



**FACULTAD DE CIENCIAS DEL MAR
DEPARTAMENTO DE PREVENCIÓN DE RIESGOS Y
MEDIOAMBIENTE**

**ANÁLISIS DE LA FUNCIONALIDAD ECOLÓGICA DEL RÍO ELQUI,
REGIÓN DE COQUIMBO, CHILE, MEDIANTE EL AJUSTE Y
APLICACIÓN DEL ÍNDICE DE FUNCIONALIDAD FLUVIAL (APPA, 2001)**

Tesis para optar al Grado Magister en Gestión Ambiental

Macarena Cornejo Galaz

Profesor guía: Niris Cortés

Profesores correctores: -Alvaro Pacheco

-Rodomiro Osorio

Coquimbo, Marzo 2016

ANÁLISIS DE LA FUNCIONALIDAD ECOLÓGICA DEL RÍO ELQUI, REGIÓN
DE COQUIMBO, CHILE, MEDIANTE EL AJUSTE Y APLICACIÓN DEL
ÍNDICE DE FUNCIONALIDAD FLUVIAL (APPA, 2001)

Por

Macarena Alejandra Cornejo Galaz

Departamento de Prevención de Riesgos y Medioambiente

Fecha: 14/03/2016

Aprobado Comisión de Calificación

Alfonso Silva Arancibia

Decano Facultad de Ciencias del Mar

Niris Cortés

Profesor Guía

Rodomiros Osorio

Profesor Corrector

Alvaro Pacheco

Profesor Corrector

Tesis entregada como un requisito para obtener el Grado Magister en Gestión Ambiental en la Facultad de Ciencias del Mar. Sede Coquimbo.

UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL NORTE

FACULTAD DE CIENCIAS DEL MAR

Departamento de Prevención de Riesgos y Medioambiente

ANÁLISIS DE LA FUNCIONALIDAD ECOLÓGICA DEL RÍO
ELQUI, REGIÓN DE COQUIMBO, CHILE, MEDIANTE EL AJUSTE
Y APLICACIÓN DEL ÍNDICE DE FUNCIONALIDAD FLUVIAL

(APPA, 2001)

Actividad de Titulación presentada
para optar al Grado Magister en Gestión Ambiental

Macarena Alejandra Cornejo Galaz

Coquimbo, Marzo de 2016

RESUMEN

Los ríos presentan una variada dinámica ecológica que garantiza la diversidad y riqueza de los sistemas, esta dinámica ecológica está dada por su movilidad. Los ríos tienen la capacidad de transformar y retener los nutrientes, además al ser sistemas abiertos se exponen a la continua entrada de material particulado, esto a lo largo de su recorrido por la cuenca. 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. La actividad humana a lo largo de los años ha generado una gran presión en los recursos hídricos, generando pérdida de funcionalidad en los ríos. Los índices permiten identificar las tensiones ecológicas generadas por la actividad humana y uno de ellos es el Índice de Funcionalidad Fluvial (IFF), 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. El IFF fue ajustado y aplicado en 25 estaciones a lo largo de la cuenca del Río Elqui. Las estaciones que presentaron bajos valores de funcionalidad fueron aquellas en las cuales existe mayor intervención humana reciente y donde se observa claramente encauzamiento de los ríos y actividades relacionadas directamente con el recurso hídrico. Las estaciones con valores altos de funcionalidad fueron aquellas en las cuales la intervención es baja o es de hace un tiempo, lo que ha permitido la recuperación del ecosistema y por ende un aumento de la funcionalidad ecológica. La aplicación del IFF en la cuenca del río Elqui es importante tanto a nivel científico como de gobierno, ya que es una herramienta de fácil uso una vez adaptado a la realidad local y capacitación de quienes lo utilicen. El IFF entrega información útil respecto a la condición de los ríos y por lo tanto aporta conocimiento a quienes toman decisiones en las cuencas hidrográficas, sin perder de vista la funcionalidad de éstas.

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar quiero agradecer a mi familia, ya que son mi pilar fundamental para avanzar en la vida. Mis padres, quienes me han dado todo y siempre han estado para mí, mis hermanos quienes han sido mis cómplices en cada una de las etapas de mi vida. Agradecer a Gonzalo, mi compañero y amor, y por sobre todo a Agustina, mi cable a tierra y mi tesoro máspreciado. A mis familiares queridos, tías, tíos, primos primas, sobrinos, suegra, cuñado, etc. todos aquellos que me han entregado cariño a lo largo de los años.

Quiero agradecer a Dios y la Virgen, soy fiel creyente de Ellos y de su amor hacia mí, gracias por cada día de vida y gracias por dar energía cuando ésta falta.

Agradecer de forma especial a mi querida profesora Niris, quien más que una jefa o profe ha sido una amiga y hasta una mamá en los pocos años en que la conozco. Es grande la admiración que siento hacia usted profe, tanto como profesional como ser humano y le agradezco cada una de sus palabras y todo el apoyo que constantemente me ha brindado.

Agradezco también a las personas que siempre me han entregado sus mejores deseos a lo largo de mi estadía en la UCN, la gente del Departamento de Prevención de Riesgos y Medio Ambiente, mis colegas y amigos de Ecolmar, a mis compañeros del Magister en Gestión Ambiental, a los trabajadores de la UCN en general, a todos ellos muchas gracias por hacer mi estadía más grata en la universidad.

A mis amigas y amigos, cada uno de ustedes sabe cuánto complementan mi vida, a mi amiga Ángel del alma, siempre sintiéndote a mí alrededor y siempre sintiendo tu fuerza y apoyo hacia mí.

Gracias a todos y cada uno de ustedes por entregarme amor a lo largo de mis años, gracias porque aunque estemos cerca o lejos siempre existe cariño y siempre existe preocupación y gracias por hacer de estos años, años maravillosos para mí.

Índice

1.- Introducción	1
2.- Objetivos	7
2.1.- Objetivo General	7
2.2.- Objetivos específicos.....	7
3.- Metodología	8
3.1.- Área de estudio.....	8
3.2.- Análisis del Índice de Funcionalidad Fluvial (IFF) (APPA 2001) original y definición de ajustes para el área de estudio.....	10
3.2.1.- Índice de Funcionalidad Fluvial (IFF).....	10
3.2.2.- Ajustes del IFF original para su aplicación en la cuenca del río Elqui	11
3.3.- Selección de las estaciones para la aplicación del Índice de Funcionalidad Fluvial (IFF).	12
3.3.1.- Estaciones de monitoreo.....	12
3.3.- Aplicación del Índice de Funcionalidad Fluvial (IFF) ajustado, en las estaciones de la cuenca del río Elqui seleccionadas.	13
3.4.- Evaluación de la funcionalidad ecológica en los ríos de la cuenca del río Elqui.....	14
4.-Resultados	15
4.1.- Análisis IFF original y definición de ajustes.....	15
4.1.1.- Ajustes de traducción y técnicos	15
4.1.2.- Flora y formaciones vegetacionales	15
4.2.- Selección de estaciones	16
4.3.- Funcionalidad por estaciones de monitoreo	18

4.4.- Funcionalidad por río	45
5.- Discusión	47
5.1.- Índice de Funcionalidad Fluvial y su ajuste	47
5.2.- Estaciones de análisis	49
5.3.- Funcionalidad ecológica por estaciones.....	49
5.4.- Funcionalidad ecológica en la cuenca del río Elqui.	50
6.- Conclusiones	53
7.- Bibliografía.....	54
8.- Tablas	59
9.- Anexos.....	66

Índice Figuras

Figura 1: Mapa hidrográfico de la cuenca del río Elqui, ubicada en la Región de Coquimbo, Chile.....	9
Figura 2: Ubicación de las estaciones a lo largo de la cuenca del Elqui.	17
Figura 3: Imagen de la estación 1, CD-1.....	19
Figura 4: Imagen de la estación 2, CD-2.....	20
Figura 5: Imagen de la estación 3, CD-5.....	21
Figura 6: Imagen de la estación 4, CD-6.....	22
Figura 7: Imagen de la estación 5, CD-7.....	23
Figura 8: Imagen de la estación 6, CO-1.....	24
Figura 9: Imagen de la estación 7, CO-3.....	26
Figura 10: Imagen de la estación 8, CO-4.....	27
Figura 11: Imagen de la estación 9, EL-1.....	28
Figura 12: Imagen de la estación 10, EL-6.....	29
Figura 13: Imagen de la estación 11, EL-13.....	30
Figura 14: Imagen de la estación 12, EL-15.....	31
Figura 15: Imagen de la estación 13, EL-16.....	32
Figura 16: Imagen de la estación 14, MA-1.....	33
Figura 17: Imagen de la estación 15, MA-2.....	34
Figura 18: Imagen de la estación 16, RT-1.....	35
Figura 19: Imagen de la estación 17, RT-2.....	36
Figura 20: Imagen de la estación 18, RT-3.....	37
Figura 21: Imagen de la estación 19, TU-1.....	38
Figura 22: Imagen de la estación 20, TU 14.....	39
Figura 23: Imagen de la estación 21, TU-21.....	40
Figura 24: Imagen de la estación 22, VH-1.....	41
Figura 25: Imagen de la estación 23, VH-2.....	42
Figura 26: Imagen de la estación 24, LA-3.....	43
Figura 27: Imagen de la estación 25, LA-8.....	44

Índice tablas

Tabla I: Tabla de valores del IFF con los respectivos niveles, colores y juicios de funcionalidad.	59
Tabla II: Georreferenciación de las estaciones, altura y sector en que se encuentran:	60
Tabla III: Resultados aplicación IFF en la cuenca del río Elqui, Enero 2015.	61
Tabla IV: Valor y juicio de funcionalidad por estación	65
Tabla V: Flora registrada en cuenca del Elqui	73

1.- 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 perifluvial 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 (Figuerola *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 & Metzelling, 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, 1996; 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, 2001), 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 (Dallafior *et al.*, 2010).

El Índice de Funcionalidad Fluvial (IFF, APPA, 2001) 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; Dallafior *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.

2.- Objetivos

2.1.- Objetivo General

Evaluar la funcionalidad del río Elqui, Región de Coquimbo, Chile, mediante la aplicación del Índice de Funcionalidad Fluvial (IFF) APPA, 2001.

2.2.- Objetivos específicos

1. Analizar el Índice de Funcionalidad Fluvial (IFF) (APPA 2001) original y definir los ajustes necesarios para su aplicación en la cuenca del río Elqui, región de Coquimbo, Chile.
2. Seleccionar en la cuenca del río Elqui las estaciones para la aplicación del Índice de Funcionalidad Fluvial (IFF).
3. Aplicar el Índice de Funcionalidad Fluvial (IFF) ajustado en las estaciones de la cuenca del río Elqui seleccionadas.
4. Evaluar la funcionalidad ecológica en los ríos de la cuenca del río Elqui.

3.- Metodología

3.1.- Área de estudio

El área de estudio del presente trabajo es la cuenca del río Elqui, región de Coquimbo (Figura 1). Ésta cuenca tiene 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.

3.2.- Análisis del Índice de Funcionalidad Fluvial (IFF) (APPA 2001) original y definición de ajustes para el área de estudio.

