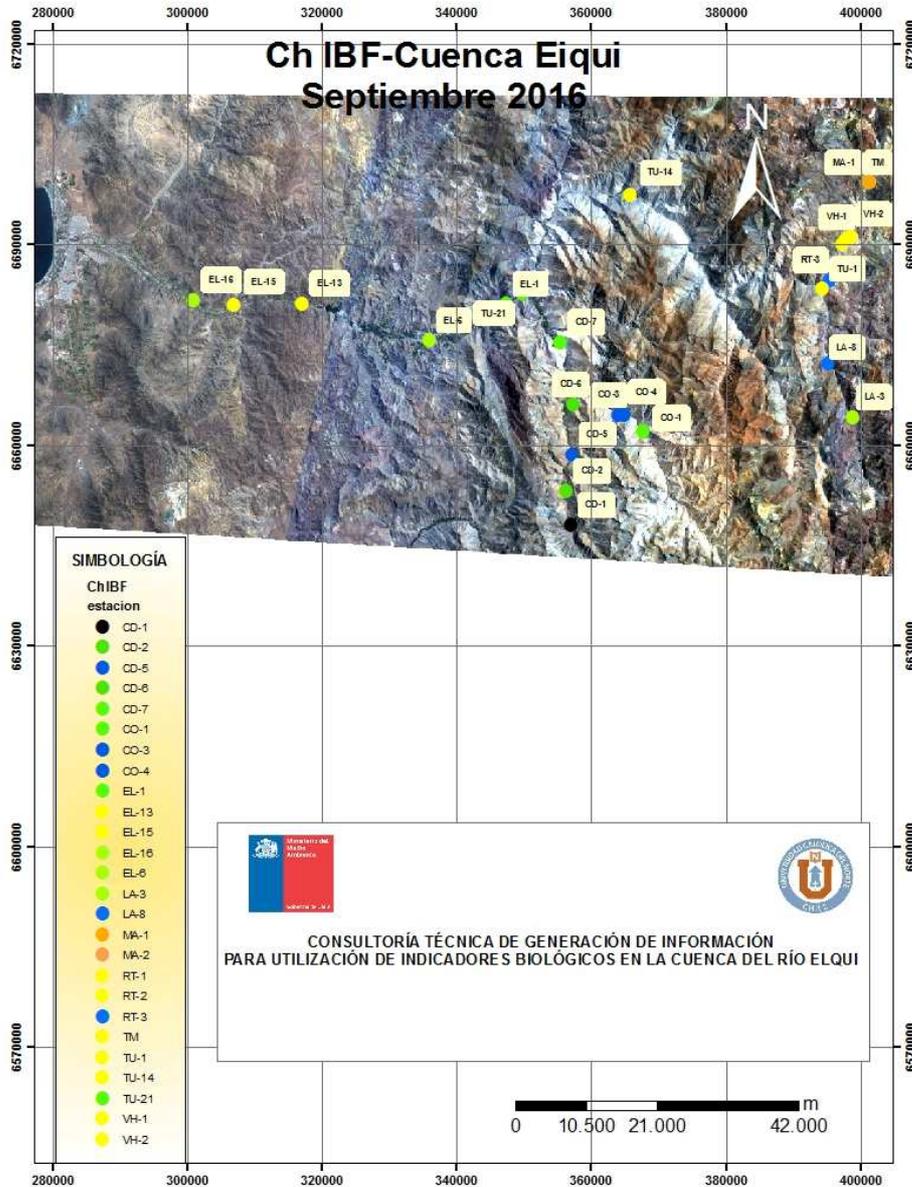


Figura 4: Cartografía de calidad ambiental según ChIBF en las estaciones de la cuenca del Río Elqui en septiembre del 2016.

"Consultoría técnica de generación de información para utilización de indicadores biológicos en la cuenca del Río Elqui": Anexo Informe de Avance.

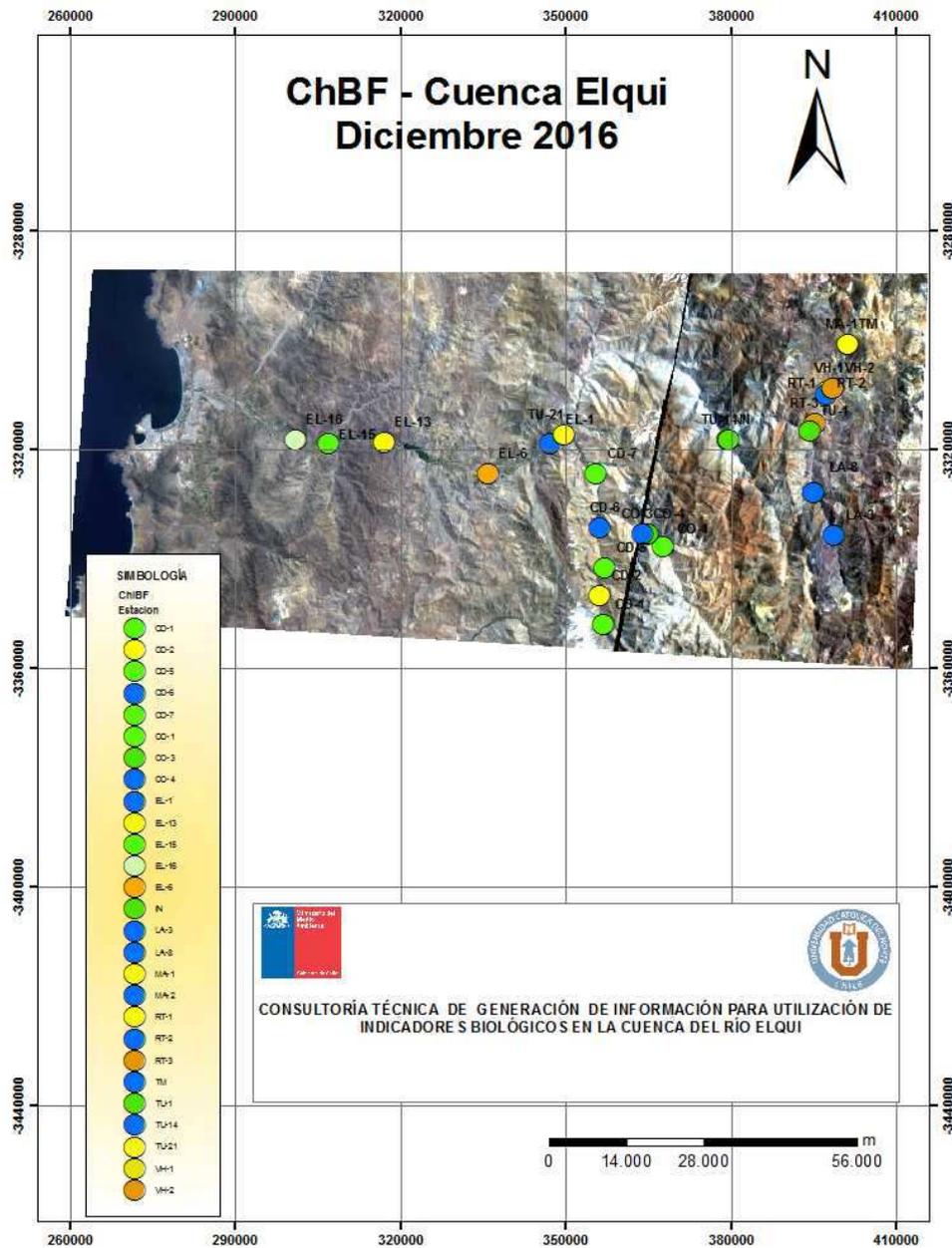


Figura 5: Cartografía de calidad ambiental según ChIBF en las estaciones de la cuenca del Río Elqui en diciembre del 2016.

