



**FACULTAD DE CIENCIAS DEL MAR
ESCUELA DE PREVENCION DE RIESGOS Y
MEDIOAMBIENTE**

Estado ecológico de las riberas de la cuenca del Río Elqui, Región de Coquimbo, mediante la aplicación del “Riparian Quality Index (RQI)”.

Tesis para optar al Grado de Magíster en Gestión Ambiental

Alumno: Máximo Olivares Cortés

Profesor Guía: M. Sc. Niris Cortés Pizarro

COQUIMBO, AGOSTO 2017

Estado ecológico de las riberas de la cuenca del Río Elqui, Región de Coquimbo,
mediante la aplicación del instrumento Riparian Quality Index (RQI).

Por

Máximo Olivares Cortés

Escuela de Prevención de Riesgos y Medioambiente

Fecha:

Aprobado Comisión de Calificación

Dr. Juan Macchiavello Armengol
Decano Facultad de Ciencias del Mar

M. Sc. Niris Cortés Pizarro
Profesor Guía

Dr. J. M. Alonso Vega Reyes
Profesor Corrector

Dr. © Elier Tabilo Valdivieso
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

Escuela de Prevención de Riesgos y Medioambiente

Estado ecológico de las riberas de la cuenca del Río Elqui, Región de
Coquimbo, mediante la aplicación del “Riparian Quality Index (RQI)”.

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

Máximo Olivares Cortés

Coquimbo, Agosto de 2017

ABSTRACT.

Being able to value the banks of a river environmentally is of great importance to know the behavior of a specific basin, in terms of the state of conservation in which it is presented, to detect the impacts to which it is mainly involved by the actions of being Human and to establish in a certain time and place, the ecological state of the banks based on the ecosystemic functionality.

The hydrographic basin of the Elqui River forms part of the IV Region of Coquimbo, covering the province of Elqui and the cities of La Serena, Andacollo, Paihuano and Vicuña. It is the source of drinking water supply for the main cities of the Province, La Serena and Coquimbo. This river sustains a varied vegetables and animals that uses to this watercourse like habitats and niches of relevance for its activities of reproduction and feeding. However, there is no exhaustive survey of the species of wild flora and fauna that inhabit the Elqui river basin and its surroundings, so the state of its populations is not known and if these are in some category of conservation.

The Riparian Quality Index (RQI) was adjusted to the reality of the Elqui basin and applied in 25 stations throughout the same. The stations that presented high values of ecological status were those that were in the headwaters of this river (Claro Derecho and Cochiguaz), explained as areas with difficult access, low human intervention and where it was observed that there is a tendency towards conservation, Or, there are processes of recovery of the ecosystem and therefore an increase of the ecosystemic functionality associated to the bank of these rivers. However, most of the other 23 stations had low values of functionality, mainly due to the enhancement of channeling, access, soil movement, generation of roads, agricultural and tourist activities, and activities directly related to water resources. The application of RQI in the Elqui river basin is important from all levels where it is observed, since it is an instrument with a fast, simple methodology that is based only on the visual recognition allowing to approach large surfaces of variable length and No doubt responds to be a tool that favors a good Integrated Management for the water resource, without losing the value of ecosystemic functionality. Because the information provided has a high value for assessing the state and promoting actions such as protection, restoration, rehabilitation and conservation of different sections or sub-basins.

RESUMEN.

El poder valorar ambientalmente las riberas de un río es de una gran importancia para conocer el comportamiento de una cuenca en específico, en términos del estado de conservación en que se presenta, detectar los impactos a los cuales se ve implicada principalmente por el accionar del ser humano y establecer en un tiempo y lugar determinado, el estado ecológico de las riberas en base a la funcionalidad ecosistémica.

La cuenca hidrográfica del río Elqui forma parte de la IV Región de Coquimbo, abarcando la provincia de Elqui y las comunas de La Serena, Andacollo, Paihuano y Vicuña. Es la fuente de abastecimiento de agua potable para las principales ciudades de la Provincia, La Serena y Coquimbo. Este río sustenta una variada flora y fauna silvestre que utiliza a este curso de agua como hábitat y nichos de relevancia para sus actividades de reproducción y alimentación. Sin embargo, no se cuenta con un levantamiento exhaustivo de las especies de flora y fauna silvestres que habitan la cuenca del río Elqui y su entorno, por lo que no se conoce el estado de sus poblaciones y si éstas se encuentran en alguna categoría de conservación.

El Riparian Quality Index (RQI) fue ajustado a la realidad de la cuenca del Elqui y aplicado en 25 estaciones a lo largo de esta misma. Las estaciones que presentaron valores altos de estado ecológico fueron las que se encontraban en las cabeceras de este río (Claro Derecho y Cochiguaz), explicado por ser zonas con difícil acceso, baja intervención humana y en donde se observó que existe una tendencia hacia la conservación, o bien, existen procesos de recuperación del ecosistema y por ende un aumento de la funcionalidad ecosistémica asociada a la ribera de estos ríos. No obstante, gran parte de las otras 23 estaciones presentaron valores bajos de funcionalidad, dados principalmente por potenciar en la ribera encauzamientos, pretiles, movimiento de suelo, generación de caminos, actividades agropecuarias, turísticas y actividades relacionadas directamente con el recurso hídrico. La aplicación del RQI en la cuenca del río Elqui es importante desde todos los niveles de donde se le observe, ya que es un instrumento con una metodología rápida, sencilla, que se basa solamente en el reconocimiento visual permitiendo abordar grandes superficies de longitud variable y sin duda responde a ser una herramienta que propicia una buena Gestión Integrada para el recurso hídrico, sin perder el valor de funcionalidad ecosistémica. Por cuanto la información que entrega tiene un alto valor para evaluar el estado y promover acciones como la protección, restauración, rehabilitación y conservación de diferentes tramos o subcuencas.

DEDICATORIA.

Ya han pasado 34 años desde que me vieron nacer y me es imposible no dejar de pensar en la familia. Sin duda uno no se encuentra solo en este mundo, existen dos o más personas que están detrás de uno, avalando y dando lo mejor de ellos para que sean mejores que ellos, o bien, que tengan la oportunidad de lograr más o mejores cosas que ellos tuvieron. Por consiguiente, no puedo olvidar a quienes me dieron la oportunidad de educación, de una u otra forma dedico este trabajo a:

Mis padres, Máximo Olivares G. y M. Antonia Cortés M. “mamá tona”, por su apoyo, ayuda, estímulos, cariños, esfuerzos económicos y personales para brindarme la oportunidad de ser un mejor profesional.

Mis abuelos, Máximo y Remigio, por todas sus sabias palabras, consejos y apoyo que dieron cuando compartía a su lado; y a mi abuelita Catita, quien me acompañaba desde muy niño y siempre fue un apoyo, un oído y una consejera.

Mi hermana Catalina, quien más de alguna vez colaboró o dio su parecer ante alguna confusión legal en la temática ambiental y que siempre me apoyó.

Mi Tío Federico, quien es el poseedor de la inteligencia emocional más pura de todos y que no pasa desapercibido, pero basta sólo con su sonrisa y su abrazo, para darme la energía, la fuerza y determinación que me faltara.

A mis colegas de profesión Roberto Camargo Grandón y Manuel Páez Henríquez por sus consejos y sugerencias para incentivar me en realizar este post grado.

A mis muy queridos amigos María Fernanda Fuentes, Cristian Muñoz y Cristina Cortés, quienes me incentivaron y dieron las fuerzas necesarias para culminar este manuscrito.

A todos gracias, esta Tesis es por y para ustedes.

AGRADECIMIENTOS.

Quiero agradecer la realización de esta tesis conducente al Magíster en Gestión Ambiental a las siguientes personas:

A mi profesora guía, Niris Cortés Pizarro, que con su constante apoyo, confianza, guía y estímulo, me permitió poder realizar y llevar a cabo esta Tesis.

Al Director del Magíster, Señor Rodrigo Poblete Chávez, al darme su apoyo y confianza para poder concretar la entrega de este documento y optar a la obtención de este post grado.

A los académicos de esta casa de estudios, Señores Osvaldo Miranda Eldan y José Bakit San Martín, quienes sugirieron, aportaron y me aconsejaron para un mejor desarrollo de este manuscrito.

A mis padres, Máximo Olivares González y María Antonia Cortés Morales, que brindaron no sólo el apoyo emocional sino que también económico para realizar esta tesis.

ÍNDICE

1 INTRODUCCIÓN	13
2.OBJETIVOS	20
Objetivo General:	20
Objetivos específicos:.....	20
Hipótesis:	20
3. METODOLOGÍA	21
3.1.- Área de estudio.....	21
3.1.2 Selección de las estaciones para la aplicación del Índice de Calidad de Ribera (RQI):.....	26
3.1.2.1.- Estaciones de monitoreo:.....	27
3.2.- Ajuste del RQI según las particularidades vegetacionales en el área de estudio	29
3.2.1 Análisis del Índice de Calidad de Ribera (RQI) original.....	29
3.2.2.- Ajustes del RQI original en su ficha de evaluación, para su aplicación en la cuenca del Río Elqui.	32
3.3.- Aplicación del RQI ajustado en las estaciones de la cuenca del Río Elqui.	35
3.4.- Análisis de la calidad ripariana de los ríos que conforman la cuenca del Elqui. .	37
3.5.- Análisis de la ubicación espacial de las estaciones en relación a los aspectos que contempla el RQI	39
4. RESULTADOS.....	40
4.1. Análisis de la calidad ripariana por estaciones de monitoreo.....	40
4.1.1.- Estación CD-1, Río Claro Derecho.	40
4.1.2.- Estación CD-2, Río Claro Derecho.	41
4.1.3.- Estación CD-5, Río Claro Derecho.	41
4.1.4.- Estación CD-6, Río Claro.	42

4.1.5.- Estación CD-7, Río Claro.....	42
4.1.6.- Estación CO-1, Río Cochiguaz.....	43
4.1.7.- Estación CO-3, Río Cochiguaz.....	43
4.1.8.- Estación CO-4, Río Cochiguaz.....	44
4.1.9.- Estación EL-1, Río Elqui.....	44
4.1.10.- Estación EL-6, Río Elqui.....	45
4.1.11.- Estación EL-13, Río Elqui.....	45
4.1.12.- Estación EL-15, Río Elqui.....	45
4.1.13.- Estación EL-16, Río Elqui.....	466
4.1.14.- Estación MA-1, Río Malo.	46
4.1.15.- Estación MA-2, Río Malo.	47
4.1.16.- Estación RT-1, Río Toro.	47
4.1.17.- Estación RT-2, Río Toro.	48
4.1.18.- Estación RT-3, Río Toro.	48
4.1.19.- Estación TU-1, Río Turbio.	49
4.1.20.- Estación TU-14, Río Turbio.....	49
4.1.21.- Estación TU-21, Río Turbio.....	49
4.1.22.- Estación VH-1, Río Vacas Heladas.....	50
4.1.23.- Estación VH-2, Río Vacas Heladas.....	50
4.1.24.- Estación LA-3, Río La Laguna.	51
4.1.25.- Estación LA-8, Río La Laguna.....	51
4.2.- Cuadro resumen del análisis de la calidad ripariana por estaciones de monitoreo	52
4.3.- Análisis de la ubicación espacial de las estaciones en relación a los aspectos que contempla el RQI	54

5. DISCUSIÓN	53
5.1.- Índice de Calidad Ripariana y su ajuste.	57
5.2.- Estaciones de Monitoreo.	58
5.3.- Funcionalidad ecológica por estaciones.	58
5.4.- Gestión Ambiental en la ribera de la cuenca.	60
6. CONCLUSIONES	64
7. BIBLIOGRAFÍA	66
8. FIGURAS.....	71
Figura N° 1: Ubicación espacial de las estaciones utilizando ACP.....	54
Figura N° 2a: Estación CD-1, Río Claro Derecho, Vista Oriente.	71
Figura N° 2b: Estación CD-1, Río Claro Derecho, Vista Poniente.	71
Figura N° 3a: Estación CD-2, Río Claro Derecho, Vista Oriente.	72
Figura N° 3b: Estación CD-2, Río Claro Derecho, Vista Poniente.	72
Figura N° 4a: Estación CD-5, Río Claro Derecho, Vista Oriente.	73
Figura N° 4b: Estación CD-5, Río Claro Derecho, Vista Poniente.	73
Figura N° 5a: Estación CD-6, Río Claro, Vista Oriente.....	74
Figura N° 5b: Estación CD-6, Río Claro, Vista Poniente.....	74
Figura N° 6a: Estación CD-7, Río Claro, Vista Oriente.....	75
Figura N° 6b: Estación CD-7, Río Claro, Vista Poniente.....	75
Figura N° 7a: Estación CO-1, Río Cochiguaz, Vista Oriente.....	76
Figura N° 7b: Estación CO-1, Río Cochiguaz, Vista Poniente.	76
Figura N° 8a: Estación CO-3, Río Cochiguaz, Vista Oriente.....	77
Figura N° 8b: Estación CO-3, Río Cochiguaz, Vista Poniente.	77
Figura N° 9a: Estación CO-4, Río Cochiguaz, Vista Oriente.....	78

Figura N° 9b: Estación CO-4, Río Cochiguaz, Vista Poniente.	78
Figura N° 10a: Estación EL-1, Río Elqui, Vista Oriente.....	79
Figura N° 10b: Estación EL-1, Río Elqui, Vista Poniente.....	79
Figura N° 11a: Estación EL-6, Río Elqui, Vista Oriente.....	80
Figura N° 11b: Estación EL-6, Río Elqui, Vista Poniente.....	80
Figura N° 12a: Estación EL-13, Río Elqui, Vista Oriente.....	81
Figura N° 12b: Estación EL-13, Río Elqui, Vista Poniente.	81
Figura N° 13a: Estación EL-15, Río Elqui, Vista Oriente.....	82
Figura N° 13b: Estación EL-15, Río Elqui, Vista Poniente.	82
Figura N° 14a: Estación EL-16, Río Elqui, Vista Oriente.....	83
Figura N° 14b: Estación EL-16, Río Elqui, Vista Poniente.	83
Figura N° 15a: Estación MA-1, Río Malo, Vista Oriente.	84
Figura N° 15b: Estación MA-1, Río Malo, Vista Poniente.	84
Figura N° 16a: Estación MA-2, Río Malo, Vista Oriente.	85
Figura N° 16b: Estación MA-2, Río Malo, Vista Poniente.	85
Figura N° 17a: Estación RT-1, Río Toro, Vista Oriente.	86
Figura N° 17b: Estación RT-1, Río Toro, Vista Poniente.	86
Figura N° 18a: Estación RT-2, Río Toro, Vista Oriente	87
Figura N° 18b: Estación RT-2, Río Toro, Vista Poniente	87
Figura N° 19a: Estación RT-3, Río Toro, Vista Oriente.	88
Figura N° 19b: Estación RT-3, Río Toro, Vista Poniente.	88
Figura N° 20a: Estación TU-1, Río Turbio, Vista Oriente.....	89
Figura N° 20b: Estación TU-1, Río Turbio, Vista Poniente.....	89
Figura N° 21a: Estación TU-14, Río Turbio, Vista Oriente.	90

Figura N° 21b: Estación TU-14, Río Turbio, Vista Poniente.....	90
Figura N° 22a: Estación TU-21, Río Turbio, Vista Oriente.	91
Figura N° 22b: Estación TU-21, Río Turbio, Vista Poniente.....	91
Figura N° 23a: Estación VH-1, Río Vacas Heladas, Vista Oriente.....	92
Figura N° 23b: Estación VH-1, Río Vacas Heladas, Vista Poniente.....	92
Figura N° 24a: Estación VH-2, Río Vacas Heladas, Vista Oriente.....	93
Figura N° 24b: Estación VH-2, Río Vacas Heladas, Vista Poniente.....	93
Figura N° 25a: Estación LA-3, Río La Laguna, Vista Oriente.....	94
Figura N° 25b: Estación LA-3, Río La Laguna, Vista Poniente.....	94
Figura N° 26a: Estación LA-8, Río La Laguna, Vista Oriente	95
Figura N° 26b: Estación LA-8, Río La Laguna, Vista Poniente	95
9. ANEXOS	96
Anexo A	96
Anexo B	102

1. INTRODUCCIÓN.

Los ecosistemas riparianos son la interfase entre los ecosistemas terrestres y los acuáticos. Estos ecosistemas sostienen una alta diversidad de especies vegetales y animales, y en ellos se desarrollan numerosos procesos biológicos (Naiman *et al.* 1993). En particular, la riqueza de plantas varía considerablemente en el tiempo y en el espacio a lo largo de los márgenes de los ríos, debido a que se han adaptado a los regímenes de inundaciones y sequías de distinta frecuencia, magnitud y duración, así como a las correspondientes fluctuaciones de nutrientes, que varían a su vez a lo largo del cuerpo de agua. Esta variación en la diversidad no sólo ocurre a medida que el río atraviesa el paisaje, sino también de manera lateral, ya que las plantas se distribuyen según sus formas de vida desde el cauce y hacia tierra firme, dependiendo de las variaciones en la disponibilidad de agua. Cerca del cauce crecen aquellas especies adaptadas a ambientes con pocos nutrientes y luz elevada, mientras que a elevaciones más altas, y a medida que el suelo se aleja del cauce, existen especies de ciclo de vida más largo, frecuentemente arbustivas, tolerantes a la sombra. Además, las comunidades vegetales de las riberas influyen en la biota que habita dentro del agua (Naiman *et al.* 1993; Naiman *et al.* 1997), proveen hábitat para especies riparianas obligadas o de hábitats inundables (Naiman *et al.* 2005), pueden constituir corredores para la dispersión (Gardali *et al.* 2006), y ofrecer un refugio seguro en caso de cambios ambientales, como sequías prolongadas.

Son varios los procesos ecológicos que ocurren en un ecosistema ripariano. La fuerza de la corriente y los cambios morfológicos del cauce influyen sobre la vegetación de la ribera (Opperman y Merenlender, 2004). Además, la vegetación estabiliza los márgenes de los ríos, provee de hojas y madera de gran tamaño a los cuerpos de agua, retiene y recicla nutrientes, modifica las condiciones microclimáticas (Gregory *et al.* 1991), y sostiene una amplia red como base para la subsistencia de un diverso ensamblaje de peces y fauna terrestre (NRC, 2002).

Los ríos cumplen funciones esenciales para la preservación de los ecosistemas y las relaciones territoriales (Naiman *et al.* 1993, Allan 2004), teniendo una dependencia estrecha y recíproca con la vegetación ripariana (Guevara *et al.* 2008). Se reconoce esta última como sistema vegetal cercano a cursos y cuerpos de agua, siendo una transición entre hábitats terrestres y acuáticos en sus diferentes estratos verticales, incluidas las herbáceas. Weisberg *et al.* (2013) comenta el papel ecológico significativo que cumple esta vegetación en la conservación de los servicios ecosistémicos asociados a las riberas. De manera general, los servicios que proveen los ecosistemas riparianos pueden agruparse en tres categorías principales (NRC, 2002): 1) regulación hidrológica y dinámica de los sedimentos, 2) servicios de soporte biogeoquímico y relacionados con los ciclos de nutrientes, y 3) provisión de hábitat y mantenimiento de cadenas tróficas.

En cuanto a la diversidad animal en las zonas riparianas, probablemente ésta excede la diversidad vegetal, especialmente la de los invertebrados (Naiman *et al.* 2005). También se ha observado que cerca de 70% de los vertebrados tienen contacto con este ecosistema, utilizándolo en algún momento de sus ciclos de vida (Naiman *et al.* 1993). Sin embargo, esta biodiversidad no está bien documentada.