3.2.1.- Índice de Funcionalidad Fluvial (IFF).

El Índice de Funcionalidad Fluvial (IFF) consta de una ficha que contiene 14 preguntas relacionadas con las principales características ecológicas de un río. Cada pregunta contiene 4 posibles respuestas que tienen asignado un puntaje de acuerdo a las diferencias funcionales entre ellas (Anexo 1).

La metodología 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 perifluvial, la continuidad de la vegetación perifluvial, 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 I del Anexo 1).

Se realizó una revisión bibliográfica de la información existente sobre la flora y fauna ribereña en la cuenca del río Elqui y se determinaron los ajustes necesarios a realizar en las preguntas y los valores del Índice de Funcionalidad Fluvial (IFF).

La información bibliográfica se obtuvo de informes de la Dirección General de Aguas (DGA), publicaciones de trabajos que se han llevado a cabo en el río Elqui, informes de SEREMI de Medio Ambiente, entre otros.

3.2.2- Ajustes del IFF original para su aplicación en la cuenca del río Elqui

3.2.2.1.- Ajustes de la ficha de evaluación

Se realizó una revisión de cada una de las preguntas del IFF. Luego, a partir de la información bibliográfica y la información obtenida preliminarmente en las salidas a terreno, previas a la aplicación de índice, se realizó una evaluación de la aplicación de las preguntas y sus valores a las características de la cuenca. Las preguntas fueron reformuladas para un mejor entendimiento y se le agregaron características que no se tomaban en cuenta en el índice original. En el Anexo 2 se presenta la ficha modificada para la aplicación del índice en la cuenca del río Elqui.

a) Actualización de la traducción

Con respecto a la traducción, inicialmente se consideró la ficha de evaluación generada para los ríos de la Araucanía (Dallafior *et al.*, 2010), dicha ficha contiene una traducción altamente literal de la ficha original (APPA, 2007) (Anexo 1), por lo que cae en ciertos enredos, lo que genera poco entendimiento por parte del posible usuario. Por lo anterior, se procedió a realizar una nueva traducción de la versión italiana del año 2007, considerando la versión de los ríos de la Araucanía, pero resguardando claridad en los conceptos y las preguntas.

b) Ajustes en el contenido de la ficha

Dadas las diferencias que existen, entre las características de los ríos de la cuenca del Elqui con los ríos para los cuales inicialmente se conformó el índice, fue necesario realizar ajustes desde los puntos de vista técnicos y de particularidad de la cuenca. Para dichos ajustes se revisó la ficha original en terreno durante los meses de agosto y

septiembre del año 2014. De acuerdo a las observaciones y la información bibliográfica disponible de la cuenca, se realizaron inclusiones y ajustes para generar la ficha IFF ajustada.

3.2.2.2.- Flora

Se realizó una búsqueda bibliográfica sobre la flora y vegetación existente para el área de estudio, la que se apoyó con salidas a terrenos de chequeo previas a la aplicación del IFF.

La información bibliográfica se obtuvo a partir de publicaciones de la flora de la región de Coquimbo y trabajos sobre vegetación que se han llevado a cabo en la cuenca del río Elquí, entre otros.

Con la obtención de la información, en terreno y bibliográfica, se generó un listado de especies de flora (Anexo 3) y se determinaron las formaciones vegetacionales a lo largo del río, lo que corresponde a las preguntas 2 y 2bis del Índice de Funcionalidad Fluvial (IFF) (Anexo 1 y 2).

3.3.- Selección de las estaciones para la aplicación del Índice de Funcionalidad Fluvial (IFF).

3.3.1.- Estaciones de monitoreo

3.3.1.1.- Definición de las estaciones de monitoreo

El número y la ubicación de las estaciones de muestreo fueron definidas según la homogeneidad vegetal utilizando las siguientes herramientas:

- Revisión bibliográfica
- Google Earth

- Observaciones en terreno.

Mediante la utilización de imágenes entregadas por el programa Goggle earth se ubicaron tramos homogéneos vegetacionalmente a lo largo de la cuenca y se preseleccionaron estaciones. Se registró la ubicación geográfica de dichas estaciones y se procedió a acudir a terreno para corroborar la información obtenida en gabinete.

Durante el día 21 de agosto del año 2014 se procedió a realizar un terreno para recorrer la cuenca, en dicho terreno se registraron los puntos de acceso a las estaciones previamente seleccionadas y se validó la información obtenida anteriormente con las imágenes del Google earth. En el recorrido a lo largo de la cuenca se seleccionaron las estaciones representativas de los tramos homogéneos vegetacionalmente, considerando la facilidad de acceso a dichas estaciones.

La nomenclatura utilizada en el trabajo fue determinada considerando el informe del Anteproyecto de las Normas Secundarias de Calidad del Río Elqui.

3.3.- Aplicación del Índice de Funcionalidad Fluvial (IFF) ajustado, en las estaciones de la cuenca del río Elqui seleccionadas.

Una vez ajustado el índice se procedió a realizar su aplicación en las estaciones previamente seleccionadas. Durante la semana del 18 al 24 de enero del año 2015 se realizó un terreno de larga duración con el objetivo de obtener fotografías, videos e información de cada una de las estaciones seleccionadas. Posteriormente toda la información obtenida fue analizada en trabajo de gabinete.

Previo a la aplicación del IFF en cada una de las estaciones seleccionadas, en el mes de mayo del año 2015, se realizó una jornada de inducción a los evaluadores para entregar información y estandarizar criterios. El día 17 de junio del año 2015, se realizó la aplicación del IFF, en las dependencias de la Seremia de Medio Ambiente de la

región de Coquimbo. Con el material y la información obtenida en terreno se procedió a la aplicación del índice.

En total fueron cuatro personas las encargadas de la aplicación del índice en cada una de las estaciones. Dos de los profesionales se desempeñan en la Seremia de Medioambiente de la región de Coquimbo, uno de ellos cuenta con el cargo de Encargado de Sección Política y Regulación Ambiental, y el otro con el cargo de Profesional de Sección Política y Regulación Ambiental. Las otras dos personas pertenecen a la Universidad Católica del Norte, una de ellas cuenta con el cargo de Académica del Magister en Gestión Ambiental y de IPRYMA de la UCN, y la otra persona estudiante del Magister en Gestión Ambiental.

Los resultados de la aplicación por parte de los cuatro evaluadores fueron promediados, por lo que se obtuvo un solo valor de funcionalidad para cada estación analizada.

3.4.- Evaluación de la funcionalidad ecológica en los ríos de la cuenca del río Elqui.

La funcionalidad ecológica fue evaluada mediante el IFF en cada uno de los ríos de la cuenca, con el objeto de obtener información separada por curso de agua. Para el análisis se utilizaron las estaciones determinadas previamente.

4.-Resultados

4.1.- Análisis IFF original y definición de ajustes

4.1.1.- Ajustes de traducción y técnicos

La ficha final ajustada se presenta en el Anexo 2, en dicha ficha los ajustes de traducción y de adecuación de la redacción fueron realizados en las preguntas 1 a la 10, las preguntas 11, 12 ,13 y 14 se mantuvieron tal cual la ficha original.

Para la pregunta 12 y para la pregunta 13 se agregó la opción de ausente tanto para componentes vegetales como detritos, una característica que es común de observar en los ríos de la zona. Además, para la pregunta 7, se agregó la opción 7bis, ya que da la alternativa de evaluar tramos tanto con flujo laminar como flujo turbulento.

4.1.2.- Flora y formaciones vegetacionales

En el Anexo 3 se encuentra la Tabla V en la cual se presenta el listado de las principales especies de flora encontradas a lo largo de la cuenca del río Elqui durante el año 2014.

Con respecto a la flora acuática de la cuenca, esta se caracteriza por la presencia de 35 especies, el 73,9% corresponde a especies nativas, de las cuales el 28,3% corresponde a ejemplares endémicos.

La flora de altura está principalmente conformada por formaciones vegetales dominadas por la especie conocida como “cola de zorro” (*Cortaderia speciosa*). Se pueden encontrar también la especie denominada comúnmente como canutillo (*Equisetum giganteum*). Los arboles aparecen en la parte más baja de la cuenca, donde es común encontrar Sauces llorones (*Salix babilonica*) y eucaliptos (*Eucalyptus globulus*) ambas especies introducidas.

En la cuenca se identificaron 4 formaciones vegetacionales con buena funcionalidad, las cuales dominan a lo largo de ésta. La formación herbácea nativa con presencia de “cola de zorro” (*Cortaderia speciosa*) y especies de hierbas acompañantes, la cual se encuentra prácticamente desde la zona de mayor altura hasta la zona bajo el embalse Puclaro. Además, en la zona media de la cuenca se encuentra la formación arbórea ribereña con “sauce chileno” (*Salix humboldtiana*). Otra formación funcional característica del río es la formación herbácea de “chilca” (*Baccharis marginalis*) en la zona de más altura y “chilca” (*Baccharis salicifolia*) en la zona posterior al embalse Puclaro.

A lo largo de la cuenca son pocas las formaciones que, de acuerdo a los requerimientos de la ficha, presentan baja funcionalidad. Principalmente se encuentran las formaciones asociadas a Sauces llorones (*Salix babilonica*) y eucaliptos (*Eucalyptus globulus*).

4.2.- Selección de estaciones

El total de estaciones seleccionadas fue de 25, las que se ubicaron en los ríos Claro Derecho, Cochiguaz, Malo, Vacas Helada, Toro, La Laguna, Turbio y Elqui. Cada una de las estaciones fue nombrada de acuerdo a la nomenclatura establecida en las Normas Secundarias 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

En la Tabla II se detallan las estaciones y la ubicación de éstas en la cuenca, además a continuación se muestra gráficamente la ubicación de cada una (Figura 2).

4.3.- Funcionalidad por estaciones de monitoreo

La funcionalidad de cada una de las estaciones se presenta en detalle en la Tabla III (a, b, c y d). En la Tabla IV se presenta el valor y color de funcionalidad.

Estación 1, CD-1, Río Claro Derecho

El juicio de funcionalidad, en ambas riberas, es óptimo. El valor de funcionalidad en la ribera izquierda es 295 y en la ribera derecha 280. En el tramo existe una ausencia de actividad antrópica. La vegetación presente es en su mayoría funcional y se extiende, de forma continua, hacia los costados de las riberas, el ancho del cauce permite circulación del agua y no existen barreras que impidan inundación.

El flujo de agua es de tipo laminar y en el cauce se presentan características que permiten retención. La erosión es poco observada y es un cauce con alta diversidad morfológica. Con respecto a la capacidad de albergar fauna, el tramo presenta una buena capacidad.

En cuanto a la hidromorfología, el tramo no presenta elementos diversos, más bien es un tramo sinuoso a recto. En el tramo evaluado existe ausencia de perifiton y de fragmentos vegetales. Además, las características del tramo, indican que es un sector en donde la comunidad macrobentónica se encuentra bien estructurada, acorde a lo encontrado en un área natural.



Figura 3: Imagen de la estación 1, CD-1.
Fuente: Elaboración propia

Estación 2, CD-2, Río Claro Derecho

Los valores de funcionalidad de esta estación están en 190 para la ribera izquierda y 180 para la ribera derecha, lo que otorga para ambas riberas juicios de funcionalidad bueno-medioocre.

