

ANÁLISIS SOCIOAMBIENTAL DE LA MICROCUENCA ALTA EN FUENTES
ABASTECEDORAS DE LOS ACUEDUCTOS MUNICIPALES DE SANTANDER DE
QUILICHAO Y BOLIVAR, CAUCA - COLOMBIA

YUDY MARIBEL GUECHE SÁNCHEZ

Código estudiantil: 104912020112

CESAR VICENTE SOSSA SOLARTE

Código estudiantil: 104913010314



UNIVERSIDAD DEL CAUCA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
PROGRAMA INGENIERÍA AMBIENTAL
POPAYÁN, CAUCA

2018

ANÁLISIS SOCIOAMBIENTAL DE LA MICROCUENCA ALTA DE FUENTES
ABASTECEDORAS DE LOS ACUEDUCTOS MUNICIPALES DE SANTANDER DE
QUILICHAO Y BOLIVAR, CAUCA - COLOMBIA

YUDY MARIBEL GUECHE SÁNCHEZ

CESAR VICENTE SOSSA SOLARTE

Trabajo de grado en modalidad investigación como requisito parcial para optar al título de
Ingenieros Ambientales

Directora

Ph.D. Nazly Efredis Sánchez Peña

Asesores externos

M. en C. Daniela Ávila García

Universidad Politécnica de Cataluña, España.

UNIVERSIDAD DEL CAUCA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
PROGRAMA INGENIERÍA AMBIENTAL
POPAYÁN, CAUCA

2018

Nota de aceptación

Jurado.

Jurado.

Directora.

Popayán, 01 de Febrero de 2019.

Dedicatoria y agradecimientos.

Este trabajo contó con la financiación de la Cátedra UNESCO de Sostenibilidad y el Centro de Cooperación para el Desarrollo (código U002-2017) de la Universidad Politécnica de Cataluña, España.

Agradecemos a la Ph.D. Nazly Efredis Sánchez Peña, M. en C., a Daniela Ávila García, al Grupo de Estudios Ambientales de la Universidad del Cauca (GEA), a los integrantes del Proyecto AQUARISC, a los representantes comunitarios de Santander de Quilichao y Bolívar, quienes con su paciencia, colaboración y conocimientos tanto científicos como empíricos hicieron un gran aporte a este proyecto. Por último, pero no menos importante queremos agradecer y dedicar este trabajo a nuestros amigos y familiares quienes nos dieron su respaldo incondicional.

TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN.	10
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.	13
2. JUSTIFICACIÓN.	16
3. OBJETIVOS.	18
3.1. Objetivo general.	18
3.2. Objetivos específicos.	18
4. MARCO DE REFERENCIA.	19
4.1. Marco conceptual.	19
4.2. Marco teórico.	20
4.2.1. Índice QBR.	20
4.2.2. Índice RQI	22
4.2.3. Índice CERA-s.	26
4.2.4. Índice de Riesgo de la Calidad del Agua para consumo humano (IRCA).	29
4.2.5. Índice BMWP (<i>Biological Monitoring Working Party</i>).	31
4.2.6. Índice ASPT (<i>Average Score per Taxon</i>)	34
4.2.7. Servicios ecosistémicos.	35
4.2.8. Estrategias de mitigación.	36
5. ANTECEDENTES.	38

6. MARCO JURÍDICO.	42
7. METODOLOGÍA	44
7.1. Área de estudio.	44
7.1.1. Municipio de Bolívar- Quebrada “El Helechal”.	44
7.1.2. Municipio de Santander de Quilichao - Rio Quilichao.	47
7.2. Índices de calidad ecológica.	51
7.3. Índices de calidad de agua con base en pruebas biológicas y fisicoquímicas.	52
7.3.1. BMWP y ASPT	52
7.3.2. IRCA.	53
7.4. Reconocimiento de zonas de importancia ecológica.	54
7.5. Identificación de servicios ecosistémicos e impactos ambientales.	54
8. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.	55
8.1. Municipio de Bolívar – Quebrada “El Helechal”	55
8.1.1. Índices de calidad ecológica de zonas de ribera.	55
8.1.1.1. Índice QBR.	55
8.1.1.1.1. Zona baja	57
8.1.1.1.1. Zona alta	58
8.1.1.2. Índice RQI.	59
8.1.1.2.1. Zona baja	60
8.1.1.2.2. Zona alta	61
8.1.1.3. Índice CERA-s.	62

8.1.1.4. <i>Análisis comparativo entre los resultados de los índices QBR, RQI y CERA-s, obtenidos en las dos zonas objeto de estudio</i>	65
8.1.2. Índices de calidad de agua.	66
8.1.2.1 <i>Índice BMWP e índice ASPT.</i>	66
8.1.2.2. <i>Índice IRCA.</i>	68
8.1.3. Servicios ecosistémicos.	70
8.1.4. Impactos ambientales identificados	72
8.1.5. Propuestas de estrategias de mitigación.	72
8.2. Municipio de Santander de Quilichao – Río Quilichao.	75
8.2.1. Índices de calidad ecológica de zonas de ribera.	75
8.2.1.1. <i>Índice QBR.</i>	75
8.2.1.1.1. <i>Zona alta.</i>	76
8.2.1.1.2. <i>Zona media.</i>	76
8.2.1.1.3. <i>Zona Baja.</i>	77
8.2.1.2. <i>Índice RQI.</i>	78
8.2.1.2.1. <i>Zona Alta.</i>	79
8.2.1.2.2. <i>Zona Media.</i>	79
8.2.1.2.3. <i>Zona Baja.</i>	80
8.2.1.3. <i>Índice CERA-S.</i>	80
8.2.1.4. <i>Análisis comparativo entre los resultados de los índices QBR, RQI y CERA-s, obtenidos en las tres zonas objeto de estudio.</i>	85
8.2.2. Índices de calidad de agua.	86

8.2.2.1. <i>Índice BMWP e índice ASPT.</i>	86
8.2.2.3. <i>Índice IRCA.</i>	89
8.2.3. Zonas de importancia ecológica identificadas.	93
8.2.4. Servicios ecosistémicos.	93
8.2.5. Impactos ambientales identificados.	95
8.2.5.1. <i>Zona Alta</i>	95
8.2.5.1. <i>Zona Media</i>	95
8.2.5.1. <i>Zona Baja</i>	97
8.2.6. Propuestas de estrategias de mitigación.	98
8.2.7. Resumen de resultados.	100
9. CONCLUSIONES	102
10. RECOMENDACIONES	104
BIBLIOGRAFÍA	105
ANEXOS	118

LISTA DE FIGURAS.

Figura 1 . Mapa general del municipio de Bolívar- Cauca. Fuente: (IGAC, 2016).....	44
Figura 2. Área de estudio, quebrada “El Helechal”, Bolívar, Cauca, Colombia.	46
Figura 3 Microcuenca Rio Quilichao. Santander de Quilichao, Cauca, Colombia.	48
Figura 4 Mapa político del municipio de Santander de Quilichao.	49
Figura 5 Área de estudio, Microcuenca Rio Quilichao, Santander de Quilichao, Cauca, Colombia.....	50

LISTA DE FOTOS.

Foto. 1 Cubierta vegetal de la zona baja.	56
Foto. 2. Bosque adyacente a la zona de ribera en la zona baja.	56
Foto. 3 Sistema de captación quebrada “El Helechal”.	58
Foto. 4 Adecuación de terrenos para actividades ganaderas cerca de la zona alta.	59
Foto. 5 Parches de vegetación en estado de protección.	62
Foto. 6 Estado de la Zona Media.	76
Foto. 7 Expansión de la frontera agropecuaria, ganadería e instauración de frutales.....	77
Foto. 8 evidencia de vertimiento de residuos sólidos en la Zona Baja.	77
Foto. 9 Zonas utilizadas para recreación. Lugar donde se instauran fogatas y pozos de esparcimiento familiar.	78

LISTA DE TABLAS.

Tabla 1. Intervalos de calidad según el índice QBR.....	22
Tabla 2 Interpretación de los valores totales de RQI y propuestas de gestión	24
Tabla 3 Calidad hidromorfológica según índice CERA-S.....	27
Tabla 4 Clasificación del nivel de riesgo en salud según el IRCA y acciones que deben adelantarse.....	30
Tabla 5 Puntaje asignados a las diferentes familias de macroinvertebrados acuáticos para la obtención del índice BMWP/Col1 (modificado de Roldán, 2003 por Álvarez, 2006).....	31
Tabla 6 Clasificación de la calidad del agua con base en índice BMWP (modificado de Roldán 2003, en Álvarez 2006).	33
Tabla 7 Clasificación de la calidad del agua con base en el índice ASPT (modificado de Roldán 2003, en Álvarez 2006).	34
Tabla 8 Coordenadas geográficas y el lugar de los tramos de muestreo en la quebrada “El Helechal”.....	45
Tabla 9 Coordenadas geográficas y altitud de los tramos de muestreo en el río Quilichao. ...	51
Tabla 10. Resultado de la aplicación del Índice QBR en la quebrada “El Helechal” (Bolívar).	57
Tabla 11 Resultado de la aplicación del Índice RQI en la quebrada “El Helechal” (Bolívar).	60
Tabla 12 Resultado de la calidad hidromorfológica del índice CERA-s en la quebrada “El Helechal” (Bolívar).....	63
Tabla 13 Resultado de la calidad biológica del Índice CERA-s en la quebrada “El Helechal” (Bolívar).....	64
Tabla 14 Calidad ecológica de la quebrada “El Helechal” según el índice CERA-s.	65
Tabla 15 Calidad ecológica de las zonas de ribera con los índices QBR, RQI y CERA-s.....	66

Tabla 16 Índice BMWP y ASPT para la zona baja y alta en la quebrada “El Helechal”	67
Tabla 17 Resultado de las pruebas fisicoquímicas de la zona estudiada en la Q. Helechal	69
Tabla 18 Puntaje de riesgo	70
Tabla 19 Percepción de los servicios ecosistémicos que les brinda la microcuenca a la comunidad con base en el método de TESSA (Toolkit for Ecosystem Services Site-Based Assessment)	71
Tabla 20 Propuestas de estrategias de mitigación para la zona alta y baja	73
Tabla 21 resumen de resultados	74
Tabla 22 Resultado de la aplicación del Índice QBR en Río Quilichao (Santander de Quilichao).	75
Tabla 23 Resultado de la aplicación del Índice RQI en Río Quilichao (Santander de Quilichao).	79
Tabla 24 Resultado de la Calidad Hidromorfológica del Índice CERA-s en Rio Quilichao (Santander de Quilichao).	81
Tabla 25 Resultado de la Calidad Biológica del Índice CERA-s en Rio Quilichao (Santander de Quilichao).....	84
Tabla 26 Resultado del Índice CERA-s en Río Quilichao (Santander de Quilichao).	85
Tabla 27 Calidad ecología de las zonas de ribera con los índices QBR, RQI y CERA-s.....	86
Tabla 28 Macroinvertebrados encontrados en las zonas de muestreo.	87
Tabla 29 Resultados de las pruebas fisicoquímicas de la zona estudiada del Rio Quilichao. .	89
Tabla 30. Puntaje de riesgo.....	91
Tabla 31 Resultados de la aplicación del Índice de Riesgo de la Calidad del Agua para consumo humano (IRCA) en la zona de estudio.	91

Tabla 32 Percepción de los servicios ecosistémicos que les brinda la microcuenca a la comunidad con base en el método de TESSA (Toolkit for Ecosystem Services Site-Based Assessment).	93
Tabla 33 Propuestas de estrategias de mitigación para la zona alta, media y baja	98
Tabla 34 Resumen de resultados.....	100

LISTA DE CUADROS.

Cuadro 1 Clasificación de los invertebrados indicadores de calidad más comunes presentes en los ríos andinos.	28
Cuadro 2 Evaluación de la Calidad Hidromorfológica y Biológica para obtener la calidad ecológica con base en el índice CERA-S.....	29

INTRODUCCIÓN.

A pesar de que la política del agua en Colombia en la actualidad se centra en garantizar la sostenibilidad del recurso hídrico, mediante una gestión y un uso eficiente y eficaz, articulados al ordenamiento y uso del territorio y a la conservación de los ecosistemas que regulan la oferta hídrica (MADVT, 2010), aun la formulación de estas políticas está regida por las participación de instituciones y la promulgación de normativa de forma descoordinada y dispersa (Zamudio, 2012). Aspecto que se ve reflejado en la creciente problemática en torno a la gestión del recurso hídrico en Colombia como lo plantea el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, en el documento política nacional para la gestión integral del recurso hídrico (MADVT, 2010).

La disponibilidad del recurso hídrico es un elemento importante en la formulación de políticas públicas, dado que a pesar de que Colombia ha sido reconocida por su abundante oferta hídrica, en términos hidrológicos el territorio nacional es heterogéneo, pues la mayor parte del recurso se encuentra en lugares con bajos niveles poblacionales como la Amazonía, Orinoquía y Chocó, mientras que en la zona Andina, donde se encuentra el grueso de la población, cuenta con tan solo el 13% de la oferta hídrica total (IDEAM, 2015).

Sumado al panorama anterior, se plantea que para el 2025 el 69% de los habitantes de Colombia estaría en riesgo alto de desabastecimiento en épocas de sequía, a raíz de la mala gestión del recurso hídrico y al aumento de la demanda poblacional (IDEAM, 2010), problemática que demanda soluciones sostenibles a corto, mediano y largo plazo.

El proyecto “Análisis de vulnerabilidad e implementación de alertas tempranas para sistemas de abastecimiento de agua en el departamento del Cauca (AQUARISC)”, formulado por el Grupo de Estudios Ambientales (GEA) de la Universidad del Cauca, en colaboración con la Cátedra UNESCO de Sostenibilidad de la Universidad Politécnica de Cataluña (UPC)

(España) y otros aliados regionales, tiene como objetivo fortalecer los mecanismos y herramientas relacionados con la toma de decisiones, monitoreo de calidad y provisión de agua con base en la implementación de alertas tempranas que ayuden a mitigar los impactos que ocasionan las actividades antrópicas, la variabilidad y el cambio climático sobre sistemas de abastecimiento de agua en nueve municipios del departamento del Cauca: Bolívar, Cajibío, La Sierra, Mercaderes, Popayán, Patía, Suárez, Santander de Quilichao y Timbio, (Figueroa, Joaquín, Martínez, Otero. & Valencia, 2014).

De acuerdo con los antecedentes y estudios preliminares del proyecto AQUARISC, los municipios de Bolívar y Santander de Quilichao se enfrentan a desabastecimiento de agua en época de verano (Alcaldía de Bolívar, 2012; Alcaldía Municipal de Santander de Quilichao, 2004; Figueroa., et. al., 2016) lo que repercute en la calidad de vida de los habitantes. Actividades antrópicas como tala progresiva de bosques, sobre las franjas protectoras de nacimientos y causes de las fuentes hídricas, causan la disminución de la oferta de agua en el territorio caucano (Alcaldía de Bolívar, 2012).

Con base en lo anterior, en este trabajo se analiza el entorno socio-ambiental con la finalidad de identificar impactos antrópicos potenciales que pudiesen estar afectando la calidad y provisión de agua en las principales fuentes abastecedoras de los municipios de Bolívar y Santander de Quilichao para posteriormente proponer posibles estrategias de mitigación.