Por otra parte, la vegetación ripariana puede constituir un corredor para la dispersión y el movimiento de la fauna (Malanson 1993; Gardali *et al.* 2006), y puede actuar como conductor, filtro o barrera en el flujo de información entre los organismos. Por último, la vegetación de las riberas suele tener un importante valor cultural, tanto estético como recreativo (Malanson 1993), proporciona sitios para el asentamiento humano, proximidad a las fuentes de agua y oportunidades para la recreación basada en el uso del agua (NRC 2002). En conjunto, todos estos servicios dependen de manera directa del mantenimiento de los procesos ecológicos que ocurren en estos ecosistemas.

Los ríos han constituido a lo largo de la historia focos preferenciales de concentración de poblaciones (Gualdoni *et al.* 2011). La actividad humana a lo largo de los años ha generado una gran presión en los recursos hídricos (Figuroa *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, y 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).

La modificación del cauce de los ríos que drenan al mar y la alteración del flujo del agua que escurre en dichos ríos, a causa de la construcción de represas, extracción de áridos o encauzamientos, también han afectado los ecosistemas marinos y ambientes asociados. Básicamente se produce alteración de las funciones ecológicas, reducción de la diversidad biológica, daño a los hábitats acuáticos y contaminación de los cauces generando efectos en la salud humana. La pérdida de especies (por estos efectos) es muy marcada. A nivel global, un número muy importante de especies de flora y fauna están amenazadas especialmente a causa de la contaminación y por la pérdida del hábitat en estas zonas. En Chile, se han realizado algunas investigaciones que destacan la importancia de las zonas ribereñas mediante la aplicación de índices de calidad de ribera y de hábitat fluvial (Fernández *et al.* 2009, Palma *et al.* 2009).

La cuenca hidrográfica del Río Elqui ocupa el sector norte de la Región de Coquimbo. Esta región del territorio chileno se extiende desde los 29° 40' S hasta los 32° 10' S. Limita al norte con la Región de Atacama, al este con Argentina, al oeste con el océano Pacífico y al sur con la Región de Valparaíso. La morfología de estos valles permite el

desarrollo de la actividad agrícola y el poblamiento y la penetración humana hacia la Cordillera de los Andes.

Esta cuenca tiene una longitud en línea recta de ~150 km y una superficie de 9.657 km² que responde a un régimen de escurrimiento pluvionival mixto. Climáticamente, se encuentra en el límite entre el clima desértico del norte de Chile y el clima semiárido de Chile central (Sánchez & Morales 1993). En el área predominan las pendientes moderadas (5,1°-15°), las que ocupan el ~41% de la superficie de la cuenca hidrográfica, principalmente en sus tramos medio y superior. En la sección superior (aguas arriba de la localidad de Rivadavia [29° 50' S, 70° 34' O; 800 msnm]) hay pendientes altas (15,1°-25°), las que ocupan un 30% de la superficie. Sin embargo, también se encuentran en esta sección pendientes muy altas (> 25°), las que ocupan un 8% de ella (Novoa & Núñez 1995). En la parte alta de la cuenca es posible encontrar varias cimas que superan los 5.000 msnm, como los cerros Olivares (6.216 msnm), Las Tórtolas (6.160 msnm) y Doña Ana (5.648 msnm). Los ríos tributarios Claro y Turbio presentan perfiles longitudinales pronunciados, con llanos estrechos. En oposición, en el curso medio del Río Elqui, por ejemplo a nivel de la ciudad de Vicuña (30° 02' S, 70° 43' O; 610 msnm; los llanos y las terrazas alcanzan un ancho de ~3 km y de 5-6 km en los últimos 25 kilómetros (tramo El Molle-La Serena) (DGA, 2013).

El cauce principal de la cuenca hidrográfica lo constituye el Río Elqui. Este río se origina de la confluencia de los ríos Turbio y Claro o Derecho, hecho que ocurre 2 kilómetros aguas arriba de la localidad de Rivadavia (850 msnm) y unos 75 km aproximadamente aguas arriba de la ciudad de La Serena (29° 54' S, 71° 15' O). Mientras que las aguas del Río Turbio descienden de cordones cordilleranos ubicados al noreste del sistema, las aguas del Río Claro lo hacen desde el sureste. Desde su origen hasta su desembocadura, en la Bahía de Coquimbo, el Río Elqui tiene una longitud este-oeste de ~75 km (DGA, 2013).

Los principales cursos de agua de la cuenca del Río Turbio corresponden a los ríos Toro y La Laguna, los que se juntan a una altitud de 2.050 msnm, punto a partir del cual comienza la denominación de Río Turbio. Aguas abajo de dicho punto tributa al Río Turbio, el Río Incaguaz, lo que ocurre en el sector de Las Terneras. A partir de esta última junta, a la altitud de la localidad de Huanta, el Río Turbio cambia de rumbo a uno final norte-sur. Los ríos La Laguna, Toro e Incaguaz tienen un régimen marcadamente nival, lo que hace que el régimen hidrológico de escurrimiento de dichos cauces y, en consecuencia el del propio Río Turbio, sea del tipo permanente. Estos cauces tienen su origen en el lado norte del área cordillerana de la cuenca, en los límites con Argentina. El Río Toro drena la zona nor-oriental y sus principales tributarios corresponden al Estero Tambo el que cambia de denominación a Río Vacas Heladas y los ríos Malo y Toro Muerto.

El Río La Laguna se ubica al sur de la cuenca del Río Toro. En uno de los cauces de cabecera de este río se ubica el glaciar El Tapado, el único glaciar existente en el área. Por su parte, las principales localidades ubicadas en la cuenca del Río Turbio corresponden a Huanta (30° 35' S, 70° 34' O), Chapilca (29° 52' S, 70° 34' O) y Varillar, con asentamientos humanos pequeños. El desarrollo de éstas, la explotación de recursos, la agricultura, la red de canales y la actividad turística son claramente más limitadas en esta cuenca que en la cuenca del Río Claro.

El Río Claro se forma de la unión de los ríos Cochiguaz y Derecho (o Claro Derecho) en el sector de Montegrando (30° 01' S, 70° 22' O), a 1.223 msnm. La subcuenca del Río Cochiguaz colinda con la subcuenca del Río La Laguna y su nacimiento es en la alta cordillera, en zonas vecinas a Argentina, su único afluente es el Río Cochiguaz. El Río Derecho (o Claro-Derecho). Aguas abajo de Montegrando, el Río Claro recibe como aporte principal a la Quebrada de Paihuano, a la altitud de la localidad del mismo nombre. Las principales localidades existentes al interior de la sub-cuenca del Río Claro

corresponden a Pisco Elqui (30° 08' S, 70° 31' O), Montegrande y Paihuano (30° 01' S, 70° 31' O).

A lo largo de todo su curso de agua (desde la junta ríos Turbio-Claro), el Río Elqui avanza en dirección principalmente este-oeste, con una distancia total hasta su desembocadura de ~65 km. La totalidad de estas sub-cuencas conforma un área de 3.061,8 km², lo que corresponde al 32,5% del área total cuenca Río Elqui y al 83,2% del área de la cuenca aguas abajo de la junta de los ríos Turbio-Claro.

La evaluación del estado ecológico de un río no sólo debe abordarse desde el punto de vista de la calidad de las aguas, biodiversidad o alteración del régimen hídrico, también deben incluirse aspectos sobre las zonas riparianas, ya que éstas constituyen uno de los ecosistemas más diversos, dinámicos y complejos (Brubrink *et al.* 1998). Por cuanto la esencia de este análisis en un momento determinado y específico de la cuenca, se realizó aplicando el Índice de Calidad Ripariana (RQI).

El índice que se presenta resulta ser una metodología útil, sencilla y rápida para la evaluación con base hidromorfológica del estado ecológico de las riberas, permitiendo realizar un diagnóstico de los principales problemas que afectan a las riberas, con el fin de establecer los lineamientos básicos para el diseño de estrategias de restauración y conservación de las riberas.

La relevancia de poder aplicar este instrumento va más allá del comprender las comunidades bióticas que habitan en la ribera de los ríos, sino que determina la zona de transición entre el río y la ladera, zona en la cual se presentan diversas morfologías del río, comunidades bióticas y de unidades de paisajes, los cuales ayudan a entender la

organización, diversidad y las dinámicas de las comunidades asociadas con los ecosistemas (Naiman y Decamps, 1997; Gregory *et al.* 1991). Por cuanto aplicar este índice permite en una primera instancia realizar un ajuste de este, dada las diferencias en el ecosistema a evaluar y el ecosistema para el cual fue creado en un principio, para luego detectar las principales amenazas a las cuales están sometidas las zonas riparianas y que afectan a su calidad y el estado ecológico que presenta.

La necesidad e importancia de disponer de mecanismos de gestión integrada de cuencas y regulación ambiental que apunten de manera eficiente y objetiva a la protección y uso sostenible de la cuenca hidrográfica, son los principales objetivos que le dan relevancia a la utilización de este índice, ya que permite contar con información de calidad sobre el estado de las riberas de la cuenca, de manera integrada, a otras variables como la estructura y composición vegetacional, funcionalidad ecosistémica, relación longitudinal y transversal de la ribera con la cuenca, principalmente; permitiendo sintetizar la información proporcionada por estos parámetros en una expresión sencilla para su rápida interpretación, evaluación y reconocimiento de ciertos fenómenos ajenos a la cuenca a lo largo del espacio y tiempo.

2. OBJETIVOS.

2.1. Objetivo General:

Evaluar la calidad de la ribera de la cuenca del Río Elqui, mediante la aplicación del Índice RQI.

2.2. Objetivos específicos:

2.2.1.- Describir ambientalmente el área de estudio.

2.2.2.- Ajustar el RQI según las particularidades vegetacionales en el área de estudio.

2.2.3.- Aplicar el RQI en las estaciones de la cuenca del Río Elqui.

2.2.4.- Evaluar la calidad de las riberas y su estado ecológicos según el índice RQI.

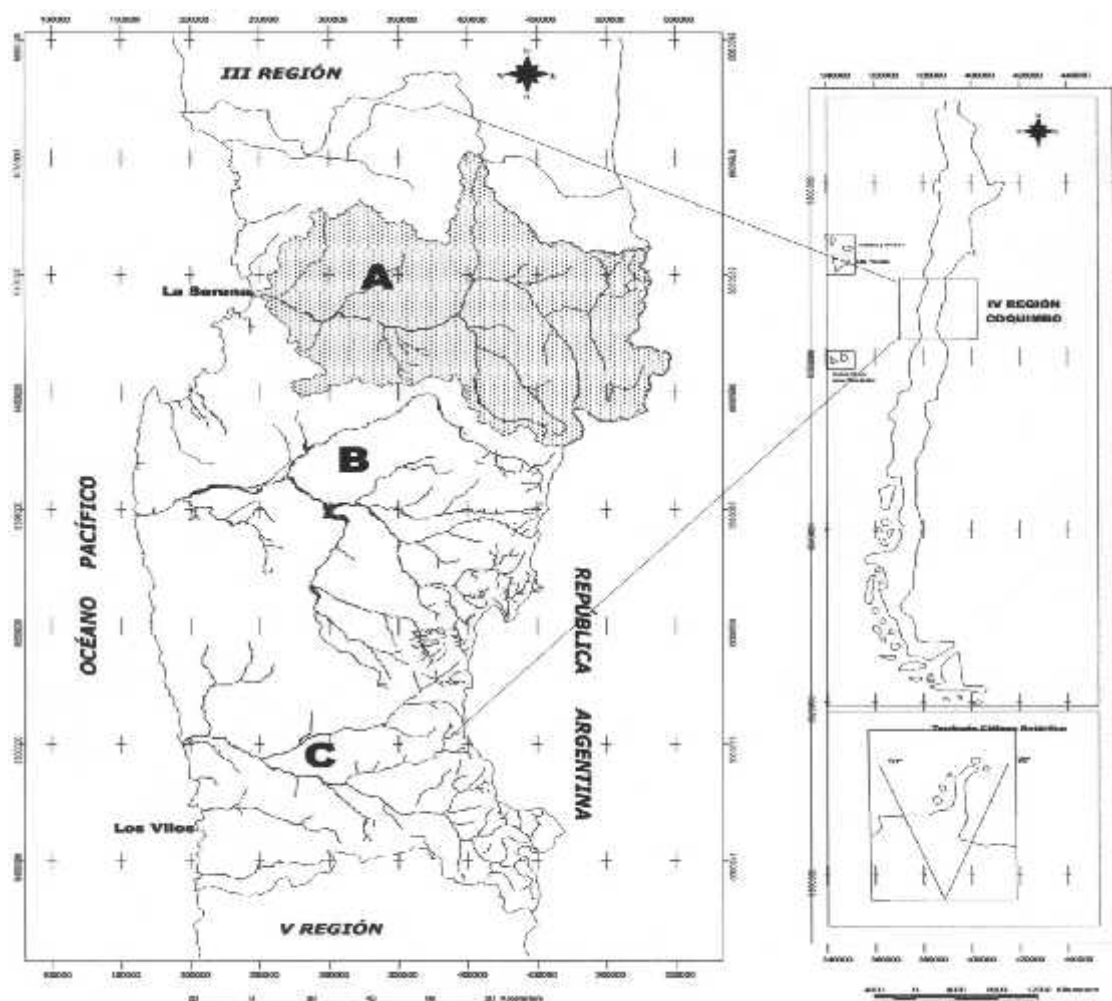
2.3. Hipótesis.

“La aplicación del Índice de Calidad de Ribera (RQI) es una herramienta de gestión útil para la valoración ecológica de las riberas y en la identificación de problemas existentes en la cuenca del Río Elqui”

3. METODOLOGÍA.

3.1. Área de estudio.

El área comprendida para el presente trabajo corresponde a la cuenca del Río Elqui, ubicada en el sector norte de la Región de Coquimbo. Su extensión se encuentra establecida desde los 29° 40' S hasta los 32° 10' S (Mapa Temático N°1) y abarca las comunas de La Serena, Paihuano y Vicuña. Con una longitud en línea recta de ~150 km y una superficie de 9.657 km², esta cuenca responde a un régimen de escurrimiento pluvionival. Climáticamente se encuentra entre un sistema de transición con el clima desértico y el clima semiárido (Sánchez & Morales 1993).



Mapa Temático N°1: Principales cuencas de la Región de Coquimbo. A: Río Elqui; B: Río Limarí; C: Río Choapa. Fuente: DGA, 2013.

El Río Elqui se forma de la unión de los ríos Turbio y Claro en las cercanías de el poblado denominado Rivadavia, y desde ese punto hasta su desembocadura, al norte de la ciudad de La Serena, no recibe tributarios importantes, sino una serie de quebradas menores que sólo aportan aguas durante inviernos lluviosos. Las nacientes cordilleranas o ríos formativos se abren camino en verdaderos cajones de la cordillera alto andina, donde se ven caracterizados por su estrechez, laderas de abrupta pendientes y a un clima local dado por temporadas de alta concentración solar, o a veces por el contrario con temperaturas muy bajas en periodos concordantes a estaciones otoño-invernal.

La cuenca del Río Elqui es la fuente de abastecimiento de agua potable para las principales ciudades de la Provincia, La Serena y el puerto de Coquimbo, al poseer una bocatoma ubicada en el sector Las Rojas, que abastece una planta de tratamiento de propiedad de la Empresa Aguas del Valle.

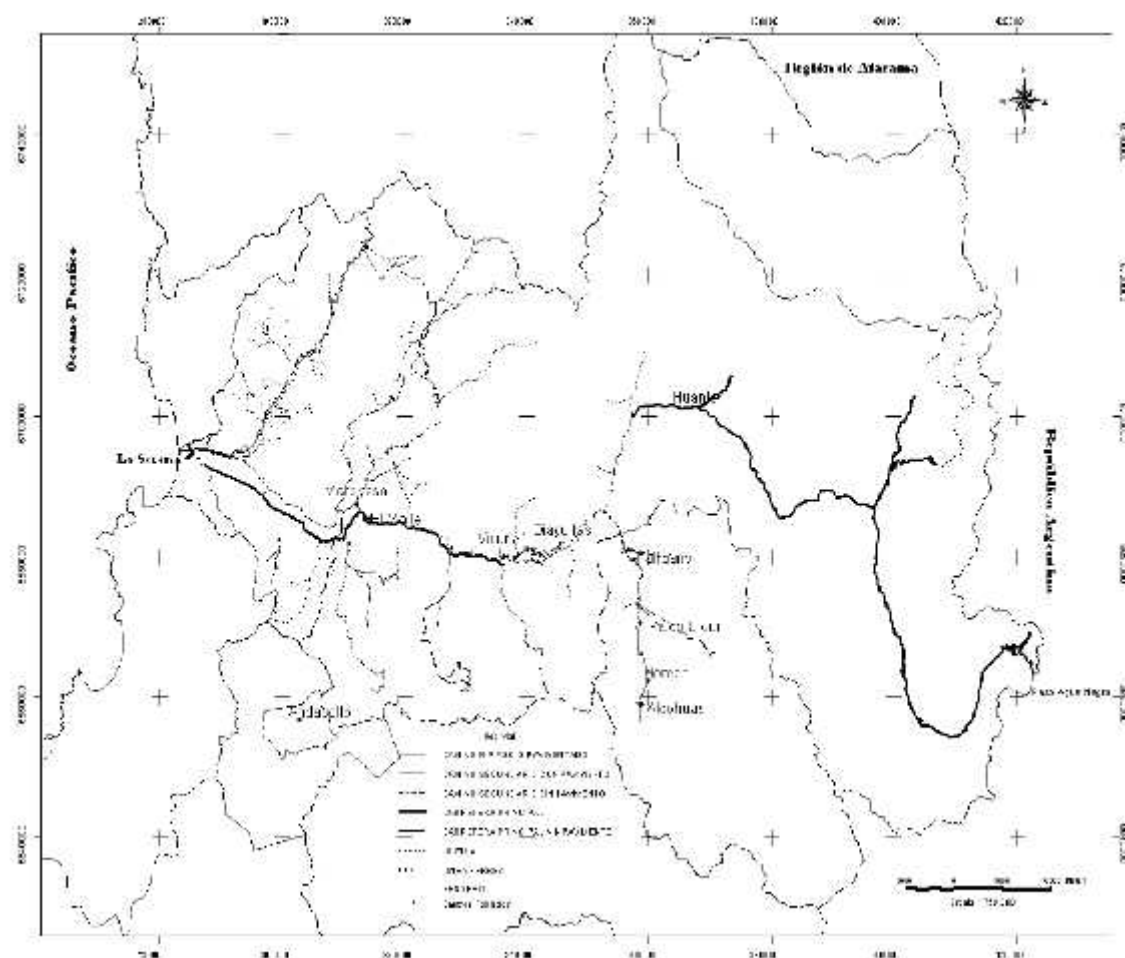
Otras localidades como Vicuña y Paihuano obtienen aguas desde pozos profundos cuya recarga proviene de la misma cuenca. La misma situación se repite en los 26 Comités de Agua Potable Rural (APR) abasteciendo con agua a cerca de 30.000 personas de localidades rurales que se ubican mayoritariamente en las inmediaciones del cauce.

Este río sustenta una variada flora y fauna silvestre que utiliza a este curso de agua como hábitat y nichos de relevancia para sus actividades de reproducción y alimentación. Sin embargo, no se cuenta con un levantamiento exhaustivo de las especies de flora y fauna silvestres que habitan la cuenca del Río Elqui y su entorno, por lo que no se conoce el estado de sus poblaciones y si éstas se encuentran en alguna categoría de conservación. Respecto de la fauna íctica, se han registrado las siguientes especies nativas: *Basilichthys microlepidotus*, *Cauque brevianalis* y *Galaxias maculatus*. Además, existe la presencia de fauna íctica introducida: *Oncorhynchus mykiss* y *Salmo trutta* en los afluentes superiores, ríos: La Laguna, Claro, Incahuaz, Estero Derecho y Cochiguaz (DGA, 2013).