En este tramo, en una de sus riberas (derecha) hay presencia de actividades e infraestructuras relacionadas al turismo (cabaña, etc).

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, la que se ve afectada por la presencia de un sector plano cubierto con cemento.

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. Las condiciones para los peces son bajas, así como las condiciones para la comunidad macrobentónica.



Figura 4: Imagen de la estación 2, CD-2.
Fuente: Elaboración propia.

Estación 3, CD-5, Río Claro

El valor de funcionalidad en la estación para ambas riberas es de 155, lo que otorga juicio de funcionalidad mediocre.

Esta estación representa un tramo del río en donde existe alrededor de éste actividad relacionada a la agricultura. En ambas riberas hay presencia de cultivos, aunque es en la ribera derecha en donde se presenta una coexistencia de los cultivos 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.

Hay presencia de piedras, superficies de retención y el cauce cuenta con una capacidad moderada de idoneidad íctica. Las características del cauce indican que la comunidad macrobentónica presente es suficientemente diversificada.



Figura 5: Imagen de la estación 3, CD-5.
Fuente: Elaboración propia.

Estación 4, CD-6, Río Claro

En la estación 4, CD-6, el valor de funcionalidad obtenido es de 77, para ambas riberas, lo que otorga un juicio de funcionalidad inferior.

El tramo del río se encuentra en el medio del valle, en un sector donde predominan los viñedos. Se encuentra encausado y dada la vegetación presente en el área, se estiman más de 5 años en esta situación.

La vegetación, aun 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.

El río no presenta elementos hidromorfológicos distinguibles, más bien el encausamiento es en línea recta, impidiendo el traslado natural del curso de agua.

En el tramo existe una escasa capacidad íctica y poca diversidad de la comunidad macrobentónica, lo anterior dado por las características del agua, que en su mayoría se encuentra estancada.



Figura 6: Imagen de la estación 4, CD-6.
Fuente: Elaboración propia.

Estación 5, CD-7, Río Claro

El valor de funcionalidad para la estación es de 60 en ambas riberas del río, este valor está asociado a un juicio de funcionalidad inferior-pésimo. El ancho del cauce, el cual está encauzado, junto a la poca vegetación presente en el tramo otorga valores bajos de funcionalidad.

La vegetación presente en el río está caracterizada por formaciones de cañas y colas de zorro de pequeño tamaño, aunque ambas se encuentran en baja cantidad. Además, la vegetación se encuentra limitada por presencia de cultivos y caminos alrededor del cauce, por lo que 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.

En el río la idoneidad íctica es escasa, así como la diversidad de las comunidades de macrofauna.



Figura 7: Imagen de la estación 5, CD-7.
Fuente: Elaboración propia.

Estación 6, CO-1, Río Cochiguaz

El valor, para ambas riberas, de la funcionalidad es de 250, con un juicio de funcionalidad bueno.

El tramo 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.

Al existir baja presencia de actividad relacionada al hombre, 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. Existe una buena idoneidad íctica, así como una diversificada comunidad macrobentónica.

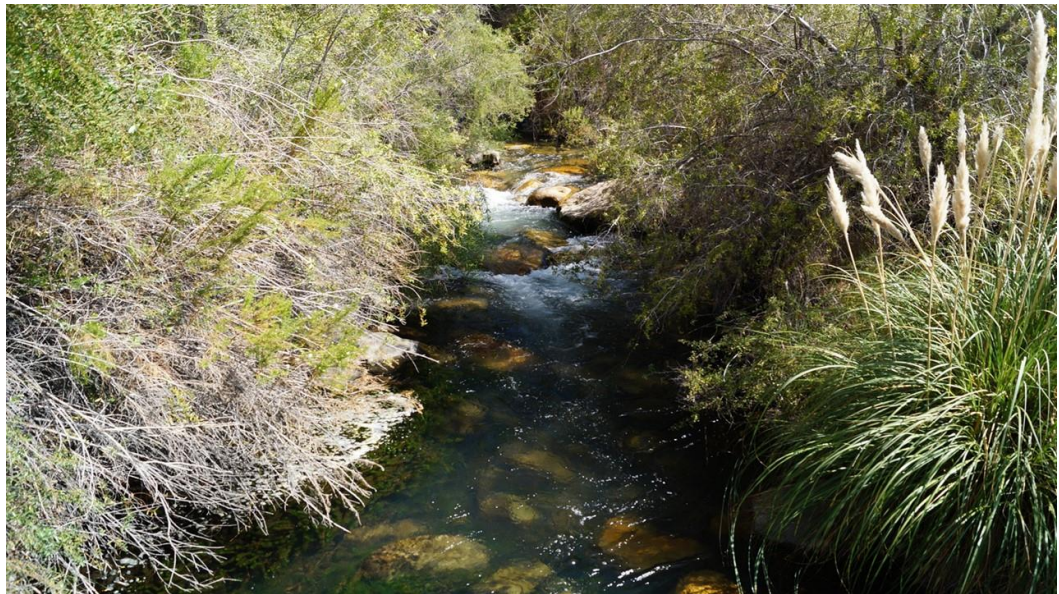


Figura 8: Imagen de la estación 6, CO-1.
Fuente: Elaboración propia.

Estación 7, CO-3, Río Cochiguaz

El valor de funcionalidad para las riberas de la estación es de 136, con un juicio de funcionalidad mediocre.

En el tramo 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.

El tramo se caracteriza por presentar fluctuaciones atribuibles a la actividad antrópica, con superficie de inundación 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. La idoneidad íctica es buena, ya que existen zonas de posible refugio, desove y alimentación para los peces. La comunidad macrobentónica es poco diversificada.



Figura 9: Imagen de la estación 7, CO-3.
Fuente: Elaboración propia.

Estación 8, CO-4, Río Cochiguaz

La estación presenta valores de funcionalidad de 220 en la ribera izquierda y 230 en la ribera derecha, lo que entrega juicio de funcionalidad bueno para ambas riberas.

El tramo 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.

Las características del tramo permiten una diversificada presencia de comunidades macrobentónicas, así como una alta idoneidad íctica.



Figura 10: Imagen de la estación 8, CO-4.
Fuente: Elaboración propia.

Estación 9, EL-1, Río Elqui

En esta estación la ribera derecha presenta un valor de funcionalidad de 54, lo que da un juicio de funcionalidad inferior-pésimo. La ribera izquierda tiene un valor de funcionalidad de 74, con un juicio de funcionalidad inferior.

La ribera derecha del tramo presenta un área desprovista en su totalidad de vegetación, ya que está completamente intervenida. La ribera izquierda, aunque presenta intervención, esta es menor y existe presencia de vegetación de tipo funcional, aunque con poca extensión y baja continuidad.

Los regímenes hidrológicos en este tramo se encuentran altamente alterados, aun cuando no se encuentra estancado y presenta ancho inundable considerable (más de 2

veces en cauce normal). Aunque no existen grandes piedras para la retención, si hay presencia de grava, la cual ejerce esta función.

El curso de agua presenta una baja idoneidad íctica y condiciones desfavorables para las comunidades macrobentónicas.



Figura 11: Imagen de la estación 9, EL-1.
Fuente: Elaboración propia.

Estación 10, EL-6, Río Elqui

En esta estación ambas riberas presentan valor de funcionalidad de 70, con un juicio de funcionalidad inferior.

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.

Existe una escasa idoneidad íctica, así como una baja diversidad y presencia de comunidades macrobentónicas.



Figura 12: Imagen de la estación 10, EL-6.
Fuente: Elaboración propia

Estación 11, EL-13, Río Elqui

El valor de funcionalidad en ambas riberas es de 225, con juicio de funcionalidad bueno.

Es un tramo que 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. La idoneidad íctica es buena, así como las condiciones para una diversidad de comunidades macrobentónicas.



Figura 13: Imagen de la estación 11, EL-13
Fuente: Elaboración propia.

Estación 12, EL-15, Río Elqui

El valor de funcionalidad de las riberas del tramo evaluado es de 245 para ambas. El juicio de funcionalidad es bueno.

En el tramo 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 (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.



Figura 14: Imagen de la estación 12, EL-15.
Fuente: Elaboración propia.

Estación 13, EL-16, Río Elqui

Para este tramo, en la ribera izquierda el valor de la funcionalidad es de 195 y en la ribera derecha el valor de la funcionalidad es de 200, para ambas riberas el juicio de funcionalidad es bueno-mediocre.

Existe presencia de 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.

El tramo se caracteriza por presentar variaciones atribuibles a actividad antrópica y no es un tramo estancado, por lo que hay presencia de una superficie inundable. 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.

La idoneidad íctica es baja y las características del tramo permiten la presencia de comunidades bentónicas diversificadas.



Figura 15: Imagen de la estación 13, EL-16.
Fuente: Elaboración propia.

Estación 14, MA-1, Río Malo

La estación tiene como valor de funcionalidad 64 para ambas riberas, con un juicio de funcionalidad inferior.

El tramo se encuentra en su mayoría desprovisto de vegetación, además el río ha sido encauzado y trabajado con maquinaria en sus riberas, lo que ha dejado un suelo desnudo.

Los regímenes hidrológicos se encuentran altamente alterados por la acción antrópica, pero el cauce no se encuentra estancado y tiene una zona inundable de entre 2 a 3 veces el cauce normal.

Las riberas del río se encuentran erosionadas, además hay presencia de intervenciones artificiales y falta de diversidad morfológica.

La idoneidad íctica es baja, así como la diversidad de las comunidades macrobentónicas.



Figura 16: Imagen de la estación 14, MA-1.
Fuente: Elaboración propia.

Estación 15, MA-2, Río Malo

En la estación el valor de funcionalidad para ambas riberas es de 131, el juicio de funcionalidad es mediocre.

El tramo presenta baja intervención antrópica reciente, hay presencia de una formación vegetal en las riberas del río, pero ésta tiene baja continuidad y baja amplitud.

El tramo no se encuentra estancado, pero tiene poca superficie de inundación. Además, el tramo tiene algunas estructuras de retención, como piedras de pequeño tamaño y grava. En las riberas hay presencia de erosión.

El cauce tiene una baja diversidad morfológica, además dada las condiciones del río la idoneidad íctica es poca, así como la presencia de comunidades macrobentónicas.



Figura 17: Imagen de la estación 15, MA-2
Fuente: Elaboración propia.

Estación 16, RT-1, Río Toro

El valor de funcionalidad para la estación es 86, con juicio de funcionalidad inferior. El tramo se caracteriza por estar totalmente intervenido, ya que se observa movimiento de tierra al costado derecho del río. Lo anterior genera que exista muy poca vegetación en el tramo.

Las fluctuaciones del curso de agua no son atribuibles a factores naturales. En las orillas hay presencia de erosión y en el cauce se observa falta de diversidad morfológica. Los elementos hidromorfológicos son indistintos.

La idoneidad íctica es baja, así como la presencia de comunidades macrobentónicas diversas y estructuradas.



Figura 18: Imagen de la estación 16, RT-1
Fuente: Elaboración propia.