En este contexto, el presente estudio se plantea con base en un enfoque de cuenca en el que se analizó la calidad de agua, la calidad ecológica de la ribera y los posibles impactos sociales y ambientales que se presentan en cada una de las cuencas. De esta forma el método incluyó la aplicación de talleres comunitarios, entrevistas con actores clave y el análisis de los siguientes índices:

- 1) Índice de Calidad de Bosque de Ribera (QBR) (*Qualitat del Bosc de Ribera*, por

sus siglas en catalán) (Munné, Solá, & Prat., 1998; Munné, et al. 2003);

- 2) Índice RQI (*Riparian Quality Index*) (Del Tánago & De Jalón, 2011);
- 3) Índice de Calidad Ecológico de Ríos Andinos Simplificado (CERA-S) (Encalada., et al.).
- 4) Índice de Riesgo de la Calidad del Agua para consumo humano (IRCA).
- 5) Índice BMWP (Biological Monitoring Working Party) (modificado de Roldán, 2003 por Álvarez, 2006).
- 6) Índice ASPT (Average Score per Taxon) (modificado de Roldán, 2003 por Álvarez, 2006).

Los resultados de este trabajo contribuyen al conocimiento de la zona para proponer estrategias que mejoren los servicios ecosistémicos hidrológicos relacionados con la calidad y aprovisionamiento de agua y serán un punto de comparación de la transformación a futuro que puedan llegar a sufrir las fuentes abastecedoras de los municipios.

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

La escasez de agua afecta a todos los continentes, de acuerdo con la ONU (2006) se estima que una de cada tres personas del mundo no dispone de agua suficiente para satisfacer sus necesidades diarias. Esta situación está empeorando debido al crecimiento de la población, el desarrollo urbanístico y el aumento del uso del agua con fines industriales, agrícolas, pecuarios y domésticos. Como instrumento de planeación para mitigar la escasez de agua, se ha planteado, estudiar el comportamiento del recurso hídrico y el impacto que los aspectos anteriormente mencionados causan a los cuerpos de agua. (Madera, Silva & Torres, 2008).

A nivel nacional, Colombia cuenta con una oferta hídrica abundante, no obstante, el territorio nacional es complejo y muy heterogéneo. En términos hidrológicos las cinco áreas hidrográficas que dividen el país (Caribe, Magdalena-Cauca, Orinoco, Amazonas y Pacífico presentan sensibles diferencias ecológicas y socioeconómicas que repercuten en la vulnerabilidad tanto del sistema natural como de la estructura socioeconómica (IDEAM, 2015).

Por su localización geográfica, su orografía y una gran variedad de regímenes climáticos, Colombia se ubica entre los países con mayor riqueza en recursos hídricos en el mundo. Sin embargo, algunas poblaciones llevan a cabo sus actividades socioeconómicas en regiones con baja oferta hídrica, que podrían estar impactando de forma negativa en los recursos hídricos. Las actividades socioeconómicas que se desarrollan en Colombia y que presentan mayor demanda de agua son la agricultura, la cual en el 2014 uso 46,6% del total del volumen de agua que se utiliza en el país, seguido por la generación de energía con el 21,5%, el sector pecuario con el 8,5% y el uso doméstico con el 8,3%. (IDEAM, 2015).

De acuerdo con, el plan departamental de agua y saneamiento básico del Cauca, la disponibilidad de agua en las fuentes hídricas que abastecen los municipios del departamento

del Cauca presentan una vulnerabilidad alta en 4 municipios (Mercaderes, Florencia, Popayán y Caloto), 14 municipios reportan vulnerabilidad media (dentro de los cuales se encuentra Bolívar y Santander de Quilichao) y el resto de los municipios del departamento una vulnerabilidad baja (Corporación Autónoma Regional del Cauca (CRC), 2010).

El panorama anterior se ve reflejado en municipios como Bolívar y Santander de Quilichao, en donde se reporta una vulnerabilidad media, con respecto a la disponibilidad de agua en las fuentes hídricas. Se registra también para estos dos municipios, en especial para los afluentes río Quilichao y la Quebrada “El Helechal”, un alto índice de escasez de agua; índice basado en la oferta y demanda del recurso hídrico (CRC, 2010).

Sumado a lo anterior, se registra que más del 50% del territorio en el departamento del Cauca ha perdido o transformado su cobertura vegetal, esta tendencia se mantiene en aumento, lo que genera preocupación por los escenarios futuros, dado que la cobertura vegetal y la oferta hídrica van estrechamente relacionados, por tanto si se afecta negativamente la cobertura vegetal la oferta hídrica también sufrirá cambios negativos. (CRC, 2010).

En el municipio de Bolívar la mayoría de las fuentes hídricas presentan presión sobre la cobertura vegetal por parte de la contaminación y deforestación, conflictos por uso de agua y conflictos por uso de suelo. La problemática alrededor del recurso hídrico intensifica en épocas de verano, cuando el caudal de las principales fuente abastecedoras (quebradas “Palo Blanco” y “El Helechal) disminuye drásticamente hasta un 80% (Alcaldía de Bolívar, 2012).

Por su parte, en el Municipio de Santander de Quilichao, también en épocas de verano se presenta una disminución del caudal del río Quilichao en un 80%, por lo que la Empresa Municipal de Servicios Públicos (EMQUILICHAO E.S.P) opta por racionar el servicio de agua. En este sentido, también se han reportado otro tipo de presiones sobre el afluente, como la presión sobre la cobertura vegetal por la práctica de la ganadería semiextensiva, conflictos

por uso de agua por parte de fincas agroindustriales y conflictos por uso de suelo por parte las actividades agropecuarias, las cuales captan el 50% de la oferta hídrica sin ningún tipo de control reduciendo la disponibilidad del recurso para el municipio (AQUARISC, 2017; EMQUILICHAO, 2011).

El desabastecimiento de agua en las cabeceras municipales a nivel departamental y en municipios como Bolívar y Santander de Quilichao manifiestan una problemática alrededor de la disponibilidad del agua, en la cual el crecimiento poblacional y la presión que se ejerce sobre la cobertura vegetal en ríos y quebradas, como la quebrada “El Helechal” y el río Quilichao, demuestran un vínculo con la reducción de los caudales utilizados para satisfacer necesidades básicas como agua potable en la zona urbana. Analizar las interacciones entre las franjas vegetales protectoras o zonas de ribera y los ríos y quebradas, permitirá fortalecer herramientas para la gestión integral del recurso hídrico.

Finalmente, las preguntas de investigación de este trabajo se enfocan a responder: ¿Cuáles son las condiciones socioambientales de las principales fuentes abastecedoras de Santander de Quilichao (Rio Quilichao) y Bolivar (Quebrada “El Helechal”)? y ¿qué alternativas de mitigación podrían mejorar las condiciones ambientales de las microcuencas analizadas?

2. JUSTIFICACIÓN.

De acuerdo con la Corporación Regional del Cauca con sus siglas CRC (2009) los municipios de Bolívar y Santander de Quilichao presentan una capacidad de regulación hídrica o nivel de humedad bajo y moderado, respectivamente (CRC, 2009), entiéndase regulación hídrica como el nivel de humedad que tienen y pueden llegar a tener las cuencas hídricas.

Se tiene también, que para el municipio de Bolívar, en la época de verano (Junio a Septiembre), el suministro de agua a la cabecera municipal está entre 30 minutos y una hora cada 2 días y no toda el agua que llega a las vivienda es apta para el consumos, debido a que muchas se abastecen de acueductos comunitarios que no cuentan con sistemas potabilización (Alcaldía de Bolívar, 2012).

Por otro lado en Santander de Quilichao se presentan captaciones ilegales de agua para producción agropecuaria, descargas de aguas servidas producto de actividades agrícolas, pecuarias y domésticas, sobre la principal fuente abastecedora (río Quilichao). En este municipio se presentan enfermedades causadas por bacterias transmitidas por el agua, como la diarrea aguda e infecciones intestinales y representan el 5% de las causas de consulta externa (Campos & Mondaca., 2001., Mesías & Popo., 2010).

Teniendo en cuenta los datos anteriores, la marcada variabilidad climática y el cambio climático de las últimas décadas, se presenta un escenario en los municipios caucanos en el que es necesario fortalecer los planes de manejo integral del recurso hídrico.

En los últimos años el manejo integral del recurso hídrico con enfoque hacia sistemas ribereños ha tenido excelentes resultados, debido a que los sistemas ribereños son quienes proporcionan protección contra de las inundaciones y sirven para disminuir los riesgos hidrológicos (Horn & Richards, 2006). Las raíces de la vegetación de ribera aumentan la cohesión del sustrato, y los tallos y las hojas modifican la rugosidad del lecho, controlando

así la erosión del sedimento, el transporte y la deposición, tanto en el canal como en la llanura inundable (Gurnell & Petts, 2002; 2006; Corenblit, Gurnell, Steiger & Tabacchi, 2008; 2009). Este tipo de ecosistema tiene la capacidad de mantener la calidad del agua de inundación actuando como sumidero y filtro de sedimentos y nutrientes (Décamps et al., 2000, Décamps, Naiman & McClain, 2005; Burt, Hefting, Pinay & Sabater, 2006). Además, los bosques ribereños representan importantes corredores naturales en el paisaje (Schnitzler-Lenoble, 2007) y constituyen áreas de alta biodiversidad.

Finalmente, trabajos de esta índole, como el de Bustos y Carrillo (2017), contribuyen al conocimiento de las zonas de estudio y el diagnóstico final ayuda a proponer posibles soluciones a problemas socioambientales que presente la zona.

3. OBJETIVOS.

3.1. Objetivo general.

- Analizar aspectos socio-ambientales que permitan definir estrategias de mitigación a los impactos negativos ocasionados por actividades antrópicas, en las principales fuentes abastecedoras de los municipios de Bolívar y Santander de Quilichao.

3.2. Objetivos específicos.

- Determinar el estado actual de las principales fuentes abastecedoras mediante el análisis de información existente y corroboración en campo.
- Evaluar la calidad ecológica de las zonas ribereñas con base en la aplicación de los índices QBR, CERA-S y RQI.
- Priorizar zonas de la microcuenca que permitan proponer estrategias de mitigación para mejorar la calidad y aprovisionamiento de agua.

4. MARCO DE REFERENCIA.

4.1. Marco conceptual.

Cuenca hidrográfica: Es un área de la cual la escorrentía superficial es llevada por un sistema de drenaje único. Es el territorio limitado por las divisorias de agua drenando un río, cuenca o depósito (Musálem et al., 2014).

Áreas ribereñas o riparias: Espacio situado en la zona de inundación donde crecen matorrales o árboles típicos del borde del río y que suelen ser diferentes de los árboles y matorrales propios del paisaje circundante. Son áreas a través de las cuales la hidrología superficial y subsuperficial conecta los cuerpos de agua con sus zonas adyacentes. Esto incluye aquellas porciones de los ecosistemas terrestres que influyen significativamente en el intercambio de materia y energía con los ecosistemas acuáticos. Las zonas ribereñas están adyacentes a corrientes de agua efímera, intermitente y perenne, lagos y líneas costeras estuarino-marinas (NRC, 2002).

Actividades antrópicas: Es el conjunto de acciones que el hombre realiza en un espacio determinado de la biósfera, con fin de garantizar su bienestar económico, cultural y social. (Decreto N° 1974,1989). Alrededor del mundo se desarrollan diferentes actividades sociales y económicas, a continuación se indica de manera breve las que afectan en distintos grados la calidad del agua: siembra de cultivos, desarrollo pecuario, explotación de bosques madereros y tala inmoderada, descarga de aguas residuales con alto contenido de materia orgánica y descarga de aguas residuales con tóxicos de origen industrial (Menchaca. 2018).

Indicadores ecológicos o ambientales: valor o número que indica el estado y desarrollo del medio ambiente y las condiciones que afectan al mismo (Alfsen et al., 1993, p. 416) siendo, por tanto, el objetivo de estos indicadores ambientales suministrar información sobre el medio ambiente y, como todos los indicadores, representar, de la forma más simple,

la complejidad del sistema que se quiere conocer sin perder el rigor científico, además de servir de guía para la toma de decisiones políticas (Durán Romero, 2000).

4.2. Marco teórico.

Los cauces y las áreas aledañas son sistemas completamente interdependientes con el paisaje del que forma parte y los ecosistemas aledaños (Munné et ál., 1998; Suárez et ál., 2002; Munné et ál., 2003) por lo cual, un análisis socio-ambiental que tome como unidad de estudio la cuenca debe considerar la relación entre los cauces, las áreas ribereñas y los ecosistemas adyacentes. Con el fin analizar de una manera integral los cuerpos hídricos.

De esta forma, algunos países han desarrollado diferentes índices ecológicos (Magdaleno, Martinez, & Roch, 2010; Ollero Ojeda et al., 2008), para el análisis de los ecosistemas de ribera, en este trabajo de investigación se tendrán en cuenta los índices QBR, RQI y CERA-s, debido a que son métodos que permiten comparar resultados y reducir la subjetividad, y además son de rápida y de fácil aplicación.

Para el análisis de la calidad de agua se aplicaran tres índices: IRCA, BMWP y ASPT. El índice IRCA a través del análisis de parámetros fisicoquímicos y biológicos permitirá conocer el riesgo que representa para la comunidad el consumo de agua. Por otro lado los índices BMWP y ASPT, a partir del análisis de los microorganismos presentes en el agua determinan la calidad y el estado con respecto a la contaminación.

4.2.1. Índice QBR.

El índice QBR (Munné, et al., 1998; 2003) evalúa la calidad de vegetación de ribera con base en cuatro aspectos principales (Munné, Solá & Prat, 1998; Munné, et al., 2003):

- 1) Grado de cobertura de la cubierta vegetal, aspecto que evalúa la conectividad entre el área ribereña y los ecosistemas terrestres adyacentes, para ello se considera el porcentaje de cobertura de árboles, arbustos y helófitas, en conjunto

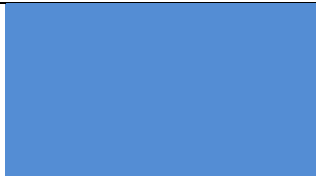




con la conexión que tenga la comunidad terrestre adyacente.

- 2) La estructura de la vegetación, evalúa la complejidad estructural del ecosistema ribereño. Para evaluarla se considera el porcentaje de presencia de árboles, plantaciones y parches aislados dentro de la zona ribereña.
- 3) La calidad de cobertura vegetal natural de la zona ribereña, permite determinar la naturalidad de las formaciones vegetales presentes, se valora a partir del número de especies nativas en el sector de muestreo y el tipo geomorfológico de la zona ribereña.
- 4) El grado de alteración del canal fluvial, considera principalmente las modificaciones antrópicas realizadas al cauce, las que modifican, alteran y perturban el hábitat ribereño.

Cada una de las valoraciones considera la tipología hidromorfológica de cada tramo del río con base en la aplicación de un formato de campo (Anexo 1) (Munné, Solá & Prat, 1998; Munné, et al., 2003).

Cada sección se evalúa de manera independiente en cada estación de muestreo, valorada con una puntuación de 0 a 25, y la sumatoria de la puntuación de los cuatro apartados fluctúa entre 0 y 100. El valor de calidad ecológica se determina de acuerdo con la siguiente tabla:

Tabla 1. Intervalos de calidad según el índice QBR.

NIVEL DE CALIDAD	QBR	Escala de color
Bosque de ribera sin alteraciones, calidad excelente, estado natural.	≥ 95	
Bosque ligeramente perturbado, calidad buena.	75-90	
Inicio de alteración importante, calidad intermedia.	55-70	
Alteración fuerte, mala calidad.	30-50	
Degradación extrema, calidad pésima.	≤ 25	

Fuente: Munné, et al., 2003.

4.2.2. Índice RQI

El RQI representa un método rápido y estandarizado de encuesta que es relativamente fácil de aplicar en el campo para recopilar información cuantitativa sobre la estructura de las zonas ribereñas para evaluar su estado ecológico. El método tiene aplicaciones potenciales para el monitoreo y diagnóstico, para el diseño de rehabilitación o restauración, para establecer prioridades de conservación y para la evaluación posterior un proyecto (Del Tánago & De Jalón, 2011).