“Consultoría técnica de generación de información para utilización de indicadores biológicos en la cuenca del Río Elqui”: Anexo Informe de Avance.

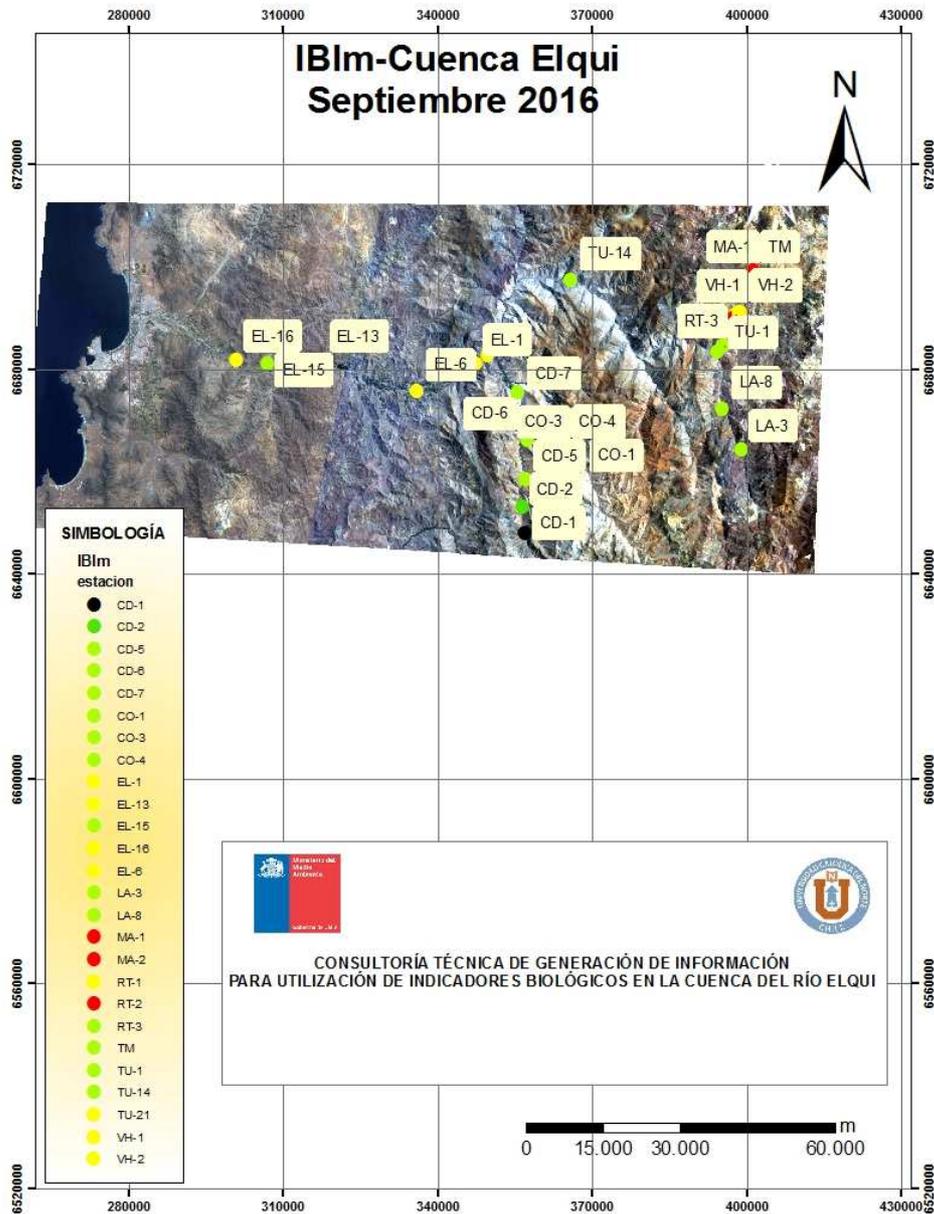


Figura 6: Cartografía de calidad ambiental según IBIm en las estaciones de la cuenca del Río Elqui en septiembre del 2016.

"Consultoría técnica de generación de información para utilización de indicadores biológicos en la cuenca del Río Elqui": Anexo Informe de Avance.