Estación 17, RT-2, Río Toro

La estación tiene un valor de funcionalidad de 123 para la ribera izquierda y de 165 para la ribera derecha, con un juicio de funcionalidad mediocre para ambas riberas.

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 ese sector esta es poca y discontinua. 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.



Figura 19: Imagen de la estación 17, RT-2
Fuente: Elaboración propia.

Estación 18, RT-3, Río Toro

La estación tiene un valor de funcionalidad de 134 para la ribera izquierda y de 200 para la ribera derecha. El juicio de funcionalidad para la ribera izquierda es mediocre y para la ribera derecha es bueno-mediocre.

La ribera izquierda presenta poca vegetación, casi nula a lo largo del tramo. En la ribera derecha existe vegetación de tipo funcional, que tiene una amplitud mayor a 30 m y es continua.

El tramo no se encuentra estancado y tiene capacidad de inundación (hacia su derecha). A lo largo del cauce se presentan estructuras que permiten retención.

La idoneidad íctica es baja y según las características del tramo, la comunidad macrobentónica es suficientemente diversificada.

El tramo izquierdo es el que presenta erosión.



Figura 20: Imagen de la estación 18, RT-3
Fuente: Elaboración propia.

Estación 19, TU-1, Río Turbio

El valor de funcionalidad para la estación es de 136 en la ribera izquierda y 180 en la ribera derecha. El juicio de funcionalidad es mediocre para ambas riberas.

La vegetación en ambas riberas es de tipo funcional y se caracteriza por ser una sola la formación vegetal dominante (Cola de zorro). La ribera izquierda se encuentra limitada por la presencia de la carretera, la que impide una mayor amplitud de la vegetación. Aun 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.

La idoneidad íctica es poca, así como la estructuración y diversificación de la comunidad macrobentónica.



Figura 21: Imagen de la estación 19, TU-1
Fuente: Elaboración propia.

Estación 20, TU-14, Río Turbio

El valor de funcionalidad para ambas riberas es de 93, con un juicio de funcionalidad inferior.

El tramo se encuentra apretillado por ambos lados del cauce, la vegetación no es continua y la presencia de actividad antrópica es notoria.

La eficacia de inundación es baja, al igual que las condiciones hídricas. La idoneidad íctica, así como las comunidades macrobentónicas son bajas, dada la intervención del cauce y la baja hidromorfología.



Figura 22: Imagen de la estación 20, TU 14
Fuente: Elaboración propia.

Estación 21, TU-21, Río Turbio

EL valor de funcionalidad en la ribera derecha es de 140 y en la ribera izquierda es de 155, con juicio de funcionalidad mediocre para ambas riberas.

Existe una coexistencia entre áreas naturales y un uso del territorio, hay evidencia de actividad antrópica a lo largo del tramo.

La vegetación, la amplitud de esta y la continuidad son bajas. Lo mismo ocurre para las secciones transversales, en donde existe una falta de diversidad morfológica importante.

Tanto para la idoneidad íctica como para las comunidades macrobentónicas, los valores son bajos y dados principalmente por la acción antrópica que ha llevado a tener un río con bajas características positivas para ambos parámetros.



Figura 23: Imagen de la estación 21, TU-21
Fuente: Elaboración propia

Estación 22, VH-1, Río Vacas Heladas

Para la estación el valor de funcionalidad de la ribera derecha es de 162 y de la ribera izquierda es de 173, ambas riberas con un juicio de funcionalidad mediocre.

La vegetación es de tipo funcional, pero presenta una alta discontinuidad y baja amplitud.

Hay presencia de erosión, aunque es baja. La hidromorfología del tramo tiene un valor bajo, dada la preponderancia de un solo tipo de elemento hidromorfológico.

La idoneidad íctica y la comunidad macrobentónica tienen valores bajos, dada las características del río, las cuales no permiten un mejor desarrollo de ambos parámetros.



Figura 24: Imagen de la estación 22, VH-1
Fuente: Elaboración propia

Estación 23, VH-2, Río Vacas Heladas

La estación presenta para la ribera izquierda un valor de funcionalidad de 190 y para la ribera derecha un valor de funcionalidad de 185, lo que otorga ambas riberas un juicio de funcionalidad bueno-mediocre.

La estación se caracteriza por presentar ausencia de actividad antrópica, y vegetación de tipo funcional, dominada por la especie *Cortaderia speciosa* (cola de zorro). La amplitud de la vegetación es de entre 2 y 10 m, en ambas riberas, aunque la continuidad no es alta, si se mantiene eficacia de las formaciones en el sector.

Dado el valor alto de la hidromorfología y las características del cauce, el valor de la idoneidad íctica y de la comunidad de macroinvertebrados es alto.



Figura 25: Imagen de la estación 23, VH-2
Fuente: Elaboración propia

Estación 24, LA-3, Río La Laguna

El valor de funcionalidad para ambas riberas es de 235, con un juicio de funcionalidad bueno.

En el tramo, el cual representa la estación, hay una baja actividad antrópica, la que sólo está dada por la presencia de caminos alrededor 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.

En general, en cada uno de los parámetros evaluados los valores son altos, dada la poca intervención del tramo.



Figura 26: Imagen de la estación 24, LA-3
Fuente: Elaboración propia

Estación 25, LA-8, Río La Laguna

La estación tiene un valor de funcionalidad de 215 para las dos riberas, lo que entrega un juicio de funcionalidad bueno. El juicio está dado principalmente por la baja intervención antrópica, la que sólo se presenta por la presencia de caminos.

La vegetación es de tipo funcional, y cuenta con una gran continuidad, aunque su superficie de amplitud no es grande.

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.

Existe una alta idoneidad íctica, así como un alto valor de la comunidad macrobentónica.



Figura 27: Imagen de la estación 25, LA-8
Fuente: Elaboración propia

4.4.- Funcionalidad por río

Río Claro

En el Río Claro los juicios de funcionalidad determinados fueron óptimo, bueno, mediocre e inferior. La estación 1 (CD-1), que es la estación más arriba del Río Derecho, es la que presenta un juicio óptimo de funcionalidad, la estación 4 (CD-6) destaca por presentar un juicio inferior de funcionalidad, en la estación 5 (CD-7), que es la estación que se ubica en el sector bajo del río, es la que presenta el menor valor de funcionalidad por lo que obtuvo un juicio de funcionalidad inferior-pésimo. Las estaciones del río Derecho, a medida que se acercan al Río Claro, van disminuyendo en sus valores de funcionalidad.

Río Cochiguaz

Las estaciones del Río Cochiguaz presentan juicios de funcionalidad óptimo-bueno, bueno y mediocre, la estación más cercana a Río Claro, estación 8 (CO-4), presenta juicio bueno, la estación ubicada más arriba en el río, estación 6 (CO-1), presenta juicio de funcionalidad bueno y la estación 7 (CO-3), que se ubica en zona de camping, tiene un juicio de funcionalidad mediocre.

Río Elqui

En el Río Elqui, la estación 9 (EL-1) presenta un valor de funcionalidad bajo, por lo que se le otorga un juicio inferior, al igual que la estación 10 (EL-6). Las estaciones 11 (EL-13), 12 (EL-15) y 13 (EL-16) tienen valores de funcionalidad más altos por lo que su juicio de funcionalidad es bueno para las dos primeras y bueno-mediocre para la última.

Río Malo

Las dos estaciones del Río Malo, estación 14 (MA-1) y estación 15 (MA-2), presentan bajos juicios de funcionalidad, mediocre e inferior respectivamente.

Río Toro

Las estaciones del Río Toro evaluadas tienen juicios de funcionalidad que van de inferior a mediocre a medida que la estación se acerca al río Turbio, la estación 16 (RT-1) presenta un juicio de funcionalidad inferior, las estaciones 17 (RT-2) y 18 (RT-3) tienen un juicio de funcionalidad mediocre.

Río Turbio

Las estaciones del Río Turbio presentan valores de funcionalidad bajos lo que otorga juicios de funcionalidad mediocre e inferior. La estación 19 (TU-1) presenta juicio de funcionalidad mediocre, al igual que la estación 21 (TU-21), por otro lado la estación 20 (TU-14) tiene un juicio de funcionalidad inferior.

Río Vacas Heladas

En el Río Vacas Heladas, la estación 22 (VH-1) tiene un juicio de funcionalidad mediocre y la estación 23 (VH-2) un juicio de funcionalidad bueno-mediocre.

Río La Laguna

Para el Río La Laguna sus dos estaciones, estación 24 (LA-3) y estación 25 (LA-8) tienen juicio de funcionalidad bueno.

5.- Discusión

5.1.- Índice de Funcionalidad Fluvial y su ajuste

Los índices ecológicos y los indicadores biológicos han cobrado importancia mundial desde hace algunos años, incluso la legislación ambiental de varios países ya integran el uso de este tipo de metodologías para evaluar los ecosistemas. El valor de estos métodos es muy alto por su capacidad de identificar tensiones ecológicas pasadas y evaluar no sólo el estrés ambiental resultante de la contaminación, sino que también los deterioros de carácter físico y morfológico (Dallafior *et. al.*, 2010).

Aun cuando la caracterización física y química de los ríos es de gran relevancia para establecer planes de manejo, se reconoce su debilidad para registrar cambios temporales y de su capacidad integradora a nivel ecosistémico, por lo mismo se ha establecido la necesidad de complementar este tipo de estudios con estudio de tipo bióticos, por ejemplo estudios de macroinvertebrados bentónicos (Wright *et al.*, 1984; Bonada *et al.*, 2006), y con la aplicación de índices que permitan integrar los componentes y parámetros que determinan los ecosistemas.

En Chile a partir de la promulgación de la Ley 19.300 el año 1994, el cuidado y protección del medioambiente ha despertado un gran interés en la sociedad, y en especial el recurso agua, ya que éste es un recurso importante de considerar al momento de evaluar el desarrollo de cualquier actividad o proyecto productivo en un área determinada. Actualmente, Chile se encuentra en un proceso arduo de generación de Normas Secundarias de Calidad de Aguas (NSCA) por cuenca hidrográfica, dejando en evidencia una serie de deficiencias en el conocimiento ecológico de los sistemas acuáticos, principalmente en el norte del país (Figuroa *et.al.*, 2007).

La aplicación del IFF en la cuenca del río Elqui es importante tanto a nivel científico como de gobierno, ya que es una herramienta de fácil uso una vez adaptado a la realidad local y capacitación de quienes lo utilicen. El IFF entrega información útil respecto a

la condición de los ríos y por lo tanto aporta conocimiento a quienes toman decisiones en las cuencas hidrográficas, sin perder de vista la funcionalidad de éstas.

El IFF es una herramienta importante para la planificación territorial, ya que no sólo sirve para monitoreo ambiental, sino que permite obtener información sobre el estado actual de un curso de agua y los escenarios futuros (APPA, 2007), frente a lo anterior se requiere considerar que cada curso de agua es distinto uno del otro, lo que implica un trabajo previo a la aplicación que permita ajustar el IFF al curso de agua a evaluar. Dicho trabajo es necesario para una correcta aplicación del IFF y requiere una revisión de cada uno de los parámetros a evaluar, entre los cuales se encuentra la vegetación.