El índice RQI, evalúa siete atributos observables y cuantificables que caracterizan la estructura y el funcionamiento dinámico de las riberas (González del Tánago & García de Jalón, 2006):

1) Las dimensiones en anchura del espacio ripario ocupado por vegetación asociada al río, estima el ancho promedio de la franja que contiene especies ribereñas (cualquier especie cuya presencia esté relacionada con el río).

2) La continuidad longitudinal de la vegetación leñosa, evalúa la intensidad de la fragmentación basada en el tamaño y la frecuencia de las áreas abiertas creadas por la acción humana y el uso de la tierra dentro de las áreas ribereñas que comprometan las funciones del corredor ripario.

3) La composición y estructura de la vegetación riparia, identifica diferencias entre la vegetación potencial y las formas reales de vegetación, número y cobertura de especies exóticas y abundancia de esteras, cañas, especies nitrofilicas o ruderales.

4) La regeneración natural de las principales especies leñosas, evalúa la diversidad de edad de las principales especies leñosas, para ello se debe localizar dónde tiene lugar la regeneración e identificar las causas principales que limitan la regeneración, cuando existen.

5) La condición de las orillas, busca determinar indicadores de naturalidad como: movilidad, formas de la tierra, presencia de restos de madera y detritus de la vegetación, heterogeneidad del agua de la orilla, etc. y determinar la influencia humana sobre la inestabilidad bancaria, la homogeneidad de la orilla del agua, el crecimiento excesivo de la vegetación en los bancos, la deposición de sedimentos finos, los revestimientos o alteraciones directas de la forma del banco, la altura y pendiente del banco.

6) La conectividad transversal del cauce con sus riberas y llanura de inundación, evalúa la intensidad de la regulación del flujo alterando que ha alterado la frecuencia y la magnitud de las inundaciones y la periodicidad y el área de inundación, y analiza cambios morfológicos o trabajos de canalización para prevenir el desbordamiento.

7) La conectividad vertical a través de la permeabilidad y el grado de alteración de los materiales y relieve de los suelos riparios. Este aspecto tiene en cuenta las alteraciones de la superficie del suelo que han reducido la capacidad de infiltración natural de la zona de ribera; y analiza además las alteraciones del sustrato a lo largo del perfil del cauce del río, que han reducido la permeabilidad aluvial original, los flujos subterráneos y la conectividad del agua




subterránea.

Cada una de las valoraciones consideran la tipología hidromorfológica de cada tramo del río con base en la aplicación de un formato de campo (Anexo 2) (González del Tánago., García de Jalón., Lara & Garilleti, 2006).

La valoración de cada atributo se suma y se determina la calidad ecológica con base en la Tabla 2.

Tabla 2 Interpretación de los valores totales de RQI y propuestas de gestión

Valor RQI	Estado de la ribera	Escala de color	Interpretación
150-130	Excelente		Atributos ribereños en condiciones naturales, sin amenazas en su funcionamiento. Gran interés en conservación y protección, para mantener el estado actual y prevenir futuras alteraciones de los sistemas ribereños.
129-100	Bueno		La mayoría de los atributos están en buenas o muy buenas condiciones y uno o dos pueden ser alterados. Los sistemas ribereños necesitan medidas de protección para evitar nuevos impactos potenciales y medidas de restauración para lograr la plena integridad de las funciones ribereñas. Eliminar presiones e impactos tanto como sea posible.

99-40	Intermedio		Varios atributos están alterados. Los sistemas ribereños requieren medidas de rehabilitación o restauración para mejorar y recuperar la hidrología y ecología. Reducir las presiones y los impactos tanto como sea posible y diseñar medidas de compensación para mejorar las condiciones ambientales.
39-10	Malo		Varios atributos están muy alterados. Los sistemas ribereños necesitan medidas de rehabilitación o restauración para reintroducir o mejorar las funciones ribereñas hidrológicas y ecológicas. Reducir las presiones y los impactos posibles y mejorar la percepción social de la degradación de los ríos.
>10	Pésimo		Muy mal la mayoría de los atributos están muy alterados. Los sistemas ribereños necesitan nuevas obras de rehabilitación o remediación, para recrear y reintroducir funciones ribereñas. Mejorar las condiciones ambientales para un buen estado potencial y mejorar la percepción social de la degradación del río.

Fuente: González., et. al., 2006.

4.2.3. Índice CERA-s.

El índice CERA-s, se basa en el índice QBR-and modificado a partir de QBR (Munne et al., 1998; Munne et al., 2003) y el índice biológico de macroinvertebrados de calidad de hábitat fluvial (Alba-Tercedor et al., 2002). Este índice fue diseñado para su uso por personas no expertas en el tema que no son biólogos o ecólogos, pero que tienen interés en realizar una evaluación rápida y confiable sobre el estado y la calidad ecológica de los ríos con base y analiza dos grupos de variables (Encalada, García, Prat, Rieradevall & Ríos-Toumaet al, 2011):

1) Las características hidromorfológicas: La vegetación de la ribera, el paisaje próximo al río, y algunos elementos del canal del río, como forma y sustrato;

2) Los organismos que habitan en el agua: los macroinvertebrados (Claves taxonómicas del Protocolo CERA-S de Encalada et. al. (2011).

La evaluación hidromorfológica considera ocho aspectos:

1) La estructura y naturalidad de la vegetación de ribera, evalúa presencia o ausencia de vegetación propia de la zona en las orillas de los ríos y en las áreas de inundación y su naturalidad.

2) La continuidad de la vegetación de ribera, evalúa si la vegetación de ribera es continua o si se presenta a manera de parches a lo largo del tramo analizado.

3) La conectividad de la vegetación de ribera con otros elementos del paisaje adyacente o próximo, analiza si la vegetación que hay en la ribera está conectada con otros paisajes naturales o si, por el contrario, está rodeada de plantaciones o potreros

4) La presencia de basuras o escombros, se evalúa de acuerdo a la dificultad que represente limpiarla o removerla.

5) La naturalidad del canal fluvial, evalúa el canal del río y su forma, teniendo en cuenta los signos de modificación del cauce como: canalización o rectificación,

construcciones de cemento y/o presencia de estructuras sólidas.






6) La composición del sustrato, evalúa la presencia de los distintos sustratos (piedra, canto, arena, arcilla, grava y bloque) que encontramos en el lecho río.

7) Los regímenes de velocidad y profundidad del río, evalúa las distintas profundidades presentes en el río, así como la velocidad del agua. Para analizar este aspecto se tiene en cuenta la presencia de cuatro combinaciones posibles de velocidad y profundidad en el lecho del río (rápido-somero, rápido-profundo, lento-somero, lento-profundo). Considerando una zona somera aquella que tienen profundidades menores a 0,4 m y una zona rápida como aquella por donde el agua tiene un velocidad mayor o igual a 30 cm/s.

8) Los elementos de heterogeneidad, evalúa los siguientes elementos de heterogeneidad que favorecen el aumento de biodiversidad de organismos acuáticos: hojarasca, troncos y ramas, diques naturales, raíces sumergidas, vegetación acuática sumergida (musgos y plantas) y vegetación acuática sumergida (algas).

Para determinar la calidad hidromorfológica se suman los valores asignados a cada aspecto y se compara con la siguiente escala:

Tabla 3 Calidad hidromorfológica según índice CERA-S.

PUNTUACIÓN	CALIDAD HIDROMORFOLÓGICA	Escala de color
≥35	Excelente	
28-35	Buena	
20-28	Intermedia	
10-20	Mala	
0-10	Pésima	

Fuente: Encalada et al., 2011.

La calidad biológica evalúa la presencia de las siguientes familias de macroinvertebrados:

Cuadro 1 Clasificación de los invertebrados indicadores de calidad más comunes presentes en los ríos andinos.

Blepharoceridae	Hyaella	Chironomidae Verde	Chironomidae Rojo	Sin Vida Animal
Plecoptera	Elmidae	Simuliidae	Syrphidae	
Leptoceridae	Scirtidae	Hirudinea	Oligochaeta	
Limnephilidae	Hydrobiosidae	Gasteropoda		
Leptophlebiae	Leptohiphidae	Baetidae		

Los invertebrados pertenecientes a la columna azul son característicos de aguas con calidad biológica excelente, los invertebrados de la columna verde son propios de aguas con calidad biológica buena, los de la columna amarilla son propios de aguas con calidad biológica moderada, y los invertebrados pertenecientes a la columna naranja habitan en aguas con calidad biológica mala.

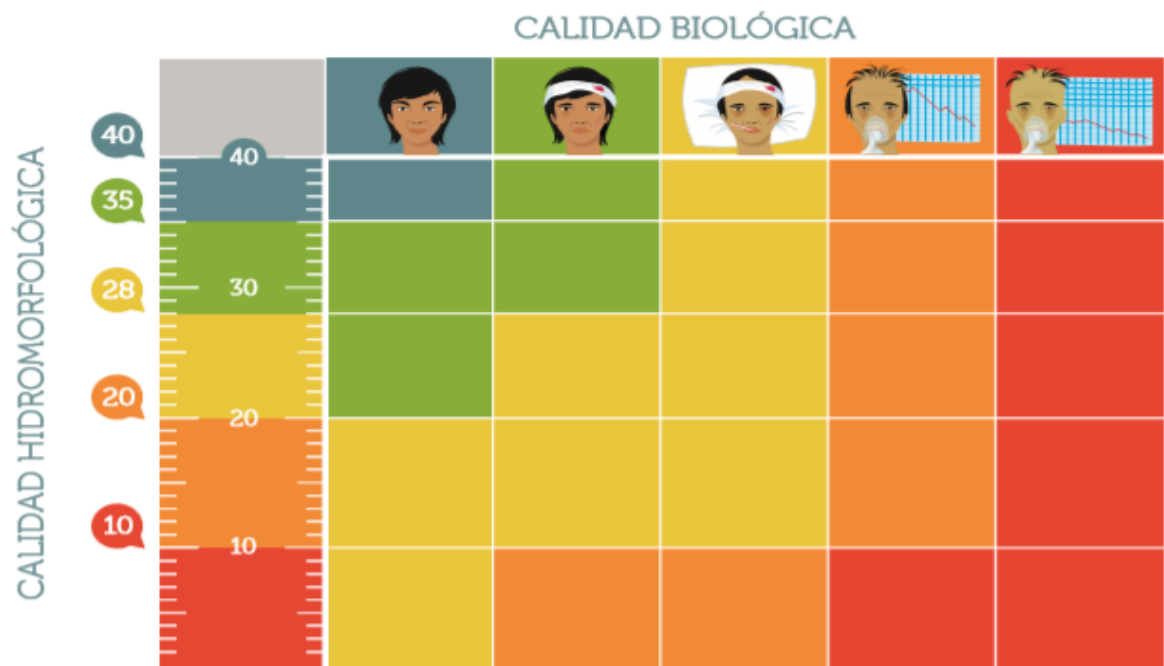
Para determinar el índice que mide la calidad biológica se debe tener en cuenta los siguientes criterios:

- Calidad excelente: sólo si se encuentra al menos dos de los invertebrados de la columna azul.
- Calidad buena: Si se encuentra como mínimo dos invertebrados de la verde o uno de la azul y otro de la verde o amarilla.
- Calidad moderada: Si se encuentra solo uno verde y uno amarillo, o dos del amarillo.

- Calidad mala: Si se encuentra solo un invertebrado azul, verde o amarillo con otro localizado en la columna naranja, o solo dos naranjas.
- Calidad pésima: si solo se encuentra un tipo de invertebrado o ninguno.

Finalmente, la calidad ecológica se obtiene al comparar los resultados de la evaluación de la calidad hidromorfológica con los de calidad biológica con base en el siguiente cuadro (Encalada et al., 2011):

Cuadro 2 Evaluación de la Calidad Hidromorfológica y Biológica para obtener la calidad ecológica con base en el índice CERA-S.



Si el resultado de combinar las dos evaluaciones es azul, entonces la calidad ecológica del río es excelente, si es verde la calidad es buena, si es amarilla es moderada si es naranja es mala y por último si es roja es pésima.

4.2.4. Índice de Riesgo de la Calidad del Agua para consumo humano (IRCA).

Es el grado de riesgo de ocurrencia de enfermedades relacionadas con el no

cumplimiento de las características físicas, químicas y microbiológicas del agua para consumo humano. Este indicador es el resultado de asignar el puntaje de riesgo contemplado en el Cuadro No. 6 de la Resolución No. 2115 de 2007 a las características contempladas allí por no cumplimiento de los valores aceptables establecidos en dicha resolución.

La clasificación del nivel de riesgo del agua suministrada para el consumo humano y acciones que debe realizar la autoridad sanitaria competente, se determina comparando el resultado del IRCA con la siguiente tabla:

Tabla 4 Clasificación del nivel de riesgo en salud según el IRCA y acciones que deben adelantarse.

Clasificación IRCA (%)	Nivel de Riesgo IRCA	Notificaciones que adelantará la autoridad sanitaria de manera inmediata
80.1 -100	Inviabile sanitariamente	Informar a la persona prestadora, al COVE, Alcalde, Gobernador, SSPD, MPS, INS, MAVDT, Contraloría General y Procuraduría General.
35.1 - 80	Alto	Informar a la persona prestadora, COVE, Alcalde, Gobernador y a la SSPD.
14.1 – 35	Medio	Informar a la persona prestadora, COVE, Alcalde y Gobernador
5.1 - 14	Bajo	Informar a la persona prestadora y al COVE.
0 - 5	Sin Riesgo	Continuar el control y la vigilancia.

4.2.5. Índice BMWP (*Biological Monitoring Working Party*).

Los aspectos biológicos han adquirido una creciente importancia en el estudio de los sistemas acuáticos, debido a que complementan el diagnóstico de la calidad de las aguas que determinan las variables físicas y químicas. Peces, algas, protozoos y otros grupos de organismos han sido recomendados para valorar la calidad del agua no obstante, los macroinvertebrados son el grupo más usado como indicador del estado ambiental de las quebradas y ríos por ser muy sensibles a los cambios del ambiente (Hellawell, 1986 en Alba Tercedor, Escuela de Ingeniería de Antioquia 1996) y más vulnerables a las perturbaciones antropogénicas por vivir en hábitats de pequeña escala (La Bonte et al. 2001). A continuación se describen el índice BMWP utilizado para la valoración de macroinvertebrados.

El índice de tolerancia/intolerancia, está fundamentado en la presencia de familias sensibles o tolerantes a la contaminación del agua. Se calcula con base en la suma de los puntos asignados a cada familia de acuerdo con su tolerancia (Tabla 5). Las puntuaciones varían de 10 a 1, donde las más altas denotan una mayor sensibilidad a perturbaciones en la calidad del agua y las más bajas lo contrario. (Roldan, 2003).

Tabla 5 Puntaje asignados a las diferentes familias de macroinvertebrados acuáticos para la obtención del índice BMWP/Col1 (modificado de Roldán, 2003 por Álvarez, 2006).