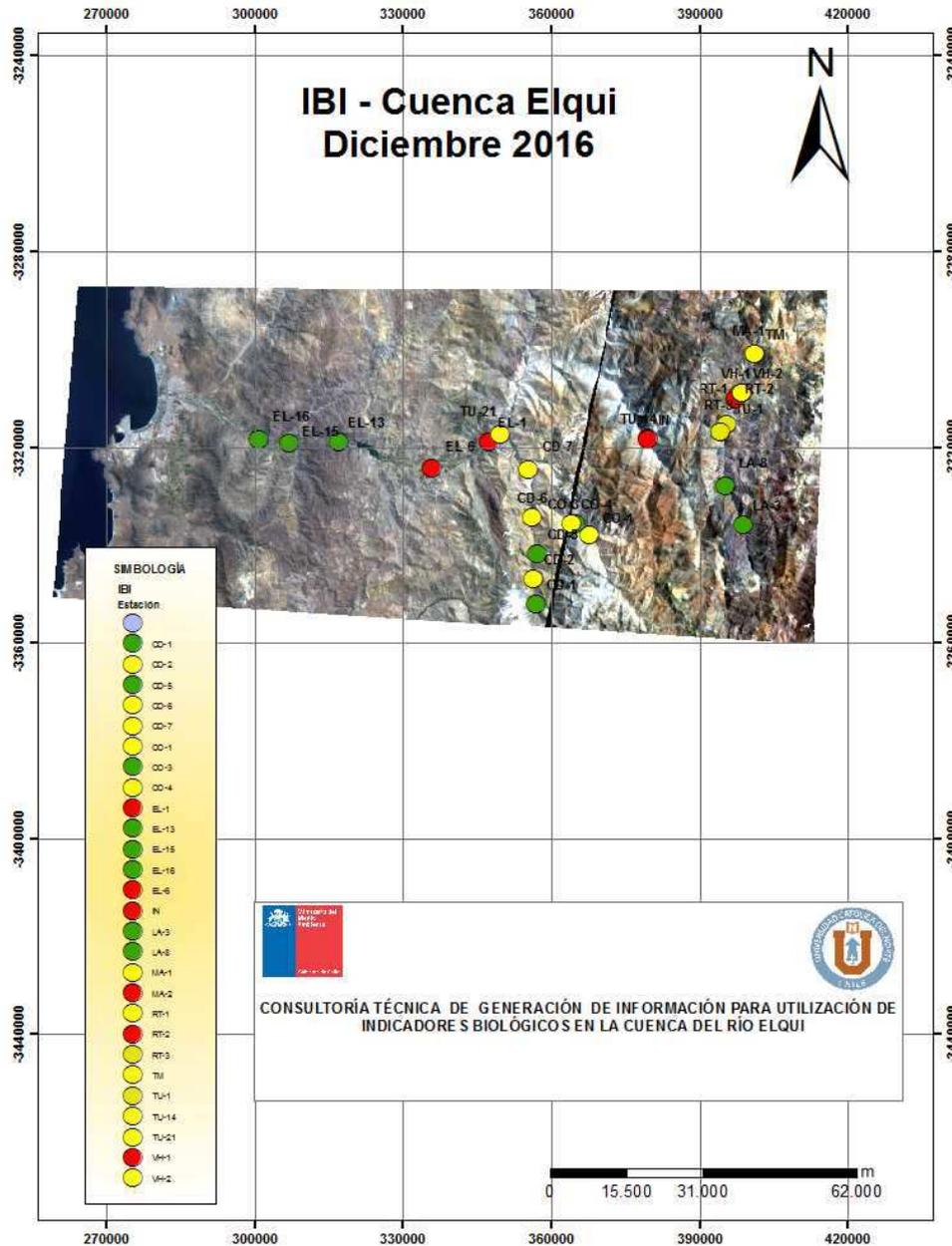


Figura 7: Cartografía de calidad ambiental según IBIm en las estaciones de la cuenca del Río Elqui en diciembre del 2016.

“Consultoría técnica de generación de información para utilización de indicadores biológicos en la cuenca del Río Elqui”: Anexo Informe de Avance.

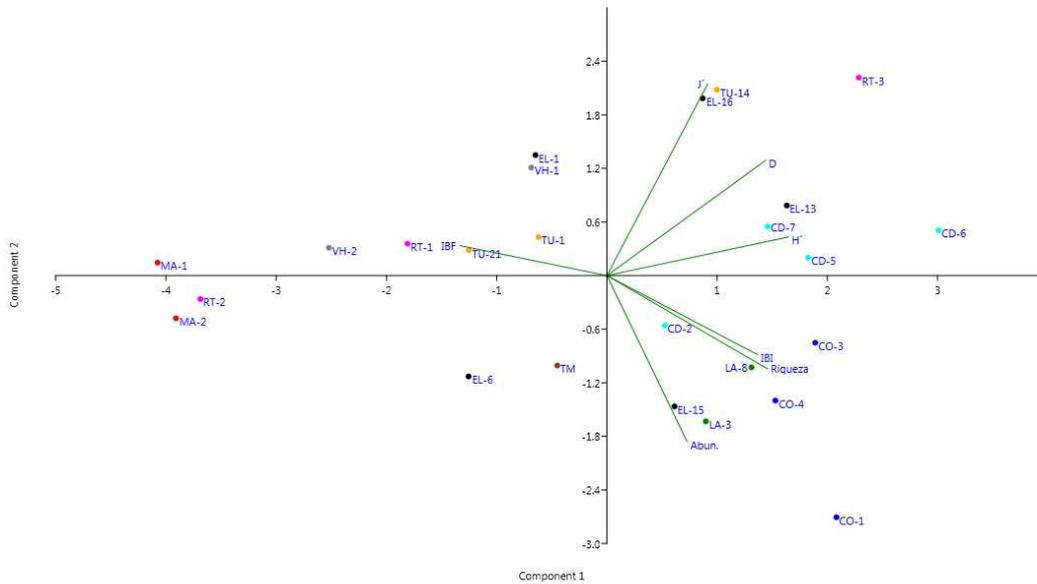


Figura 8: Distribución de estaciones de muestreo en septiembre del 2016, según parámetros comunitarios e índices bióticos (ACP).

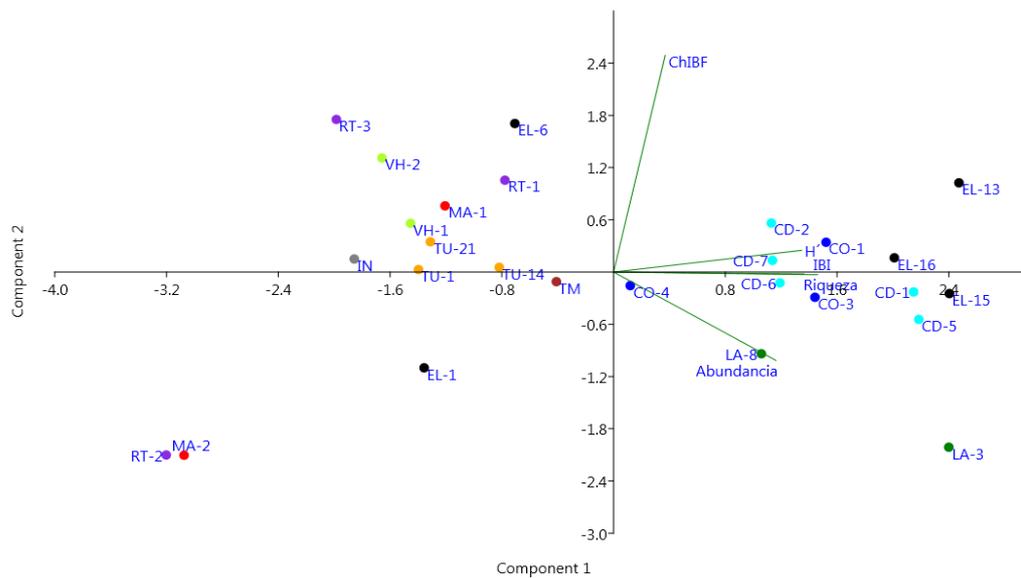


Figura 9: Distribución de estaciones de muestreo en diciembre del 2016, según parámetros comunitarios e índices bióticos (ACP).

“Consultoría técnica de generación de información para utilización de indicadores biológicos en la cuenca del Río Elqui”: Anexo Informe de Avance.