Las formaciones vegetacionales de la cuenca del Elqui son complejas, debido a las variaciones de factores ecoclimáticos, topográficos y altitudinales (Quintanilla, 1983; Gajardo, 1993; Cepeda *et al.*, 2008; Squeo *et al.*, 2001). Aun cuando la cuenca cuenta con una variada flora, existe una baja cantidad de estudios relacionados con esta área, siendo incluso, nula en la identificación de unidades vegetacionales funcionales (Squeo *et al.*, 2001; Squeo *et al.*, 2006), este factor dificultó la aplicación del índice, ya que durante el año previo al muestreo se tuvo que levantar información específica para poder adaptar el índice a las características de la cuenca con sus diferentes ríos. La importancia de la vegetación dentro del índice es irrefutable, pero basta con que el evaluador sepa distinguir entre especies “comunes” (nativas) del área evaluada con especies “no comunes” (introducidas) para poder indicar si la vegetación es de tipo funcional o no, sin embargo es recomendable realizar una guía “tipo” que permita direccionar al evaluador.

Para la aplicación del IFF es necesario un trabajo previo que permita conocer las características técnicas, morfológicas y biológicas del curso de agua a evaluar, lo anterior permite una correcta aplicación y entrega de resultados validados. Para el caso del presente trabajo, los mayores ajustes apuntan a un mejor entendimiento de la ficha y una integración de las características de la cuenca.

5.2.- Estaciones de análisis

Las estaciones evaluadas en el presente trabajo representan tramos homogéneos de vegetación, los cuales se encuentran a lo largo de la cuenca y están insertos en los tramos definidos por las Normas Secundarias.

Las Normas Secundarias en la cuenca del Río Elqui, tienen por objetivo proteger, mantener y recuperar la calidad de las aguas continentales de la cuenca (Anteproyecto Normas Secundarias, 2006), por lo anterior, para efectos de fiscalización y desarrollo, estas definen áreas de vigilancia en los cauces a lo largo de la cuenca. Dichos cauces y su nomenclatura fueron consideradas para la determinación de las estaciones de monitoreo.

El número y la ubicación de las estaciones determinadas para la evaluación, permiten tener una visión simplificada de la cuenca, ya que a pesar de no ser una gran cantidad en número de estaciones, si éstas son representativas de cada uno de los ríos y de las características propias de éstos, además favorecen la gestión en ellos.

5.3.- Funcionalidad ecológica por estaciones.

Las estaciones con bajos valores de funcionalidad se caracterizan por representar a tramos de la cuenca que se encuentran altamente intervenidos. Dicha intervención puede ser generada por diversas actividades que se realizan en la cuenca, una de ellas es la actividad turística, ya que en sectores donde existen zonas de camping los propietarios usualmente realizan modificaciones al curso de agua con el objetivo de generar sitios de baño, para de esta manera atraer una mayor cantidad de turistas, situación observada en las estaciones E2 y E7. La cuenca del Río Elqui se caracteriza por ser un destino turístico altamente cotizado a nivel nacional, cerca de un 70% de los turistas que acuden a la región de Coquimbo la visitan (Plan para el Desarrollo Turístico de la Región de Coquimbo 2011-2014), por lo que debido a lo antes

mencionado se genera una presión importante a los cursos de agua y al entorno a lo largo de la cuenca.

Otra importante actividad que se desarrolla a lo largo de la cuenca, y que tiene efecto en los bajos niveles de funcionalidad obtenidos en las estaciones E3, E4 y E5, es la agricultura. En gran parte de la cuenca se encuentran cultivos de uva, principalmente, lo que genera que los cauces de los ríos sean delimitados y angostados, ya sea por caminos alrededor de estos o pretilos, sumado además la canalización de los ríos para riego de los cultivos.

El trabajo con maquinarias a lo largo del cauce de los ríos, ya sea para despejado de vegetación (E9), incorporación de caminos (E10) o encauzamiento de río (E14 y E16), implica disminución de funcionalidad. Lo que se puede observar a lo largo de la cuenca y no es una actividad reciente, más bien desde hace 30 años aproximadamente el cauce de los ríos de la cuenca ha estado sometido a este tipo de presión.

Por otra parte, aquellas estaciones que se encuentran en sectores más alejados de la actividad humana, por ende poco intervenidas, son las que presentan valores más altos de funcionalidad (CD-1 y CO-1), para esas estaciones su naturalidad es sinónimo de alta funcionalidad ecológica. Estaciones que se encuentran en sectores más bajos de la cuenca y cercano a centros poblados (CO-4, EL13 y EL15), presentan juicios buenos de funcionalidad, la cual está dada por el tiempo que ha pasado desde que han sido intervenidas, el cual ha permitido una recuperación del ecosistema, el que ha continuado siendo funcional. Lo anterior es reflejo de que la funcionalidad ecológica no es sinónimo de naturalidad del ecosistema, un curso de agua intervenido de manera correcta puede presentar valores altos de funcionalidad si se resguardan sus características originales.

5.4.- Funcionalidad ecológica en la cuenca del río Elqui.

A lo largo de la cuenca del Río Elqui podemos encontrar diversos rangos de funcionalidad ecológica. En la subcuenca del Río Claro Derecho (CD) y Río Cochiguaz

(CO) la funcionalidad es buena y óptima en lo más alto de la subcuenca, sin embargo a medida que se desciende la funcionalidad disminuye, debido principalmente a la mayor presencia de actividad antrópica. La presencia de formaciones vegetacionales funcionales y la poca actividad humana permiten encontrar un río en su forma más natural y con las características más acordes que permiten que éste cumpla al máximo sus funcionalidades ecológicas. Las estaciones con altos valores de funcionalidad, se caracterizan por no presentar intervención antrópica importante, lo que puede explicar estos valores.

En la subcuenca del Río Turbio, El Toro, Río Malo y Río Vacas Heladas la funcionalidad es mediocre en general. En esta área la calidad de las aguas se caracteriza por la presencia de metales pesados aportados de manera natural por los suelos y acrecentados en la décadas de los 80 por la intensa actividad minera del sector (actualmente no existe actividad), lo que ha justifica los valores registrados.

El Río La Laguna si bien presenta constantemente en su extensión trabajos de mejoramiento de caminos, apretillamientos del río y badenes, su funcionalidad se mantiene en bueno.

El Río Elqui en general presentó en su tramo más alto una actividad de cultivos agrícolas importante, los que al pasar la ciudad capital de la comuna, Vicuña, permanecen y coexisten con mayores asentamientos urbanos hasta llegar a la ciudad de La Serena. Esta presencia antrópica hace que en general el río tenga una buena funcionalidad fluvial, a pesar de las presiones ambientales que se detectan en este tramo (Zavala & Trigos, 2008), como por ejemplo: cultivo de vides, frutales, urbanización, embalse, puentes, etc.

En general a lo largo de la cuenca, las estaciones con menor funcionalidad son aquellas en las que la actividad antrópica es mayor, en donde los trabajos o actividades realizadas alrededor de cada río no han tomado en cuenta la capacidad ecológica de éste y por ende la relevancia de mantenerla en el tiempo.

A partir de la aplicación del IFF y los resultados que éste índice entrega, se puede identificar las zonas críticas en el ecosistema fluvial. Lo anterior implica el poder elaborar propuestas para su mantención o mejora de acuerdo al índice o estado aplicado en cada tramo. Con ello, es posible realizar una planificación del territorio, en donde se consideren las propuestas en el tramo estudiado y así elevar su funcionalidad ecológica en los tramos que se requiera. Para lo anterior, dentro de las acciones de mejora ambiental, que pueden ser incorporadas en los tramos de los ríos que se encuentren degradados, existe la restauración ecológica de los ríos y riberas, la cual se refiere al conjunto de actividades que se enfocan en reparar o recuperar la estructura o funcionamiento de los ríos, acorde a la naturalidad inicial de éstos (Sangalli, 2010). Para los ríos que presentan baja funcionalidad a lo largo de la cuenca se pueden desarrollar acciones tales como el aumento de la sinuosidad del curso de agua, para de esa manera mejorar como hábitat de organismos, así mismo se puede realizar la demolición de estructuras de apretillamiento y de esa forma revitalizar el cauce. Dicho tipo de acciones permiten que los ríos recuperen su funcionalidad ecológica, en sectores en los cuales es más bien baja, mejorando el ecosistema.

6.- Conclusiones

El Índice de Funcionalidad Fluvial es una herramienta de fácil aplicación, que previo ajuste a condiciones del ambiente evaluado, actúa como un instrumento de evaluación y apoyo de toma de decisiones sobre el curso de agua.

La correcta determinación de los tramos a evaluar y las estaciones a lo largo de la cuenca permiten obtener valores de funcionalidad ecológica representativos y acordes a lo que se presenta a lo largo de ésta.

Las estaciones que representan tramos que se encuentran expuestos a presión antrópica, continúa o reciente, presentan bajos valores y juicios de funcionalidad. Los valores más altos de funcionalidad se registran para las estaciones que se encuentran menos intervenidas, similares a un estado natural.

El Índice de Funcionalidad Fluvial, aun cuando es una herramienta sencilla, entrega valores sintéticos sobre la funcionalidad ecológica y bases sobre las causas de deterioro de los ríos, lo que da orientación sobre las medidas requeridas para recuperar o proteger los tramos a lo largo de la cuenca.

7.- Bibliografía

-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. 2003. Ecology of the macroinvertebrate communities in Mediterranean rivers at different scales and organization levels. Tesis de grado para optar al grado de Doctor en Ciencias. Departamento de Ecología, Facultad de Ciencias, Universidad de Barcelona.

-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

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.

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

-Chessman, B. 2003. New sensitivity grades for Australian river macroinvertebrates. *Marine and Freshwater Research* 54: 95-103.

-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.

-Figuerola, 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.

-Gajardo, R. 1994. *La Vegetación Natural de Chile*. CONAF. Editorial Universitaria. Santiago. Chile.

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

-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.

-Metzeling, L., Wells, f., & P. Newall. 2002. The development and testing of biological objectives for the protection of rivers and streams in Victoria, Australia. *Verhandlungden 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.

-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.

-Plafkin, 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.

-Plan para el Desarrollo Turístico de la Región de Coquimbo 2011-2014. Gobierno de Chile. Ministerio de Economía, Fomento y Turismo.

-Quintanilla, V. 1983. Biogeografía. Colección de Geografía de Chile. Instituto Geográfico Militar, Santiago, Chile.

-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.

-Sangalli, P. 2010. Bioingeniería en ámbito fluvial. Curso de restauración ambiental de áreas degradadas. Asociación Española de Ingeniería del Paisaje. 29pp.

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

-Squeo, F., Arancio, G. & J. Gutiérrez (eds). 2001. Libro Rojo de la Flora Nativa y de los Sitios Prioritarios para su Conservación: Región de Coquimbo. Gobierno Regional de Coquimbo, Corporación Nacional Forestal (IV Región) & Universidad de La Serena. Ediciones Universidad de La Serena. La Serena. Chile.

-Squeo, F., Cepeda, J., Olivares, N. & M. Arroyo. 2006. Interacciones ecológicas en la alta montaña del Valle del Elqui. En: Cepeda J (ed). *Geoecología de los Andes desérticos*. La Alta Montaña del Valle del Elqui: 69-103. Ediciones Universidad de La Serena. La Serena. Chile

-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.
- 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.