Familia				Puntos
Anomalopsychidae,	Ptilodactylidae,	Lampyridae,	Polymitarcyidae,	
Atriplectididae,	Chordodidae,	Odontoceridae,	Polythoridae,	10
Blephariceridae,	Gripopterygidae	Perlidae	Psephenidae	
Coryphoridae,	Gomphidae,	Limnephilidae,	Platystictidae,	
Ephemeraidae,	Hydrobiosidae,	Oligoneuriidae,	Polycentropodidae,	9

Euthyplociidae	Leptophlebiidae	Philopotamidae	Xiphocentronidae	
Atyidae,	Hydroptilidae,	Palaemonidae,	Pseudothelphusidae,	
Calamoceratidae,	Leptoceridae,	Planorbidae	Saldidae, Sialidae,	
Hebridae,	Limnephilidae,	(cuando es	Sphaeriidae	8
Helicopsychidae,	Lymnaeidae,	dominante		
Hydraenidae,	Naucoridae	Biomphalaria)		
Ancylidae, Baetidae,	Dicteriadidae,	Hydrobiidae,	Pyralidae,	
Calopterygidae,	Dixidae,	Hydropsychidae	Simuliidae,	7
Coenagrionidae,	Glossosomatidae	Leptohiphidae,	Veliidae	
	Hyaellidae	Lestidae		
Aeshnidae,	Dryopidae,	Limnichidae,	Mycetopodidae,	
Ampullariidae,	Dugesidae,	Lutrochidae,	Pleidae,	6
Caenidae,	Elmidae,	Megapodagrioni	Staphylinidae	
Corydalidae,	Hyriidae	dae		
Ceratopogonidae,	Glossiphoniidae,	Mesoveliidae,	Tabanidae,	5
Corixidae,	Gyrinidae,	Nepidae,	Thiaridae	
Gelastocoridae	Libellulidae	Notonectidae		
Belostomatidae,	Haliplidae,	Scirtidae,	Hydrometridae,	4
Chrysomelidae,	Hydridae,	Empididae,	Noteridae.	
Curculionidae,	Muscidae	Dolichopodidae	Sciomyzidae	
Ephydridae,				
Chaoboridae,	Hydrophilidae	Physidae,	Tipulidae	3

Cyclobdellidae, (larva)	Stratiomyidae	
Chironomidae (cuando no es la familia dominante, si domina es 1)	Culicidae, Syrphidae Psychodidae	2
Tubificidae		1

Luego de determinar la sumatoria de los puntos asignados a las diferentes familias de macroinvertebrados acuáticos, se procede a determinar la calidad de agua (Tabla 6).

Tabla 6 Clasificación de la calidad del agua con base en índice BMWP (modificado de Roldán 2003, en Álvarez 2006).

Clase	Calidad	Valor del BMWP	Estado	Escala de color
I	Buena	> 150 101-120	Aguas muy limpias Aguas no contaminadas	
II	Aceptable	61-100	Aguas ligeramente contaminadas: se evidencian efectos de contaminación	
III	Dudosa	36-60	Aguas moderadamente contaminadas	
IV	Crítica	16-35	Aguas muy contaminadas	
V	Muy crítica	<15	Aguas fuertemente contaminadas, situación crítica	

4.2.6. Índice ASPT (*Average Score per Taxon*)

El índice de ASPT es útil para la evaluación de la calidad del agua, especialmente cuando hay alta diversidad. Se obtiene dividiendo la puntuación total BMWP por el número de los taxones calificados en la muestra, lo cual expresa el promedio de indicación de calidad del agua que tienen las familias de macroinvertebrados encontradas en un sitio determinado. Posteriormente, se determina la calidad de agua y su significado ecológico (Tabla 7).

Las valoraciones más bajas del índice ASPT asociado a una puntuación baja del índice BMWP indicará condiciones graves de contaminación (Álvarez, Arango, Arango, Monsalve & Torres. 2008).

Tabla 7 Clasificación de la calidad del agua con base en el índice ASPT (modificado de Roldán 2003, en Álvarez 2006).

Clase	Calidad	Valor del ASPT	Estado	Escala de color
I	Buena	>9-10	Aguas muy limpias	[Blue]
		>8-9	Aguas no contaminadas	
II	Aceptable	>6,5-8	Aguas ligeramente contaminadas: se evidencian efectos de contaminación	[Green]
III	Dudosa	>4,5-6,5	Aguas moderadamente contaminadas	[Yellow]
IV	Crítica	>3- 4,5	Aguas muy contaminadas	[Orange]
V	Muy crítica	1-3	Aguas fuertemente contaminadas.	[Red]

4.2.7. Servicios ecosistémicos.

Los servicios ecosistémicos son los beneficios que las personas obtienen de los ecosistemas (European Union, 2013; MA, 2005), para su evolución existe una herramienta llamada Toolkit for Ecosystem Service Site-based Assessment (TESSA), la cual permite desarrollar e implementar una instrumentos de valoración rápida para medir y monitorear algunos servicios ecosistémicos a escala de sitio con base en información local y su comparación con un estado alternativo (Balmford, et al. 2013)..

Viendo la necesidad de analizar la conectividad de la cuenca hídrica con la comunidad se tomara como base los lineamientos que propone TESSA, para analizar la precepción actual de la comunidad sobre los servicios ecosistémicos.

El TESSA permite estudiar servicios ecosistémicos como: la regulación del clima global, la calidad y aprovisionamiento de agua, recreación en pasajes naturales, la polinización, la protección costera (de próxima publicación), etc. Su desarrollo consta de seis pasos:

- 1) Trabajo preliminar. Se debe definir el área de estudio (entre 1-1,000 km²), objetivo y audiencia y analizar el contexto local (política, derechos de acceso, estructura social, ecología).
- 2) Evaluación rápida. Se debe identificar interesados, hábitats, motores del cambio y los principales servicios y sus beneficiarios.
- 3) Determinar el estado alternativo, a través de información sobre los posibles problemas que se presenten en el sitio de análisis e identificar disyuntivas que se presenten al momento de la toma de decisiones sobre el tema analizado.
- 4) Selección del método, para ello se debe determinar los servicios ecosistémicos más relevantes, determinar un método para cada servicio según el TESSA y realizar adaptaciones a los de métodos de acuerdo con el contexto del sitio de

estudio.

- 5) Recolección de información sobre el estado actual y sobre el estado alternativo.
- 6) Análisis y comunicación. Comparar el estado actual con el alternativo, identificar cambios potenciales en la distribución de los beneficios y comunicar a la comunidad analizada.

4.2.8. Estrategias de mitigación.

La aplicación de los índices, protocolos y herramientas mencionadas anteriormente, tienen como objetivo evaluar el estado socioambiental de las principales fuentes de abastecimiento de los municipios de Bolívar y Santander de Quilichao, con el fin de proponer medidas de conservación, restauración y rehabilitación que contribuyan a mejorar el estado de los ecosistemas fluviales y el aprovisionamiento y la calidad de agua con base en la implementación de acciones sostenibles (Molina, 2007).

Los sistemas naturales de tratamiento de agua como humedales y franjas vegetales podrían ser una alternativa efectiva y de bajo costo para la prevención, mitigación y adaptación a los factores que puedan alterar el equilibrio de los ecosistemas fluviales, debido a que contribuyen a la eliminación de sustancias contaminantes por medio de mecanismos y procesos naturales que no requieren de energía externa ni aditivos químicos y son de fácil manejo (González & García, 2007; Lovell & Sullivan, 2005).

Dentro de los programas de reforestación y rehabilitación en las zonas de ribera, los humedales y las franjas vegetales toman un papel importante (Cátedra UNESCO de Sostenibilidad, 2017). Los humedales tienen la propiedad de remover la mayor parte de los patógenos y nutrientes contenidos en el agua que llegan a los ríos y quebradas a través de la escorrentía superficial, por ello es importante identificarlos, aislarlos y si es necesario reforestarlos (Fuentes, Masera & Ortiz, 2014).

Por otro lado las franjas vegetales protegen las riberas de los ríos, lagos y embalses,

humedales y planicies de inundación. Además tienen una alta capacidad de amortiguamiento de los ingresos de contaminantes derivados de las actividades productivas que generan contaminación difusa y que son las más difíciles de controlar (Moller., 2011). Los humedales y las franjas vegetales están estrechamente ligados, la desaparición y degradación de las franjas vegetales implica la desaparición y degradación de humedales (Ramsar Convention Secretariat, 2011).

5. ANTECEDENTES.

La caracterización socioambiental es de gran utilidad para la identificación de alertas tempranas asociadas a tendencias de uso y transformación de territorio, posibles mecanismos de adaptación frente al cambio climático y lineamientos bases para formular estrategias de mitigación a la vulnerabilidad climática (Castro, Rincón, Lara, & Rojas. 2016). Por ejemplo, en 2016, (Castro et. al) realizó un análisis de conflictos socio ambientales asociados con el uso y acceso a servicios eco sistémicos de la cuenca hidrográfica del río Orotoy en el departamento del Meta, concluyendo que las formas de acceso, uso y cambio histórico de los ecosistemas permite entender la dinámica de la provisión de los servicios ecosistémicos y de los impulsores de transformación territorial.

Las caracterizaciones socio-ambientales son un instrumento útil y eficiente para analizar los ecosistemas hídricos, permiten conocer de manera integral el estado, el comportamiento del sistema, los conflictos que se están presentando y da lineamientos base para mitigar dichos impactos relacionados. En el 2017, Bustos y Carrillo realizan un análisis socioambiental sobre los conflictos que se presentaban por agua potable en las veredas de Quente y Querenté, del municipio de Chipaque - Cundinamarca, determinaron que las principales problemáticas relacionadas con el recurso agua se da por la minería, la ejecución de proyectos viales en nacimientos de agua y cauces hídricos, la expansión de la frontera agrícola y la economía campesina. A partir de la determinación de las problemáticas y el análisis del estado actual de las cuencas, se plantean estrategias de mitigación.

En Colombia entre las aplicaciones de índices ecológicos, se tiene el índice QBR, aplicado en el rio la Miel en el departamento de Caldas, en el estudio se evaluaron 50 tramos a lo largo de 20 km en la zona baja de la cuenca, como resultado se estableció que las zonas con mejores puntajes se encuentran en la Zona Alta de la cuenca con presencia de bosque natural, también que en el 86% del área de estudio no hay una calidad óptima, principalmente

por que la cobertura natural ha sido reemplazada por pastos herbáceos dedicados a la ganadería, al tener en cuenta las coberturas vegetales de la zona de estudio. Como parte importante de este estudio se realizaron modificaciones al índice QBR teniendo en cuenta las características de la cuenca objeto de estudio y se plantearon estrategias de restauración ecológica a partir de los resultados del índice QBR y la caracterización de la vegetación (Arroyave & Posada, 2015).

En Latinoamérica también se ha reportado la aplicación de índices ecológicos para evaluar la calidad de la vegetación riparia. En Chile la aplicación del índice QBR ha sido relevante en temas como la planificación y gestión del territorio, considerando a los ecosistemas de ribera como indicadores ambientales (Carrasco et al., 2014; Figueroa, Palma & Ruiz., 2009). En México (Domínguez et al., 2009) se reporta la aplicación del índice QBR combinado con índice de hábitat fluvial (IHF), combinación que provee de elementos ambientales para la formulación de planes o esquemas de manejo integral de los ecosistemas riparios.

En España, país de la península ibérica de Europa, el índice QBR ha sido aplicado para determinar el estado ecológico de la vegetación de ribera y dar lineamientos base a proyectos de gestión integral de las fuentes hídricas (Lozano, Martínez & Pujante., 2006; Alonso et al., 2008; Camarero & Rovira., 2010; Barca et al., 2010)

El Índice RQI ha sido aplicado en algunas regiones de España, suministrando criterios útiles no solo para la evaluación del estado ecológico de las riberas, sino también para la formulación de diagnosis y opciones de rehabilitación o restauración, representando una lista de características naturales y posibles impactos derivados de actividades humanas de las zonas riparias, con un uso potencial para la evaluación post-proyecto (Bordallo., 2009; Camarero & Rovira., 2010; González & García., 2011).

La aplicación de otros índices como el índice de Calidad Ecológico de los Ríos

Altoandinos (CERA-S, Encalada et al., 2011), y su aplicación en 45 estaciones de muestreo en Ecuador y 42 estaciones de muestreo en Perú han reconocido las perturbaciones y la variabilidad natural de las estaciones de referencia en ambas cuencas en cada país (Acosta, et al., 2009).

Registros bibliográficos sobre alternativas de mitigación a problemas socio ambientales en cuencas plantean realizar actividades pedagógicas de formación y de reconocimiento del territorio, de las fuentes hídricas y la importancia para el municipio, dar incentivos para los dueños de predios que conserven sus ecosistemas y que estén ubicados en zonas de importancia hídrica (Bustos & Carrillo. 2017) y crear y desarrollar un programa de reforestación (Bustos & Carrillo. 2017; Del Tánago & De Jalón., 201.).

Dentro de los programa de reforestación en las zonas de ribera, los humedales y las franjas vegetales toman un papel muy importante (Cátedra UNESCO de Sostenibilitat, 2017). Los humedales tienen la propiedad de remover la mayor parte de los patógenos y nutrientes contenidos en el agua que llegan a los ríos y quebradas, por ello es importante identificarlos, aislarlos y si es necesario reforestarlos (Fuentes, Masera & Ortiz, 2014). Por otro lado las franjas vegetales protegen las riberas de los ríos, lagos y embalses, humedales y planicies de inundación. Además tienen una alta capacidad de amortiguamiento de los ingresos de contaminantes derivados de las actividades productivas que generan contaminación difusa y que son las más difíciles de controlar (Moller., 2011). Los humedales y las franjas vegetales están estrechamente ligados, la desaparición y degradación de las franjas vegetales implica la desaparición y degradación de humedales (Ramsar Convention Secretariat, 2011).

Al norte de Europa, se encuentra el complejo de humedales transfronterizos de Livonia septentrional, es uno de los ejemplos del importante papel que los humedales cumplen en la calidad y almacenamiento de agua. Este complejo abarca una superficie total de 17.575 hectáreas de turberas arboladas y no arboladas y benefician tanto a la población

local como a las de las periferias (Ramsar Convention Secretariat, 2011). Otro ejemplo clásico del valor no solo de los humedales, o de las franjas vegetales, sino de todos los ecosistemas ribereños, se encuentra en la Ciudad de Nueva York, donde se descubrió que podía ahorrar entre 4.000 y 6.000 millones de dólares de los EE.UU. en plantas de tratamiento de aguas, si invertía tan sólo 1.000 millones de dólares de los EE.UU. en la compra de tierras y en medidas de manejo dirigidas a la conservación de las cuenca de captación, incluidas las grandes zonas forestales (Ramsar Convention Secretariat, 2011).

En otros países como España (Cátedra UNESCO de Sostenibilitat, 2017), Chile (Corporación Nacional Forestal, 2013), México (Cortés, Breceda & Galina, 2009), se ha demostrado el gran valor y las importancia que tienen los humedales y de las zonas de ribera en la calidad y el aprovisionamiento de agua.

El proyecto LIFE REAGRITTECH (Regeneración y reúso del agua de escorrentía y de drenaje en terreno agrícola a partir de sistemas naturales combinados de tratamiento de aguas) utilizó humedales y franjas de vegetación como principal estrategia de mitigación a los impactos de las actividades agropecuarias, dado que son sistemas de alto rendimiento en remoción de contaminantes químicos, de fácil manejo y económicamente rentables. (Cátedra UNESCO de Sostenibilitat, 2017). Los resultados que se obtuvieron de este proyecto en Cataluña promovieron un convenio de colaboración con el GEA-UNICAUCA.

Como antecedente de la aplicación de índices de calidad de agua, Alvarez, et al. (2017), realiza un mapa de calidad de agua en las quebradas Cristalina y la Risaralda, fuentes que abastecen el acueducto municipal del municipio de San Luis en el departamento de Antioquia. La aplicación de los índices BMWP/Col1, ASPT para generar los mapas de calidad determinan que las corrientes están sometidas a contaminación de origen doméstico y agropecuario, lo cual limita sus condiciones de uso.

6. MARCO JURÍDICO.

Posterior a la promulgación de la Constitución de 1991 enfocados en el cuidado del recurso hídrico, actualmente existe un amplio desarrollo en términos de leyes, decretos, entre otros instrumentos de jurisprudencia, especialmente. El Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, ha promovido la Política Nacional para la Gestión Integral del Recurso Hídrico, con base en información recopilada de 2007-2009.