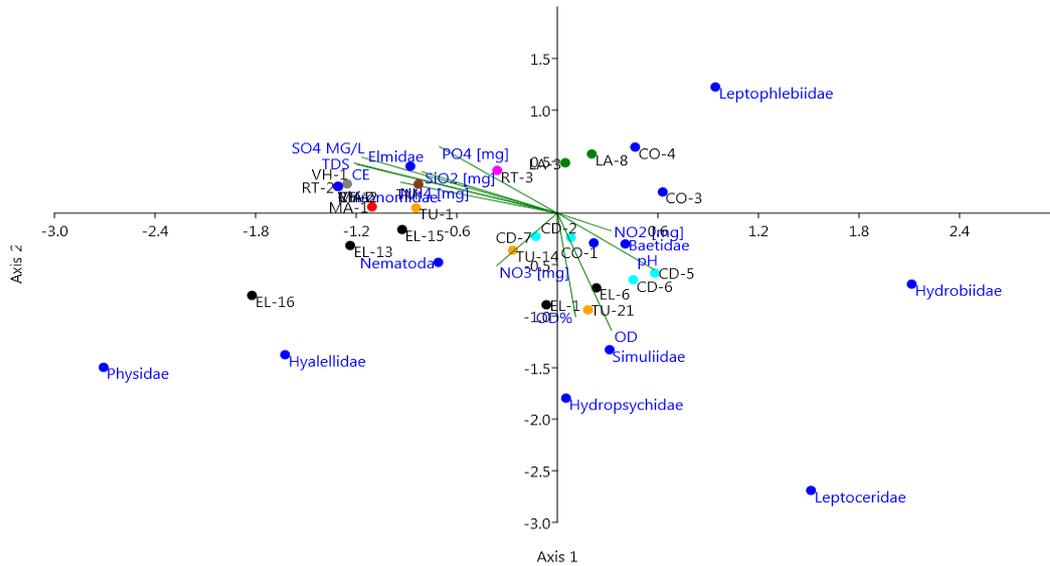


Figura 10: ACC entre los parámetros físico químicos y las familias de macroinvertebrados más representativas, en septiembre del 2016.

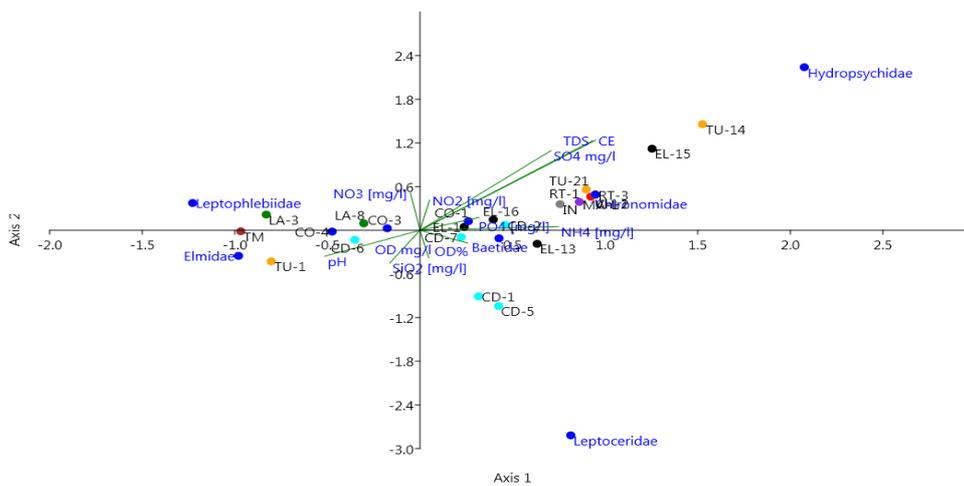


Figura 11: ACC entre los parámetros físico químicos y las familias de macroinvertebrados más representativas, en diciembre del 2016.

"Consultoría técnica de generación de información para utilización de indicadores biológicos en la cuenca del Río Elqui": Anexo Informe de Avance.