8.- Tablas

Tabla I: Tabla de 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	

En la Tabla I se presentan nivel, juicio y color de funcionalidad asociado a cada valor del Índice de Funcionalidad Fluvial.

Tabla II: Georreferenciación de las estaciones, altura y sector en que se encuentran:

Río de la cuenca Elqui, región de Coquimbo, Chile	ESTACIÓN DE MONITOREO	Estación DGA	Ubicación geográfica		Altura (snm)
			Latitud	Longitud	
Río Claro Derecho	E1	CD-1	356857	6648084	2035
	E2	CD-2	356247	6653168	1758
	E3	CD-5	357030	6658337	1470
Río Claro	E4	CD-6	356106	6665756	1237
	E5	CD-7	355404	6675523	1025
Río Cochiguaz	E6	CO-1	367550	6662112	1727
	E7	CO-3	364865	6664468	1549
	E8	CO-4	363943	6664563	1485
Río Elqui	E9	EL-1	347249	6681027	794
	E10	EL-6	335885	6675657	646
	E11	EL-13	317051	6681191	421
	E12	EL-15	306956	6681009	275
	E13	EL-16	300978	6681674	203
Río Malo	E14	MA-1	401140	6699231	3209
	E15	MA-2	398481	6691132	2525
Río Toro	E16	RT-1	397600	6690643	2483
	E17	RT-2	397198	6689967	2439
	E18	RT-3	395272	6684653	2182
Río Turbio	E19	TU-1	394194	6683314	2068
	E20	TU-14	365719	6697359	1163
	E21	TU-21	349712	6682687	816
Río Vacas Heladas	E22	VH-1	398349	6691070	2522
	E23	VH-2	398481	6691132	2525
Río La Laguna	E24	LA-3	398763	6664187	2757
	E25	LA-8	395099	6672191	2480

Tabla III: Resultados aplicación IFF en la cuenca del río Elqui, Enero 2015.

(Estación 1 a la estación 6)

N° pregunta	Parámetro evaluado	Estación 1			Estación 2			Estación 3			Estación 4			Estación 5			Estación 6		
		CD-1		CD-2		CD-5		CD-6		CD-7		CO-1							
		Rib. Izq.	Cauce Río	Rib. Der.	Rib. Izq.	Cauce Río	Rib. Der.	Rib. Izq.	Cauce Río	Rib. Der.	Rib. Izq.	Cauce Río	Rib. Der.	Rib. Izq.	Cauce Río	Rib. Der.	Rib. Izq.	Cauce Río	Rib. Der.
1	Territorio circundante	25		25	25		20	5		20	5		5	5		5	25		25
2	Vegetación	40		25				25		10							40		40
2 bis	Vegetación				10		20				5		5	1		1			
3	Amplitud formación	15		15	15		10	5		5	1		1	1		1	15		15
4	Continuidad formación	15		15	15		5	5		5	1		1	5		5	15		15
5	Condiciones hídricas		20			15			5			1			1			20	
6	Eficacia inundaciones		25			15			5			1			1			15	
7	Sustrato y estructuras retención					25			15									25	
7 bis	Sustrato y estructuras retención		25									5			5				
8	Erosión	20		20	20		20	20		20	20		20	5		5	20		20
9	Secciones transversales		20			5			5			1			5			15	
10	Idoneidad íctica		25			5			20			1			1			20	
11	Hidromorfología		15			5			5			1			5			5	
12	Componentes vegetales		15			15			15			15			15			15	
13	Detritos vegetales		15			15			15			15			5			15	
14	Comunidad macrobentónica		20			5			10			5			5			5	
Valor total IFF por ribera		295	280	190	180	155	155	77	77	60	60	250	250						

En la Tabla III (a, b, c y d) se presenta el detalle de los valores otorgados para cada pregunta de la ficha del IFF en cada una de las estaciones evaluadas, además el valor total por ribera.

Tabla IIIb: Resultados aplicación IFF en la cuenca del río Elqui, estación 7 a la estación 12, Enero 2015.

N° pregunta	Parámetro evaluado	Estación 7			Estación 8			Estación 9			Estación 10			Estación 11			Estación 12		
		CO-3			CO-4			EL-1			EL-6			EL-13			EL-15		
		Rib. Izq.	Cauce Río	Rib. Der.	Rib. Izq.	Cauce Río	Rib. Der.	Rib. Izq.	Cauce Río	Rib. Der.	Rib. Izq.	Cauce Río	Rib. Der.	Rib. Izq.	Cauce Río	Rib. Der.	Rib. Izq.	Cauce Río	Rib. Der.
1	Territorio circundante	20		20	25		20	5		1	1		1	25		25	25		25
2	Vegetación	1		1			25			1	1		1	25		25	40		40
2 bis	Vegetación				20			5											
3	Amplitud formación	10		5	5		15	5		1	1		1	10		10	10		10
4	Continuidad formación	5		10	10		10	5		1	1		1	15		15	10		10
5	Condiciones hídricas		5			20			1			1			20				15
6	Eficacia inundaciones		15			15			5			25			15				25
7	Sustrato y estructuras retención		5			25			5			1			25				15
7 bis	Sustrato y estructuras retención																		
8	Erosión	20		20	20		20	5		1	1		1	20		20	20		20
9	Secciones transversales		5			15			5			1			15				20
10	Idoneidad íctica		20			20			1			1			20				20
11	Hidromorfología		5			5			1			5			5				20
12	Componentes vegetales		5			15			15			15			5				5
13	Detritos vegetales		15			15			15			15			15				15
14	Comunidad macrobentónica		5			10			1			1			10				5
Valor total IFF por ribera		136	136	220	230	74	54	70	70	225	225	245	245						

Tabla IIIc: Resultados aplicación IFF en la cuenca del río Elqui, estación 13 a la estación 18, Enero 2015.

N° pregunta	Parámetro evaluado	Estación 13			Estación 14			Estación 15			Estación 16			Estación 17			Estación 18		
		EL-16			MA-1			MA-2			RT-1			RT-2			RT-3		
		Rib. Izq.	Cauce Río	Rib. Der.	Rib. Izq.	Cauce Río	Rib. Der.	Rib. Izq.	Cauce Río	Rib. Der.	Rib. Izq.	Cauce Río	Rib. Der.	Rib. Izq.	Cauce Río	Rib. Der.	Rib. Izq.	Cauce Río	Rib. Der.
1	Territorio circundante	20		25	1		1	25		25	1		1	20		25	20		25
2	Vegetación	25		25	1		1						1						
2 bis	Vegetación							10		10	1			1		5	1		20
3	Amplitud formación	15		15	1		1	5		5	1		1	1		10	1		15
4	Continuidad formación	15		15	1		1	5		5	1		1	1		15	1		15
5	Condiciones hídricas		15			1			15			5			15			15	
6	Eficacia inundaciones		25			15			5			25			5			15	
7	Sustrato y estructuras retención		15			15			15			5			25			25	
7 bis	Sustrato y estructuras retención																		
8	Erosión	20		20	1		1	1		1	1		1	5		15	1		15
9	Secciones transversales		5			5			5			5			5			5	
10	Idoneidad íctica		5			1			5			5			5			5	
11	Hidromorfología		5			5			5			5			5			5	
12	Componentes vegetales		10			15			15			15			15			15	
13	Detritos vegetales		10			1			15			15			15			15	
14	Comunidad macrobentónica		10			1			5			1			5			10	
Valor total IFF por ribera		195	200	64	64	131	131	86	86	123	165	134	200						

Tabla III d: Resultados aplicación IFF en la cuenca del río Elqui, estación 19 a la estación 25, Enero 2015.

N° pregunta	Parámetro evaluado	Estación 19			Estación 20			Estación 21			Estación 22			Estación 23			Estación 24			Estación 25		
		TU-1		TU-14		TU-21		VH-1		VH-2		LA-3		LA-8								
		Rib. Izq.	Cauce Río	Rib. Der.	Rib. Izq.	Cauce Río	Rib. Der.	Rib. Izq.	Cauce Río	Rib. Der.	Rib. Izq.	Cauce Río	Rib. Der.	Rib. Izq.	Cauce Río	Rib. Der.	Rib. Izq.	Cauce Río	Rib. Der.	Rib. Izq.	Cauce Río	Rib. Der.
1	Territorio circundante	1		25	1		1	20		20	25		20	25		25	20		20	20		20
2	Vegetación			25							25		25	25		25						
2 bis	Vegetación	5			5		5	10		5							20		20	20		20
3	Amplitud formación	5		5	5		5	10		5	1		1	5		5	5		5	5		5
4	Continuidad formación	10		10	5		5	10		5	1		5	5		10	15		15	10		10
5	Condiciones hídricas		15			1			5			20			20			20			20	
6	Eficacia inundaciones		5			1			15			15			5			15			15	
7	Sustrato y estructuras retención		25			5			15			15			15			25			25	
7 bis	Sustrato y estructuras retención																					
8	Erosión	20		20	20		20	20		20	15		5	15		5	20		20	20		20
9	Secciones transversales		5			5			5			15			15			20			15	
10	Idoneidad fctica		5			5			5			1			5			20			20	
11	Hidromorfología		5			5			5			5			15			15			5	
12	Componentes vegetales		15			15			15			15			15			15			15	
13	Detritos vegetales		15			15			15			15			15			15			15	
14	Comunidad macrobentónica		5			5			5			5			10			10			10	
Valor total IFF por ribera		136	180	93	93	155	140	173	162	190	185	235	235	215	215							

Tabla IV: Valor y juicio de funcionalidad por estación

Estación		Valor ribera izquierda	Juicio de Funcionalidad		Valor ribera derecha	Juicio de Funcionalidad	
1	CD-1	295	Óptimo		280	Óptimo	
2	CD-2	190	Buena-Mediocre		181	Buena-Mediocre	
3	CD-5	155	Mediocre		155	Mediocre	
4	CD-6	77	Inferior		77	Inferior	
5	CD-7	60	Inferior-Pésimo		60	Inferior-Pésimo	
6	CO-1	250	Óptimo-buena		250	Óptimo-buena	
7	CO-3	136	Mediocre		136	Mediocre	
8	CO-4	220	Buena		230	Buena	
9	EL-1	74	Inferior		54	Inferior-Pésimo	
10	EL-6	70	Inferior		70	Inferior	
11	EL-13	225	Buena		225	Buena	
12	EL-15	245	Buena		245	Buena	
13	EL-16	195	Buena-Mediocre		200	Buena-Mediocre	
14	MA-1	64	Inferior		64	Inferior	
15	MA-2	131	Mediocre		131	Mediocre	
16	RT-1	86	Inferior		86	Inferior	
17	RT-2	123	Mediocre		165	Mediocre	
18	RT-3	134	Mediocre		200	Buena-Mediocre	
19	TU-1	136	Mediocre		180	Mediocre	
20	TU-14	93	Inferior		93	Inferior	
21	TU-21	155	Mediocre		140	Mediocre	
22	VH-1	173	Mediocre		162	Mediocre	
23	VH-2	190	Buena-Mediocre		185	Buena-Mediocre	
24	LA-3	235	Buena		235	Buena	
25	LA-8	215	Buena		215	Buena	

En la Tabla IV se entregan los valores, juicios y colores de funcionalidad de cada una de las riberas en las estaciones evaluadas.