A continuación se muestra la cronología abreviada sobre el marco legal para el manejo del recurso hídrico en Colombia:

- Resolución 2115 del 2017. Enfoque principal: Sistema de Control y Vigilancia para la valoración de calidad de agua para consumo humano.
- Decreto 1640 del 2012. Enfoque principal: Planificación, ordenación, manejo de cuencas hidrográficas y acuíferos.
- Decreto 3930 del 2010. Enfoque principal: Reglamenta la Ley 999 de 1979 y 2811 de 1974 sobre usos del agua y manejo de residuos líquidos.
- Resolución 865 del 2004. Enfoque principal: Se adopta la metodología para el cálculo de índices de escasez para aguas superficiales.
- Decreto 1443 del 2004. Enfoque principal: Reglamenta parcialmente el Decreto- Ley 2811 de 1974, la Ley 253 de 1996, y la Ley 430 de 1998 en relación con la prevención y control de la contaminación ambiental por el manejo de plaguicidas y desechos o residuos peligrosos.
- Decreto 3100 del 2003. Enfoque principal: Se reglamentan las tasas retributivas por la utilización directa de agua como receptor de los vertimientos puntuales.
- Resolución 104 del 2003. Enfoque principal: Se establecen los criterios y parámetros para la clasificación y priorización de cuencas hidrográficas.
- Ley 373 de 1997. Enfoque principal: Se establece el programa para el uso eficiente y

ahorro de agua.

- Ley 99 de 1993. Enfoque principal: Se crea el Ministerio del Medio Ambiente, se reordena el sector público encargado de la gestión y conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables y se organiza el Sistema Nacional Ambiental – SINA
- Decreto – ley 2811 de 1974. Enfoque principal: Código de los Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente
- Ley 23 de 1973. Enfoque principal: Se faculta al presidente de la República para expedir el Código de los Recursos Naturales y de Protección al Medio Ambiente.

7. METODOLOGÍA

7.1. Área de estudio.

7.1.1. Municipio de Bolívar- Quebrada “El Helechal”.

El municipio de Bolívar se encuentra ubicado al sur del Departamento del Cauca (Fig. 1), en la cordillera central, hace parte de dos regiones naturales de importancia nacional e internacional como son la región del Macizo Colombiano, y la región del ecosistema subxerofítico del Patía en la parte más baja de su territorio(Alcaldía de Bolívar, 2012).

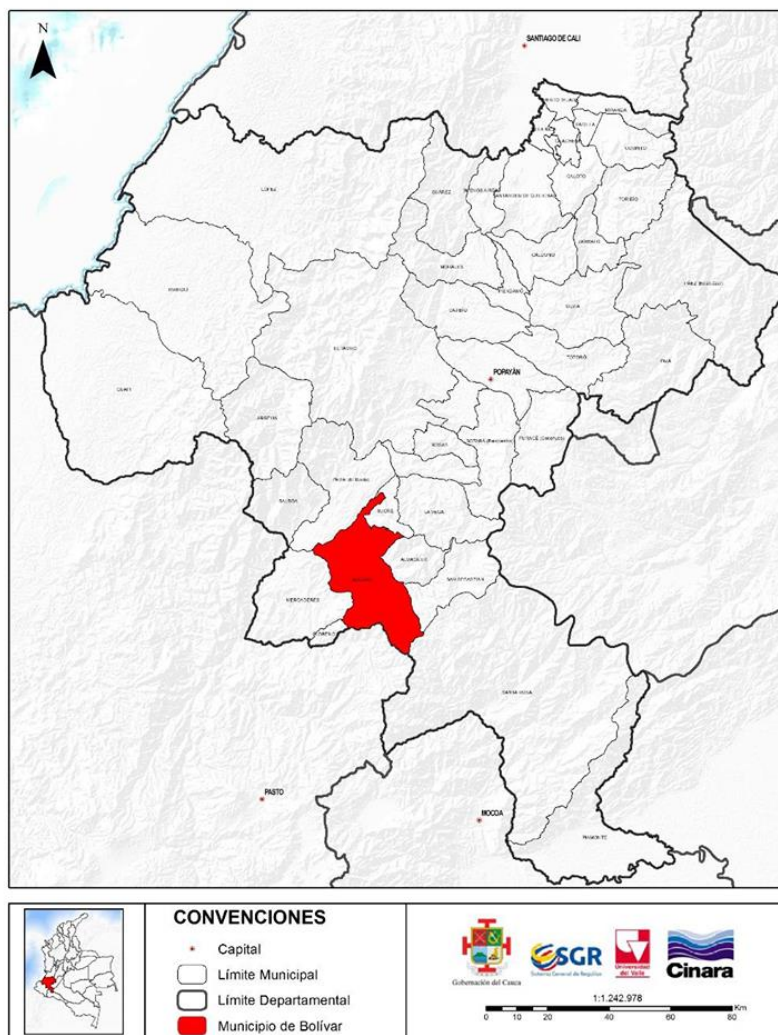


Figura 1 . Mapa general del municipio de Bolívar- Cauca. Fuente: (IGAC, 2016)

Para el municipio de Bolívar se identifican dos fuentes hídricas que abastecen la

cabecera municipal; “Palo Blanco” y “El Helechal”, cuyo sistema capta el recurso hídrico hasta la planta de tratamiento ubicada a 1750 msnm hacia el sector norte de la cabecera (Alcaldía de Bolívar, 2012).

Con base en la información suministrada por el personal del acueducto y el gerente de la empresa de servicios públicos, sobre las condiciones de acceso e importancia se determinó que el análisis solo se realizaría en la quebrada “El Helechal”. Esta fuente hídrica hace parte de la subcuenca sambingo, que a su vez hace parte de la cuenca Patía (Corporación Autónoma y Regional del Cauca y Alcaldía Municipal Bolívar Cauca 2003; Corporación Autónoma y Regional del Cauca y Fundación MAMASKATO 2009).

Para el presente trabajo de investigación se tomaron dos puntos de muestreo; zona alta y zona baja. Aun que se planteó un mayor número de muestreo estos no fueron posible por las condiciones de difícil acceso a puntos intermedio de la quebrada, por lo tanto se tomó un punto de muestreo cerca al nacimiento de la quebrada y otro en la bocatoma. Teniendo en cuenta que en cada zona se aplican diferentes índices, que se describen más adelante, se estableció un área de estudio con una coordenada inicial y final como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 8 Coordenadas geográficas y el lugar de los tramos de muestreo en la quebrada “El Helechal”.

Tramo	Identificación	Coordenadas			
		Inicio		Final	
1	Zona Baja	01°50'31.32"N	76°37'29.28"W	01°50'30.74"N	76°5.7'30.27"W
2	Zona Alta	01°50'52.2"N	76°57'17.3"W	01°50'52.8"N	76°57'14.6"W

Se presenta a continuación haciendo uso del mapa de coberturas vegetales de la quebrada “El Helechal” (Fig. 2) las zonas de muestreo. La primera zona se encuentra entre la bocatoma y el

primer punto, que correspondería a la zona baja, aguas arriba entre los dos siguientes puntos se encuentra la zona alta.

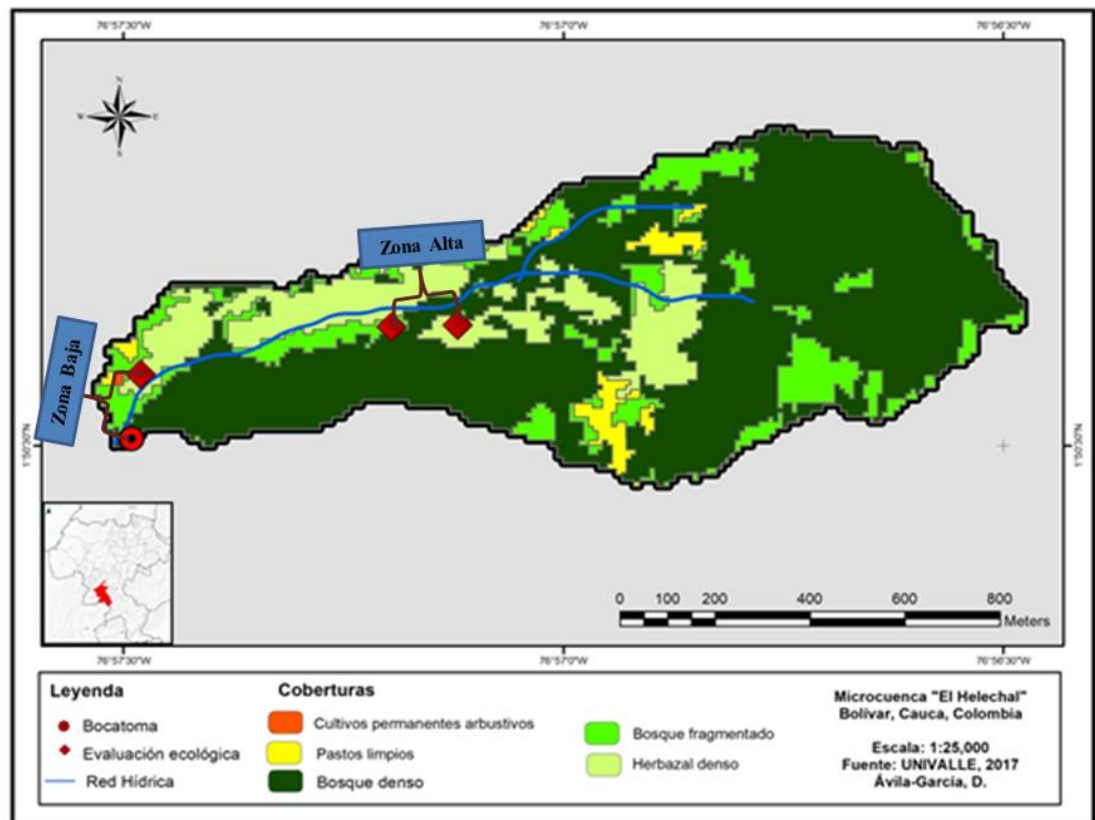


Figura 2. Área de estudio, quebrada "El Helechal", Bolívar, Cauca, Colombia.

Los rombos rojos indican el inicio y final de los tramos de muestreo en los que se evaluó la calidad ecológica de la vegetación de ribera y parámetros fisicoquímicos y biológicos

Las organizaciones comunitarias y líderes, son actores muy importantes para el desarrollo del presente proyecto. Con base en lo reportado por el proyecto AQUARISC, se identifican los siguientes actores: una asociación comunitaria reconocida como Ecomité, creada en 2014 y actualmente la integran el personal de la Empresa EMBOLIVAR S.A. E.S.P., representantes de la administración municipal, presidentes e integrantes de las Juntas de Acción Comunal y comunidad en general, personal pertenecientes a la Defensa Civil, a la

organización de padres de familia, los empleados de la empresa EMBOLIVAR S.A. E.S.P.

7.1.2. Municipio de Santander de Quilichao - Río Quilichao.

El servicio de acueducto del municipio de Santander de Quilichao es prestado por EMQUILICHAO E.S.P. El acueducto cuenta con tres sistemas de abastecimiento colectivos, dos que se abastecen del río Quilichao, conocidos como sistema Cambindo y Quitapereza y el tercero el sistema de abastecimiento que capta agua del río Mondomo, este último sistema es fuente alterna utilizada únicamente en época de verano. Dichos sistemas de abastecimiento conducen el agua hasta una planta de potabilización por tecnología de ciclo completo conocida como el Arroyo, la cual suministran agua a la cabecera municipal tanto a gravedad como por bombeo. La cobertura del acueducto es del 100% de la zona urbana y su continuidad es 24 horas al día y los 7 días a la semana (EMQUILICHAO, 2011).

El río Quilichao se encuentra localizado al norte del departamento del Cauca (Ver Figura 3.), sobre el flanco occidental de la cordillera central, entre las elevaciones 960 y 2600 msnm y las coordenadas 3° 03' y 3° 02' de latitud norte y 76° 15' y 76° 18' de longitud oeste y forma parte de la subcuenca del Río Quinamayó. La microcuenca está ubicada al suroriente del municipio de Santander de Quilichao, nace en el Cerro Munchique–Los Tigres considerada Reserva Natural Municipal en la vereda Guayabal (Acuerdo 017-2006), tiene un área aproximada de 2300 ha y desemboca en el río Quinamayó en la misma jurisdicción. (CRC, 2014; EMQUILICHAO, 2011).

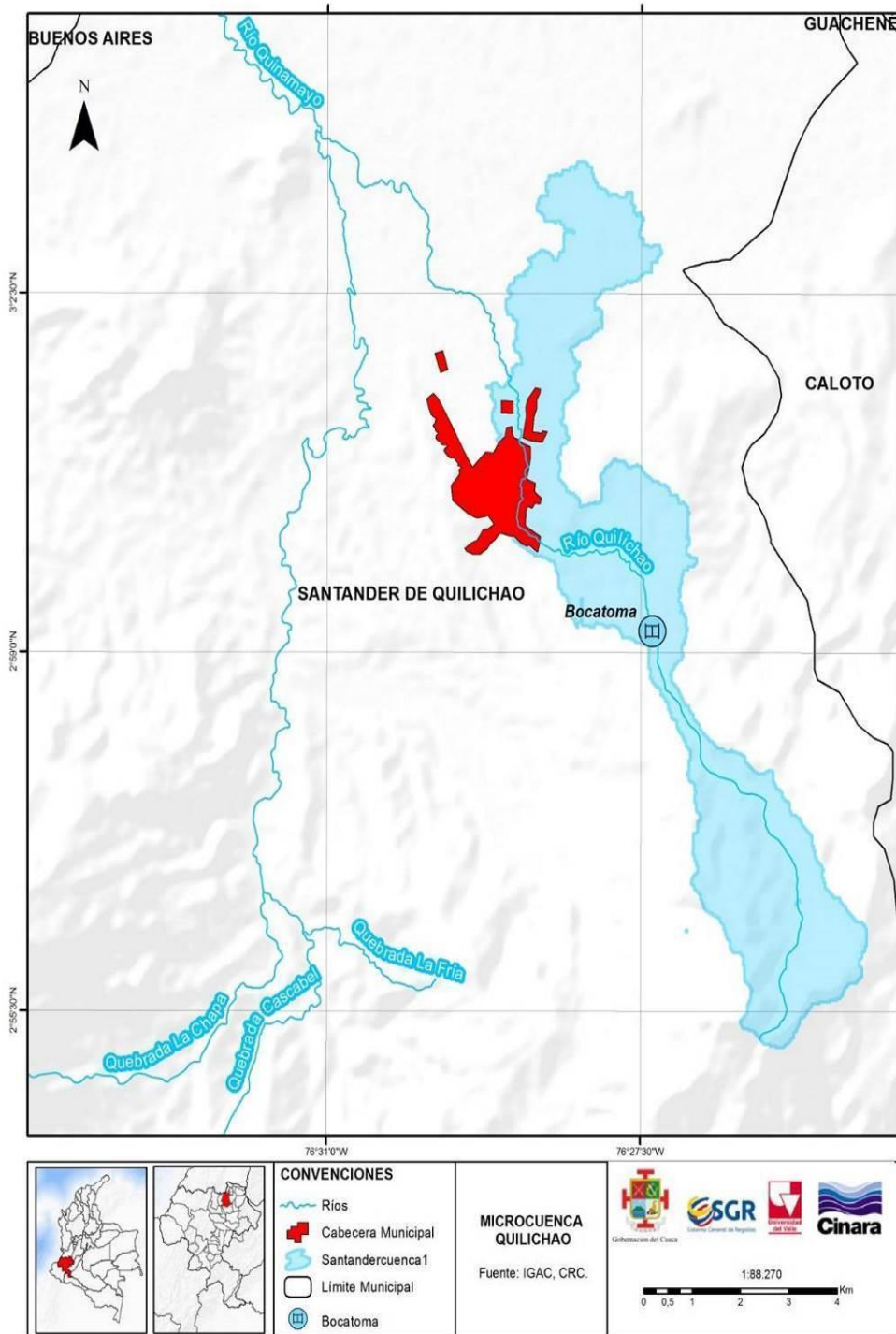


Figura 3 Microcuenca Rio Quilichao. Santander de Quilichao, Cauca, Colombia.