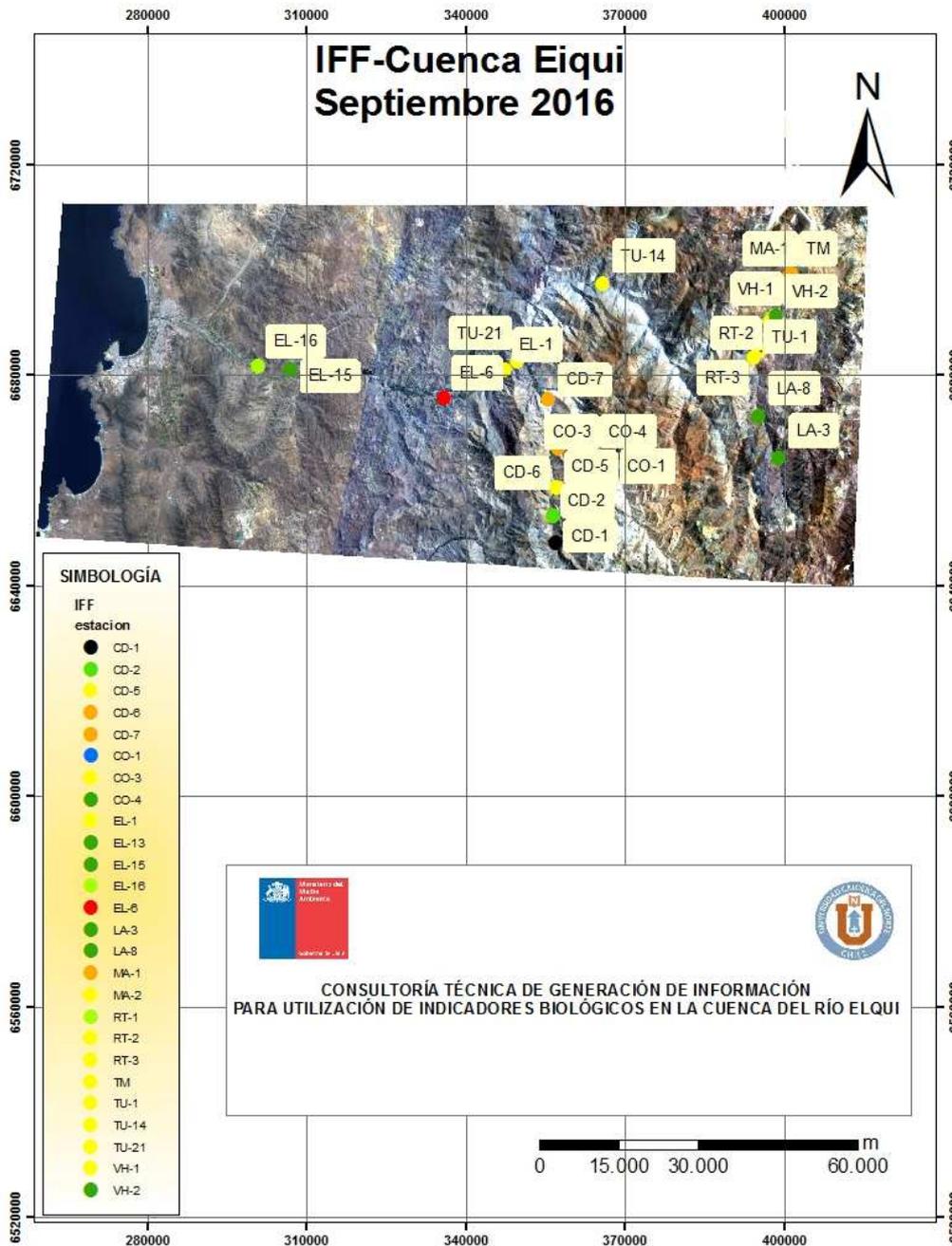


Figura 12: Cartografía de calidad ambiental según IFF en las estaciones de la cuenca del Río Elqui en septiembre del 2016.

"Consultoría técnica de generación de información para utilización de indicadores biológicos en la cuenca del Río Elqui": Anexo Informe de Avance.

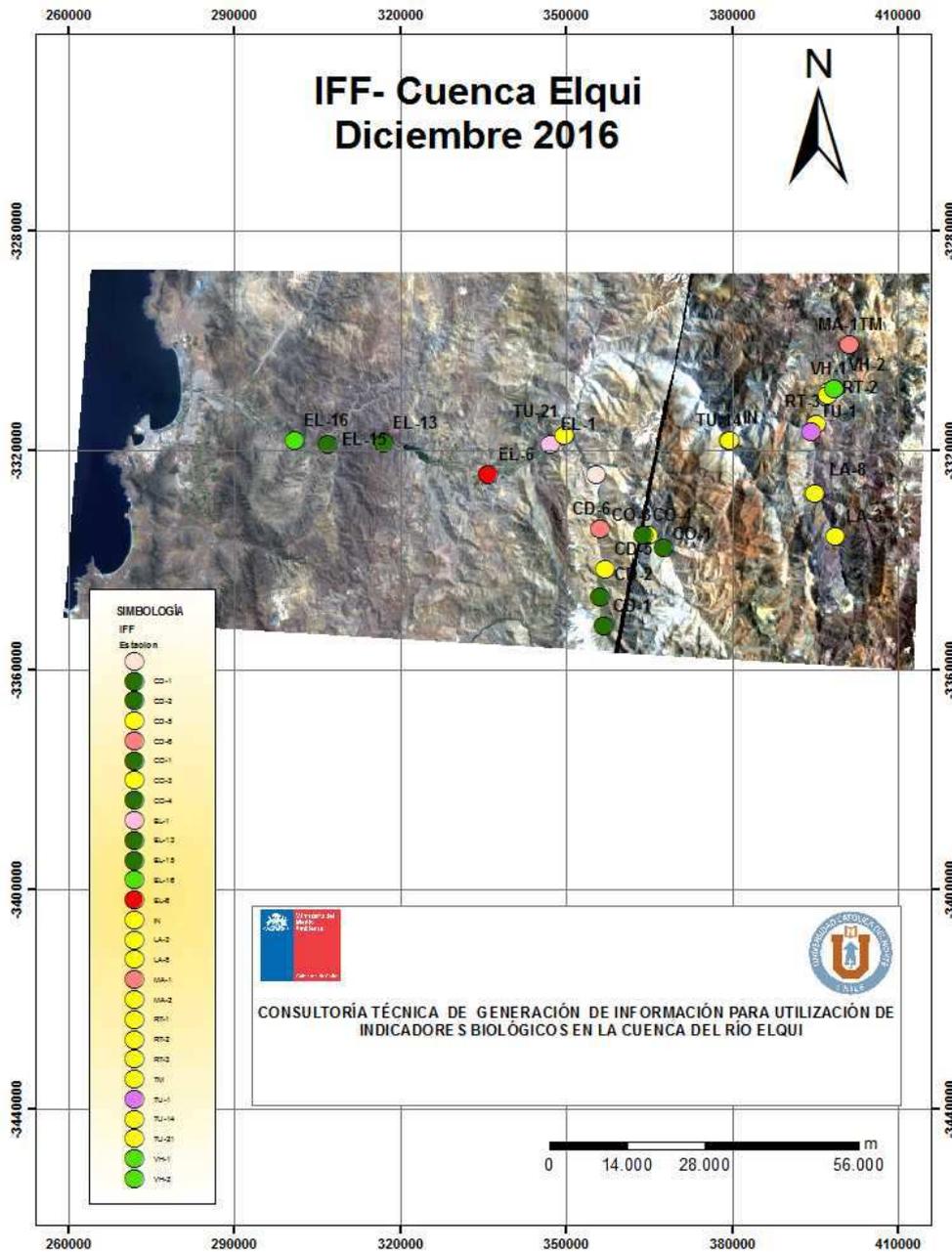


Figura 13: Cartografía de calidad ambiental según IFF en las estaciones de la cuenca del Río Elqui en diciembre del 2016.

“Consultoría técnica de generación de información para utilización de indicadores biológicos en la cuenca del Río Elqui”: Anexo Informe de Avance.

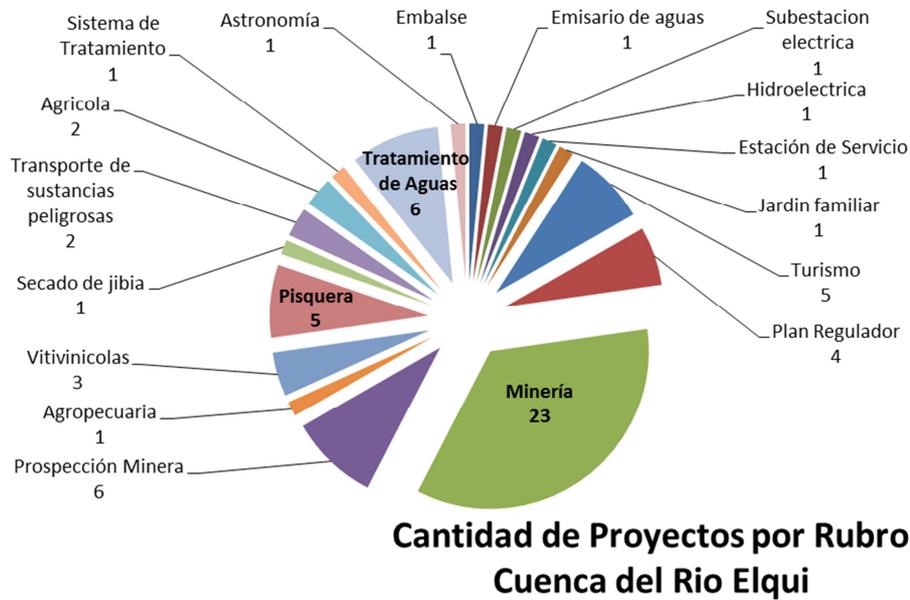


Figura 14. Número de proyectos diferenciados por actividad en la cuenca del Río Elqui. Elaboración propia. Fuente SEIA.