Los asentamientos humanos, en general, se emplazan próximos a los cauces de los ríos Elqui, Claro y Turbio. La población urbana asociada a la cuenca se contabilizó en 170.000 habitantes el año 2002 (Mapa Temático N°2). La Serena, el centro urbano más importante, se emplaza en la costa, en la desembocadura del Río Elqui. Esta ciudad, capital de la Región de Coquimbo, concentra un número importante de población y servicios básicos, además constituye un centro cultural y turístico de la cuenca y la

región. Al interior se emplazan otros asentamientos humanos con importante porcentaje de población urbana, las localidades de Vicuña y Paihuano, localizadas en la parte alta del Río Elqui.

Debido a que la superficie de suelos agrícolamente aptos es bastante extensa, se encuentra implementado un sistema de embalses (Puclaro y Laguna), los cuales sustentan las principales actividades económicas que se desarrollan en esta cuenca, la agricultura. La actividad agrícola tiene como principales cultivos: uva pisquera, uva de mesa, uva vinera, paltos, cítricos, papayos, chirimoyos, hortalizas. Lo cual ha dado origen a plantas deshidratadoras y de producción de vinos y licores, como: pisco y aguardiente; y una importante actividad de exportación, con plantas embaladoras de frutas y frigoríficos. En la zona se observa también actividad ganadera, de ganado caprino principalmente, bovinos y caballares. No obstante, el rubro minero también tiene participación estrecha con grandes, medianos y pequeños mineros, que generan sus labores propias en lugares aledaños a la cuenca.



Mapa Temático N°2: Aspecto general de la cuenca hidrográfica del Río Elqui, con ubicación de los principales centros poblados. Fuente: DGA, 2013.

La cuenca del Río Elqui no posee áreas bajo protección oficial pertenecientes al Sistema Nacional de Áreas Silvestres Protegidas por el Estado, no obstante el Libro Rojo de la CONAF (2001) definió para la cuenca los siguientes sitios prioritarios para la conservación de la biodiversidad: Sector costero al norte de La Serena; Condoriaco; Llanos de Huanta - Cordillera de Doña Ana; Estero Derecho, aguas arriba de Alcohuaz, Quebrada El Arrayán en las comunas de Vicuña y Andacollo. La Estrategia Regional de Biodiversidad priorizó en esta cuenca los siguientes sitios: Sector costero desde el estero El Culebrón hasta Laguna Saladita; Sendero Turístico Quebrada Santa Gracia; Sector costero al Norte de La Serena y Vegas de Tambo, en la subcuenca del Río Vacas

Heladas. Además el año 2015 el humedal alto andino de Estero Derecho es declarado Santuario de la Naturaleza, tras la aprobación del Consejo de Ministros para la Sustentabilidad y la Presidenta de la República.

3.1.2. Selección de las estaciones para la aplicación del Índice de Calidad de Ribera (RQI):

Del proceso conjunto de la revisión bibliográfica, observaciones en terreno y de las imágenes satelitales de Google Earth, se estableció un conjunto de criterios físicos, ecológicos, condiciones paisajísticas homogéneas, infraestructura y sociales que apoyaron en la definición de las zonas ribereñas más relevantes. Estos criterios se seleccionaron teniendo en cuenta la escala espacial de la influencia de la intervención sobre las zonas ribereñas de acuerdo con la escala espacial definida en el marco de gestión dada por la Norma Secundaria de Calidad Ambiental (NSCA).

Por lo tanto, la elección de estas estaciones para la aplicación del RQI, se hace considerando que las áreas de vigilancia fijadas en la Norma Secundaria de Calidad Ambiental de la cuenca del Río Elqui, tienen un fin y espíritu determinado, las cuales son proteger, mantener y recuperar la calidad de las aguas continentales superficiales de la cuenca del Río Elqui, de manera de salvaguardar el aprovechamiento del recurso hídrico, la protección y conservación de las comunidades acuáticas y del ecosistema, maximizando los beneficios ambientales, sociales y económicos.

3.1.2.1. Estaciones de monitoreo.

Una estación de monitoreo se define según diversas literaturas, como un punto (lugar) en que confluyen características propias de un ecosistema en particular, que permita denotar los cambios ambientales que se desarrollan en el sistema acuático a lo largo del tiempo y espacio, y que permite recolectar datos de monitoreo específicos que representan su importancia como estándar de calidad.

Para este estudio se seleccionaron la totalidad de estaciones de la NSCA, siendo estos 25 en total, para lo cual se consideraron los criterios ya definidos en el apartado anterior. Por cuanto, para efectos de fiscalización y desarrollo, estas definen áreas de vigilancia en los cauces a lo largo de la cuenca.

A través de la utilización de imágenes entregadas por el programa Google Earth se ubicaron tramos homogéneos vegetacionalmente a lo largo de la cuenca, donde se seleccionaron y validaron las estaciones. Se registró la ubicación geográfica de dichas estaciones y se procedió a acudir a terreno para corroborar la información obtenida en internet. 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 un alto número de estaciones, éstas son representativas de cada uno de los ríos y de las características propias de éstos, además favorecen la gestión en ellos.

La nomenclatura utilizada en el trabajo fue determinada considerando el informe del Anteproyecto de las Normas Secundarias de Calidad Ambiental del Río Elqui, y se presenta a continuación:

Río de la cuenca Elqui, Región de Coquimbo, Chile	Nomenclatura Estación DGA	Ubicación Geográfica		Altura (m.s.n.m.)
		Latitud	Longitud	
Río Claro Derecho	CD-1	356857	6648084	2035
	CD-2	356247	6653168	1758
	CD-5	357030	6658337	1470
Río Claro	CD-6	356106	6665756	1237
	CD-7	355404	6675523	1025
Río Cochiguaz	CO-1	367550	6662112	1227
	CO-3	364865	6664468	1549
	CO-4	363943	6664563	1485
Río Elqui	EL-1	347249	6681027	794
	EL-6	335885	6675657	646
	EL-13	317051	6681191	421
	EL-15	306956	6681009	275
	EL-16	300978	6681674	203
Río Malo	MA-1	401140	6699231	3209
	MA-2	398481	6691132	2525
Río Toro	RT-1	397600	6690643	2483
	RT-2	397198	6689967	2439
	RT-3	395272	6684653	2182
Río Turbio	TU-1	394194	6683314	2068
	TU-14	365719	6697359	1163
	TU-21	349712	6682687	816
Río Vacas Heladas	VH-1	398349	6691070	2522
	VH-2	398481	6691132	2525
Río La Laguna	LA-3	398763	6664187	2757
	LA-8	395099	6672191	2480

3.2.- Ajuste del RQI según las particularidades vegetacionales en el área de estudio.

3.2.1. Análisis del Índice de Calidad de Ribera (RQI) original.

El Riparian Quality Index (Anexo A), es un índice que valora la calidad ambiental de las riberas a través de los procesos y la dinámica ripariana o ribereña, no centrándose exclusivamente en la valoración del estado actual de la cubierta vegetal. La vegetación es considerada en el RQI un elemento dinámico de la estructura de las riberas, cuya “estado” debe estimarse no sólo a partir de su composición y estructura actual, sino considerando también otros factores que determinan su persistencia en el tiempo, como son las dimensiones del espacio ripariano, la tasa de regeneración natural ligada al régimen de caudales y conectividad transversal del cauce con su ribera, o la conectividad vertical del suelo ripariano con el medio bajo el río, que puede condicionar los niveles de humedad del suelo y otros por las especies presentes.

El índice RQI representa una metodología sencilla y rápida para el reconocimiento visual con base hidro-morfológica del estado ecológico de las riberas. Dicho estado ecológico es analizado a través de una serie de atributos, cuya valoración se lleva a cabo en relación a unas determinadas condiciones de referencia, que son variables según la tipología del tramo fluvial correspondiente.

Los principios teóricos en que se basa este índice y su valoración propuesta son los siguientes:

1.- El estado ecológico de las riberas puede evaluarse a través de siete atributos fácilmente observables y cuantificables que caracterizan la estructura y el funcionamiento dinámico de las riberas (González del Tánago y García de Jalón, 2006). En relación a la estructura de la ribera, reconocida en una visión estática plasmada en una fotografía del río, podemos definir las dimensiones del espacio ripario, en términos de longitud y anchura, por cuanto los dos primeros atributos a tener en consideración son:

a.- La *continuidad longitudinal de la vegetación riparia*, la cual es una característica natural de la unidad de paisaje que constituye el río.

b.- Las *dimensiones en anchura del espacio con vegetación asociada al río*, las cuales nos indican la magnitud del espacio donde tienen lugar los procesos y funciones ecológicas del corredor fluvial.

Una vez definidas las dimensiones de este espacio ripario, tiene interés considerar qué hay dentro del mismo, o cuáles son las características de la cubierta vegetal existente en dicho espacio ripario. Por cuanto, para este caso se analiza el siguiente atributo:

c.- La *composición y estructura de la vegetación riparia existente*, valorándose en relación a las condiciones de referencia o de la vegetación potencial que corresponde al tramo, según las características hidrológicas, geomorfológicas y región biogeográfica en que se ubica.

Respecto al funcionamiento dinámico de la ribera, el índice propuesto considera los siguientes atributos:

d.- La *regeneración natural de la vegetación arbórea y arbustiva*, como indicador del grado de equilibrio de la vegetación existente con el actual régimen de caudales y gestión de uso del espacio ripario;

e.- La *condición de las orillas*, indicadora de la dinámica del cauce y la calidad del hábitat físico;

f.- *La conectividad transversal* entre el cauce y su ribera, atendiendo a la frecuencia de inundación o conexión hidrológica a partir de la cual se establece el intercambio de materia y energía entre el cauce y su llanura de inundación;

g.- *La permeabilidad y condición del substrato ripario*, indicadores de la conectividad vertical del cauce y su ribera con el medio bajo la ribera del río y los acuíferos locales, ya que es de gran importancia para el intercambio hidrológico y ecológico en el conjunto del hidrosistema fluvial.

2. Cada tramo de río presenta condiciones riparias de referencia distintas, en función de la morfología del valle y del cauce, su régimen de caudales y su localización biogeográfica

Por ende, para la aplicación de este índice se han considerado cuatro tipos de valle, atendiendo a la inclinación dominante de las laderas vertientes, su distancia respecto al cauce y las dimensiones del espacio con influencia fluvial, reconocidas a través del gradiente de humedad de los suelos riparios, su relieve, etc. De esta forma, y teniendo como referencia la clasificación de valles establecida por Rosgen (1996) y adaptada en trabajos anteriores de los autores (González del Tánago *et al.*, 2004) se definen los siguientes tipos:

a.- Valle tipo I: Situado en tramos altos, de cabecera o de montaña, representado en esta cuenca por los ríos tributarios: Cochiguaz, Claro Derecho, La Laguna, Malo, Toro, Vacas Heladas y la naciente del Turbio (TU-1).

b.- Valle tipo II: Relativamente abierto, con inclinación de las laderas vertientes inferior a 45°, a menudo surcadas por una red de afluentes relativamente desarrollada., Frecuente en los tramos altos y medios de los cauces que discurren por terrenos montañas bajas, o en tramos medios de ríos montañosos, donde todavía queda sin configurar la llanura de inundación del cauce principal. La anchura del valle es mayor que en el caso anterior y la sinuosidad del río puede estar ligada al relieve o de forma incipiente a los procesos

fluviales. Este tipo de valle se ve representado por el Río Claro y parte media y final del Río Turbio (TU-14 y TU-21).

c.- Valle tipo III: Valle muy abierto y de considerable anchura, con llanura de inundación bien definida y confinada por terrazas fluviales. Se localiza con mayor frecuencia en los tramos medios y bajos de los ríos de mayor tamaño, donde los cauces ya no se ven afectados directamente por la hidrología de las laderas vertientes, al existir un espacio central con dimensiones suficientes para la redistribución de los sedimentos y la creación de meandros ligados a los procesos fluviales de erosión y sedimentación. Este tipo de valle es el que se refleja en toda la extensión del Río Elqui, hasta un par de kilómetros antes de la desembocadura.

d.- Valle tipo IV: Valle en relieve plano. Cauce poco encajado en el valle y llanura de inundación no confinada, discurriendo sobre antiguos depósitos sedimentarios de origen fluvial, sobre los que a menudo se forman humedales, desbordamiento frecuente de los cauces y elevación de los niveles freáticos. Si bien este tipo de valle no se analizará en profundidad en el presente documento, lo presento como tal ya que corresponde fielmente a la superficie confinada a la desembocadura al mar de la cuenca, pero que no es un área que fue considerada en el presente estudio.

3.2.2. Ajustes del RQI original en su ficha de evaluación, para su aplicación en la cuenca del Río Elqui.

3.2.2.1. Ajustes en el contenido de la ficha.

Tomando en consideración que la formulación original del RQI eran para ser aplicado en ríos mediterráneos con características en la estructura vegetacional diferentes a la que encontramos para los ríos que conforman la cuenca del Elqui, fue necesario realizar

ajustes desde el punto de vista de la composición vegetal de la cuenca. De acuerdo a las observaciones y en especial a la información bibliográfica disponible de la cuenca, referida a un trabajo previo de adaptación y aplicación del IFF, se tomaron las inclusiones y ajustes de dicho trabajo para generar la ficha RQI ajustada (Anexo B).

Principalmente 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 Elqui, entre otros. Sumado a la identificación anteriormente descrita de un Botánico, se generó un listado de especies de flora y se determinaron las formaciones vegetacionales a lo largo del río.

Las principales especies vegetacionales presentes en la cuenca del Elqui son las siguientes, según su tipo:

a.- Árbol:

ESPECIE	NOMBRE COMÚN	FAMILIA	ORIGEN
<i>Eucalyptus globulus</i>	Eucalipto	Myrtaceae	Introducida
<i>Maytenus boaria</i>	Maitén	Celastraceae	Nativa
<i>Acacia dealbata</i>	Aromo francés	Mimosaceae	Introducida
<i>Betula alba</i>	Abedul	Betulaceae	Introducida
<i>Populus nigra</i>	Álamo negro	Salicaceae	Introducida
<i>Populus alba</i>	Álamo blanco	Salicaceae	Introducida
<i>Salix caprea</i>	Sauce cabruno	Salicaceae	Introducida
<i>Salix babilónica</i>	Sauce llorón	Salicaceae	Introducida
<i>Salix humboldtiana</i>	Sauce chileno	Salicaceae	Nativa
<i>Discaria trinervis</i>	Chacay	Rhamnaceae	Nativa
<i>Escallonia mytoidea</i>	Lunca	Escalloniaceae	Nativa
<i>Escallonia angustifolia</i>	Lun	Escalloniaceae	Nativa
<i>Shinus molle</i>	Pimiento	Anacardiaceae	Nativa
<i>Shinus poligama</i>	Molle	Anacardiaceae	Nativa

b.- Arbusto:

ESPECIE	NOMBRE COMÚN	FAMILIA	ORIGEN
<i>Escallonia illinita</i>	Ñipa	Escalloniaceae	Nativa endémica
<i>Baccharis marginalis</i>	Chilca	Asteraceae	Nativa endémica
<i>Baccharis pingraea</i>	Chiquilla	Asteraceae	Nativa
<i>Baccharis linearis</i>	Romero	Asteraceae	Nativa
<i>Baccharis confertifolia</i>	Chilca	Asteraceae	Nativa endémica
<i>Baccharis salicifolia</i>	Chilca	Asteraceae	Nativa
<i>Tesaria absinthioides</i>	Brea	Asteraceae	Nativa
<i>Ricinus comunis</i>	Higuerilla	Euphorbiaceae	Nativa
<i>Cestrum parqui</i>	Palqui	Solanaceae	Nativa
<i>Solanum pinnatum</i>	Tomatillo	Solanaceae	Nativa
<i>Pleocarphus revolutus</i>	Cola de ratón	Asteraceae	Nativa

c.- Hierba perenne:

ESPECIE	NOMBRE COMÚN	FAMILIA	ORIGEN
<i>Baccharis juncea</i>		Asteraceae	Nativa
<i>Baccharis sagittalis</i>		Asteraceae	Nativa
<i>Eleocharis macrostachya</i>	Rime	Cyperaceae	Nativa
<i>Eleocharis pachycarpa</i>	Quilme	Cyperaceae	Nativa
<i>Equisetum bogotense</i>	Yerba del platero	Equisetaceae	Nativa
<i>Equisetum giganteum</i>	Canutillo	Equisetaceae	Nativa
<i>Phragmites australis</i>	Carrizo	Poaceae	Nativa
<i>Typha angustifolia</i>	Totora	Typhaceae	Nativa
<i>Nasturtium officinale</i>	Berro	Cruciferae	Nativa
<i>Rorippa chubutica</i>	Berro	Cruciferae	
<i>Paspalum vaginatum</i>	Chépica	Poaceae	
<i>Distichlis spicata</i>	Chépica brava	Poaceae	
<i>Arundo donax</i>	Caña	Poaceae	
<i>Cortaderia speciosa</i>	Cola de zorro	Poaceae	
<i>Potamogeton strictus</i>		Potamogetonaceae	Nativa
<i>Sarcocornia fruticosa</i>	Sosa	Chenopodiaceae	
<i>Melilotus alba</i>	Trevu blanco	Fabaceae	
<i>Cheilanthes mollis</i>	Doradilla	Adiantaceae	Nativa
<i>Cheilanthes glauca</i>		Adiantaceae	Nativa
<i>Adiantum chilense</i>	Palito negro	Adiantaceae	Nativa

ESPECIE	NOMBRE COMÚN	FAMILIA	ORIGEN
<i>Adiantum pearcei</i>		Adiantaceae	Nativa endémica
<i>Pellaea myrtillofolia</i>		Adiantaceae	Nativa endémica
<i>Asplenium triphyllum</i>		Aspleniaceae	Nativa
<i>Ludwigia peploides</i>		Onagraceae	Nativa
<i>Mimulus luteus</i>	Placa, Berro amarillo	Scrophulariaceae	Nativa
<i>Miriophyllum quitense</i>	Hierba del sapo	Haloragaceae	Nativa
<i>Zannichellia palustris</i>	Cachudita	Zannichelliaceae	Nativa

d.- Hierba anual:

ESPECIE	NOMBRE COMÚN	FAMILIA	ORIGEN
<i>Lemna minuta</i>	Lenteja de agua	Lemnaceae	Nativa
<i>Limosella australis</i>		Scrophulariaceae	Nativa

3.3. Aplicación del RQI ajustado en las estaciones de la cuenca del Río Elqui.

Se levantó información en varias salidas a terreno al área de estudio durante los meses de febrero a marzo del año 2015 (verano). En dichas ocasiones se procedió a la toma de fotografías, videos e identificación de características específicas en cada una de las 25 estaciones determinadas. Posteriormente la información levantada fue procesada y clasificada en el domicilio particular, la cual consistió principalmente en agrupar la información por río y estación específica, identificar las especies y atributos que denota el índice para mejorar la aplicación en términos de tiempo y objetividad.

Previo a la aplicación del índice RQI, se realizó una jornada de capacitación y/o inducción a los evaluadores (3 en total) para entregar información sobre el modelo metodológico que presentaba este índice y además estandarizar criterios al momento de la aplicación del instrumento. Dicha actividad se desarrolló el día 18 de octubre del año

2016. Una semana después, el día 25 de octubre del 2016, se desarrolló la aplicación del instrumento para las 25 estaciones seleccionadas, en donde los 3 evaluadores (Máximo Olivares, Niris Cortés y Osvaldo Miranda) aplicaron el índice RQI en dependencias de la Universidad Católica del Norte, apoyados del material fotográfico levantado anteriormente y expuesto a través de un proyector multimedia.