Las afluentes del río Quilichao más importantes son la Quebrada “Arenosa”, Quebrada “La Antolina”, Quebrada “La Polinaria”, Quebrada “La Balsera”, Quebrada “El Tambor”, Quebrada “La Mina” y Quebrada “Pavitas”. El cauce del río Quilichao recorre las veredas: Guayabal, Pavitas, San Pedro, Palmichal y Quitapereza (Figura 4). Tanto las

fuentes afluentes como el río son usados en la parte alta de la microcuenca para abastecimiento doméstico y pequeños acueductos (consumo humano) y uso agropecuario (CRC, 2014; EMQUILICHAO, 2011).



Figura 4 Mapa político del municipio de Santander de Quilichao.

Fuente: Municipio de Santander de Quilichao.

Teniendo como criterio la accesibilidad, seguridad e interés de los actores interesados, se determinaron tres puntos de muestreo (Fig. 5) y sus coordenadas (Tabla 9) en los que se aplicaron los índices de calidad ecológica y parámetros fisicoquímicos: Tramo 1) zona baja localizada entre la bocatoma Quitapereza y 100 metros aguas arriba, tramo 2) zona media ubicada en la zona media entre la bocatoma Quitapereza y el nacimiento, y tramo 3) zona alta ubicada en la parte alta de la cuenca (Fig 5.).

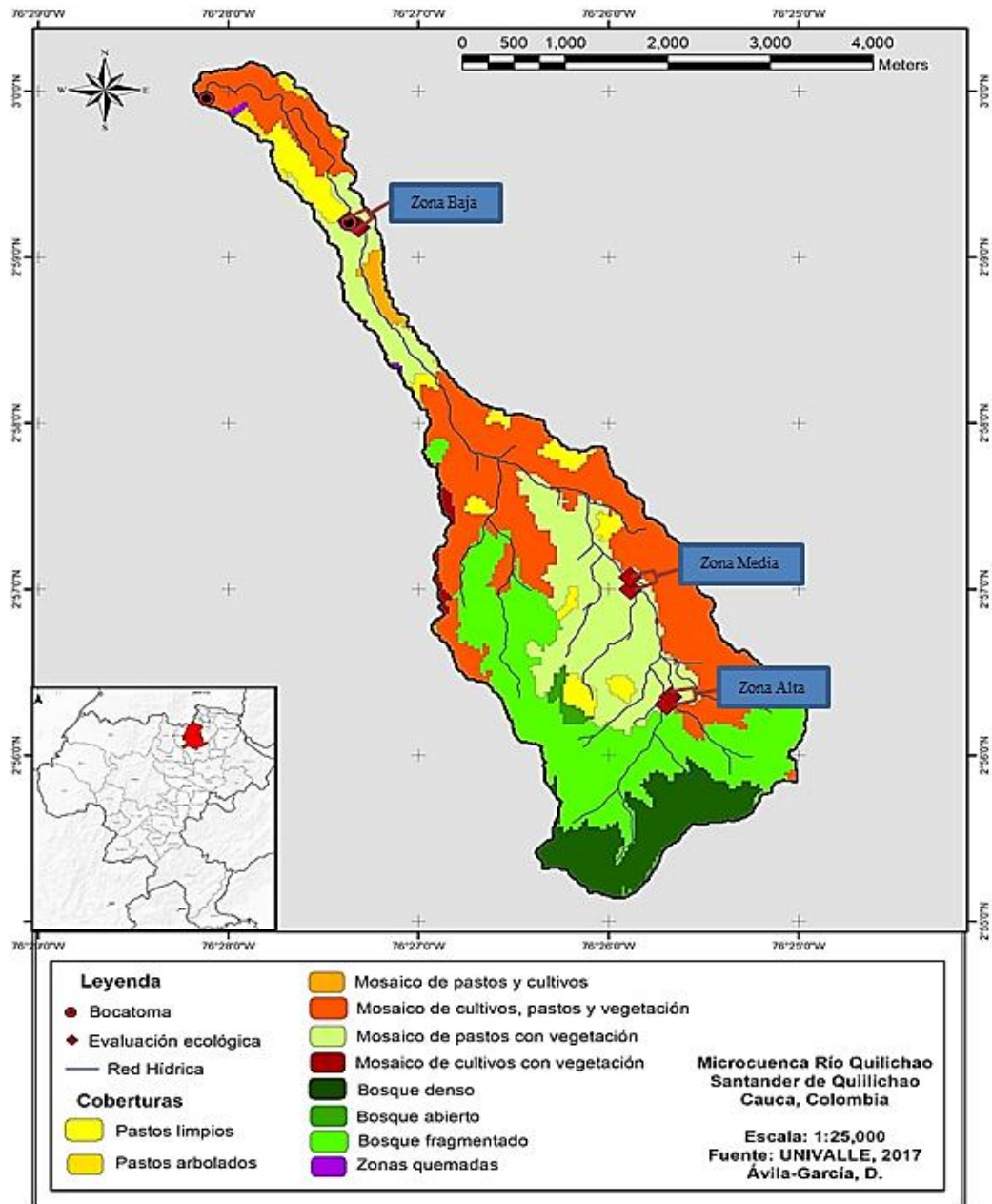


Figura 5 Área de estudio, Microcuenca Río Quilichao, Santander de Quilichao, Cauca, Colombia.

Los rombos rojos indican el inicio y final de los tramos de muestreo en los que se evaluó la calidad ecológica de la vegetación de ribera y parámetros fisicoquímicos y biológicos.

Tabla 9 Coordenadas geográficas y altitud de los tramos de muestreo en el río Quilichao.

Tramo	Identificación	Coordenadas			
		Inicio		Final	
1	Zona baja	02°59'13.29"N	76°27'21.92"W	2°59'14.60"N	76°27'18.9"W
2	Zona media	02°57'01.9"N	76°25'53.0"W	02°57'04.5" N	76°25'53.1"W
3	Zona alta	02°56'21.1" N, /,	76°25'40.3"W	02°56'19.0" N	76°25'41.6" W

De acuerdo con los datos Gobernación del Cauca (2013), la economía, de las veredas que comprenden la zona de estudio, depende principalmente del sector primario: cultivo de caña de azúcar, café, yuca plátano y cultivos de pan coger, la cría de ganado bovino y porcino.

Las organizaciones comunitarias y líderes, identificados en este municipio son algunas ONGs que sostienen un vínculo cercano con la empresa EMQUILICHAO E.S.P. como: Fundación Pro cuenca Río Quilichao y la Fundación para el Desarrollo de Santander, FUNDESAN. Igualmente, se destaca el liderazgo del gerente de la empresa EMQUILICHAO E.S.P., los representantes de las Juntas de Acción Local, los presidentes de las Juntas de Acción Comunal, representantes de la Asocomunal y vocales de control.

7.2. Índices de calidad ecológica.

Con base en los antecedentes y la información cartográfica (Informes del GEA, 2017) se aplicaron, en transeptos de 100 m de longitud y ancho variable según la zona de ribera, los tres índices ecológicos con base en los protocolos QBR, RQI y CERA-s y luego se compararon entre ellos.

Las jornadas llevaron a cabo el 11 de septiembre y el 10 de octubre del 2017 en el

municipio de Santander de Quilichao y el 21 de septiembre del 2017 en el municipio de Bolívar.

La calidad ecológica se determinó en cada uno de los tramos descritos anteriormente en la sección 7.1.1.y 7.1.2.

7.3. Índices de calidad de agua con base en pruebas biológicas y fisicoquímicas.

Para determinar la calidad ecológica del río, basados en el índice CERA-s, se debe obtener información de los organismos que habitan en el agua de las zonas estudiadas, para ello se tomó un tramo de 30 m de longitud de la microcuenca, al inicio del transepto se colocó una red pantalla y se empezó a remover aguas arriba los sustratos que componen el lecho con el objetivo de que la corriente desplazara los macroinvertebrados y que quedaran atrapados en la red. Luego se retiró cuidadosamente la red del agua y se realizó una selección manual con la ayuda de pinzas y lupa. Las muestras extraídas se colocaron en frascos con alcohol al 70%, para su posterior identificación en el laboratorio. Los ejemplares colectados se identificaron bajo microscopio estereoscopios en el laboratorio de biología de la Universidad del Cauca, con la asesoría del biólogo Miller Guzmán y basados en la Guía para el estudio de los macroinvertebrados acuáticos del Departamento de Antioquia expuesta por Roldan en el año 1998. Se registraron los datos de la clase, orden y familia.

7.3.1. BMWP y ASPT

Como se mencionó anteriormente, se realizó un muestreo de los microorganismo presentes en los tramos objeto de estudio. Como el índice CERA-s, tiene en cuenta solo la presencia de familias especificadas en el protocolo (Encalada et. al., 2011) y no todas las familias muestreadas. Con el objetivo de aprovechar todo el material colectado y el trabajo realizado se aplicó el índice BMWP y ASPT.

Para determinar el índice BMWP, primero se le asignó a cada familia la puntuación

del grado de tolerancia a la contaminación (Tabla 5), luego se hizo la suma de las puntuaciones, esta puntuación se compara con la Tabla 6 y se determina la calidad de agua. El ASPT se calculó dividiendo el BMWP por el número de familias. Finalmente basados en los valores de ASPT y la tabla 7 se realiza la clasificación de las aguas y su significado ecológico.

7.3.2. IRCA.

Para determinar el índice de riesgo de la calidad del agua para consumo humano (IRCA), se midieron en campo los siguientes parámetros: pH, salinidad, temperatura, conductividad, oxígeno disuelto, porcentaje de saturación de oxígeno, fosfatos, nitritos, nitratos y amonio; y en el laboratorio de la CRC: DBO₅, DQO, Coliformes totales y fecales.

Paso seguido se asignó el puntaje de riesgo contemplado en el cuadro N°.6 de la Resolución N°2115 (2007), a cada característica física, química y microbiológica, por no cumplimiento de los valores aceptables establecidos en la Resolución. Se aplicó la fórmula que se presenta a continuación, luego se clasifica el nivel de riesgo en salud teniendo en cuenta el porcentaje final y la Tabla 4.

Ecuación 1. Calculo del IRCA.

$$\text{IRCA (\%)} = \frac{\sum \text{puntajes de riesgo asignado a las características no aceptables}}{\sum \text{puntajes de riesgo asignados a todas las características analizadas}} * 100$$

Dado que para el cálculo del IRCA, según el cuadro N°.6 de la Resolución 2115 (2007) solo se contemplan las siguientes características: color aparente, turbiedad, pH, cloro residual libre, alcalinidad total, calcio, fosfatos, manganeso, molibdeno, magnesio, zinc, dureza total, sulfatos, hierro total, cloruros, nitratos, nitritos, aluminio, fluoruros, COT, coliformes totales, escherichia coli; también, se evaluaron los valores de las características físicas químicas y microbiológicas, desde el punto de vista de las limitaciones que pueden

presentarse para el uso del agua establecidas en el Decreto 1594 de 1984.

7.4. Reconocimiento de zonas de importancia ecológica.

Durante el diligenciamiento de los formatos de campo de los índices ecológicos, se realizó el reconocimiento y la toma de datos de zonas de importancia para la conservación, restauración y rehabilitación, para el desarrollo de esta actividad no se siguió un formato, solo se tomó nota del tipo de ecosistema y su ubicación.

7.5. Identificación de servicios ecosistémicos e impactos ambientales.

En las mismas fechas en que se aplicaron los índices de calidad ecológica se llevó a cabo la identificación de los servicios ecosistémicos en la quebrada “EL Helechal” y el río Quilichao.

Teniendo en cuenta el objeto de estudio del presente trabajo y la metodología propuesta en TESSA (Balmford, et al. 2013) y la disponibilidad de tiempo, se determinó que se realizaría análisis del estado actual de los servicios ecosistémicos que brinda la cuenca hidrográfica y los bosques de ribera. Para ello, se reunió a los principales representantes de las comunidades que conformaban el área de estudio, se dio una breve información sobre servicio ecosistémicos y los servicios que brindan las cuencas hidrográficas, finalmente en conjunto con la comunidad se diligencio el Anexo 4.

Además del taller realizado sobre servicios ecosistémicos, con la finalidad de analizar la percepción que la comunidad tenía sobre la problemática socioambiental e identificar posibles presiones antrópicas que podrían estar impactando en el uso y abastecimiento de agua dentro de la microcuenca objeto de estudio, se desarrolló un taller grupal el cual tuvo como fin diligenciar el Anexo 5.

8. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

8.1. Municipio de Bolívar – Quebrada “El Helechal”

A continuación se presentan los resultados al aplicar los índices de calidad ecológica de zona de ribera, índices de calidad de agua, pruebas fisicoquímicas e análisis social, en la quebrada “El Helechal”, una de las principales fuentes de abastecimiento del municipio de Bolívar.

8.1.1. Índices de calidad ecológica de zonas de ribera.

Se presentan por subtemas los resultados y análisis con cada índice.

8.1.1.1. Índice QBR.

De acuerdo con Álvarez et al. (1996), la degradación de las riberas se intensifica en las zonas cercanas a centros poblados por lo cual la distribución de los valores del índice QBR generalmente disminuyen desde el nacimiento del río hacia su desembocadura.

Al comparar los resultados del índice QBR estos indican una mayor afectación en zona baja, donde las dimensiones evaluadas; grado y estructura de la vegetación se encuentran seriamente impactadas. Las dimensiones antes mencionadas están relacionadas principalmente con las condiciones en las que se encuentra la vegetación riparia y las características del entorno (condiciones naturales y procesos antrópicos), por lo cual es importante resaltar la presencia de pendientes pronunciadas y material rocoso que dificulta el crecimiento de la vegetación a orillas de cada margen (Foto. 1) e influyen en los resultados finales. Complementario a lo anterior la presión que ejerce la ganadería extensiva, como una de las principales actividades económicas del municipio (Alcaldía de Bolívar, 2012), sobre la conectividad entre la vegetación de ribera y el bosque adyacente (Foto. 2) es otro factor a tener en cuenta.



Foto. 1 Cubierta vegetal de la zona baja.



Foto. 2. Bosque adyacente a la zona de ribera en la zona baja.

A continuación se presentan en la tabla 10 cada una de las dimensiones que evalúa el índice QBR y posterior a ello se realiza un análisis en cada una de las zonas objeto de estudio:

Tabla 10. Resultado de la aplicación del Índice QBR en la quebrada “El Helechal” (Bolívar).

DIMENSIONES	Puntuación	
	zona baja	zona alta
Grado de cubierta de la zona de ribera.	0	15
Estructura de la cubierta.	0	15
Calidad de la cubierta.	25	25
Grado de naturalidad del canal fluvial.	15	15
Puntuación total	40	70
Calidad ecológica	Mala	Buena

Fuente: Propia.

8.1.1.1.1. Zona baja

Esta zona de estudio se encuentra caracterizada principalmente por pronunciadas pendientes y construcciones como la bocatoma. La presencia de este tipo de estructuras modificó las condiciones naturales del lugar y una topografía agreste limitó el crecimiento de la vegetación. Por lo anterior, dimensiones como el grado de la cubierta y la estructura de la cubierta se han visto afectadas.

Complementario a lo anterior, la captación de gran parte del caudal hace que el recurso aguas abajo de la bocatoma disminuya considerablemente (Foto. 3), impacto que se intensifica en épocas de verano donde el caudal de la quebrada disminuye hasta en un 80% (Alcaldía Municipal Bolívar 2012). Las consecuencias para los usuarios y la vegetación riparia, plantean generar alternativas para mejorar las condiciones de la zona de ribera aguas abajo, teniendo en cuenta las diferentes interrelaciones que se establecen entre el ecosistema acuático y terrestre.



Foto. 3 Sistema de captación quebrada “El Helechal”.