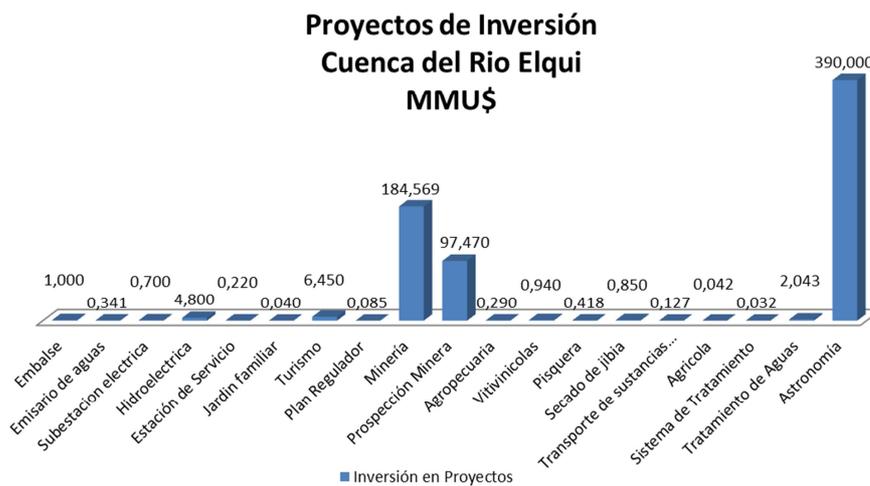


Figura 15. Inversión diferenciada por actividad productiva en la cuenca del Río Elqui. Elaboración propia. Fuente SEIA.

“Consultoría técnica de generación de información para utilización de indicadores biológicos en la cuenca del Río Elqui”: Anexo Informe de Avance.

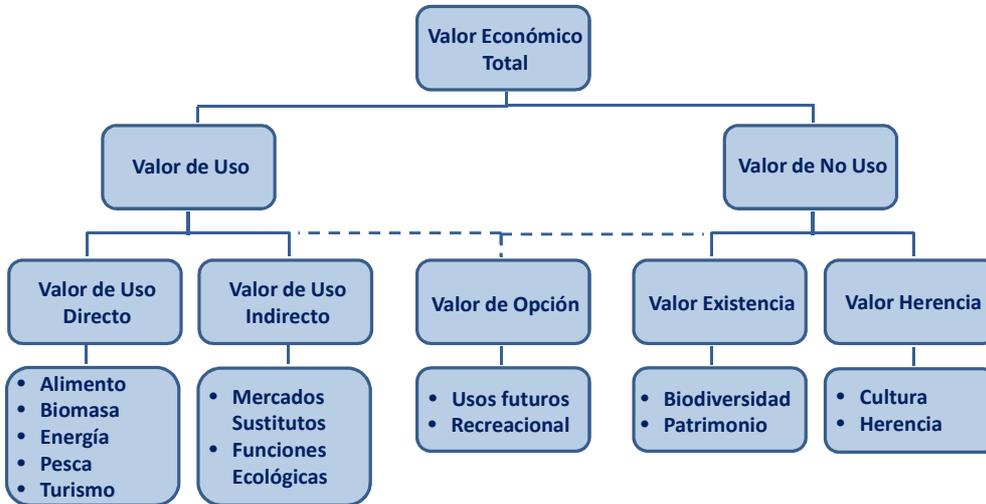


Figura 16. Valor Económico Total. Fuente: Elaboración propia, adaptación de Martínez de Anguita, 2004.

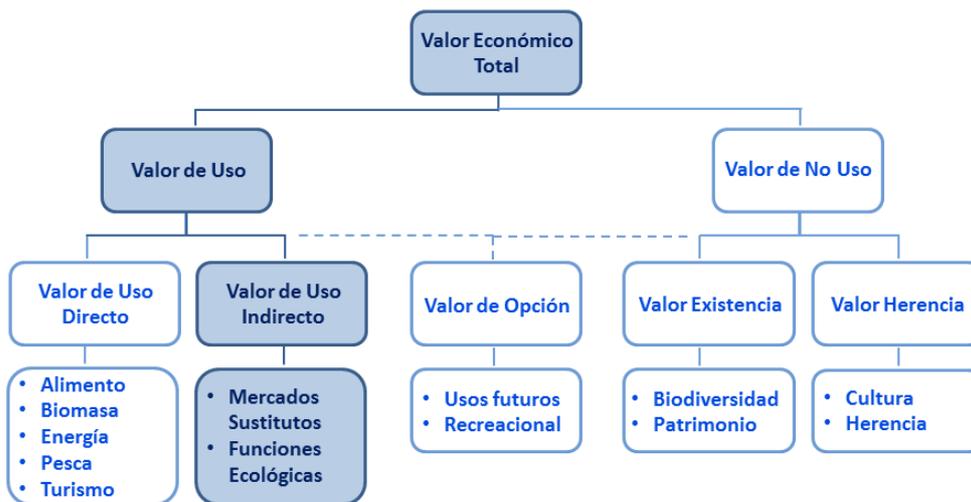


Figura 17. Metodología Seleccionada para la Valorización Económica. Fuente: Elaboración propia.

“Consultoría técnica de generación de información para utilización de indicadores biológicos en la cuenca del Río Elqui”: Anexo Informe de Avance.

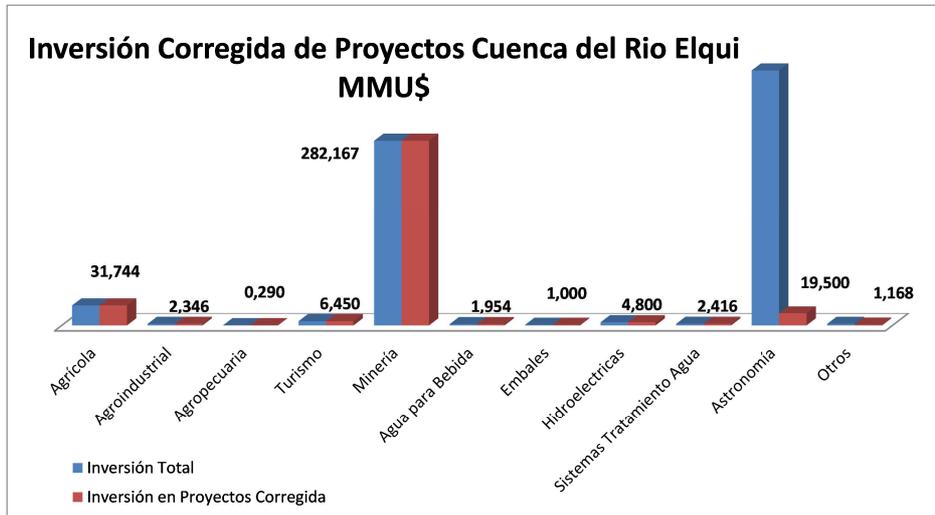


Figura 18. Corrección de Inversiones en la Cuenca del Río Elqui. Fuente: Elaboración propia.