El cálculo de las valoraciones para cada una de las 7 preguntas dispuestas en el índice se realizó mediante el cálculo del promedio aritmético de las ponderaciones señaladas por cada uno de los evaluadores y que respondían a una escala de notas señalada previamente identificada.

Tabla N° 1: Valoración del índice RQI y calidad de las riberas según la condición ecológica de los atributos analizados, incluyendo las distintas alternativas de gestión recomendadas en cada caso.

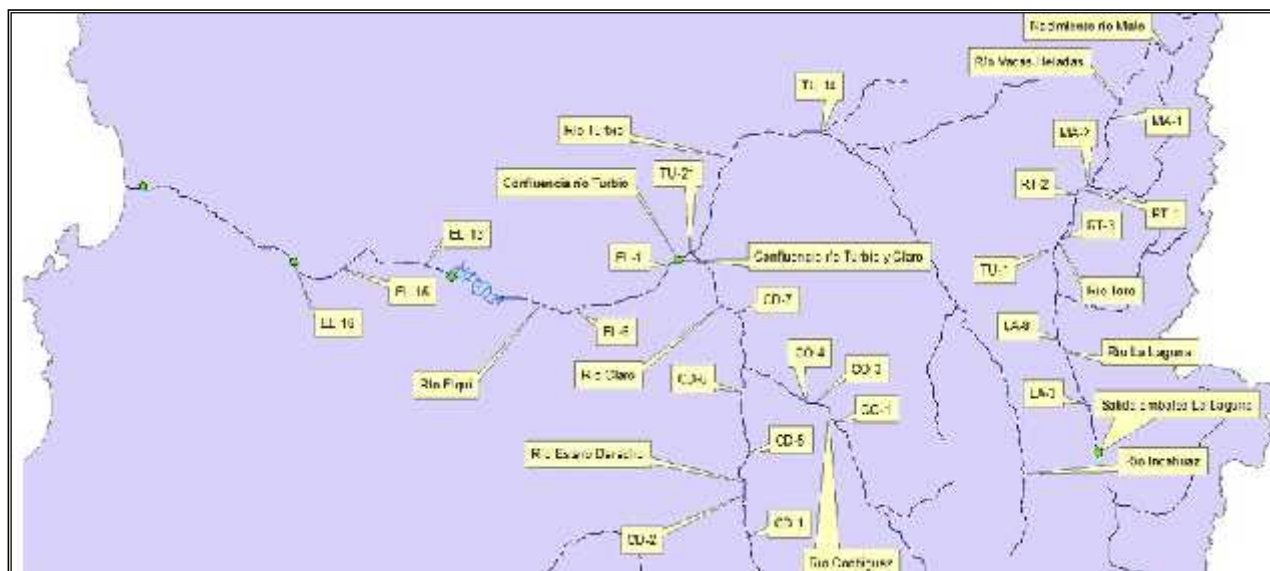
Valor del RQI	Estado de la ribera	Condición ecológica	Estrategias de gestión
120-100	Muy Bueno	Los atributos de las riberas no presentan amenazas en su funcionamiento, encontrándose en un estado de elevada naturalidad (máximo 3 atributos con una puntuación inferior al óptimo, correspondiente al estado "bueno").	Gran interés de conservación para mantener el estado actual y prevenir la alteración de las funciones ripariana.
99-80	Bueno	Al menos dos o tres atributos de las riberas están amenazados en su funcionamiento (máximo 3 atributos con una puntuación inferior, correspondiente al estado "regular").	Interés de protección para prevenir la alteración y mejorar la integridad de las funciones riparianas.
79-60	Regular	Al menos dos o tres atributos de las riberas están degradados en su funcionamiento y el resto tiene amenazas de degradación (máximo 3 atributos con una puntuación inferior, correspondiente al estado "malo").	Necesidad de restauración para asegurar la funcionalidad hidrológica y ecológica de las riberas.
59-40	Pobre	Más de tres atributos de las riberas están seriamente alterados en su funcionamiento y el resto también se encuentra degradado.	Necesidad de rehabilitación y restauración para recuperar la funcionalidad hidrológica y ecológica de las riberas.

39-10	Muy Pobre	Más de tres atributos de las riberas están muy degradados en su funcionamiento y el resto está también degradado.	Necesidad de rehabilitación y restauración para reintroducir la funcionalidad hidrológica y ecológica de las riberas o mejorar su situación actual respecto a su estado de máximo potencial.
-------	-----------	---	---

3.4. Análisis de la calidad ripariana de los ríos que conforman la cuenca del Elqui.

La calidad o estado ripariano fue evaluado mediante la aplicación del RQI en cada uno de los ríos de la cuenca, con el objeto de obtener información separada por curso de agua y por estación. Para el análisis se utilizaron las estaciones determinadas previamente.

Mapa Temático N°3: Estaciones de monitoreo y su ubicación espacial en la cuenca del Río Elqui.



Para el análisis de la información obtenida de la cuenca, el RQI plantea la valoración del atributo (referido a cada una de las 7 preguntas que establece la pauta de evaluación) y la valoración que recibe al calcular la media aritmética del total de los atributos; los cuales representan un estado específico de la cuenca. No obstante, para facilitar la apreciación de los datos obtenidos se propone relacionar cada estado a un símbolo con coloración específica (Verde, Amarilla o Rojo), y que para este caso es una flecha. Por cuanto a continuación se presenta el símbolo asociado al estado respectivo:

Valor Total	Estado de la ribera
↑ 100	Muy Bueno
↗ 80	Bueno
→ 60	Regular
↘ 40	Pobre
↓ 5	Muy Pobre

	Valor Atributo	Estado de la ribera		Valor Atributo	Estado de la ribera
Valle Tipo I	↑ 10	Optimo	Valle Tipo II, III; tras la orilla	↑ 4	Optimo
	↗ 7	Bueno		↗ 3	Bueno
	→ 4	Regular		→ 2	Regular
	↘ 1	Malo		↘ 1	Malo

3.5. Análisis de la ubicación espacial de las estaciones en relación a los aspectos que contempla el RQI.

Para analizar la ubicación espacial de las estaciones en relación a los aspectos que contempla el RQI, se utilizará el Análisis de Componentes Principales (ACP), en el programa Past.3 que es gratuito.

4. RESULTADOS

4.1 Análisis de la calidad ripariana por estaciones de monitoreo.

4.1.1. Estación CD-1, Río Claro Derecho. (Figuras N° 1a y 1b)

La valorización total para esta ribera es de 72, muy bueno, siendo el puntaje más alto de toda la cuenca, no siendo el más óptimo, ya que sólo responde a un estado bueno, ya que dos atributos se encuentran amenazados, “Composición y estructura de la vegetación ripariana” y “Regeneración natural de la vegetación ripariana (estrato arbóreo y arbustivo)”, ambos con un estado regular (con un puntaje de 8 y 9, respectivamente). Se aprecia que la intervención antrópica es casi nula. La vegetación presente es de tipo arbórea, dada principalmente por la presencia de sauces y especies vegetacionales del tipo de zarzales (mayores al 30%) y pocos individuos propios del sector, no obstante esta estación se encuentra inmersa en un corredor arbustivo denso, dando la apreciación de que las riberas se encuentra en un estado casi natural debido al nivel de intervención que presenta. El ancho del cauce facilita la circulación del agua y no se aprecian barreras o pretilos que impidan la inundación.

Si habría que destacar que la presencia de especies vegetacionales de diversas edades de maduración se encuentra amenazada la regeneración de las mismas por actividades de trashumancia producto del pastoreo de rumiantes menores (caprinos) y mayores (bovinos).

Las orillas son de muy baja altura respecto al nivel del lecho del cauce. Su suelo no presentan signos de compactación o sellado (impermeabilización), por cuanto la ausencia de rellenos, hace que el relieve de la ribera se aprecie en un estado natural, facilitando la infiltración y permeabilidad del suelo.

4.1.2. Estación CD-2, Río Claro Derecho. (Figuras N° 2a y 2b)

La valoración para este tramo es de bueno y destaca porque su dimensión en longitud y anchura del espacio ripariano natural con vegetación asociada al río es óptima. Para el resto de atributos tiende solo a estar en un estado bueno. Como se aprecia en las fotografías el corredor longitudinal presenta un bosque denso de especies arbustivas y arbóreas introducidas como nativas.

Se observan bosquetes adultos u maduros, con escasa representación de jóvenes o renuevos, su estructura y regeneración se observa moderadamente afectada por actividades recreativas asociadas en sector. El cauce claramente fue intervenido y la condición de las orillas ha sido moldeado para prevenir la inundación, ó bien, han agregado elementos rocosos para disminuir la velocidad del caudal, el caudal mismo o propiciar actividades humanas en el cauce.

La vegetación se caracteriza principalmente por ser del tipo funcional, con presencia de “cola de zorro”, “álamos” y vegetación esclerófila. El ancho de la ribera se encuentra moldeado por la presencia de un sector provisto de cemento, para desarrollar funciones del tipo recreativas.

En la ribera se observan senderos, zonas de reposo y espacios con relieve compactado para el paso de vehículos, como también han introducido tierra con granulometría diferente a la del sector, alterando moderadamente el sector, lo cual altera a su vez la infiltración y el establecimiento normal de funciones ecosistémicas claves.

4.1.3. Estación CD-5, Río Claro Derecho. (Figuras N° 3a y 3b)

En esta estación se encontró que la vegetación arbórea y arbustiva asociada al río aparece distribuida uniformemente, pero sin vegetación esclerófila, caracterizando el tramo la presencia de zarzas, especies introducidas (sauce llorón, v. gr.) en un largo trecho del sector, la cual principalmente ha sido modificada antrópicamente.

Claramente la intervención del hombre se ve reflejada en este tramo por la presencia de un camino compactado a metros de la orilla del cauce para el paso vehicular y/o peatonal, la presencia de drenes de casas instaladas aledañas al río; como también la presencia de piedras, pretilas, superficies de retención, que dificultan la inundación e infiltración de las aguas.

4.1.4. Estación CD-6, Río Claro. (Figuras N° 4^a y 4b)

La estación CD-6 junto con la siguiente CD-7, son las estaciones que tienen una valoración muy pobre para este río. En las fotografías se denota que la orilla del cauce ha sido intervenida en su totalidad, a través del encauzamiento del río, para el aprovechamiento de la superficie para el cultivo de viñedos.

Aun cuando se observan especies vegetacionales introducidas (Sauce chileno), su continuidad a lo largo del río es baja y de igual forma su extensión, que si bien la presencia de estos árboles o arbustos están presentes pero muy dispersos o en pequeños grupos, provocado por la presencia de caminos y zonas compactadas (previamente tuvo que existir un movimiento de tierra) e impermeabilizadas en ambos lados del río, por cuanto afecta la generación, regeneración y establecimiento de vegetación, como también disminuye los procesos de infiltración de agua. Lo que genera que la condición de la orilla se encuentre muy erosionada por la intervención del hombre en toda la llanura de inundación.

4.1.5. Estación CD-7, Río Claro. (Figuras N° 5a y 5b)

Al igual que la estación anterior, este presenta una valoración muy pobre. El ancho del cauce, que fue antrópicamente encauzado, junto con la escasa vegetación, predominada por arbustos; junto además a la presencia de cultivos y caminos, que limitan la continuidad longitudinal, transversal y la anchura del poblamiento vegetacional del sector, ya que su misma regeneración se ve amenazada por las prácticas agrícolas (uso de pesticidas y otros), quemadas periódicas, compactación del suelo y la generación de

obras hidráulicas de canalización principalmente, las cuales han modificado severamente el relieve natural de la ribera.

4.1.6. Estación CO-1, Río Cochiguaz. (Figuras N° 6a y 6b)

El valor del estado de la ribera es regular, y que si bien presenta en 4 de 7 atributos, continuidad longitudinal de vegetación, dimensiones en anchura del espacio ripariano, condición de las orillas y la permeabilidad de las orillas un estado óptimo; no alcanza para promediar una valoración muy buena.

Esta calificación se ve caracterizada principalmente por la baja presencia de antropización, sumado a la gran amplitud, continuidad y cobertura vegetacional asociada al cauce, el cual hace que el caudal sea uniforme y con sinuosidades naturales, no habiendo estancamientos y contando con una amplia superficie de inundación, no existiendo erosión en los bordes de las riberas.

4.1.7. Estación CO-3, Río Cochiguaz. (Figuras N° 7a y 7b)

El valor de funcionalidad es de 48 para esta estación, a lo que corresponde a una valoración pobre.

Esta valoración se ve fundamentada principalmente porque se encuentra circunscrita en un área que es utilizada como zona privada de camping. La vegetación y el cauce ha sido totalmente manipulada por el hombre, donde se aprecian visualmente las intervenciones artificiales, que impiden que el río aumente de manera natural.

Las orillas han sido intervenidas, de tal forma de aumentar el nivel de inundación, 2 a 3 veces mayor de lo normal asociado al río; existen diversas condiciones que alteran la velocidad del caudal y la retención de este mismo a través de la generación de obstáculos en forma de pretilos y/o represas artesanales con piedras y madera, junto además la remoción del relieve y la presencia de drenes para la eliminación de aguas servidas. Se observa que la infiltración de aguas es casi nula y la regeneración

vegetacional es nula debido al grado de intervención y manipulación antrópica que posee con los fines comerciales turísticos que direccionan el sector.

4.1.8. Estación CO-4, Río Cochiguaz. (Figuras N° 8ª y 8b)

El valor de funcionalidad es de 59 para esta estación, a lo que corresponde a una valoración pobre.

El tramo está caracterizado por tener una vegetación asociada al río y una cobertura superior al 50%, con lo cual existe una armonía en la anchura del espacio ripariano y la vegetación asociada al cauce. No existe actividad antrópica cercana que altere la ribera groseramente, por cuanto la continuidad vegetacional en la longitud del cauce no se ve gran parte amenazada.

La presencia de piedras dentro del cauce, dispuestas de forma aleatoria permite generar fluctuaciones que permite la retención de humedad, no apreciándose erosión de las orillas ni menos fenómenos de compactación, lo que implica que posee una gran amplitud de la zona inundable, favoreciendo la infiltración.

4.1.9. Estación EL-1, Río Elqui. (Figuras N° 9a y 9b)

El valor de funcionalidad es de 23 para esta estación, a lo que corresponde a una valoración muy pobre.

La condición ripariana en esta estación está caracterizada por presentar un área desprovista totalmente de vegetación, producto de la intervención del hombre, en su afán de mejorar el aspecto hidráulico del río, encauzando el lecho del río, haciendo movimiento de suelo, añadiendo ripios, generando pretilos para evitar la inundación de caminos aledaños; si bien no se estanca el cauce y presenta un ancho inundable de consideración, los atributos asociados con vegetación tienen una valoración mala, al no existir regeneración, cobertura y estructura vegetacional específica. No obstante, la conectividad lateral de la ribera con el cauce se mantiene.

4.1.10. Estación EL-6, Río Elqui. (Figuras N° 10a y 10b)

El valor de funcionalidad es de 9 para esta estación, a lo que corresponde a una valoración muy pobre.

El tramo que corresponde a esta estación se encuentra completamente intervenido. La frecuente intervención antrópica a través de maquinaria ha dejado el área desprovista de vegetación, alterando significativamente la presencia de estas a lo largo y ancho del cauce, modificando las orillas e impidiendo la conectividad lateral de la ribera con el mismo cauce.

4.1.11. Estación EL-13, Río Elqui. (Figuras N° 11a y 11b)

El valor de funcionalidad es de 51 para esta estación, a lo que corresponde a una valoración pobre.

Es un tramo caracterizado desde el punto de vista de sus atributos vegetacionales como bueno, ya que presenta cobertura vegetal uniforme a lo largo y ancho de la estructura ripariana y en donde su composición y riqueza se ve disminuida. Destaca la presencia de higuerillas y eucaliptus principalmente, además de cañaverales y especies arbustivas de menor tamaño, lo que sustenta su continuidad y amplitud en la estructura ripariana.

Su orilla se encuentra intervenida, no al punto de alterar su conectividad lateral, sino modifica la inundabilidad. Este tramo está caracterizado por tener establecidos caminos aledaños, puentes y estar circunscrito por un camping turístico alrededor, el cual posee diversos drenes que desembocan al cauce, alterando la vegetación en la orilla.

4.1.12. Estación EL-15, Río Elqui. (Figuras N° 12a y 12b)

El valor de funcionalidad es de 32 para esta estación, a lo que corresponde a una valoración muy pobre.

Este tramo no presenta una elevada intervención del hombre, sólo que se aprecia el tránsito de ganado equino, bovino y caprino principalmente.

No existe una estructura y composición vegetacional ripariana establecida, denotando solo formaciones arbustivas de bajo tamaño como la cola de zorro y el canutillo, entre otras, pero que estas no tienen relación con la longitud y anchura amplia del sector. Presenta una superficie de inundación amplia y superior a lo que se había observado anteriormente, pero el régimen del cauce se ve influenciado y modelado por el embalse que regula el caudal del mismo lecho, ubicado 20 a 30 km río arriba.

4.1.13. Estación EL-16, Río Elqui. (Figuras N° 13a y 13b)

El valor de funcionalidad es de 43 para esta estación, a lo que corresponde a una valoración pobre.

Este tramo presenta intervención del hombre, en el afán de generar canalizaciones del cauce con el fin de extraer agua para su posterior tratamiento y uso como agua potable. Por lo mismo no se aprecia un caudal alto, ya que la estación se encuentra bajo la zona de extracción de agua.

Existe una estructura y composición vegetacional ripariana establecida, que no se caracteriza por su abundancia y que además no se relaciona con el ancho de la estructura ripariana, ni menos con su longitud; pero que estas aun cuando no existiendo riqueza vegetacional, son funcionales a razón del cauce establecido. Además presenta una superficie de inundación amplia y superior a lo que se había observado anteriormente, pero el régimen del cauce se ve influenciado por la empresa sanitaria.

4.1.14. Estación MA-1, Río Malo. (Figuras N° 14a y 14b)

El valor de funcionalidad es de 17 para esta estación, a lo que corresponde a una valoración muy pobre.

Este tramo se encuentra en su mayoría desprovisto de vegetación y la existente es la relacionada al tipo esclerófila normal en bofedales alto andinos. El cauce del río como su estructura ripariana ha sido modificado y encauzado por el hombre provisto de maquinaria, lo cual ha posibilitado la desnudez del suelo en esta estación en una gran dimensión.

4.1.15. Estación MA-2, Río Malo. (Figuras N° 15a y 15b)

El valor de funcionalidad es de 25 para esta estación, a lo que corresponde a una valoración muy pobre.

Esta estación tiene una baja cobertura y riqueza vegetal, lo que atenta en su dispersión a lo largo y ancho del corredor ripariano. Las orillas presentan una baja intervención pero si posee signos de erosión, lo que no atañe su conectividad lateral.

El tramo tiene una escorrentía normal, sin estancamientos, pero poca superficie de inundación, debido a que el valle donde se encuentra establecido está muy encajonado y presente fuertes pendientes.

4.1.16. Estación RT-1, Río Toro. (Figuras N° 16a y 16b)

El valor de funcionalidad es de 14 para esta estación, a lo que corresponde a una valoración muy pobre.

Esta estación se encuentra totalmente intervenida, no existe vegetación asociada al cauce o al corredor ripariano. La intervención antrópica fue fuerte, canalizando y limitando el cauce del río, moviendo tierras que generaron una gran erosión al suelo y sus orillas.

4.1.17. Estación RT-2, Río Toro. (Figuras N° 17a y 17b)

El valor de funcionalidad es de 29 para esta estación, a lo que corresponde a una valoración muy pobre.

Este tramo se encuentra con vegetación y la existente es la relacionada al tipo esclerófila normal en bofedales alto andinos. No presenta un alto porcentaje de cobertura, ni se relaciona con el ancho del corredor ripariano, el cual es angosto por la estructura morfológica del sector.