A lo anterior se le suma que tanto la quebrada “El Helechal” como la quebrada “Palo Blanco”, no satisfacen completamente la demanda de la población, por lo cual el acueducto se ha planteado utilizar una nueva fuente que pueda incrementar la oferta del recurso hídrico (Alcaldía de Bolívar, 2002). En este sentido, la decisión de optar por otra fuente hídrica debería estar acompañada por la necesidad de proteger zonas de ribera, considerando los servicios ecosistémicos que proveen, relacionados con la capacidad de mantener el flujo base en el cauce y estabilidad en las orillas que mitigan los procesos de erosión y podrían reducir los riesgos por inundaciones y deslaves. (Maynor Oliverio, 2016).

8.1.1.1.1. Zona alta

Esta zona de estudio se encuentra muy cerca al nacimiento de la Q. El Helechal, y aunque se evidencia en campo el avance de la ganadería extensiva (Foto. 4), los elementos que evalúa el índice QBR suponen que aún existe características naturales que se conservan. Al igual que en la zona baja también se realiza captación del líquido a través de conexiones de tuberías que alimentan acueductos veredales, su impacto se tiene en cuenta dentro de los elementos que evalúa el índice QBR pero es necesario evaluar a profundidad cual es el impacto que este tipo de actividades puede generar y las posibles alternativas de solución.

Finalmente, de acuerdo con lo reportado por Álvarez et al. (1996), el índice QBR

indica que existe una mejor calidad ecológica de la vegetación de ribera en la zona alta en comparación con la zona baja. Como se constata con las visitas en campo y los análisis del índice QBR, las presiones antrópicas se generan con más intensidad en la zona baja con la ganadería.



Foto. 4 Adecuación de terrenos para actividades ganaderas cerca de la zona alta.

8.1.1.2. Índice RQI.

A diferencia del índice QBR, el índice RQI considera, entre otros atributos, la regeneración y edades de las plantas, conectividad lateral y vertical, por lo cual evalúa un mayor número de elementos que permiten realizar una mayor discusión sobre las condiciones de la vegetación de ribera.

Al comparar los resultados de las zonas de estudio, el índice RQI sugiere al igual que el índice QBR que existe una mejor calidad ecológica de la vegetación de ribera en la zona alta en comparación con la zona baja. Esta similitud entre los resultados dados por el índice RQI y QBR plantea; en primera medida una aproximación veraz acerca de las condiciones ecológicas de las zonas de estudio en este trabajo de investigación, y la posibilidad de realizar

una comparación entre métodos que comparten elementos de análisis. En la tabla 11 se presentan los resultados con el índice RQI y posteriormente un análisis en cada zona de estudio:

Tabla 11 Resultado de la aplicación del Índice RQI en la quebrada “El Helechal” (Bolívar).

DIMENSIONES	Puntuación	
	Zona baja	Zona alta
Dimensiones del terreno con vegetación riparia	14	18
Continuidad longitudinal y cubierta del corredor ripario	20	22
Composición y estructura de la vegetación riparia	16	18
Diversidad de edades y regeneración natural	10	11
Condiciones de la orilla	8	12
Flujos y conectividad lateral	10	11
Sustrato y conectividad vertical	12	12
Puntuación TOTAL	90	104
Calidad ecológica	Intermedia	Buena

Fuente: propia

8.1.1.2.1. Zona baja

La metodología del índice RQI considera necesario abordar el análisis tomando como objeto de estudio ambas orillas por separado en atributos como dimensiones del terreno, continuidad longitudinal y cubierta del corredor ripario, composición y estructura de la vegetación y diversidad de edades y regeneración natural (Del Tánago & De Jalón, 2011).

Teniendo en cuenta lo anterior y los resultados de la tabla 11, los atributos antes mencionados reciben una puntuación inferior en la zona baja, donde las condiciones topográficas son considerablemente diferentes a la zona de estudio aguas arriba. El índice

RQI clasifica la zona de estudio en valles confinados (con pendientes en cada margen) y valles no confinados (terrenos planos en cada margen) asignando características particulares de acuerdo a esta clasificación, por lo tanto en una zona donde las condiciones topográficas limitan principalmente el crecimiento de la vegetación riparia como en la zona baja las puntuaciones bajan, ver tabla 11, en comparación a zonas que se encuentran en valles no confinados como la zona alta.

8.1.1.2.2. Zona alta

El aislamiento o confinamiento de esta zona lo hace menos susceptible a la presión antrópica por paso de peatones, aunque al encontrarse en un valle no confinado ha permitido la expansión y adecuación de terrenos para ganado (Foto. 4) cerca de ecosistemas adyacentes en zonas de vegetación riparia (Alcaldía de Bolívar, 2012). Aunque existen actividades antrópicas como la ganadería también es importante mencionar acciones de protección de parches de vegetación por parte de los dueños de los predios (Foto. 5), que podrían funcionar como corredores biológicos como iniciativas de restauración ecológica propias de la comunidad y autoridades locales.



Foto. 5 Parches de vegetación en estado de protección por los dueños del predio.

Las características antes descritas, se hacen a partir de las diferentes observaciones que se dan con el índice RQI y el índice QBR, no únicamente describen las condiciones ecológicas de la vegetación de ribera sino también generan información relevante de impactos ambientales sobre la microcuenca, que posiblemente también pueden abordar soluciones.

A diferencia del índice QBR el índice RQI sugiere, de manera general, de acuerdo al estado de la ribera que tipo de gestiones deben adelantarse (Tabla 2). Los resultados, tabla 11, sugieren que para la zona alta se requiere de medidas de protección y restauración, de igual forma para la zona baja sugiere medidas de rehabilitación y restauración. Estas medidas pueden estar encaminadas a iniciativas como cercas vivas, bebedores ecológicos, propuestas silvopastoriles que mitiguen los efectos de la ganadería extensiva y propuestas como la restauración de la franja vegetal con especies autóctonas, entre otras propuestas.

8.1.1.3. Índice CERA-s.

Para el índice CERA-S la calidad ecológica de la Quebrada el Helechal se encuentra en mejores condiciones en la zona baja, por lo cual difiere de los resultados dados por los índices QBR y RQI (ver tabla 14). El análisis que realiza el índice CERA-S integra un estudio de macroinvertebrados (calidad biológica) que determina un impacto sobre el medio acuático (ver tabla 13) que afecta considerablemente los resultados finales.

Los resultados que se dan en la tabla 14 están dados por los resultados obtenidos por la calidad biológica (tabla 13) y calidad hidromorfológica (tabla 12) (Encalada et al., 2011), esta última aborda elementos de análisis sobre la vegetación de ribera que al compararlos con aquellos que plantea los índices QBR y RQI, no lo hace con la mayor profundidad por lo cual esta puede ser la principal razón para considera una calidad hidromorfológica mejor en la zona baja, como se muestra en la tabla 12:

Tabla 12 Resultado de la calidad hidromorfológica del índice CERA-s en la quebrada “El Helechal” (Bolívar).

CALIDAD HIDROMORFOLOGICA		
DIMENSIONES	Puntuación	
	Zona baja	Zona alta
Estructura y naturalidad de la vegetación de ribera	5	5
Continuidad de la ribera	5	5
Conectividad de la vegetación de ribera con otros elementos del paisaje adyacentes o próximos	5	5
Presencia de basuras y escombros	5	5
Naturalidad del canal fluvial	5	5
Composición del sustrato	6	4
Regímenes de velocidad y profundidad del río	3	1
Elementos de heterogeneidad	5	5
Puntuación TOTAL	39	35
Calidad hidromorfológica	Excelente	Buena

Fuente: propia

Al aplicar el índice CERA-s este tiene un menor número de criterios de evaluación que los índices QBR y RQI, como por ejemplo no tiene encuentra dentro de sus criterios las pendientes en las orillas, en un estudio en el que las condiciones encontradas por otros índices (QBR y RQI) se ven influenciadas por las condiciones topográficas del lugar.

También a diferencia de los índices como QBR y RQI el índice CERA-s integra un muestreo de macroinvertebrados, cuyo análisis se basa en la presencia de familias con determinado grado de tolerancia en el medio acuático, (ver tabla 13). Esta sección del índice garantiza tres elementos que se deben tenerse en cuenta; en primer lugar el índice considera

un número determinado de familias (Encalada et al., 2011) , pero de acuerdo a la metodología que plantea deja a un lado otro número de familias que también se encontraron en el muestreo, en segundo lugar al tener identificadas las familias de macroinvertebrados se da la posibilidad de utilizar otros índices como índice BMWP e índice ASPT para establecer la calidad del agua en el que involucra un mayor número de familias. Por último, aunque se considera que el muestreo de macroinvertebrados es importante y permite conocer con mayor profundidad la biota acuática, este claramente depende del muestreo que se realice. A continuación se presentan los resultados de la calidad biológica determinados mediante la metodología que plantea el índice:

Tabla 13 Resultado de la calidad biológica del Índice CERA-s en la quebrada “El Helechal” (Bolívar).

CALIDAD BIOLÓGICA		
	Zona baja	Zona alta
	Perlidae	Perlidae
	Leptophlebiidae	
Macroinvertebrados	Leptohyphidae	
	Hydrobiosidae	
	Chironomidae	
	Baetidae	
Calidad biológica	Excelente	Pésima

Fuente: propia.

Para el análisis de la tabla 14 se debe tener en cuenta que únicamente se encuentran las familias que el índice utiliza y no todas las familias que se identificaron en los muestreos, las cuales se registran en la tabla 16. Los resultados plantean que existe una grave afectación en zona alta. Aunque se propone conocer las condiciones del medio acuático a través de bioindicadores como lo son los macroinvertebrados, el índice considera un número reducido

de familias teniendo en cuenta las que se han identificado con los muestreos.

La anterior conclusión es importante teniendo en cuenta que los resultados de la calidad biológica en conjunto con la calidad hidromorfológica determinan los resultados finales, donde se establece que la calidad ecológica que se define como el diagnóstico que integra información sobre el bosque de ribera y las áreas adyacentes, el canal y el lecho del río (características hidromorfológicas), y los organismos que los habitan (peces, macroinvertebrados, algas, o bacterias) (Encalada et. al., 2011), se encuentra gravemente impactada en la zona alta, los resultados se muestran a continuación:

Tabla 14 Calidad ecológica de la quebrada “El Helechal” según el índice CERA-s.

Calidad ecológica de la quebrada.			
Zona	Calidad hidromorfológica	Calidad biológica	Calidad ecológica de la quebrada
Zona baja	Excelente	Excelente	Excelente
Zona alta	Buena	Pésima	Pésima

Fuente: propia

Las diferencias que entre los índices radican principalmente en los elementos de análisis que estos toman para elaborar sus resultados y aun que los índices QBR, RQI y CERA-s comparten elementos de análisis el índice CERA-s profundiza en las condiciones acuáticas de la zona de estudio, un elemento importante a tener en cuenta, pero al tomar como base el estudio de las familias de macroinvertebrados no considera completamente las familias identificadas con los muestreos.

8.1.1.4. Análisis comparativo entre los resultados de los índices QBR, RQI y CERA-s, obtenidos en las dos zonas objeto de estudio

En la tabla número 15 se compilan los resultados obtenidos con los índices que

evalúan la calidad ecológica de las zonas de ribera. Como se ha mencionado anteriormente los índices QBR y RQI coinciden en sugerir que existen mejores condiciones ecológicas en zona alta pero con el índice CERA-s las mejores condiciones se encuentran en zona baja. Para el índice CERA-s los resultados se ven directamente influenciados por la calidad biológica donde no considera la gran mayoría de familias identificadas en los muestreos de macroinvertebrados y aun que determina una calidad biológica excelente en la zona baja esta no coincide con las pruebas fisicoquímicas donde se determina la presencia de coliformes fecales y totales. Por lo anterior los resultados del índice CERA-s aun que plantea un adecuado análisis de las condiciones de las zonas de ribera, este se ve limitado al tener en cuenta un número limitado de familias de macroinvertebrados.

Tabla 15 Calidad ecológica de las zonas de ribera con los índices QBR, RQI y CERA-s.

Punto de muestreo	Calidad ecológica de las zonas de ribera		
	QBR	RQI	CERA-S
Zona baja	Mala	Intermedia	Excelente
Zona alta	Buena	Buena	Pésima

8.1.2. Índices de calidad de agua.

Los macroinvertebrados son muy utilizados en iniciativas de biomonitoreo, que al complementarse con el uso índices como el BMWP e índice ASPT determinan la calidad del agua.

8.1.2.1 Índice BMWP e índice ASPT.

En la identificación de familias en las muestras recolectadas, se determinó la presencia de familias como Polythoridae, Leptophlebiidae y Perlidae poco tolerantes a aguas

contaminadas. La presencia del anterior grupo de familias indica una buena calidad de agua y se encuentran presentes en los dos puntos de muestreo, a excepción de la familia Leptophlebiidae que solo se encontró para la zona baja. De igual forma se encuentra familias con altos grados de tolerancia a contaminantes como Chironomidae verde, Muscidae, Staphylinidae en la zona baja y Ptilodactylidae, Hydropsychidae en la zona alta. Sumando a lo anterior en la zona alta se encontró un menor número de familias que posiblemente está relacionado con el bajo caudal y el número de muestreos realizados (modificado de Roldán, 2003 por Álvarez, 2006.; modificado de Roldán, 2003 por Álvarez, 2006).

Los resultados con los índices BWMP y ASPT determinan que en la quebrada “El Helechal” la calidad del agua disminuye, principalmente por las presiones que puedan existir en el trayecto entre el punto de muestreo en la zona alta y la zona baja. Los resultados indican que existe contaminación en el lugar donde se realiza la captación del recurso hídrico para la cabecera municipal, y esto se evidencia con la presencia de coliformes fecales al realizar la pruebas fisicoquímicas, en la tabla 16 se muestran los resultados antes mencionados:

Tabla 16 Índice BMWP y ASPT para la zona baja y alta en la quebrada “El Helechal”

Zona	Familia	Puntuación	Puntuación	Calidad de agua	Calidad de agua
		total BMWP	total ASPT	(BMWP)	(ASPT)
Alta	Perlidae	118	6,9	Calidad buena	Calidad aceptable
	Leptophlebiidae				
	Baetidae				
	Leptohyphidae				
	Tipulidae				
	Chironomidae				
	Muscidae				
	Libellulidae				

	Polythoridae				
	Calopterygidae				
	Corydalidae				
	Pyralidae				
	Ptilodactylidae				
	Staphylinidae				
	Hydropsychidae				
	Polycentropodidae				
	Hydrobiosidae				
	Euthyplociidae				
	Perlidae				
	Polythoridae				
Baja	Corydalidae	56	8	Calidad dudosa	Calidad aceptable
	Curculionidae				
	Ptilodactylidae				
	Hydropsychidae				

8.1.2.2. Índice IRCA.

Los resultados de las pruebas fisicoquímicas en la tabla 17 corresponden únicamente a zona alta y el análisis microbiológico determina la presencia de coliformes fecales fuera de los rangos que establece la norma y esto es preocupante ya que en se punto se realiza la captación del líquido para consumo humano y aun que posterior a la captación existe un tratamiento, en la zona realiza una aislamiento de factores que puedan contaminar la fuente como la ganadería. A continuación se presentan la medición de los parámetros por medición en campo y pruebas fisicoquímicas:

Tabla 17 Resultado de las pruebas fisicoquímicas de la zona estudiada en la Q. Helechal

	Parámetro	Unidades	Zona baja
	T° Hca	(°c)	15,84
	Cond	(µsm/cm)	69,4
Medición en campo	TDS	(mg/L)	120,12
	OD	(mg/L)	8,30
	Od%	(%)	103,68
	Ph	Unidad	7.67
	Turbiedad	UNT	0.6
Medición en el laboratorio de la CRC (22 de septiembre de 2017)	DBO ₅	mg/L	<0,9
	DQO	mg/L	<15
	Coliformes Totales	Ufc/100ml	12100
	Coliformes Fecales	Ufc/100ml	100

Nota: Las muestras fueron recolectadas con el acompañamiento de miembros del grupo GEA, las muestras de la zona baja se tomaron el 21 de septiembre del 2017.