9.- Anexos

Anexo 1

Ficha original de aplicación del Índice de Funcionalidad Fluvial

Cuenca:	
Curso de agua:	
Localidad:	
Código:	
Tramo:	
Ancho del cauce (m):	
Cuota (m) s.l.m.:	
Fecha:	
Ficha n°:	
Toma n°:	

1) Estado del territorio circundante	Izq.		Der.
a) Ausencia de antropización	25		25
b) Coexistencia de áreas naturales y el uso antrópico del territorio	20		20
c) Cultivo estacional y/o permanente cultivo-pradera, urbanizaciones escasas	5		5
d) Área urbanizada	1		1

2) Vegetación presente en la faja perifluvial primaria	Izq.		Der.
a) Coexistencia de las formaciones ribereñas complementarias funcionales	40		40
b) Presencia de una sola o de una serie simplificada de formaciones ribereñas	25		25
c) Ausencia de formaciones ribereñas pero en presencia de formaciones sin embargo funcionales	10		10
d) Ausencia de formaciones en funcionalidad significativa	1		1

2 bis) Vegetación presente en la faja perifluvial secundaria	Izq.		Der.
a) Coexistencia de las formaciones ribereñas complementarias funcionales	20		20
b) Presencia de una sola o de una serie simplificada de formaciones ribereñas	10		10
c) Ausencia de formaciones ribereñas pero en presencia de formaciones sin embargo funcionales	5		5
d) Ausencia de formaciones en funcionalidad significativa	1		1

3) Amplitud de las formaciones funcionales presentes en la faja perifluvial	Izq.		Der.
a) Amplitud acumulativa de las formaciones funcionales mayor a 30m	15		15
b) Amplitud acumulativa de las formaciones funcionales compuestas entre 30 y 10m	10		10
c) Amplitud acumulativa de las formaciones funcionales compuestas entre 10 y 2m	5		5

e) Ausencia de formaciones funcionales	1		1
--	---	--	---

4) Continuidad de las formaciones funcionales presentes en la faja perifluvial	Izq.		Der.
a) Desarrollo de las formaciones funcionales sin interrupciones	15		15
b) Desarrollo de las formaciones funcionales con interrupciones	10		10
c) Desarrollo de las formaciones funcionales con interrupciones frecuentes o sólo herbáceas continuas y consolidadas o sólo arbustos infestados	5		5
d) Suelo árido, población vegetal escasa	1		1

5) Condiciones hídricas	Izq.		Der.
a) Régimen perenne con desplazamientos ecuénimes y anchura del cauce bañado >1/3 del cauce		20	
b) Fluctuaciones de desplazamientos causadas a lo largo de un periodo con amplitud del cauce bañado inducido <1/3 del cauce o variaciones del tiraje hidráulico		15	
c) Cambio de desplazamientos frecuentes o bajas naturales anuales no prolongadas o desplazamientos constantemente inducidos		5	
d) Desestabilidad de los desplazamientos intensos más frecuentes o imprevistos o sequías prolongadas causadas por acción antrópica		1	

6) Eficacia de las inundaciones	Izq.		Der.
a) Tramo encausado con diques, cauce de desbordamiento usual superior al triple del cauce		25	
b) Cauce de desbordamiento usual largo entre 2 y 3 veces el caudal moderado (encauzado por diques, superior al triple)		15	
c) Cauce de desbordamiento usual largo entre 1 y 2 veces el cauce de moderado (encauzado por diques, largo 2-3 veces)		5	
d) Tramos de los valles en V con una fuerte pendiente y tramos encauzados por diques con cauce de desplazamientos usuales < de 2 vueltas al cauce		1	

7) Sustrato del cauce y estructuras de las retenciones de los aportes tróficos	Izq.		Der.
a) Cauce con rocas y/o viejos troncos regularmente incrustados (o presencia de franja de cañas o hidrófitos) cauce caracterizado de coexistencia de bolones		25	
b) Rocas y/o ramas presentes con almacenamientos de materia orgánica (o cañas o hidrófitos escasos o poco abundantes)		15	
c) Estructuras de retención libre o móviles en el caudal (o con ausencia de caña o hidrófitos)		5	
d) Cauce de sedimentos arenosos o moldura artificial lisa en corriente uniforme		1	

8) Erosión	Izq.		Der.
-------------------	-------------	--	-------------

a)	Poco evidente o no relevante o solamente en la curva asociada a la extracción de la ribera expuesta	20		20
b)	Presente una incisión vertical y rectilínea en la ribera	15		15
c)	Frecuente con excavación de la ribera y de las raíces, ambas con la ribera y con una evidente incisión vertical	5		5
e)	Más evidente, con evidente hendidura y deslizamientos ambos en la ribera y con una presencia de intervalos artificiales	1		1

9) Secciones transversales	Izq.		Der.
a) Cauce integrado con una alta diversidad morfológica		20	
b) Presencia de niveles de intervención artificiales pero con una moderada diversidad morfológica		15	
c) Presencia de los intervalos artificiales o con escasa diversidad morfológica		5	
d) Casi ninguna diversidad morfológica o artificial		1	

10) Idoneidad íctica	Izq.		Der.
a) Elevada		25	
b) Buena o moderada		20	
c) Poco o suficiente		5	
d) Ausente o escasa		1	

11) Hidromorfología	Izq.		Der.
a) Elementos hidromorfológicos en la cima con distintas sucesiones regulares o morfologías meandroneiformes		20	
b) Elementos hidromorfológicos en la cima con distintas sucesiones irregulares		15	
c) Elementos hidromorfológicos indistintos o como preponderancia a un solo tipo		5	
d) Elementos hidromorfológicos no distinguibles		1	

12) Componentes vegetales en un cauce bañado	Izq.		Der.
a) Perifiton sutil o escasa cobertura de macrofitos tolerantes		15	
b) Cinta periférica tridimensional apreciable con escasa cobertura de macrófitas tolerantes		10	
c) Perifiton escaso (con una cobertura significativa de macrófitas tolerantes) con ausencia moderada		5	
d) Perifiton abundante y/o elevada cobertura de macrófitos tolerantes		1	

13) Desechos	Izq.		Der.
a) Fragmentos vegetales reconocibles y fibrosos		15	
b) Fragmentos vegetales fibrosos y sustanciosos		10	
c) Fragmentos sustanciosos		5	
d) Desechos anaeróbicos		1	

14) Comunidad macrobentónica	Izq.		Der.
a) Cima estructurada y diversificada, adecuada a la tipología fluvial		20	
b) Suficientemente diversificada, pero con una estructura alterada respecto a lo esperado		10	
c) Poco equilibrada y diversificada con prioridad de tasa tolerante a la contaminación		5	
d) Ausencia de una comunidad estructurada, presencia de una escasa clasificación, más bien tolerante a la contaminación		1	

Puntaje Total			
Nivel de funcionalidad			

Anexo 2

Ficha ajustada de aplicación del Índice de Funcionalidad Fluvial

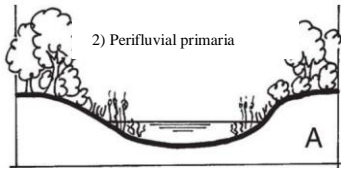
Evaluador:		Fecha		Estación	
Cuenca:				Cauce:	
Localidad:				Área de vigilancia:	
Cota (m) s.l.m.:				Ancho del cauce (m):	

15) Estado del territorio circundante ¹		Izq.	RIO	Der.
f)	Ausencia de antropización.	25		25
g)	Coexistencia de áreas naturales y uso antrópico del territorio	20		20
h)	Cultivo estacional y/o permanente; urbanización escasa.	5		5
i)	Área urbanizada	1		1

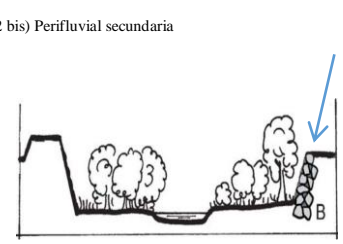
¹: Intervención antrópica: intervención del hombre que altera la calidad de las aguas mediante actividades tales como: modificación de la morfología del curso de agua, extracción de caudal, descarga directa o difusa de contaminantes a cuerpos de agua.

2: Para la siguiente pregunta considerar si existe alguna barrera artificial que genere interrupción de la permeabilidad (Faja perfluvial secundaria) o la vegetación sigue su extensión natural sin que alguna barrera interrumpa la permeabilidad del área (Faja perfluvial primaria). Una vez considerado lo anterior, responder según corresponda.

16) Vegetación presente en la faja perfluvial primaria		Izq.	RIO	Der.
e)	Coexistencia de formaciones ribereñas funcionales que se complementan	40		40
f)	Presencia de una sola o de una serie simplificada de formaciones ribereñas	25		25
g)	Ausencia de formaciones ribereñas pero en presencia de formaciones sin embargo funcionales	10		10
h)	Ausencia de formaciones en funcionalidad significativa	1		1



2 bis) Vegetación presente en la faja perfluvial secundaria		Izq.	RIO	Der.
e)	Coexistencia de formaciones ribereñas funcionales que se complementan	20		20
f)	Presencia de una sola o de una serie simplificada de formaciones ribereñas	10		10
g)	Ausencia de formaciones ribereñas pero en presencia de formaciones sin embargo funcionales	5		5
h)	Ausencia de formaciones en funcionalidad significativa	1		1



17) Amplitud de las formaciones funcionales presentes en la faja perfluvial		Izq.	RIO	Der.
d)	Amplitud total mayor a 30m	15		15
e)	Amplitud entre 10m y 30m	10		10
f)	Amplitud entre 2m y 10m.	5		5
j)	Ausencia de formaciones funcionales, o baja amplitud de formaciones funcionales	1		1

18) Continuidad de las formaciones funcionales presentes en la faja perfluvial		Izq.	RIO	Der.
e)	Baja discontinuidad	15		15
f)	Discontinuidad significativa, pero aún se garantiza el mantenimiento de la eficiencia de las formaciones funcionales.	10		10
g)	Discontinuidad es frecuente y compromete la eficacia funcional de las formaciones	5		5
h)	Suelo desnudo, poca vegetación, presencia de cultivos o instalaciones.	1		1

19) Condiciones hídricas ³	RÍO
f) Aumento de caudal estable y fluctuaciones estacionales naturales, sin influencia externa (sequías, acción antrópica)	20
g) Tramo caracterizado por variaciones estacionales atribuibles a actividades antrópicas (retiro de agua para riego, uso hidroeléctrico, etc). Aunque las variaciones no afectan la naturalidad del río.	15
h) Tramo caracterizado por fluctuaciones de impacto, causadas de forma no natural.	5
i) Tramos de cursos de agua en regímenes hidrológicos altamente alterados por acción antrópica.	1

3: Con esta pregunta se observan las tendencias del flujo del río (variaciones en ancho del cauce). Es más funcional observar variaciones del flujo, que sean moderadas y que sean inducidas de forma natural (ej. deshielo).