Sumado al encajonamiento natural por donde recorre el río, el establecimiento de un camino vehicular a lo largo de este río, actúa como una barrera para la generación/regeneración de la vegetación asociada al cauce.

4.1.18. Estación RT-3, Río Toro. (Figuras N° 18a y 18b)

El valor de funcionalidad es de 48 para esta estación, a lo que corresponde a una valoración pobre.

Si bien y en comparación a las otras estaciones en este mismo río, la actual presenta mayor cobertura vegetal longitudinal, pero solo en una sola ribera, debido a que la otra se encuentra erosionado producto del establecimiento de un camino vehicular.

La cobertura y estructura vegetal característica es asociada al tipo arbustiva similar a bofedal alto andino con vegetación esclerófila y compacta a baja altura, pero que ocupa el 50% espacio ripariano por lo mínimo.

La condición de las orillas y su conectividad lateral son los que le permite la regeneración vegetal en la estación, permitiendo que el suelo se encuentre en un estado regular pero que permita solventar algunas funciones ecosistémicas necesarias para garantizar la calidad del corredor ripariano.

4.1.19. Estación TU-1, Río Turbio. (Figuras N° 19a y 19b)

El valor de funcionalidad es de 43 para esta estación, a lo que corresponde a una valoración pobre.

Caracterizado por un valle muy encajonado, donde el espacio ripariano es bastante angosto y presenta una alta intervención antrópica al encauzar el tránsito del río, por obras hidráulicas, generación de pretilos y movimientos de tierra en general.

La vegetación presente tanto longitudinal como transversal es asociada al tipo arbustiva semejante al del tipo bofedal en algunos tramos, compacta y de baja altura. La capacidad de generar y solventar funciones ecosistémicas son reducidas, ya que no existen los espacios necesarios para la regeneración vegetacional.

4.1.20. Estación TU-14, Río Turbio. (Figuras N° 20a y 20b)

El valor de funcionalidad es de 35 para esta estación, a lo que corresponde a una valoración muy pobre.

Se puede observar que los atributos medidos referidos a la ribera están altamente degradados, producto de la existencia de caminos, compactación del suelo y estructuras formadas para encauzar el lecho del río y evitar el desborde. La vegetación ha sido removida indiscriminadamente.

Además se observa la instalación de industrias de packing de frutas en uno de sus costados y de otros servicios agrícolas. Se encuentran dentro de la ribera un grupo de viviendas sociales, las cuales eliminan sus riles domésticos al río, deformando la tipología de biota asociada al sector.

4.1.21. Estación TU-21, Río Turbio. (Figuras N° 21a y 21b)

El valor de funcionalidad es de 44 para esta estación, a lo que corresponde a una valoración pobre.

Se puede observar que los atributos medidos referidos a la ribera están altamente degradados, producto de la existencia de caminos, compactación del suelo y estructuras formadas para encauzar el lecho del río y evitar el desborde. No obstante la vegetación longitudinal es denso y cubre a lo menos el 75% del corredor.

Junto además se observa la instalación de industrias de packing y secado de frutas en uno de sus costados y de otros servicios agrícolas.

4.1.22. Estación VH-1, Río Vacas Heladas. (Figuras N° 22a y 22b)

El valor de funcionalidad es de 29 para esta estación, a lo que corresponde a una valoración muy pobre.

Este tramo se encuentra en su mayoría desprovisto de vegetación y la existente es la relacionada al tipo esclerófila normal en bofedales alto andinos. El cauce del río como su estructura ripariana ha sido modificado y encauzado por el hombre provisto de maquinaria, lo cual ha posibilitado la desnudez del suelo en esta estación en una gran dimensión.

El tramo tiene una escorrentía normal, sin estancamientos, pero poca superficie de inundación, debido a que el valle donde se encuentra establecido está muy encajonado y presente fuertes pendientes.

4.1.23. Estación VH-2, Río Vacas Heladas. (Figuras N° 23a y 23b)

El valor de funcionalidad es de 29 para esta estación, a lo que corresponde a una valoración muy pobre.

Este tramo se encuentra en su mayoría desprovisto de vegetación y la existente es la relacionada al tipo esclerófila normal en bofedales alto andinos. El cauce del río como su estructura ripariana ha sido modificado y encauzado por el hombre provisto de

maquinaria, lo cual ha posibilitado la desnudez del suelo en esta estación en una gran dimensión.

El tramo tiene una esorrentía normal, sin estancamientos, pero poca superficie de inundación, debido a que el valle donde se encuentra establecido está muy encajonado y presente fuertes pendientes.

4.1.24. Estación LA-3, Río La Laguna. (Figuras N° 24a y 24b)

El valor de funcionalidad es de 52 para esta estación, a lo que corresponde a una valoración pobre.

En esta estación se encontró que la vegetación arbórea y arbustiva asociada al río aparece distribuida uniformemente, pero sin vegetación esclerófila, caracterizando el tramo la presencia de zarzas, algunas especies introducidas en un largo trecho del sector, la cual principalmente ha sido modificada antrópicamente, producto de la construcción del corredor bi-oceánico.

Claramente la intervención del hombre se ve reflejada en este tramo por la presencia de un camino compactado a metros de la orilla del cauce para el paso vehicular; como también la presencia de piedras, pretilas, superficies de retención, que dificultan la inundación e infiltración de las aguas.

4.1.25. Estación LA-8, Río La Laguna. (Figuras N° 25a y 25b)

El valor de funcionalidad es de 52 para esta estación, a lo que corresponde a una valoración pobre.

En esta estación se encontró que la vegetación arbórea y arbustiva asociada al río aparece distribuida uniformemente, pero sin vegetación esclerófila, caracterizando el tramo la presencia de zarzas, algunas especies introducidas en un largo trecho del sector, la cual principalmente ha sido modificada antrópicamente, producto de la construcción del corredor bi-oceánico.

Claramente la intervención del hombre se ve reflejada en este tramo por la presencia de un camino compactado a metros de la orilla del cauce para el paso vehicular; como también la presencia de piedras, pretilas, superficies de retención, que dificultan la inundación e infiltración de las aguas.

4.2. Cuadro resumen del análisis de la calidad ripariana por estaciones de monitoreo:

En el siguiente cuadro se muestra a modo de resumen el estado de las riberas de los diferentes cursos de agua en la cuenca del Río Elqui:

Río de la cuenca Elqui, región de Coquimbo, Chile	Estación DGA	Tipo de Valle	PREGUNTAS / ITEMS								Valorización Total	Estado de la Ribera
			1	2	3		4	5	6	7		
					Orilla	Tras orilla						
Río Claro Derecho	CD-1	I	↑ 11	↑ 11	↓ 8	N.A.	↓ 9	↑ 10	↑ 11	↑ 12	↓ 72	REGULAR
	CD-2		↑ 11	↑ 11	↓ 7	N.A.	↓ 5	↓ 7	↓ 9	↓ 8	↓ 58	POBRE
	CD-5		↓ 9	↓ 9	↓ 4	N.A.	↓ 6	↓ 6	↓ 9	↓ 7	↓ 50	POBRE
Río Claro	CD-6	II	↓ 5	↓ 4	↓ 3	↓ 1	↓ 5	↓ 3	↓ 5	↓ 2	↓ 28	MUY POBRE
	CD-7		↓ 2	↓ 2	↓ 2	↓ 2	↓ 3	↓ 2	↓ 2	↓ 2	↓ 17	
Río Cochiguaz	CO-1	I	↑ 11	↑ 11	↓ 9	N.A.	↓ 9	↑ 10	↓ 9	↑ 10	↓ 69	REGULAR
	CO-3		↓ 9	↓ 9	↓ 7	N.A.	↓ 4	↓ 6	↓ 7	↓ 6	↓ 48	POBRE
	CO-4		↓ 9	↑ 10	↓ 7	N.A.	↓ 8	↓ 8	↓ 8	↓ 9	↓ 59	POBRE
Río Elqui	EL-1	III	↓ 2	↓ 2	↓ 1	↓ 1	↓ 1	↓ 2	↑ 11	↓ 3	↓ 23	MUY POBRE
	EL-6		↓ 1	↓ 1	↓ 1	↓ 1	↓ 1	↓ 1	↓ 2	↓ 1	↓ 9	
	EL-13		↓ 9	↓ 8	↓ 4	↑ 3	↓ 7	↓ 7	↓ 7	↓ 6	↓ 51	POBRE
	EL-15		↓ 4	↓ 4	↓ 2	↓ 2	↓ 5	↓ 4	↓ 7	↓ 4	↓ 32	MUY POBRE
	EL-16		↓ 6	↓ 7	↓ 3	↓ 2	↓ 7	↓ 5	↓ 8	↓ 5	↓ 43	POBRE
Río Malo	MA-1	I	↓ 1	↓ 1	↓ 1	N.A.	↓ 1	↓ 1	↓ 9	↓ 3	↓ 17	MUY POBRE
	MA-2		↓ 2	↓ 3	↓ 1	N.A.	↓ 2	↓ 2	↓ 8	↓ 7	↓ 25	
Río Toro	RT-1	I	↓ 1	↓ 1	↓ 1	N.A.	↓ 1	↓ 1	↓ 6	↓ 3	↓ 14	POBRE
	RT-2		↓ 5	↓ 6	↓ 3	N.A.	↓ 2	↓ 2	↓ 7	↓ 4	↓ 29	
	RT-3		↓ 6	↓ 7	↓ 7	N.A.	↓ 7	↓ 7	↓ 6	↓ 8	↓ 48	
Río Turbio	TU-1	I	↓ 6	↓ 7	↓ 7	N.A.	↓ 5	↓ 6	↓ 6	↓ 6	↓ 43	MUY POBRE
	TU-14	II	↓ 5	↓ 4	↓ 4	↓ 2	↓ 4	↓ 5	↓ 7	↓ 4	↓ 35	
	TU-21		↓ 7	↓ 7	↓ 4	↑ 3	↓ 5	↓ 5	↓ 7	↓ 6	↓ 44	
Río Vacas Heladas	VH-1	I	↓ 2	↓ 4	↓ 3	N.A.	↓ 3	↓ 2	↓ 8	↓ 7	↓ 29	MUY POBRE
	VH-2		↓ 2	↓ 4	↓ 4	N.A.	↓ 3	↓ 2	↓ 8	↓ 6	↓ 29	
Río La Laguna	LA-3	I	↓ 8	↓ 8	↓ 8	N.A.	↓ 8	↓ 7	↓ 7	↓ 6	↓ 52	POBRE
	LA-8		↓ 8	↓ 8	↓ 8	N.A.	↓ 8	↓ 7	↓ 7	↓ 6	↓ 52	

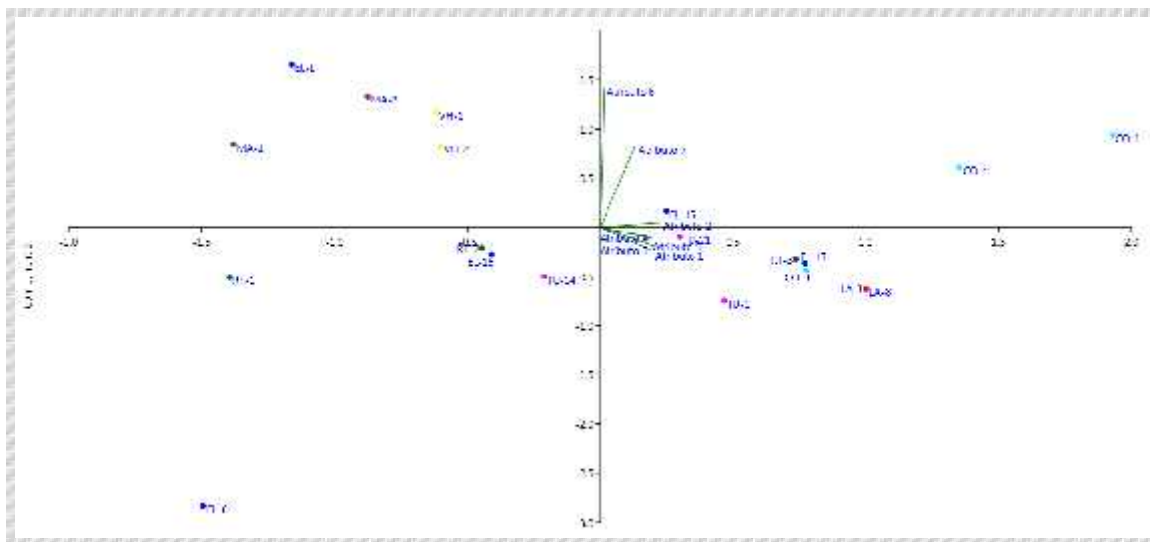
Fuente: Elaboración propia.

Se puede observar que los ríos que presentan la mayor puntuación, aun cuando su estado es sólo regular, corresponde a ríos Claro Derecho y Cochiguaz, los cuales son cabeceras fundamentales en la cuenca del Elqui. Además se puede acotar que la estación ubicada en el río Claro Derecho se encuentra ubicada muy cerca del Santuario de la Naturaleza Estero Derecho, por cuanto era de esperarse que existe una intención de cuidar el sector de sobre manera y eso explica que tenga 5 de 7 atributos valorados de buena manera.

Por otro lado se aprecia que tienen un estado muy pobre los ríos: Claro, Elqui en general en su parte alta y en EL-15, Malo y Toro, Turbio (TU-14) y Vacas Heladas. Y que puedo desprender que en las estaciones involucradas en los ríos Claro y Elqui (parte alta) concentran diversos asentamientos humanos, una fuerte intervención agrícola, el turismo y actividades recreativas sobre la misma ribera, los cuales inciden directamente en la valoración y bajo puntaje en los atributos que se buscaba resaltar.

4.3. Análisis de la ubicación espacial de las estaciones en relación a los aspectos que contempla el RQI.

Figura N° 1: Ubicación espacial de las estaciones utilizando Análisis de Componentes Principales (ACP).



Atributo 1:	Continuidad longitudinal de la vegetación ripariana natural.
Atributo 2:	Dimensiones en anchura del espacio ripariano con vegetación natural asociada al río.
Atributo 3:	Composición y estructura de la vegetación ripariana.
Atributo 4:	Regeneración natural de la vegetación ripariana.
Atributo 5:	Condición de las orillas.
Atributo 6:	Conectividad lateral de la ribera con el cauce.
Atributo 7:	Permeabilidad y grado de alteración del relieve y suelo ripariano.

Según lo que se aprecia en la Figura N°1, este busca ver el comportamiento de las 25 estaciones de monitoreo y su relación con los 7 atributos, por cuanto las estaciones que se encuentran dentro de un mismo cuadrante tienen resultados similares en cuanto al estado de ribera que arroja el índice, ya que si se observan individualmente las

estaciones tienen condiciones similares, como se aprecia con las estaciones VH-1 y VH-2, MA-1 y MA-2, CO-1 y CO-4, RT-1 y RT-2.

Por otro lado, presenta resultados distintos en cuanto al estado de ribera las estaciones EL-13, EL-16, EL -15 y EL-6, por lo que la relación de estas estaciones con los atributos analizados son diferentes.

En el siguiente cuadro se muestra para comprender que considerando sólo los cinco primeros atributos, estos explican el 99.11% y considerando sólo los dos primeros atributos, estos explican el 90.55%, de la evaluación del RQI a través de los datos obtenidos.

Atributo	Eigenvalue	% variance
1	41.5949	83.502
2	3.5093	7.0449
3	1.86965	3.7533
4	1.35477	2.7197
5	1.04061	2.089
6	0.391054	0.78504
7	0.0528322	0.10606

<

5. DISCUSIÓN

“La aplicación del Índice de Calidad de Ribera (RQI) es una herramienta de gestión útil para la valoración ecológica de las riberas y en la identificación de problemas existentes en la cuenca del Río Elqui”, hipótesis de este trabajo de tesis, no señala una mirada a tener en cuenta, siempre y cuando sepamos identificar las intervenciones antrópicas que se encuentran presentes a lo largo de la cuenca del Elqui. La DGA, a través del Plan Maestro Hídrico (2013) para esta cuenca nos señala una serie de caracterizaciones que nos permite darnos cuenta de las alteraciones al paisaje riberiano. Dichas intervenciones y sólo por nombrar algunas son la presencia de bocatomas asociados a los Sistemas de Agua Potable Rural (APR), sistemas de canales pertenecientes a la Junta de Vigilancia del río Elqui, encauzamientos, generación de pretilos y similares realizados por la Dirección de Obras Hidráulicas (DOH) y Ministerio de Obras Públicas (MOP), asentamientos humanos que al no tener sistemas de alcantarillados consolidados tienen provistos sistemas de drenes que evacúan directamente en el lecho del río, diversos sistemas productivos agropecuarios en la ribera del río a lo largo de toda su extensión, dos sistemas de embalsamiento de agua, la ruta D-41 que atraviesa por gran parte de la cuenca y en específico sobre la estructura ripariana, entre otras.

Por cuanto, identificar los problemas existentes en la cuenca del Río Elqui, nos permite establecer un marco teórico para aplicar este instrumento que permitiría ser una herramienta de gestión útil para la valoración de las riberas y generar las acciones respectivas que permitan la conservación, protección, restauración y/o rehabilitación de la funcionalidad hidrológica y ecológica de las riberas, mejorando su situación actual respecto a su estado de máximo potencial. Esta conceptualización se condice con lo referido a la creciente presión producida por las actividades antrópicas que intensificará

la fragmentación de las áreas silvestres y la pérdida de biodiversidad en el futuro (Jorquera-Jaramillo, et al. 2012).

5.1.- Índice de Calidad Ripariana y su ajuste.

Proponer el uso, ajustarlo a la realidad local y aplicarlo en cualquier cuenca de nuestro país, hace denotar un problema complejo, ya que el territorio en sí cuenta con una amplia variedad de ecosistemas o de unidades de paisajes. Este simple hecho abre una ventana para que exista un estímulo hacia la importancia de poder aplicar este tipo de índices, para determinar daños físicos y morfológicos en la estructura ripariana.

Aun cuando la caracterización física y biológica de los ríos es de gran relevancia, se reconoce su debilidad para registrar los cambios temporales, por lo que se incentiva a aplicar índices que permitan integrar los componentes y parámetros que definan y determinen los ecosistemas (Bonada *et al.*, 2006).

Las formaciones vegetacionales de la cuenca del Elqui son complejas, debido a las variaciones de factores ecoclimáticos, topográficos y altitudinales (Cepeda *et al.*, 2008; Squeo *et al.*, 2001). Aun cuando la cuenca cuenta con una variada flora, existen pocos estudios relacionados con esta área, existiendo casi nulo conocimiento con lo que respecta a la identificación de especies vegetacionales funcionales (Squeo *et al.*, 2001). Este factor hizo dificultoso el ajuste y aplicación de RQI, aunque basándome en estudios preliminares se pudo levantar la información específica para poder adaptar el índice a las características de la cuenca en sus diferentes subcuencas. La importancia en que reside el tipo de vegetación dentro del RQI es innegable, pero es necesario que el evaluador pueda distinguir entre especies nativas, introducidas, funcionales o no, es necesario si o si poseer de una guía visual que permita direccionar al evaluador.

Por consiguiente para la aplicabilidad del RQI es necesario conocer toda la información técnica y morfológica con anterioridad para evaluar y permitir una correcta aplicación, que permitan una integración de las variables de la cuenca.

Al analizar estadísticamente los 7 atributos del RQI por separado y las ubicaciones de las 25 estaciones de monitoreo, estos se reflejan y relacionan con los estados de ribera, coincidiéndose con los resultados obtenidos; porque las estaciones ubicadas en un mismo cuadrante tienen similares características referidas a su condición de ribera.