“Consultoría técnica de generación de información para utilización de indicadores biológicos en la cuenca del Río Elqui”: Anexo Informe de Avance.

IX Fotografías estaciones



Río Claro Derecho, Estación CD-1. Diciembre, 2016

“Consultoría técnica de generación de información para utilización de indicadores biológicos en la cuenca del Río Elqui”: Anexo Informe de Avance.



Río Claro Derecho, Estación CD-2. Septiembre, 2016

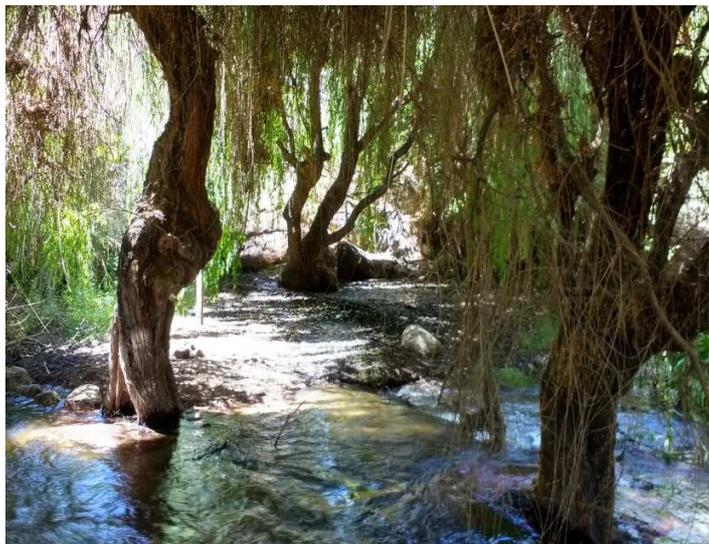


Río Claro Derecho, Estación CD-2. Diciembre, 2016

“Consultoría técnica de generación de información para utilización de indicadores biológicos en la cuenca del Río Elqui”: Anexo Informe de Avance.



Río Claro Derecho, Estación CD-5. Septiembre, 2016

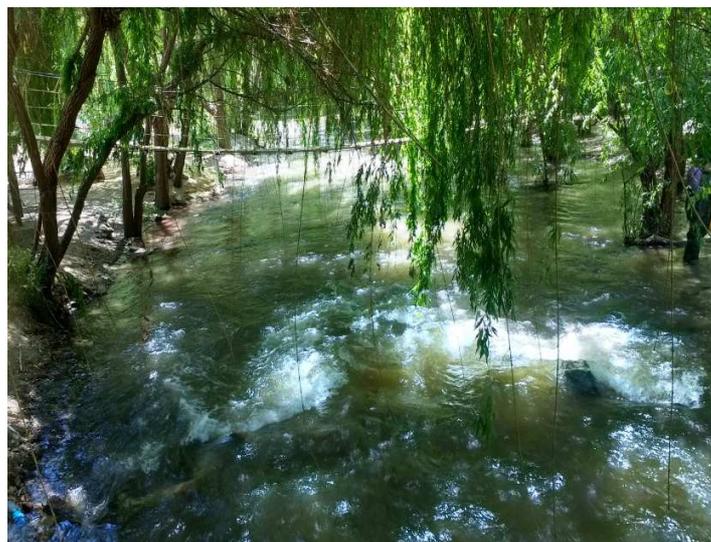


Río Claro Derecho, Estación CD-5. Diciembre, 2016

“Consultoría técnica de generación de información para utilización de indicadores biológicos en la cuenca del Río Elqui”: Anexo Informe de Avance.



Río Claro Derecho, Estación CD-6. Septiembre, 2016



Río Claro Derecho, Estación CD-6. Diciembre, 2016

“Consultoría técnica de generación de información para utilización de indicadores biológicos en la cuenca del Río Elqui”: Anexo Informe de Avance.



Río Claro Derecho, Estación CD-7. Septiembre, 2016



Río Claro Derecho, Estación CD-7. Diciembre, 2016

“Consultoría técnica de generación de información para utilización de indicadores biológicos en la cuenca del Río Elqui”: Anexo Informe de Avance.



Río Cochiguaz, Estación CO-1. Septiembre, 2016



Río Cochiguaz, Estación CO-1. Diciembre, 2016

“Consultoría técnica de generación de información para utilización de indicadores biológicos en la cuenca del Río Elqui”: Anexo Informe de Avance.



Río Cochiguaz, Estación CO-3. Septiembre, 2016



Río Cochiguaz, Estación CO-3. Diciembre, 2016

“Consultoría técnica de generación de información para utilización de indicadores biológicos en la cuenca del Río Elqui”: Anexo Informe de Avance.



Río Cochiguaz, Estación CO-4. Septiembre, 2016



Río Cochiguaz, Estación CO-4. Diciembre, 2016

“Consultoría técnica de generación de información para utilización de indicadores biológicos en la cuenca del Río Elqui”: Anexo Informe de Avance.



Río Elqui, Estación EL-1. Septiembre, 2016



Río Elqui, Estación EL-1. Diciembre, 2016

“Consultoría técnica de generación de información para utilización de indicadores biológicos en la cuenca del Río Elqui”: Anexo Informe de Avance.



Río Elqui, Estación EL-6. Septiembre, 2016



Río Elqui, Estación EL-6. Diciembre, 2016

“Consultoría técnica de generación de información para utilización de indicadores biológicos en la cuenca del Río Elqui”: Anexo Informe de Avance.



Río Elqui, Estación EL-13. Septiembre, 2016



Río Elqui, Estación EL-13. Diciembre, 2016

“Consultoría técnica de generación de información para utilización de indicadores biológicos en la cuenca del Río Elqui”: Anexo Informe de Avance.



Río Elqui, Estación EL-15. Septiembre, 2016



Río Elqui, Estación EL-15. Diciembre, 2016

“Consultoría técnica de generación de información para utilización de indicadores biológicos en la cuenca del Río Elqui”: Anexo Informe de Avance.



Río Elqui, Estación EL-16. Septiembre, 2016



Río Elqui, Estación EL-16. Diciembre, 2016

“Consultoría técnica de generación de información para utilización de indicadores biológicos en la cuenca del Río Elqui”: Anexo Informe de Avance.