20) Eficacia de las inundaciones	RÍO
e) Tramo no estancado, con una amplitud de zona inundable superior a 3 veces el cauce más bajo (moderado).	25
f) Tramo no estancado, con una amplitud de zona inundable entre 2 a 3 veces el cauce más bajo (moderado).	15
g) Tramo no estancado, con una amplitud de zona inundable entre 1 a 2 veces el cauce más bajo (moderado).	5
h) Tramo privado de zona inundable.	1

7: Para la siguiente pregunta defina si el curso de agua es con flujo turbulento o flujo laminar y en base a eso elija la 7 o 7bis

21) Substrato del cauce y estructuras de las retenciones de los aportes tróficos: curso de flujo turbulento	RÍO
a) Condiciones ideales para retención, troncos, piedras, etc.	25
b) Cauces con grava y con algunas rocas, pero con una menor eficacia de retención.	15
c) Ausencia de estructura de retención, pero fondos de grava.	5
d) Cursos de agua veloces, sin capacidad de retención o con canaletas	1

7bis) Substrato del cauce y estructuras de las retenciones de los aportes tróficos: cursos de agua de flujo laminar	RÍO
a) Presencia de vegetación herbácea en bordes y sectores del agua tipo pantanosa, que permite retención	25
b) Presencia ocasional de vegetación herbácea en los bordes.	15
c) Curso de agua con velocidad reducida, con escasa retención.	5
d) Fondos artificiales o con cemento, o sino de fondo limoso uniforme	1

22) Erosión	Izq.	RÍO	Der.
d) Ausencia de erosión o poco evidente o no relevante o solamente la observo en la zona de curvas.	20		20
e) Presente en las rectas y / o pequeña incisión vertical	15		15
f) A menudo con la excavación de los bancos y de las raíces y / o incisión vertical obvia	5		5
j) Muy evidente en las orillas con bancos de arena o presencia de una intervención artificial	1		1

23) Secciones transversales del cauce	RÍO
e) Cauce intacto con una alta diversidad morfológica	20
f) Presencia de intervenciones artificiales leves pero con diversidad morfológica discreta	15
g) Presencia de los intervenciones artificiales o falta de diversidad morfológica	5
h) Artificial o casi ninguna diversidad morfológica	1

24) **Idoneidad íctica**
Esta pregunta apunta a las características del ambiente que permiten albergar fauna íctica, considerando el ciclo vital. Se debe considerar por tramo la presencia de zonas de refugio, área de contacto, roce, sombra área trófica y barreras naturales. Para responder la siguiente pregunta se realizan los siguientes cálculos

Zona de Refugio, área de desove, sombreado y zona de alimentación para la ictiofauna:

	Zona de refugio ZR	Área de desove AF	Sombreado OM	Zona de alimentación PC
Ausente	1	1	1	1
Escasa	2	2	2	2
Discontinua	3	3	3	3
Abundante	4	4	4	4
Muy abundante	5	5	5	5

Con respecto a barreras que impiden el desplazamiento íctico durante el año (SB)

Al menos 2 barreras con distancia entre ellas <3 veces el cauce del caudal moderado	5
Al menos dos barreras con distancia entre ellas >3 veces el caudal moderado	3
Presencia de una barrera	1
Ausencia de barreras	0

Con respecto embalses aguas abajo del tramo en cuestión (D) Ausencia=0

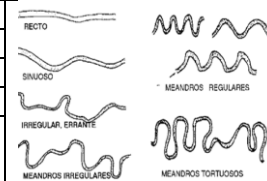
Presencia=2

Cálculo del puntaje final para idoneidad íctica (IC)

IC = ZR+AF+OM+PC-SB-D

Idoneidad íctica (IC)	Río
e) Elevada (IC=14-20)	25
f) Buena o moderada (IC=9-13)	20
g) Poco o suficiente (IC=4-8)	5
h) Ausente o escasa (IC<4)	1

25) Hidromorfología	Río
e) Elementos hidromorfológicos con distintas sucesiones regulares	20
f) Elementos hidromorfológicos con distintas sucesiones irregulares	15
g) Elementos hidromorfológicos indistintos o como preponderancia a un solo tipo	5
h) Elementos hidromorfológicos no distinguibles	1



26) Componentes vegetales en un cauce bañado	Río
e) Perifiton ausente o sutil y escasa cobertura de macrófitas tolerantes	15
f) Perifiton escaso, pero apreciable y escasa cobertura de macrófitas tolerantes	10
g) Perifiton discreto o con una cobertura significativa de macrófitas tolerantes	5
h) Perifiton abundante y/o elevada cobertura de macrófitas tolerantes	1

Perifiton: biofilm

27) Detritos vegetales	Río
e) Fragmentos vegetales reconocibles y fibrosos o ausencia de ellos.	15
f) Fragmentos vegetales fibrosos y sustanciosos	10
g) Fragmentos sustanciosos	5
h) Detrito anaeróbicos	1

28) Comunidad macrobentónica	Río
e) Bien estructurada y diversificada, adecuada a la tipología fluvial	20
f) Suficientemente diversificada, pero con una estructura alterada respecto a lo esperado	10
g) Poco equilibrada y diversificada, con prevalencia de taxa tolerante a la contaminación	5
h) Ausencia de una comunidad estructurada, con presencia de pocos taxones, pero tolerantes a la contaminación	1

Puntaje Total		
Nivel de funcionalidad		

Anexo 3

Flora en la cuenca del Elqui

Tabla V: Flora registrada en cuenca del Elqui

ESPECIE	NOMBRE COMÚN	FAMILIA	ORIGEN	CRECIMIENTO
<i>Eucalyptus globulus</i>	Eucalipto	Myrtaceae	Introducida	Árbol
<i>Maytenus boaria</i>	Maitén	Celastraceae	Nativa	Árbol
* <i>Acacia dealbata</i>	Aromo francés	Mimosaceae	Introducida	Árbol
* <i>Betula alba</i>	Abedul	Betulaceae	Introducida	Árbol
<i>Populus nigra</i>	Álamo negro	Salicaceae	Introducida	Árbol
<i>Populus alba</i>	Álamo blanco	Salicaceae	Introducida	Árbol
* <i>Salix caprea</i>	Sauce cabruno	Salicaceae	Introducida	Árbol
<i>Salix babilónica</i>	Sauce llorón	Salicaceae	Introducida	Árbol
<i>Salix humboldtiana</i>	Sauce chileno	Salicaceae	Nativa	Árbol
<i>Discaria trinervis</i>	Chacay	Rhamnaceae	Nativa	Árbol
<i>Escallonia myrtoidea</i>	Lun, Lunca	Escalloniaceae	Nativa	Árbol
<i>Escallonia angustifolia</i>	Lun	Escalloniaceae	Nativa	Árbol
<i>Schinus molle</i>	Pimiento	Anacardiaceae	Nativa	Árbol
<i>Schinus polígama</i>	Huingam, molle	Anacardiaceae	Nativa	Árbol
<i>Escallonia illinita</i>	Ñipa	Escalloniaceae	Nativa endémica	Arbusto

ESPECIE	NOMBRE COMÚN	FAMILIA	ORIGEN	CRECIMIENTO
<i>Baccharis marginalis</i>	Chilca	Asteraceae	Nativa endémica	Arbusto
<i>Baccharis pingraea</i>	Chilquilla	Asteraceae	Nativa	Arbusto
<i>Baccharis linearis</i>	Romero	Asteraceae	Nativa	Arbusto
<i>Baccharis confertifolia</i>	Chilca	Asteraceae	Nativa endémica	Arbusto
<i>Baccharis salicifolia</i>	Chilca	Asteraceae	Nativa	Arbusto
<i>Tessaria absinthioides</i>	Brea	Asteraceae	Nativa	Arbusto
<i>Ricinus comunis</i>	Higuerilla	Euphorbiaceae	Nativa	Arbusto
<i>Cestrum parqui</i>	Palqui	Solanaceae	Nativa	Arbusto
<i>Solanum pinnatum</i>	Tomatillo	Solanaceae	Nativa	Arbusto
<i>Pleocarphus revolutus</i>	Cola de ratón	Asteraceae	Nativa	Arbusto
<i>Baccharis juncea</i>		Asteraceae	Nativa	Hierba perenne
<i>Baccharis sagittalis</i>		Asteraceae	Nativa	Hierba perenne
<i>Eleocharis macrostachya</i>	Rime	Cyperaceae	Nativa	Hierba perenne
<i>Eleocharis pachycarpa</i>	Quilmen	Cyperaceae	Nativa	Hierba perenne
<i>Equisetum bogotense</i>	Yerba del platero	Equisetaceae	Nativa	Hierba perenne
<i>Equisetum giganteum</i>	Canutillo		Nativa	Hierba perenne
<i>Phragmites australis</i>	Carrizo	Poaceae	Nativa	Hierba perenne
<i>Typha angustifolia</i>	Totora	Typhaceae	Nativa	Hierba perenne
<i>Nasturtium officinale</i>	Berro	Cruciferae	Nativa	Hierba perenne
<i>Rorippa chubutica</i>	Berro	Cruciferae		Hierba perenne
<i>Paspalum vaginatum</i>	Chépica	Poaceae		Hierba perenne
<i>Distichlis spicata</i>	Chépica brava	Poaceae		Hierba perenne
<i>Arundo donax</i>	Caña	Poaceae		Hierba perenne
<i>Cortaderia speciosa</i>	Cola de zorro	Poaceae		Hierba perenne
<i>Potamogeton strictus</i>		Potamogetonaceae	Nativa	Hierba perenne

ESPECIE	NOMBRE COMÚN	FAMILIA	ORIGEN	CRECIMIENTO
<i>Sarcocornia fruticosa</i>	Sosa	Chenopodiaceae		Hierba perenne
<i>Melilotus alba</i>	Trevu blanco	Fabaceae		Hierba perenne
<i>Cheilanthes mollis</i>	Doradilla	Adiantaceae	Nativa	Hierba perenne
<i>Cheilanthes glauca</i>		Adiantaceae	Nativa	Hierba perenne
<i>Adiantum chilense</i>	Palito negro	Adiantaceae	Nativa	Hierba perenne
<i>Adiantum pearcei</i>		Adiantaceae	Nativa endémica	Hierba perenne
<i>Pellaea myrtillofolia</i>		Adiantaceae	Nativa endémica	Hierba perenne
<i>Asplenium triphyllum</i>		Aspleniaceae	Nativa	Hierba perenne
<i>Ludwigia peploides</i>		Onagraceae	Nativa	Hierba perenne
<i>Lemna minuta</i>	Lenteja de agua	Lemnaceae	Nativa	Hierba anual
<i>Lilaeopsis macloviana</i>		Apiaceae	Nativa	Hierba perenne
<i>Limosella australis</i>		Scrophulariaceae	Nativa	Hierba anual
<i>Mimulus luteus</i>	Placa, berro amarillo	Scrophulariaceae	Nativa	Hierba perenne
<i>Myriophyllum quitense</i>	Hierba del sapo	Halagaraceae	Nativa	Hierba perenne
<i>Phragmites australis</i>	Carrizo	Poaceae	Nativa	Hierba perenne
<i>Zannichellia palustris</i>	Cachudita	Zannichelliaceae	Nativa	Hierba perenne