5.2.- Estaciones de Monitoreo.

Las NSCA 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 anteriormente descrito, para los efectos de fiscalización y desarrollo, estas mismas definen áreas de vigilancia en los diversos cauces a lo largo y ancho de la cuenca.

El número y ubicación de las estaciones determinadas para la evaluación, permiten tener una visión simple de la cuenca, ya que representan tramos homogéneos de vegetación/paisaje y pueden permitir la gestión de dichos tramos.

5.3.- Funcionalidad ecológica por estaciones.

El suministro de agua como servicio ecosistémico depende casi exclusivamente de la cuenca hidrográfica, además el equilibrio ecológico que se establece dentro del ecosistema ribereño hace que cada uno de los elementos que intervienen en él se

relacionan, permitiendo regular y desarrollar otros distintos servicios. Por cuanto, la estructura, funcionamiento y estado de conservación que presenta la cuenca determinarán en qué medida se presenta la provisión de los distintos servicios (Little *et al.*, 2009). Las zonas riparianas son buena fuente de provisión de agua, más en esta zona geográfica en donde el abastecimiento depende casi exclusivamente del caudal que contiene la cuenca, además provee un valor paisajístico y turístico, junto además de presentar funciones ecológicas como corredores biológicos y sustentadores de la biodiversidad, este último motivo clave para la protección que motiven la generación de estrategias de gestión y manejo, para dar un uso más eficiente y racional de los servicios ecosistémicos involucrados (Fernández *et al.*, 2009).

Gran parte de la cuenca en sus estaciones de monitoreos presentan valores bajos de funcionalidad, los cuales se caracterizan por estar altamente intervenidos. Estas intervenciones se encuentran dadas por diversas actividades que se practican a la par con la cuenca y su ribera; una de ellas es la actividad turística, dado por zonas de camping en donde los dueños de dichos lugares alteran los cursos de agua para dar paso a sitios de baño, o bien, sitios para pernoctar al aire libre o situando infraestructura habitacional.

Otra importante actividades que se visualiza es el trabajo hidráulico que se realiza a través del MOP, DGA, DOH, Asociación de canalistas y Junta de Vigilancia, los cuales intervienen los cauces y sus riberas para mejorar el usufructo del recurso y el acceso a este mismo, estableciendo caminos, encauzando el río a través de la generación de pretilos, lo que trae consigo el descepado de vegetación, disminuyendo la funcionalidad.

Uno de los rubros más potentes que tiene este valle es la actividad agropecuaria, dado por la industria de la vid para mostos de pisco y vino como también de uva de exportación, papayas y otros frutos. Por otro lado, se aprecia el establecimiento de pequeñas producciones pecuarias, dadas por ganadería mayor y menor, pero al ser

caracterizado por su trashumancia, conlleva el deterioro del suelo por el tránsito y el daño de especies vegetacionales de buen contenido nutricional, como efecto del ramoneo.

Finalmente, sólo dos estaciones tuvieron valores más altos de funcionalidad (CD-1 y CO-1), estaciones que se encuentran en sectores alejados de la actividad humana, por cuanto, hace que sean poco intervenidas y donde existe una voluntad de la autoridad pública y privada de conservar o preservar. En otra cabecera de la cuenca dado por los ríos Turbio, El Toro, Malo y Vacas Heladas, presentan un estado pobre y muy pobre, esta característica se da por los efectos de la actividad minera (aurífera) desarrollada hace 3 décadas atrás. Y la cabecera dada por el río La Laguna es pobre, dado principalmente al tránsito de personas desde Argentina a Chile y viceversa, y trabajos en el camino conforme a la generación del corredor bioceánico.

5.4.- Gestión Ambiental en la ribera de la cuenca.

Sin lugar a dudas esta propuesta de estudio nos muestra un rudimentario apronte para dar a conocer la importancia del estado ecológico de las riberas y manifestar que a la fecha de la toma de datos el estado deteriorado de la cuenca se aprecia por sí sólo. Por cuanto es menester propio de hacer un llamado a la incorporación de elementos de la ribera en los sistemas de gestión tanto terrestres como acuáticos, como lo son el mejorar las condiciones de evaluación de impactos sobre la ribera en las DIA y EIA.

Uno de los principales motivos para estimular la Gestión Ambiental en cualquier cuenca hidrográfica, debiera ser el proponer incentivos para la restauración y/o conservación de los ecosistemas asociados al binomio cuenca-ribera, que incluyan bonificaciones y/o exención de impuestos (Kosoy *et al.*, 2007) y constituyan un impulso para las empresas

del rubro agrícola principalmente que ocupan gran parte de la superficie de las riberas para desarrollar sus actividades productivas y que desean acreditar y certificarse ambientalmente, o bien, constituirse como sólo un estímulo para motivar la conservación de los ecosistemas ribereños en las zonas rurales. No obstante, para la realización de esta u otra iniciativas que propendan la Gestión del recurso, es fundamental que existan estudios que avalen y caractericen la vegetación asociada a la ribera, la dinámica de regeneración y propagación de las especies vegetales, para una eficiente generación de actividades que permitan la recuperación y restauración de los ecosistemas señalando tajantemente su estado en tiempo y lugar de sus diversos componentes biológicos.

Uno de los escollos que presenta la actual legislación, es la determinación de los anchos establecidos en el Reglamento de Suelo, Aguas y Humedales de la Ley de Bosque Nativo 20.283 (Art. Nro.8) no son los más adecuados. Para lo cual habría que estudiar los efectos que podrían originarse al aumentar o disminuir los anchos de las zonas de protección, como también sobre la restauración en las cabeceras de cuencas, ya que estas regulan naturalmente los recursos hídricos (Forget *et al.*, 2013) y que para en este caso específico, las cabeceras de esta cuenca tienen dentro del total el mejor estado evaluado, que es regular, y que denota una idea de asegurar la funcionalidad hidrológica y ecológica de la ribera mediante la restauración.

El hecho de mejorar y robustecer la actual legislación nacional para generar herramientas que permitan el desarrollo de mecanismos de conservación y restauración realmente efectivos, es y debe ser el objetivo central para el desarrollo de planes, políticas y programas de protección y restauración ecológica en los espacios riparianos, que propendan una extensión apropiada de las cubiertas vegetales en toda la longitud de la cuenca, en especial de sus cabeceras, para asegurar el equilibrio dinámico que la cuenca pueda aportar y pueda ser aprovechado en tiempo (Mintegui y Robredo, 1994) y que es complementada la idea con propuestas como las realizadas para la cuenca del Río

Maipo por Peredo-Parada *et al.*, 2011, que comentan sobre la caracterización eco-hidrológica de los ríos chilenos.

El fin principal de asegurar la protección y restauración de la vegetación aledaña a los cursos de agua, a través de un mayor ancho en las zonas de protección ribereña, resultará en una menor cantidad de sedimentos transportados, aumentando y mejorando la provisión de agua de calidad para el consumo de agua (Mintegui y Robredo, 1994).

La creación de una política pública que se le encomiende velar por la integridad de los ecosistemas de ribera, dado principalmente por los bienes y servicios que origina para el bienestar de los sistemas naturales en general y que incluye al ser humano es un pilar fundamental que se debe dar. Quizás en un futuro mediano el Servicio de la Biodiversidad debería mediar tales iniciativas que propenden a la Gestión Integral de la Cuenca y que no se visualice sólo como un bien de consumo humano, sino como un soporte del ecosistema para todos sus componentes y que en base a la restauración, conservación y/o protección permita sostener en el tiempo servicios ambientales que presta la cuenca.

En el caso de en específico de la cuenca del Río Elqui, se pudo apreciar que existen diversos asentamientos humanos que viven o dependen de la cuenca, tanto para su propio abastecimiento de agua como para la generación de empleos asociados a actividades agropecuarias; por cuanto resulta fundamental la asistencia técnica y capacitación específica que vaya a mejorar sus prácticas productivas y ser imperante en el deseo de prohibir cualquier actividad productiva que vaya en desmedro de los cuerpos y cursos de agua, promoviendo las actividades que no vayan a menoscabar las alteraciones del cauce, fragmentación de la vegetación asociada a la ribera tanto longitudinal como transversal, la interrupción de las interacciones ecológicas y todo por

cuanto que pueda alterar el entorno del ecosistema ripariano asociado (Gualdoni *et al.*, 2011).

Sin lugar a dudas este estudio muestra como un primer apronte a la importancia de las zonas riparianas en el ecosistema acuático y terrestre, y el deteriorado estado ecológico en el cual se encuentran en la cuenca del río Elqui. Se hace necesario entonces incorporar elementos de la zona ripariana en los sistemas de gestión y conservación de los ecosistemas de estas características. Entre los mecanismos a utilizar para conservar las zonas riparianas se encuentra el mejorar las condiciones de evaluación de impactos sobre la zona ripariana en las Declaraciones de Impacto Ambiental (DIA), así como el incorporar las zonas riparianas como una “especie objetivo”, apuntando a la necesidad de considerar la generación de caudales de crecida que permita que la zona ripariana pueda cumplir las funciones ambientales descritas, para que el régimen sea lo más natural posible, tanto en forma como en magnitud, respetando los periodos de estiaje y de crecidas, según lo expuesto por Poff *et al.* (1997) en su publicación conocida como el paradigma del régimen natural de caudales.

6. CONCLUSIONES

Evaluar la calidad de la ribera de la cuenca del Río Elqui, mediante la aplicación del RQI, es una herramienta útil para la gestión y valoración del estado ripariano, ya que permite identificar los problemas existentes, mediante la descripción ambiental del área de estudio, lo que hace reconocer las particularidades que presenta la cuenca al momento de ajustar el RQI, especialmente al incorporar las especies vegetacionales en su estructura y riqueza.

Los resultados del presente estudio muestran que el nivel de intervención antrópica en la ribera de la cuenca del Río Elqui es elevado, siendo las extracciones por bocatomas y/o infraestructura hidráulica, extracciones de áridos, agricultura y actividades turístico/recreativas asociadas directamente a la ribera son las que generan mayor impacto sobre esta.

En general los tramos de la NSCA, dados por las estaciones de monitoreo de la DGA ubicadas en las cabeceras de la cuenca son los que presentan mejor estado ecológico (CD-1 y CO-1), mientras que los tramos de zonas medias y bajas presentan mayores niveles de intervención, dados por las actividades agrícolas, mineras, hidráulicas y recreativas asociadas como las principales amenazas, y por lo tanto hacen q se presente un estado ecológico de baja calidad.

La cantidad de puntos evaluados (25) y la realización de una única campaña de terreno impiden obtener resultados significativos, no obstante, es posible observar tendencias en el comportamiento de los indicadores/atributos, por cuanto podría validar el estado ecológico de las zonas ribereñas analizadas.

La aplicación de RQI resultó ser sencilla y rápida, no obstante, se debe conocer con anterioridad la riqueza vegetal presente a lo largo y ancho de la cuenca, como también caracterizar la diversidad de ecosistemas asociados a climas mediterráneo y bofedales/altiplánicos. Para lo cual recomiendo realizar un ajuste por altitud, ya que la vegetación leñosa en altitudes elevadas asociada a la ribera es reducida, pero no por eso de un bajo estado ecológico.

7. BIBLIOGRAFÍA

- Allan J. 2004. Landscapes and Riverscapes: The influence of Land use on Stream Ecosystems. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics* 35:257-284.

- 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.

- 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.

- Burbrink, F.T., Phillips, C.A., Heske, E.J. 1998. A riparian zone in southern Illinois as a potential dispersal corridor for reptiles and amphibians. *Biol. Conserv.*, 86: 107-115.

- Cepeda, J., Cabezas, R., Robles, M., Zavala, M. 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.

- CONAMA. Anteproyecto de Norma Secundaria de Calidad Ambiental para la protección de las aguas continentales superficiales de la cuenca del río Elqui.

- DGA. 2013. *Diagnóstico Plan Maestro para la Gestión de Recursos Hídricos, Región de Coquimbo*.

- Fernández, L., Rau, J., Arriagada, A.. 2009. Calidad de la vegetación ribereña del río Maullín (41° 28' S; 72° 59' O) utilizando el índice QBR. *Gayana Botánica* 66(2): 269-278.
- Figueroa, R.; C. Valdovinos, E. Araya, & O. Parra. 2003. Macroinvertebrados bentónicos como indicadores de calidad de agua del sur de Chile. *Rev. Chilena Hist. Nat.* 76:275-285.
- Forget G, Carreau C, D Le Coeur, Bernez I. 2013. Ecological Restoration of headwaters in a rural landscape: a passive approach taking hedge networks into account for riparian tree recruitment. *Restoration Ecology* 21(1): 96-104.
- Gardali, T., Holmes, A.L., Small, S.L., Nur, N., Geupel, G.R., Golet, G.H. 2006. Abundance patterns of landbirds in restored and remnant riparian forests on the Sacramento River, California, USA. *Restoration Ecology* 14:391–403.
- González del Tánago, M. y García de Jalón, D. 2006. Caracterización jerárquica de los ríos españoles. Propuesta de tipología de tramos fluviales para su clasificación atendiendo a la directiva marco del agua. *Limnetica*, 25, (3-4): 81-98.
- González del Tánago, M., García de Jalón., Lara, F., Garilleti, R. 2006. Índice RQI para la valoración de las riberas fluviales en el contexto de la directiva marco del agua. *Ingeniería Civil*, 143:97-108.
- Gregory SV, Swanson FJ, McKee WA. 1991. An ecosystem perspective of riparian zones. *BioScience* 40:540–551.
- Gualdoni, C., Duarte, C., Medeo, E. 2011. Estado ecológico de dos arroyos serranos al sur de Córdoba, Argentina. *Ecología Austral* 21(2): 149-162.

- Guevara, G., Reinoso, G., García, J.E., Franco, L.M., García, L.J., Yara, D.C., Briñez, N., Ocampo, M., Quintana, M.I., Pava, D.Y., Flórez, N.Y., Ávila, M.F., Hernández, E.E., Lozano, L.A., Guapucal, M., Borrero, D.A., Olaya, E.J. 2008. Aportes para el análisis de ecosistemas fluviales: una visión desde ambientes ribereños. *Revista Tumbaga* 3: 109-127.

- Jorquera-Jaramillo, C., Vega, J.M., Aburto, J., Martínez-Tillería, K., León, M., Pérez, M.A., Gaymer, C.F. y Squeo, F. 2012. Conservación de la Biodiversidad en Chile: Nuevos desafíos y oportunidades en ecosistemas terrestres y marinos costeros. *Revista Chilena de Historia Natural* 85(3): 267-280.

- Kosoy, N., Martínez-Tuna, M., Muradian, R., Martínez-Alier, J. 2007. Payments for environmental services in watersheds: Insights from a comparative study of three cases in Central America. *Ecological Economics* (61): 446-455.

- Little, C., Lara, A., McPhee, J., Urrutia, R. 2009. Revealing the impact of forest exotic plantations on water yield in large scale watersheds in South Central Chile. *Journal of Hydrology* 374: 162-170.

- Malanson, G.P. 1993. *Riparian Landscapes*. Cambridge Studies in Ecology, Cambridge University Press.

- Mintegui J, Robredo, J. 1994. Caracterización de las cuencas hidrográficas, objeto de restauración hidrológico-forestal mediante modelos hidrológicos. *Ingeniería del Agua* 1(2):69-82.

- Naiman R, Décamps, H., Pollock, M. 1993. The role of riparian corridors in maintaining regional biodiversity. *Ecological Applications* 3(2): 209-212.

- Naiman, R.J., Magnuson, J.J., McKnight, D.M., Stanford, J.A. 1995. *The Freshwater imperative: a research agenda*. Washington (DC): Island Press.

- Naiman, R.J., Rogers, K.H. 1997. Large animals and system level characteristics in river corridors. *BioScience* 47:521–529.

- Naiman, R.J., Anderson, E.C. 1997. Streams and rivers: their physical and biological variability. Pages 131–148.

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

- Naiman, R.J., Décamps, H., McClain, M.E. (2005) *Riparia: ecology, conservation, and management of streamside communities*. Elsevier Academic Press, Burlington.

- National Research Council (NRC) (2002) *Riparian areas: functions and strategies for management*. Natl Acad Press, Washington, DC.

- Novoa, E., Nuñez, A. 1995. Aplicación metodológica para la jerarquización de planes de manejo en cuencas Hidrográficas (cuena hidrográfica del Río Elqui, Chile semiárido). *Revista de Investigación y Desarrollo* (2): 79-89.

- Ollero, A. 2007. *Territorio fluvial. Diagnóstico y propuesta para la gestión ambiental y de riesgos en el Ebro y los cursos bajos de sus afluentes*. Bilbao, Bakeaz, 255 pp.

- Ollero, A., Ballarín, D., Mora, D. (2009): *Aplicación del índice hidrogeomorfológico IHG en la cuenca del Ebro. Guía metodológica*. Zaragoza, Confederación Hidrográfica del Ebro, 93 pp.

- Opperman, J. J., Merenlender, A.M. 2004. The effectiveness of riparian restoration for improving instream fish habitat in four hardwood-dominated California streams. *North American Journal of Fisheries Management* 24:822–834.

- Palma A, R Figueroa, VH Ruiz. 2009. Evaluación de ribera y hábitat fluvial a través de los índices QBR e IHF. *Gayana* 73(1): 57-63.

- Peredo-Parada M, Martínez-Capel F, Quevedo DI, Hernández-Mascarell AB. 2011. Implementation of an ecohydrological classification in Chilean rivers. *Gayana* 75(1):26-38.

- Poff, N.L., Allan, D., Bain, M., Karr, J., Prestegard, K., Richter, B., Sparks, R. y Stromberg, J. 1997. The Natural Flow Regime. *Bioscience* 74(11): 769-784.

- Rosgen, D.L. (1996): *Applied river morphology*. Pagosa Springs, Wildland Hydrology.

- Sánchez, A., Morales, R. 1993. *Las Regiones de Chile. Espacio Físico y Humano-Económico*. Editorial Universitaria. Santiago, Chile.

- Squeo, F., Arancio, G., Gutiérrez, J. 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.

- Weisberg, P., Mortenson, S., Dilts, T.. 2013. Gallery Forest or Herbaceous Wetland. The need for multi-target perspective in riparian restoration planning. *Restoration Ecology* 21(1): 12-16.

8. FIGURAS

Figura N° 2a: Estación CD-1, Río Claro Derecho, Vista Oriente.



Figura N° 2b: Estación CD-1, Río Claro Derecho, Vista Poniente.



Figura 3a: Estación CD-2, Río Claro Derecho, Vista Oriente.



Figura 3b: Estación CD-2, Río Claro Derecho, Vista Poniente.



Figura N° 4a: Estación CD-5, Río Claro Derecho, Vista Oriente.



Figura N° 4b: Estación CD-5, Río Claro Derecho, Vista Poniente.



Figura N° 5a: Estación CD-6, Río Claro, Vista Oriente.



Figura N° 5b: Estación CD-6, Río Claro, Vista Poniente.



Figura N° 6a: Estación CD-7, Río Claro, Vista Oriente.



Figura N° 6b: Estación CD-7, Río Claro, Vista Poniente



Figura N° 7a: Estación CO-1, Río Cochiguaz, Vista Oriente.



Figura N° 7b: Estación CO-1, Río Cochiguaz, Vista Poniente



Figura N° 8a: Estación CO-3, Río Cochiguaz, Vista Oriente.



Figura N° 8b: Estación CO-3, Río Cochiguaz, Vista Poniente.



Figura N° 9a: Estación CO-4, Río Cochiguaz, Vista Oriente.



Figura N° 9b: Estación CO-4, Río Cochiguaz, Vista Poniente.



Figura N° 10a: Estación EL-1, Río Elqui, Vista Oriente.