Río Toro Muerto. Septiembre, 2016



Río Toro Muerto. Diciembre, 2016

“Consultoría técnica de generación de información para utilización de indicadores biológicos en la cuenca del Río Elqui”: Anexo Informe de Avance.



Río Malo, Estación MA-1. Septiembre, 2016

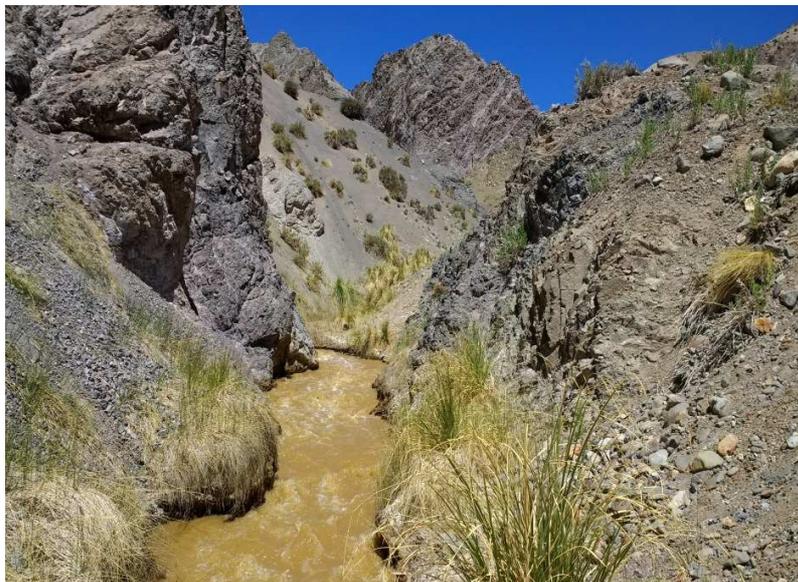


Río Malo, Estación MA-1. Diciembre, 2016

“Consultoría técnica de generación de información para utilización de indicadores biológicos en la cuenca del Río Elqui”: Anexo Informe de Avance.



Río Malo, Estación MA-2. Septiembre, 2016



Río Malo, Estación MA-2. Diciembre, 2016

“Consultoría técnica de generación de información para utilización de indicadores biológicos en la cuenca del Río Elqui”: Anexo Informe de Avance.



Río Toro, Estación RT-1. Septiembre, 2016



Río Toro, Estación RT-1. Diciembre, 2016

“Consultoría técnica de generación de información para utilización de indicadores biológicos en la cuenca del Río Elqui”: Anexo Informe de Avance.



Río Toro, Estación RT-2. Septiembre, 2016



Río Toro, Estación RT-2. Diciembre, 2016

“Consultoría técnica de generación de información para utilización de indicadores biológicos en la cuenca del Río Elqui”: Anexo Informe de Avance.



Río Toro, Estación RT-3. Septiembre, 2016



Río Toro, Estación RT-3. Diciembre, 2016

“Consultoría técnica de generación de información para utilización de indicadores biológicos en la cuenca del Río Elqui”: Anexo Informe de Avance.



Río Turbio, Estación TU-1. Septiembre, 2016



Río Turbio, Estación TU-1. Diciembre, 2016

“Consultoría técnica de generación de información para utilización de indicadores biológicos en la cuenca del Río Elqui”: Anexo Informe de Avance.



Río Turbio, Estación TU-14. Septiembre, 2016

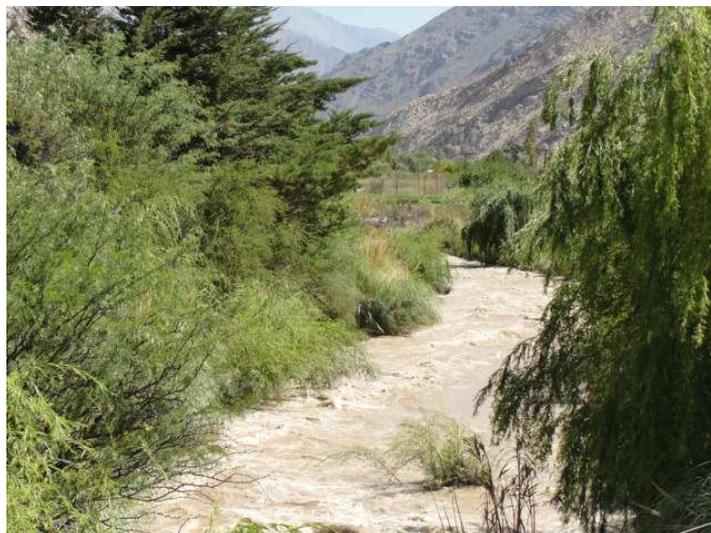


Río Turbio, Estación TU-14. Diciembre, 2016

“Consultoría técnica de generación de información para utilización de indicadores biológicos en la cuenca del Río Elqui”: Anexo Informe de Avance.



Río Turbio, Estación TU-21. Septiembre, 2016



Río Turbio, Estación TU-21. Diciembre, 2016

“Consultoría técnica de generación de información para utilización de indicadores biológicos en la cuenca del Río Elqui”: Anexo Informe de Avance.



Río Vacas Heladas, Estación VH-1. Septiembre, 2016



Río Vacas Heladas, Estación VH-1. Diciembre, 2016

“Consultoría técnica de generación de información para utilización de indicadores biológicos en la cuenca del Río Elqui”: Anexo Informe de Avance.



Río Vacas Heladas, Estación VH-2. Septiembre, 2016



Río Vacas Heladas, Estación VH-2. Diciembre, 2016

“Consultoría técnica de generación de información para utilización de indicadores biológicos en la cuenca del Río Elqui”: Anexo Informe de Avance.



Río La Laguna, Estación LA-3. Septiembre, 2016



Río La Laguna, Estación LA-3. Diciembre, 2016

“Consultoría técnica de generación de información para utilización de indicadores biológicos en la cuenca del Río Elqui”: Anexo Informe de Avance.



Río La Laguna, Estación LA-8. Septiembre, 2016



Río La Laguna, Estación LA-8. Diciembre, 2016

“Consultoría técnica de generación de información para utilización de indicadores biológicos en la cuenca del Río Elqui”: Anexo Informe de Avance.



Río Incahuaz, Estación IN. Diciembre, 2016



Universidad
Católica del Norte

Facultad Ciencias del Mar
Inq. En Prevención de Riesgos y M.A



“Consultoría técnica de generación de información para utilización de indicadores biológicos en la cuenca del Río Elqui”: Anexo Informe de Avance.

X Anexos

Anexo: Literatura Elqui. Archivo: obj1_actividad_a.xls

Anexo: ArcView_literatura_elqui.

Anexo: Proyectos SEIA.

Anexo: Alojamientos turísticos Elqui