Figura N° 10b: Estación EL-1, Río Elqui, Vista Poniente.



Figura N° 11a: Estación EL-6, Río Elqui, Vista Oriente.



Figura N° 11b: Estación EL-6, Río Elqui, Vista Poniente.



Figura N° 12a: Estación EL-13, Río Elqui, Vista Oriente.



Figura N° 12b: Estación EL-13, Río Elqui, Vista Poniente.



Figura N° 13a: Estación EL-15, Río Elqui, Vista Oriente



Figura N° 13b: Estación EL-15, Río Elqui, Vista Poniente.



Figura N° 14a: Estación EL-16, Río Elqui, Vista Oriente.



Figura N° 14b: Estación EL-16, Río Elqui, Vista Poniente.



Figura N° 15a: Estación MA-1, Río Malo, Vista Oriente.



Figura N° 15b: Estación MA-1, Río Malo, Vista Poniente.



Figura N° 16a: Estación MA-2, Río Malo, Vista Oriente.



Figura N° 16b: Estación MA-2, Río Malo, Vista Poniente.



Figura N° 17a: Estación RT-1, Río Toro, Vista Oriente.



Figura N° 17b: Estación RT-1, Río Toro, Vista Poniente



Figura N°18a: Estación RT-2, Río Toro, Vista Oriente.



Figura N°18b: Estación RT-2, Río Toro, Vista Poniente.



Figura N° 19a: Estación RT-3, Río Toro, Vista Oriente.



Figura N° 19b: Estación RT-3, Río Toro, Vista Poniente.



Figura 20a: Estación TU-1, Río Turbio, Vista Oriente.



Figura 20b: Estación TU-1, Río Turbio, Vista Poniente.



Figura N° 21a: Estación TU-14, Río Turbio, Vista Oriente.



Figura N° 21b: Estación TU-14, Río Turbio, Vista Poniente.



Figura N° 22a: Estación TU-21, Río Turbio, Vista Oriente.



Figura N° 22b: Estación TU-21, Río Turbio, Vista Poniente.



Figura N° 23a: Estación VH-1, Río Vacas Heladas, Vista Oriente.



Figura N° 23b: Estación VH-1, Río Vacas Heladas, Vista Poniente.



Figura N° 24a: Estación VH-2, Río Vacas Heladas, Vista Oriente.



Figura N° 24b: Estación VH-2, Río Vacas Heladas, Vista Poniente.



Figura N° 25a: Estación LA-3, Río La Laguna, Vista Oriente.



Figura N° 25b: Estación LA-3, Río La Laguna, Vista Poniente.



Figura N° 26a: Estación LA-8, Río La Laguna, Vista Oriente.



Figura N° 26b: Estación LA-8, Río La Laguna, Vista Poniente.



9. ANEXOS

Anexo A: Índice RQI original.

1. Continuidad longitudinal de la vegetación riparia natural (estrato arbóreo y arbustivo)											
Estado Óptimo (*)			Estado Bueno			Estado Regular			Estado Malo		
Más del 75 % de la longitud del espacio ripario contiene vegetación arbórea o arbustiva asociada al río, formando un corredor denso.			La vegetación arbórea y arbustiva asociada al río aparece distribuida en bosquetes que cubren entre el 50 y el 75 % de la longitud del espacio ripario, o cubre más del 75 % de la longitud del espacio ripario, formando un corredor aclarado.			La vegetación arbórea y arbustiva asociada al río está reducida a pequeños bosquetes que suponen un recubrimiento entre el 25 y el 50 % de la longitud del río.			La vegetación arbórea y arbustiva se refiere a pes cislacos o pequeña agrupaciones de 1 a 3 individuos, en una ribera muy aclarada con menos del 25 % de cobertura de vegetación leñosa; o no existe, permaneciendo solo las comunidades de herbáceas.		
12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
<p>Realizar la ponderación de cada margen por separado.</p> <p>En cada estado, elegir una ponderación más alta cuando los espacios con vegetación continua sean de mayor longitud, y menor cuando la otra de vegetación esté más fragmentada.</p> <p>(*) Considerar Estado Óptimo los casos en que no exista cobertura de vegetación arbórea u arbustiva asociada al río y la ribera esté cubierta por asociaciones no leñosas que se consideren en estado natural o muy poco intervenidas.</p>											

2. Dimensiones en anchura del espacio ripario con vegetación natural asociada al río (vegetación leñosa y helofitas)												
Estado	Óptimo			Bueno			Regular			Malo		
Valle I:	> 5 m, o una hilera con vegetación densa (cobertura superior al 75 % asociada al río) (*)			Al menos una hilera con vegetación abierta (cobertura entre el 75 y el 50 %), asociada al río.			Al menos una hilera con vegetación dispersa (cobertura inferior al 50 %) asociada al río.			Sin hilera de vegetación asociada al río.		
Valle II (**)	> 15 m con vegetación asociada al río y cobertura superior al 50 %, o una dimensión inferior y vegetación asociada al río conectando con formaciones de vegetación climatófila poco intervenidas.			5-15 m con vegetación asociada al río con una cobertura superior al 50 %, o > 10 m con vegetación asociada al río con una cobertura inferior al 50 %.			5-15 m con vegetación asociada al río con una cobertura inferior al 50 %.			< 5 m con vegetación asociada al río.		
Valles II, IV	> 30 m, o una dimensión igual o mayor que 2 veces la anchura del cauce activo en ríos pequeños (anchura inferior a 10 m), con vegetación asociada al río densa (cobertura > 50 %) (***)			25-50 m, o una dimensión entre 1 y 2 veces la anchura del cauce activo en ríos pequeños (anchura inferior a 10 m), con vegetación asociada al río; o la opción anterior de mayores dimensiones, con vegetación abierta (cobertura inferior al 50 %).			10-25 m, o una dimensión entre 1 y 0,5 veces la anchura del cauce activo en ríos más pequeños (anchura inferior a 10 m), con vegetación asociada al río.			< 10 m en ríos grandes, o < 5 m en ríos pequeños (anchura inferior a 10 m), con vegetación asociada al río.		
	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
<p>Realizar la ponderación de cada margen por separado. Dentro de cada estado, elegir los valores más altos cuanto mayor sea el grado de cobertura vegetal existente. (*) Considerar Estado Óptimo los casos en que no exista cobertura de vegetación arbórea o arbustiva asociada al río y si ribera está cubierta por la vegetación climatófila de los riberas en estado natural o muy poco intervenida. (**) Considerar en este apartado los valles en U de origen glaciar (Tipo IB) y los tramos de hoces y gargantas (Tipo IC). En ríos trezados o temporales con cauces múltiples, considerando islas con vegetación, estimar las dimensiones del espacio ripario contabilizando sólo el espacio sin agua entre los diferentes cauces, o asignar a cada margen la mitad de la dimensión total del sistema fluvial. (***) En ríos muy grandes, considerar el estado óptimo cuando la anchura del espacio con vegetación asociada al río sea igual o superior a la anchura de cauce.</p>												

3. Composición y estructura de la vegetación riparia												
	Estado Óptimo			Estado Bueno			Estado Regular			Estado Malo		
	En la orilla											
	<p>Bosques de galería cerrados o semi-cerrados muy densos > 2,5 m de altura, sin especies alóctonas, con sotobosque formado por varias especies de arbustos o dominado por herbáceas nemo-rales, con escasas zarzas (< 30%). O vegetación climatófila en estado natural o muy poco intervenida.</p>			<p>Bosques de galería o sotos arbustivos + densos y > 2,5 m de altura, con abundancia de zarzas (> 30%), presencia moderada de especies alóctonas (pocos individuos aislados), y/o dominancia de herbáceas nitrófilas o con estratos subarborescenes pobres (estrato herbáceo en pequeñas manchas, con arbustos ocasionales). O vegetación climatófila levemente modificada por actuaciones antrópicas.</p>			<p>Formaciones arbóreas o arbustivas abiertas o < 2,5 m, con abundancia de zarzas (> 30%) y/o de especies introducidas (numerosos individuos de una o varias especies) y/o dominancia de herbáceas nitrófilas. O vegetación climatófila bastante modificada por actuaciones antrópicas.</p>			<p>Vegetación herbácea dominante o zarzales, o lo sumo con algunos árboles y/o arbustos dispersos. Alineaciones de chochos plantados o de árboles introducidos, cañaverales alóctonos.</p>		
Valle I	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
Valles II, III y IV*	0	7	6	5	4	3	2	1				

3 (Continuación). Composición y estructura de la vegetación riparia				
	Estado Óptimo	Estado Bueno	Estado Regular	Estado Malo
	Tras la orilla			
Valles II, III, IV(*)	Bosque natural denso que orla más del 75% de la longitud de la galería	Bosque ± denso o matorral; alto, que orla más del 30% de la longitud de la galería	Árboles o arbustos frecuentes pero dispersos o en pequeños grupos	Vegetación herbácea dominante o con algunos árboles o arbustos dispersos o en pequeños grupos
	4	3	2	1
<p>Realizar la puntuación de cada margen por separado. La valoración se iniciará de acuerdo con la vegetación "en la orilla" y se completará en función de la vegetación que se encuentra "tras la orilla". Se considerará vegetación "de orilla" la situada en la zona más próxima a los límites del cauce activo, que depende directamente de la humedad conferida por los caudales circulantes, ocupando generalmente una franja entre 5 y 15 m de anchura, según el tipo de valle. Se considerará vegetación "tras la orilla" la situada por detrás de esta banda descrita, situada en la llanura de inundación y potencialmente en contacto con la vegetación climatófila de las laderas adyacentes.</p> <p>Las plantaciones de <i>Populus nigra</i> (u otros cultivos arbóreos o arbustivos) no se considerarán en la valoración, aunque si en su interior crece un sotobosque de plantas leñosas, se tendrá en cuenta el recubrimiento de los arbustos y arbolillos que integren (al margen del dosel arbóreo).</p> <p>En el caso de ramblas de zonas mediterráneas cálidas, el estado de máximo desarrollo en cualquier tipo de valle corresponde a arbuscadas (torayales, adelfares y tamujares) muy densas que sobrepasan los 2,5 m de altura (2 m en el caso de tamujares), que quedan limitadas al cauce y las orillas; estas formaciones no suelen albergar especies raras en proporción apreciable. La valoración se hará entonces sólo en función de la densidad, extensión y altura de la formación.</p> <p>En los ríos que presentan una dinámica muy activa, el máximo desarrollo en las orillas e islas del cauce puede corresponder a saucedas arbustivas jóvenes (< 2,5 m de altura), de densidad variable (a veces muy abiertas) y con especies herbáceas y caméfitas propias de charcales riparios, por lo que en estos casos se debe considerar que estas formaciones arbustivas constituyen el máximo desarrollo natural.</p> <p>(*) En algunos ríos discutiendo en valles del tipo IV, la vegetación de orilla óptima puede corresponder a formaciones dominantes de macrofitas emergentes (carrizos, espacafas, juncos, etc.), características de tramos con escaso drenaje superficial que dan lugar a "tablas" o lagunas someras fluviales (ej. en ríos manchegos).</p> <p>En el contexto de la Directiva Marco del Agua, sólo se considerarán los estados óptimo o bueno cuando las formaciones vegetales existentes correspondan a las naturales o consideradas de referencia en cada zona, según el tipo de río y región biogeográfica. En el caso de que la vegetación existente no correspondiera con la de referencia, se elegirá la puntuación según la mayor o menor semejanza respecto a la composición florística natural correspondiente. Las condiciones de referencia están aún por definir en este aspecto, y en la actualidad son pocas las obras de consulta adecuadas para amplios territorios. Se recomienda, para la mitad norte de España, la utilización del trabajo de Lara et al. (2004) o similares y, para el resto, estudios científicos regionales que analicen la potencialidad y afinitades ecológicas de los distintos tipos de vegetación riparia del territorio.</p>				

3.1. Relación de las plantas nemorales, alóctonas y nitófilas más frecuentes en los ríos españoles.	
Nemorales	<p>Herbáceas: helechos (excepto <i>Pteridium aquilinum</i>)</p> <p><i>Aconitum</i> spp., <i>Ajuga reptans</i>, <i>Allium ursinum</i>, <i>Anemone nemorosa</i>, <i>Aristolochia paucifloris</i>, <i>Brachypodium sylvaticum</i>, <i>Cordamine leptophylla</i>, <i>Carex pendula</i>, <i>C. sylvatica</i>, <i>Circaea lutetiana</i>, <i>Convallaria majalis</i>, <i>Epipactis</i> spp., <i>Euzosthia unguiculoides</i>, <i>Fragaria vesca</i>, <i>Galium rotundifolium</i>, <i>Ceranium robertianum</i>, <i>C. sanguineum</i>, <i>C. sylvaticum</i>, <i>Ceum urbanum</i>, <i>Hepatica nobilis</i>, <i>Helcus mollis</i>, <i>Hypericum androsaemum</i>, <i>Lamium galabdolon</i>, <i>L. maculatum</i>, <i>L. purpureum</i>, <i>Lapsana communis</i>, <i>Lathraea</i> spp., <i>Lilium martagon</i>, <i>Linaria tricnophora</i>, <i>Listera ovata</i>, <i>Luzula</i> spp., <i>Lysimachia nemorum</i>, <i>Melice uniflora</i>, <i>Monotropa hypopitys</i>, <i>Myosotis nemorosa</i>, <i>Nympha odorata</i>, <i>Myrtilodes nadosa</i>, <i>Neotia sidus-ovis</i>, <i>Oxalis acetosella</i>, <i>Pariis quadrifolia</i>, <i>P. nemoralis</i>, <i>Polygonatum</i> spp., <i>Primula vulgaris</i>, <i>Punella grandiflora</i>, <i>F. vulgaris</i>, <i>Pulmonaria affinis</i>, <i>P. longifolia</i>, <i>Pyrola minor</i>, <i>Sanicula europaea</i>, <i>Saxifraga lepidimigera</i>, <i>Scilla lilio-hyacinthus</i>, <i>Scutellaria minor</i>, <i>Sibthorpia europaea</i>, <i>Spiranthes aestivalis</i>, <i>Stachys sylvatica</i>, <i>Teucrium scorodonia</i>, <i>Viola</i> spp., <i>Wahlenbergia hederacea</i>.</p>
Alóctonas	<p>Árboles: <i>Acacia</i> spp., <i>Acer negundo</i>, <i>Ailanthus altissima</i>, <i>Cydonia oblonga</i>, <i>Eucalyptus</i> spp., <i>Olethia triacanthos</i>, <i>Ligustrum japonicum</i>, <i>Malus domestica</i>, <i>Morus</i> spp., <i>Platanus hispanica</i>, <i>P. orientalis</i>, <i>Populus nigra</i> cv. <i>P. x canadensis</i>, <i>Robinia pseudoacacia</i>, <i>Salix babylonica</i>, <i>Sophora japonica</i>, <i>Ulmus pumila</i>.</p> <p>Arbustos y lianas: <i>Araujia sericifera</i>, <i>Buddleja davidii</i>, <i>Cynanchum acutum</i>, <i>Fallopia dumetorum</i>, <i>F. baldschuanica</i>, <i>Ligustrum ovalifolium</i>, <i>Lonicera japonica</i>, <i>Lycium barbarum</i>, <i>Ferriocissus quinquefolia</i>, <i>Salix rimnais</i>, <i>Tanarix pariflora</i>.</p> <p>Herbáceas: <i>Arenaria</i> spp., <i>Azido donax</i>, <i>Asparagus officinalis</i>, <i>Coryza</i> spp., <i>Curtideria setoniu</i>, <i>Cyperus erugosa</i>, <i>Datura</i> spp., <i>Digitalis sanguinalis</i>, <i>Impatiens bulbosa</i>, <i>Isotria medeoloides</i>, <i>Lycopersicon esculentum</i>, <i>Mimulus</i> spp., <i>Oenothera biennis</i>, <i>Oxalis corniculata</i>, <i>C. pe-caprae</i>, <i>Paspalum</i> spp., <i>Phyla canescens</i>, <i>Phytolacca americana</i>, <i>Reynoutria japonica</i>, <i>Selaginella kraussiana</i>, <i>Setaria</i> spp., <i>Sporobolus indicus</i>, <i>Tradescantia fluminensis</i>, <i>Tritonia x coccostiflora</i>, <i>Xanthium</i> spp.</p>
Nitófilas	<p>Herbáceas: <i>Aichm</i> spp., <i>Artemisia</i> spp., <i>Avena barbata</i>, <i>A. sterilis</i>, <i>Bidens tripartita</i>, <i>Carduus</i> spp., <i>Carline</i> spp., <i>Chelidonium majus</i>, <i>Chenopodium</i> spp., <i>Cichorium intybus</i>, <i>Cirsium</i> spp., <i>Cirsium maculatum</i>, <i>Comarostaphylis arvensis</i>, <i>Cyperus dactylon</i>, <i>Daucus carota</i>, <i>Dipsacus fullonum</i>, <i>Ditrichia</i> spp., <i>Urtica dioica</i>, <i>Echium plantagineum</i>, <i>Eragrostis nuttalliana</i>, <i>Eryngium compositae</i>, <i>Foeniculum vulgare</i>, <i>Hordeum</i> spp., <i>Lactuca serriola</i>, <i>Malva</i> spp., <i>Marrubium vulgare</i>, <i>Ononis spinosa</i>, <i>Otopordium</i> spp., <i>Papaver</i> spp., <i>Parietaria judaica</i>, <i>Pteris</i> spp., <i>Polygonum</i> spp., <i>Rubia tinctorum</i>, <i>Rumex</i> spp., <i>Salvia verbenaca</i>, <i>Scolymus</i> spp., <i>Senecio jacobaea</i>, <i>Silene vulgaris</i>, <i>Silybum marianum</i>, <i>Sisymbrium</i> spp., <i>Taraxacum officinale</i>, <i>Verbascum</i> spp.</p>

4. Regeneración natural de la vegetación riparia (estrato arbóreo y arbustivo)											
Estado Óptimo			Estado Bueno			Estado Regular			Estado Malo		
Existen ejemplares de jóvenes, adultos y maduros de las principales especies arbóreas y arbustivas, y los espacios abiertos, bancos de gravas y arenas de las orillas están colonizados por plántulas de edades inferiores a 2 años.*			Existen ejemplares de diferentes edades (jóvenes, adultos y maduros) de las principales especies leñosas, y en los espacios abiertos se observan ejemplares más jóvenes, al menos de los arbustos. Regeneración natural levemente amenazada por el pastoreo, actividades agrícolas o forestales, regulación de caudales o incisión ligera del canal fluvial.			Se observan bosquetes de pies adultos y maduros, con escasa representación de los más jóvenes y ausencia de renovos. Regeneración natural moderadamente afectada por el pastoreo, prácticas agrícolas o forestales, incendios periódicos, actividades recreativas, etc., o por regulación de caudales o incisión moderada del canal fluvial.			Solo se observan pies maduros o adultos, con muy escasa o nula presencia de los elementos jóvenes. Regeneración natural severamente afectada por el pastoreo, prácticas agrícolas o forestales, quemadas periódicas, compactación del suelo, o por incisión severa, o por obras de canalización. Abundancia de pies arbóreos secos.		
12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
<p>Ponderar más en función de la abundancia de los pies más jóvenes.</p> <p>Valorar la regeneración natural en función de la disponibilidad de espacios abiertos para llevarse a cabo y la intensidad de la regeneración en los mismos. Cuando no exista vegetación leñosa, estimar la dificultad de regeneración en relación a la intensidad de la causa que la impide, puesta de manifiesto en el grado de alteración de la morfología, substrato o nivel de humedad de los suelos.</p> <p>* Incluir en esta opción las formaciones naturales densas y cenadas en las que puede no observarse indicios de regeneración natural por falta de espacios abiertos para ello, siempre que no existan restricciones a dicha regeneración por causas antrópicas (ej. pérdida de dinámica fluvial por regulación de caudales).</p>											

5. Condición de las orillas											
Estado Óptimo			Estado Bueno			Estado Regular			Estado Malo		
<p>Más del 50 % del contorno de la lámina de agua en "bankfull" está en contacto con vegetación leñosa, macrofitas o elementos rocosos, y más del 50 % del suelo sin esta vegetación tiene cobertura herbácea y las orillas no presentan síntomas de inestabilidad inducida por actividades humanas.</p> <p>Línea de orillas irregular y sinuosa, sin síntomas de alteración en áreas márgenes.</p>			<p>Más del 30 % del contorno de la lámina de agua en "bankfull" está en contacto con vegetación leñosa, macrofitas o elementos rocosos, y menos del 50 del suelo sin esta vegetación tiene cobertura herbácea alternando con suelo desnudo, o las orillas presentan síntomas de inestabilidad leve inducida por actividades humanas.</p> <p>Línea de orillas irregular y sinuosa, sin alteraciones al menos en una de las márgenes.</p>			<p>Menos del 50 % del contorno de la lámina de agua en "bankfull" está en contacto con vegetación leñosa, macrofitas o elementos rocosos y más del 50 % del suelo restante tiene vegetación herbácea, alternando con suelo desnudo, o las orillas presentan síntomas de inestabilidad leve a moderada, causada por actividades humanas. Orillas rectificadas, muy poco sinuosas, consecuencia de obras de canalización sin estructuras rígidas (dragados, espaleras de poca altura, revestimientos vegetales, etc.)</p>			<p>Menos del 50 % del contorno de la lámina de agua en "bankfull" está en contacto con vegetación leñosa, macrofitas o elementos rocosos y menos del 50 % del suelo restante tiene vegetación herbácea, o las orillas presentan síntomas de erosión moderada a severa originada por actividades humanas.</p> <p>Orillas rectificadas, más o menos rectas, consecuencia de obras de canalización con estructuras rígidas.</p>		
12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
<p>Considerar nivel de "bankfull" el que alcanzan las avenidas ordinarias, a partir del cual generalmente se observa un cambio de pendiente en el talud de las orillas y se observa el desarrollo de una vegetación riparia leñosa, asentada sobre suelos no permanentemente saturados. Ponderar el nivel de erosión de orillas antropica en función de la frecuencia e intensidad de los síntomas de inestabilidad de las orillas (acumulación de sedimentos en la base de las orillas, presencia de grietas, desmoronamientos, descalzamiento de raíces, etc.), y del porcentaje de suelo desnudo en contacto con la lámina de agua, sin ningún tipo de cobertura vegetal. Considerar estado natural cuando estos síntomas correspondan a la dinámica natural del cauce.</p>											

6. Conectividad lateral de la ribera con el cauce											
Estado Óptimo			Estado Bueno			Estado Regular			Estado Malo		
<p>Orillas de muy baja altura respecto al nivel del lecho del cauce. Las riberas se inundan con una periodicidad elevada (avenidas ordinarias que desbordan al menos una vez cada 2-3 años) sobre un perfil de orilla llano o en condiciones naturales.</p> <p>No existe ninguna restricción al desbordamiento de las aguas.</p>			<p>Orillas algo sobreelevadas respecto al nivel del lecho. Las riberas se inundan con una periodicidad menor, entre 3 y 10 años, existiendo una cierta restricción al desbordamiento debida a la regulación de los caudales o pequeñas alteraciones artificiales de la cota de las orillas sin presencia de motas, o a una incisión del cauce incipiente.</p>			<p>Orillas bastante sobreelevadas respecto a nivel del lecho. Las riberas se inundan con muy poca frecuencia, por avenidas con periodos de retorno entre 10 y 30 años, existiendo restricciones al desbordamiento por regulación de los caudales, dragados y/o motas, o por una incisión del cauce moderada.</p>			<p>Orillas muy sobreelevadas respecto a lecho del río. Las riberas solo se inundan por avenidas extraordinarias con un periodo de retorno superior a 30 años, y existen fuertes restricciones al desbordamiento por infraestructuras de canalización intensa o por incisión del cauce severa.</p>		
12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
<p>Este atributo debe evaluarse atendiendo a la evidencia de los desbordamientos, y/o la presencia de barreras físicas o procesos que disminuyen su frecuencia.</p> <p>Estimar la frecuencia de inundación por las características de los sedimentos y de la vegetación más próxima a la línea de orilla correspondiente al cauce activo o de avenidas ordinarias. Ponderar en función de la altura de las orillas sobre el lecho del cauce, relacionado con la facilidad para el desbordamiento, y de la proximidad respecto a las orillas del cauce de las motas o infraestructuras de canalización, que supongan barreras físicas al desbordamiento.</p>											

7. Permeabilidad y grado de alteración del relieve y suelo ripario											
Estado Óptimo			Estado Bueno			Estado Regular			Estado Malo		
<p>El suelo de las riberas no presenta síntomas de compactación ni sellado (impemseabilización), y se mantienen unas buenas condiciones de infiltración y permeabilidad en su perfil. Ausencia de excavaciones y rellenos. Relieve de las riberas en estado natural.</p>			<p>En las riberas se observan pequeños senderos o espacios compactados por estancia o paso de ganado, vehículos, actividades recreativas, etc. poco intensos, sin actuaciones de sellado, y no existen síntomas de erosión superficial o encharcamientos.</p> <p>Suelos de las riberas laboreados para cultivos agrícolas o forestales.</p> <p>Excavaciones y rellenos ausentes o muy poco intensos. El relieve de las riberas presenta un grado de alteración ligero.</p>			<p>Las riberas presentan caminos o espacios continuos muy compactados o sellados que ocupan más del 20 % de su superficie, que dificultan la infiltración y regeneración de la vegetación nativa.</p> <p>O bien, el perfil del suelo ha sido alterado moderadamente en su composición granulométrica o se han introducido materiales alóctenos (escombros, residuos sólidos, etc.). O el relieve de las riberas presenta un grado de alteración moderado por extracciones o acopio de áridos, o por depósito de tierras procedentes de la llanura de inundación (motas de gravas).</p>			<p>Los suelos de las riberas están compactados o sellados en más del 20 % de su superficie, comprometiendo severamente la infiltración de las aguas. O el perfil del suelo ha sido alterado severamente en su composición granulométrica, o son abundantes los materiales alóctenos o el depósito de tierras ajenas a la llanura de inundación. O bien las extracciones de áridos o los movimientos de tierras han modificado severamente el relieve natural de la ribera.</p>		
<p>Ponderar más en función de la abundancia de los pies más jóvenes.</p> <p>En este apartado se valora conjuntamente la calidad de los suelos riparios en relación al mantenimiento de su capacidad de infiltración y permeabilidad, y el grado de alteración del relieve.</p> <p>Seleccionar el estado que corresponda a cada rama según la presencia de uno o varias de las posibilidades descritas, y ponderar en cada caso en función de la extensión e intensidad de los impactos existentes en una o en ambas márgenes del cauce.</p> <p>Elegir valores más bajos cuanto mayor sea la altura de los acopios o excavaciones, o se interrumpa en mayor medida el drenaje transversal del valle hacia el centro del cauce, y el vertical como drene e en profundidad.</p>											

Anexo B: Índice RQI ajustado.

1. Continuidad longitudinal de la vegetación ripariana natural estrato arbóreo y arbustivo)			
Estado Óptimo (*)	Estado Bueno	Estado Regular	Estado Malo
Más del 75 % de la longitud del espacio ripario contiene vegetación arbórea o arbustiva asociada al río, formando un corredor denso.	La vegetación arbórea y arbustiva asociada al río aparece distribuida en bosquetes que cubren entre el 50 y el 75 % de la longitud del espacio ripario, o cubre más del 75 % de la longitud del espacio ripario, formando un corredor aclarado.	La vegetación arbórea y arbustiva asociada al río está reducida a pequeños bosquetes que suponen un recubrimiento entre el 25 y el 50 % de la longitud del río.	La vegetación arbórea y arbustiva se refiere a pies aislados o pequeñas agrupaciones de 1 a 3 individuos, en una ribera muy aclarada con menos del 25 % de cobertura de vegetación leñosa; o no existe, permaneciendo solo las comunidades de herbáceas.
<p>En cada estado, elegir una ponderación más alta cuando los espacios con vegetación continua sean de mayor longitud, y menor cuando la orla de vegetación esté más fragmentada. (*) Considerar Estado Óptimo los casos en que no exista cobertura de vegetación arbórea o arbustiva asociada al río y la ribera esté cubierta por asociaciones no leñosas que se consideren en estado natural o muy poco intervenidas.</p>			

2. Dimensiones en anchura del espacio ripariano con vegetación natural asociada al río (vegetación leñosa y helófitos)				
Estado	Estado Óptimo	Estado Bueno	Estado Regular	Estado Malo
Valle I	> 5 m, o una hilera con vegetación densa (cobertura superior al 75 %) asociada al río(*).	Al menos una hilera con vegetación abierta (cobertura entre el 75 y el 50 %), asociada al río.	Al menos una hilera con vegetación dispersa (cobertura inferior al 50 %) asociada al río.	Sin hilera de vegetación asociada al río.
Valle II	>15 m con vegetación asociada al río y cobertura superior al 50 %; o una dimensión inferior y vegetación asociada al río conectando con	5-15 m con vegetación asociada al río con una cobertura superior al 50 %, o >10 m con vegetación asociada	5-15 m con vegetación asociada al río con una cobertura inferior al 50 %.	< 5 m con vegetación asociada al río.

	formaciones de vegetación esclerófila poco intervenidas.	al río con una cobertura inferior al 50 %.		
Valle III	> 50 m, ó una dimensión igual o mayor que 2 veces la anchura del cauce activo en ríos pequeños (anchura inferior a 10 m), con vegetación asociada al río densa (cobertura > 50 %) (**)	25-50 m, o una dimensión entre 1 y 2 veces la anchura del cauce activo en ríos pequeños (anchura inferior a 10 m), con vegetación asociada al río; con vegetación aclarada (cobertura inferior al 50 %).	10-25 m, o una dimensión entre 1 y 0,5 veces la anchura del cauce activo en ríos más pequeños (anchura inferior a 10 m), con vegetación asociada al río.	< 10 m en ríos grandes, o < 5 m en ríos pequeños (anchura inferior a 10 m), con vegetación asociada al río.
<p>Dentro de cada estado, elegir los valores más altos cuanto mayor sea el grado de cobertura vegetal existente.</p> <p>(*) Considerar Estado Óptimo los casos en que no exista cobertura de vegetación arbórea o arbustiva asociada al río y la ribera esté cubierta por la vegetación esclerófila de las riberas en estado natural o muy poco intervenida.</p> <p>(**) En ríos muy grandes, considerar el estado óptimo cuando la anchura del espacio con vegetación asociada al río sea igual o superior a la anchura del cauce.</p>				

3. Composición y estructura de la vegetación ripariana estrato arbóreo y arbustivo)				
	Estado Óptimo	Estado Bueno	Estado Regular	Estado Malo
	En la orilla			
	Bosques de galería cerrados o sotos arbustivos muy densos > 2,5 m de altura, sin especies introducidas , con sotobosque formado por varias especies de arbustos o dominado por herbáceas nemorales, con escasas zarzas (< 30%) . O vegetación esclerófila en estado natural o muy poco	Bosques de galería o sotos arbustivos ± densos y > 2,5 m de altura, con abundancia de zarzas (> 30%), presencia moderada de especies introducidas (pocos individuos aislados), y/o dominancia de herbáceas nitrófilas o con estratos subarbóreos pobres. O vegetación esclerófila	Formaciones arbóreas o arbustivas abiertas o < 2'5 m, con abundancia de zarzas (> 30%) y/o de especies introducidas y/o dominancia de herbáceas nitrófilas . O vegetación esclerófila modificada	Vegetación herbácea dominante o zarzales, a lo sumo con algunos árboles y/o arbustos dispersos . Árboles y cañaverales introducidos .

	intervenida.	levemente modificada por actuaciones antrópicas.	antrópicamente.	
Tras la orilla				
II, III *	Bosque natural denso que orla más del 75% de la longitud de la galería.	Bosque ± denso o matorrales altos, que orlan más del 30% de la longitud de la galería.	Árboles o arbustos frecuentes pero dispersos o en pequeños grupos.	Vegetación herbácea dominante o con algunos árboles o arbustos dispersos o en pequeños grupos.
<p>Se considerará vegetación “de orilla” la situada en la zona más próxima a los límites del cauce activo, que depende directamente de la humedad conferida por los caudales circulantes, ocupando generalmente una franja entre 5 y 15 m de anchura, según el tipo de valle. Se considerará vegetación “tras la orilla” la situada por detrás de esta banda descrita, situada en la llanura de inundación y potencialmente en contacto con la vegetación esclerófila de las laderas adyacentes.</p>				

4. Regeneración natural de la vegetación ripariana (estrato arbóreo y arbustivo)			
Estado Óptimo	Estado Bueno	Estado Regular	Estado Malo
<p>Existen ejemplares de jóvenes, adultos y maduros de las principales especies arbóreas y arbustivas, y los espacios abiertos, bancos de gravas y arenas de las orillas están colonizados por plántulas de edades inferiores a 2 años.*</p>	<p>Existen ejemplares de diferentes edades (jóvenes, adultos y maduros) de las principales especies leñosas, y en los espacios abiertos se observan ejemplares más jóvenes, al menos de los arbustos. Regeneración natural levemente amenazada por el pastoreo, actividades agrícolas o forestales, regulación de caudales o incisión ligera del canal fluvial.</p>	<p>Se observan bosquetes de pies adultos y maduros, con escasa representación de los más jóvenes y ausencia de renuevos. Regeneración natural moderadamente afectada por el pastoreo, prácticas agrícolas o forestales, incendios periódicos, actividades recreativas, etc., o por regulación de caudales o incisión moderada del canal fluvial.</p>	<p>Solo se observan pies maduros o adultos, con muy escasa o nula presencia de los elementos jóvenes. Regeneración natural severamente afectada por el pastoreo, prácticas agrícolas o forestales, quemas periódicas, compactación del suelo, o por incisión severa, o por obras de canalización. Abundancia de pies arbóreos secos.</p>
<p>* Incluir en esta opción las formaciones naturales densas y cerradas en las que puede no observarse indicios de regeneración natural por falta de espacios abiertos para ello, siempre que no existan restricciones a dicha regeneración por causas antrópicas (ej. pérdida de dinámica fluvial por regulación de caudales).</p>			

5. Condición de las orillas			
Estado Óptimo	Estado Bueno	Estado Regular	Estado Malo
Más del 50 % del contorno de la lámina de agua en “bankfull” está en contacto con vegetación leñosa, macrofitas o elementos rocosos, y más del 50 % del suelo sin esta vegetación tiene cobertura herbácea, y las orillas no presentan síntomas de inestabilidad inducida por actividades humanas. Línea de orillas irregular y sinuosa, sin síntomas de alteración en ambos márgenes.	Más del 50 % del contorno de la lámina de agua en “bankfull” está en contacto con vegetación leñosa, macrofitas o elementos rocosos, y menos del 50 del suelo sin esta vegetación tiene cobertura herbácea alternando con suelo desnudo, o las orillas presentan síntomas de inestabilidad leve inducida por actividades humanas. Línea de orillas irregular y sinuosa, sin alteraciones al menos en una de las márgenes.	Menos del 50 % del contorno de la lámina de agua en “bankfull” está en contacto con vegetación leñosa, macrofitas o elementos rocosos y más del 50 % del suelo restante tiene vegetación herbácea, alternando con suelo desnudo, o las orillas presentan síntomas de inestabilidad leve a moderada, causada por actividades humanas.	Menos del 50 % del contorno de la lámina de agua en “bankfull” está en contacto con vegetación leñosa, macrofitas o elementos rocosos y menos del 50 % del suelo restante tiene vegetación herbácea, o las orillas presentan síntomas de erosión moderada a severa originada por actividades humanas.
Considerar nivel de “bankfull” (nivel de desborde), el que alcanzan las avenidas ordinarias, a partir del cual generalmente se observa un cambio de pendiente en el talud de las orillas y se observa el desarrollo de una vegetación ripariana leñosa, asentada sobre suelos no permanentemente saturados.			

6. Conectividad lateral de la ribera con el cauce			
Estado Óptimo	Estado Bueno	Estado Regular	Estado Malo
Orillas de muy baja altura respecto al nivel del lecho del cauce. Las riberas se inundan con una periodicidad elevada (avenidas ordinarias que desbordan al menos una vez cada 2-5 años) sobre un perfil de orilla llano o en condiciones naturales. No existe ninguna restricción al	Orillas algo sobre elevadas respecto al nivel del lecho. Las riberas se inundan con una periodicidad menor, entre 5 y 10 años, existiendo una cierta restricción al desbordamiento debida a la regulación de los caudales, a pequeñas elevaciones artificiales de la cota de las orillas sin presencia de motas, o a una incisión del	Orillas bastante sobre elevadas respecto a nivel del lecho. Las riberas se inundan con muy poca frecuencia, por avenidas con periodos de retorno entre 10 y 30 años, existiendo restricciones al desbordamiento por regulación de los caudales, dragados	Orillas muy sobre elevadas respecto al lecho del río. Las riberas solo se inundan por avenidas extraordinarias con un periodo de retorno superior a 30 años, y existen fuertes restricciones al desbordamiento por infraestructuras de canalización

desbordamiento de las aguas.	cauce incipiente.	y/o motas, o por una incisión del cauce moderada.	intensa o por incisión del cauce severa.
<p>Este atributo debe evaluarse atendiendo a la evidencia de los desbordamientos, y/o la presencia de barreras físicas o procesos que disminuyen su frecuencia.</p> <p>Ponderar en función de la altura de las orillas sobre el lecho del cauce, relacionada con la facilidad para el desbordamiento, y de la proximidad respecto a las orillas del cauce de las motas o infraestructuras de canalización, que supongan barreras físicas al desbordamiento.</p>			

7. Permeabilidad y grado de alteración del relieve y suelo ripariano			
Estado Óptimo	Estado Bueno	Estado Regular	Estado Malo
<p>El suelo de las riberas no presenta síntomas de compactación ni sellado (impermeabilización), y se mantienen unas buenas condiciones de infiltración y permeabilidad en su perfil.</p> <p>Ausencia de excavaciones y rellenos. Relieve de las riberas en estado natural.</p>	<p>En las riberas se observan pequeños senderos o espacios compactados por estancia o paso de ganado, vehículos, actividades recreativas, etc. poco intensos, sin actuaciones de sellado, y no existen síntomas de erosión superficial o encharcamientos.</p> <p>Suelos de las riberas laboreados para cultivos agrícolas o forestales. Excavaciones y rellenos ausentes o muy poco intensas. El relieve de las riberas presenta un grado de alteración ligero.</p>	<p>Las riberas presentan caminos o espacios continuos muy compactados o sellados que ocupan más del 20 % de su superficie.</p> <p>O bien, el perfil del suelo ha sido alterado moderadamente en su composición granulométrica o se han introducido materiales alóctonos (escombros, residuos sólidos, etc.). O el relieve de las riberas presenta un grado de alteración moderado. (Plantas de áridos)</p>	<p>Los suelos de las riberas están compactados o sellados en más del 20 % de su superficie, comprometiendo severamente la infiltración de las aguas. O bien las extracciones de áridos o los movimientos de tierras han modificado severamente el relieve natural de la ribera.</p>
<p>Seleccionar el estado que corresponda a cada tramo según la presencia de una o varias de las posibilidades descritas, y ponderar en cada caso en función de la extensión e intensidad de los impactos existentes en una o en ambas márgenes del cauce.</p>			