La presencia de este tipo de bacterias es un indicio de que el agua puede estar contaminada con aguas negras u otro tipo de desechos en descomposición. Las Coliformes fecales representan riesgo para consumo humano, ya que al beber agua contaminada con Coliformes fecales se incorporan microorganismos patógenos que pueden provocar enfermedades en la salud. (Ramos, et.al. 2018).

Complementario a la información anterior se plantea el cálculo del índice índice de riesgo de calidad de agua (IRCA) (Tabla 4), que de acuerdo resolución 2115 del 2017 se analizan los parámetros que se encuentran en la tabla 18:

Tabla 18 Puntaje de riesgo

Características	Puntaje de riesgo
pH	1,5
Turbiedad	15
Coliformes totales	15
Σ	31,5

Los datos anteriores permiten de acuerdo a la resolución antes mencionada realizar el siguiente cálculo:

$$\text{IRCA (\%)} = \frac{15}{31,5} * 100 = 48 \%$$

Con el resultado anterior se establece un nivel de riesgo alto, por lo tanto el agua no puede destinarse para consumo humano (Alcaldía de Bolívar, 2012).

8.1.3. Servicios ecosistémicos.

A continuación se presenta la información recolectada mediante encuestas realizadas a interesados, representantes del acueducto y actores locales sobre los servicios ecosistémicos que perciben de la microcuenca:

Tabla 19 Percepción de los servicios ecosistémicos que les brinda la microcuenca a la comunidad con base en el método de TESSA (Toolkit for Ecosystem Services Site-Based Assessment)

Actividades Bolívar	Relevancia
	(Escala 0-5, donde 5 es más importante)
Regulación climática global	5
Regulación climática local	5
Regulación de la calidad del aire	5
Regulación del flujo de agua	5
Prevención de inundaciones	0
Regulación de la calidad del agua	0
Control de la erosión	3
Prevención de deslizamientos	5
Recolección de comida	3
Recolección de madera	5
Medicinas naturales	2
Recolección de carbón o leña	5
Cultivo de peces	0
Cultivos agrícolas	0
Ganadería	5
Control biológico	0
Recreación y turismo	0
Beneficios estéticos	0
Experiencias religiosas o espirituales	0

Fuente: Tesis doctoral de Ávila-García (en proceso)

De acuerdo la tabla anterior son diferentes los servicios ecosistémicos que se asocian a la quebrada “El Helechal” entre ellos la ganadería y la regulación de agua, y aun que estas actividades son fundamentales para el desarrollo del municipio también son actividades antrópicas que afectan las condiciones de la quebrada y por lo tanto sus servicios.

La agricultura, explotación forestal, incendios y cambio climático se perciben como algunas de las actividades antrópicas que han generado y pueden generar impacto sobre la microcuenca.

8.1.4. Impactos ambientales identificados

El análisis de los resultados con los índices QBR y RQI identifican en la zona presiones antrópicas como; la ganadería extensiva, la cual ha afectado los ecosistemas adyacentes a la zonas de ribera en la quebrada “El Helechal”. Para la zona alta las condiciones topográficas han limitado el acceso de la ganadería sobre la vegetación de ribera pero han degradado bosques adyacentes a la zona de estudio. Los índices sugieren que en zona alta aún se conservan características naturales propias del lugar pero se encuentran amenazados por la adecuación creciente de terrenos para ganadería sobre una margen de la quebrada.

Los resultados con macroinvertebrados y los índices BMWP y ASPT (Tabla 16) establecen que existe contaminación en los puntos de muestreo y posiblemente sugiere que existen fuentes de contaminación directa o difusa entre la bocatoma y la zona alta. Lo anterior también es corroborado por las pruebas fisicoquímicas en donde hay presencia de coliformes fecales y totales en el punto más bajo de la quebrada (zona baja) (Tabla 17).

8.1.5. Propuestas de estrategias de mitigación.

A continuación se presentan propuestas que permitan proteger, restaurar y rehabilitar las zonas objeto de estudio.

Tabla 20 Propuestas de estrategias de mitigación para la zona alta y baja

Zona	Propuestas de estrategias de mitigación a impactos detectados.
Alta	<ul style="list-style-type: none"> • Cercas vivas y bebedores ecológicos acompañados de propuestas silvopastoriles que mitiguen los efectos de la ganadería sobre las zonas de ribera. • Restauración de la franja vegetal con especies autóctonas • El monitoreo permanente de la calidad del agua y las zonas de ribera en las cuencas • Implementar a futuro el pago por servicios ambientales, como mecanismo de participación, uso adecuado y protección del recurso agua.
Baja	<ul style="list-style-type: none"> • Incentivar el uso del suelo de acuerdo a su vocación. • Proteger lugares cercanos a las zonas de ribera, como los bosques adyacentes. • Fomentar el ahorro de agua en los hogares. • Restauración de la franja vegetal con especies autóctonas • Fomentar el ahorro de agua en los hogares. • Conociendo el estado actual de la zona de ribera y el ecosistema acuático se podría fomentar proyectos de conservación y educación ambiental para sensibilizar a las poblaciones locales. • El monitoreo permanente de la calidad del agua y las zonas de ribera en las cuencas. • Implementar a futuro el pago por servicios ambientales, como mecanismo de participación, uso adecuado y protección del recurso agua.

8.1.6. Resumen de resultados.

En la siguiente tabla se presentan cada uno de los resultados con los índices de calidad ecológica de zonas de ribera, índices de calidad de agua y los principales contaminantes encontrados con las pruebas fisicoquímicas.

Tabla 21 resumen de resultados

Punto de muestreo	Calidad ecológica			Calidad del agua			Principal contaminantes en análisis de calidad de agua por pruebas fisicoquímicas
	QBR	RQI	CERA-S	BWMP	ASPT	IRCA	
Zona baja	Mala	Moderada	Excelente	Aguas moderadamente Contaminadas	Ligeramente contaminadas	Nivel de riesgo algo	Coliformes fecales y totales.
Zona alta	Buena	Buena	Buena	Aguas no contaminadas	Ligeramente contaminadas	-	No se tomaron muestras para laboratorio.

8.2. Municipio de Santander de Quilichao – Río Quilichao.

Los índices de calidad de ecológica de ribera y de calidad de agua se aplicaron en cada una de las tres estaciones de muestreo, obteniendo resultados que se presentan y se analizan a continuación.

En este apartado se presentan también los servicios ecosistémicos identificados por la comunidad, los impactos ambientales sobre el área de estudio y las propuestas de estrategias de mitigación.

8.2.1. Índices de calidad ecológica de zonas de ribera.

8.2.1.1. Índice QBR.

Al aplicar el índice QBR en las tres zonas de estudio se observó un comportamiento similar a la línea propuesta por Álvarez et al. (1996), la calidad ribereña disminuyó gradualmente desde el origen del río hacia la desembocadura, como se observa en la siguiente tabla.

Tabla 22 Resultado de la aplicación del Índice QBR en Río Quilichao (Santander de Quilichao).

DIMENSIONES	PUNTUACIÓN		
	zona baja	zona media	zona alta
Grado de cubierta de la zona de ribera.	0	0	15
Estructura de la cubierta.	5	0	20
Calidad de la cubierta.	15	15	25
Grado de naturalidad del canal fluvial.	15	25	15
Puntuación total	35	40	75
Calidad ecológica	Mala	Mala	Buena

8.2.1.1.1. Zona alta.

En esta zona de estudio evidencia acciones de conservación llevadas a cabo por algunos actores locales. Esta zona presenta un bosque ligeramente perturbado, una gran variedad de vegetación nativa con representación desde especies muy adultas hasta semillas en germinación, además la vegetación de ribera presenta continuidad. Se evidencio el cultivo de café convencional en el ecosistema adyacente la zona de ribera e impactos de prácticas pasadas de ganadería.

En este punto se identificó la presencia de captaciones ilegales de agua que disminuyen el caudal del rio y cuyo uso es principalmente para el consumo doméstico, agrícola y pecuario.

8.2.1.1.2. Zona media.

La zona media presenta escasa cubierta vegetal en la franja de ribera y una muy baja conectividad entre el bosque de ribera y el ecosistema forestal adyacente estos dos aspectos importantes han sido deteriorados a causa de la ganadería semiextensiva (Ver Foto).



Foto. 6 Estado de la zona media.

En esta zona también se observó presencia de residuos sólidos en forma dispersa en zonas aledañas al cauce y en el cauce del rio, lo cual trae consigo fuertes alteraciones a la calidad del agua.

8.2.1.1.3. Zona Baja.

La zona baja a pesar de que cuenta con un porcentaje considerable de cubierta vegetal (Tabla 22), presenta amenaza de pérdida de vegetación riparia a raíz de la expansión de la frontera agropecuaria (Ver foto 7).



Foto. 7 Expansión de la frontera agropecuaria, ganadería e instauración de frutales

Se observó también la presencia de residuos sólidos en la orillas del río y en sus zonas aledañas (Ver foto 8), prácticas recreacionistas (Ver foto 9) y pastoreo (Ver foto 7). El pastoreo se presenta en una sección de la orilla izquierda del canal fluvial y es de especial interés, dado que no hay una separación suficiente entre los bovinos y el cauce del río, por tanto estos animales contaminan el agua con bacterias y hongos presentes en sus salivas, orine y heces fecales (Ballina, Urbina, Reyes & Romero, 2010)



Foto. 8 evidencia de vertimiento de residuos sólidos en la zona baja.



Foto. 9 Zonas utilizadas para recreación. Lugar donde se instauran fogatas y pozos de esparcimiento familiar.

Los datos anteriores son de especial interés ya que a pocos metros de donde se presenta vertido de basuras y el pastoreo está ubicada la bocatoma del acueducto municipal.

8.2.1.2. Índice RQI.

Los resultados obtenidos al aplicar este índice no presentan la línea propuesta por Álvarez et al. (1996) (Tabla 23), según su teoría la zona más impactada sería la zona baja pero para este caso específico la zona con mayor alteraciones en su calidad es la zona media. Álvarez et al. (1996), plantea que la calidad ribereña disminuye gradualmente desde el origen del río hacia la desembocadura y que este comportamiento se da principalmente por que a medida que defiende el río se encuentran más asentamientos de viviendas en las zonas aledañas al cauce y por tanto hay más actividad antrópica en los ecosistemas ribereños y adyacentes a la ribera.

En la zona media se reportó pastoreo semiextensivo, práctica que está generando grave deterioro a los ecosistemas de ribera y a los ecosistemas adyacentes, impacto que se ve reflejado en los resultados obtenidos (Tabla 23).

Tabla 23 Resultado de la aplicación del Índice RQI en Río Quilichao (Santander de Quilichao).

DIMENSIONES	PUNTUACIÓN		
	Zona baja	Zona media	Zona alta
Dimensiones del terreno con vegetación riparia	10	5	15
Continuidad longitudinal y cubierta del corredor ripario	12	5	13
Composición y estructura de la vegetación riparia	11	3	12
Diversidad de edades y regeneración natural	4	5	10
Condiciones de la orilla	4	4	5
Flujos y conectividad lateral	7	10	13
Sustrato y conectividad vertical	6	5	12
Puntuación total	54	37	80
Calidad ecológica	Intermedia	Mala	Intermedia

8.2.1.2.1. Zona Alta.

La zona alta, presenta una calidad intermedia al igual la zona baja, pero las puntuaciones de los atributos evaluados en la zona alta tienen puntajes más altos que los de la zona baja, es decir las condiciones ecológicas son mejores en la zona alta. En esta zona de evidencio una zona de ribera en proceso de expansión y un proceso de regeneración natural.

8.2.1.2.2. Zona Media.

En la Zona Media la vegetación riparia está distribuida en parches, la zona de ribera presenta reducción causada por el pastoreo intensivo y semiextensivo, al igual que por la inestabilidad local del suelo.

8.2.1.2.3. Zona Baja.

El índice RQI da como resultado calidad ecológica intermedia, caracterizada por un ancho promedio del corredor ribereño significativamente reducido por la instauración de frutales. En la reducida zona ribereña se observan fragmentación de la vegetación a causa de la construcción de campamentos (foto 9) utilizados para actividades recreativas y contaminación por residuos sólidos y pastoreo en parte del tramo.

8.2.1.3. Índice CERA-S.

Los resultados del índice CERA-S se presentan en dos apartados 1) Calidad hidromorfológica (Tabla 24) y 2) Calidad Biológica (Tabla 25).

La zona baja presenta una calidad hidromorfológica buena (tabla 24), donde las características que atribuyen esta puntuación son: gran diversidad de bloques, piedras, cantos, grava, arena, arcilla y lodo, en el lecho del río; y la presencia de hojarasca, troncos, ramas, diques naturales, raíces sumergidas, vegetación acuática, los cuales son elementos de heterogeneidad que favorecen el aumento de biodiversidad de organismos acuáticos, en esta zona también se encuentra con aspectos negativos como lo son: la baja conectividad de la vegetación de ribera con otros elementos del paisaje adyacentes y la presencia de basuras.

En la zona media se obtuvo una calidad hidromorfológica intermedia (Tabla 24), indicando la existencia de alteración de algunas características del río y de la zona de ribera. Atributos como la continuidad de la vegetación de ribera y la conectividad de esta vegetación con otros elementos del paisaje adyacentes se encuentran impactados a causa del pastoreo intensivo y semiextensivo.

En la zona alta se obtuvo una calidad hidromorfológica excelente (Tabla 24), se identificó una captación de agua local que afecta la valoración del índice. Los problemas relacionados con la conectividad de la vegetación de ribera con otros elementos del paisaje

adyacentes ya están siendo mitigados gracias a los procesos de reforestación que se están desarrollando en la zona de la Reserva Natural Municipal “Cerro Munchique–Los Tigres”.

Tabla 24 Resultado de la Calidad Hidromorfológica del Índice CERA-s en Rio Quilichao (Santander de Quilichao).

CALIDAD HIDROMORFOLÓGICA			
DIMENSIONES	PUNTUACIÓN		
	Zona baja	Zona media	Zona alta
A. Estructura y naturalidad de la vegetación de ribera	5	5	5
B. Continuidad de la ribera	3	1	5
C. Conectividad de la vegetación de ribera con otros elementos del paisaje adyacentes o próximos	1	1	3
D. Presencia de basuras y escombros	2	2	5
E. Naturalidad del canal fluvial	3	3	3
F. Composición del sustrato	6	5	5
G. Regímenes de velocidad y profundidad del río	5	5	5
H. Elementos de heterogeneidad	6	5	5
Puntuación total	31	27	36
Calidad hidromorfológica	Buena	Intermedia	Excelente

Luego de la clasificación de los macroinvertebrados recolectados en campo se realizó la clasificación según el protocolo CERA-s, los determinantes de la calidad biológica que se presenta en la Tabla 25.

En la Zona Baja se encontraron macroinvertebrados poco tolerantes y medianamente

tolerantes a la contaminación. Uno de ellos es la familia Perlidae, caracterizada porque las larvas son predadores que habitan aguas frías, limpias, bien oxigenadas y corrientosas de ríos y quebradas (Baumann & Stark, 1987), y tienden a ubicarse en temperaturas de aguas frías y tipos de sustratos arenosos o pedregosos (Cummins & Merrit, 1996). La presencia de esta familia poco tolerante a la contaminación, sensible a las condiciones del hábitat y a la calidad del agua, indica una excelente calidad ecológica del tramo de río estudiado.

Adicionalmente, la familia Leptohyphidae y Simuliidae, encontradas en la zona baja, indica aguas medianamente contaminadas (Coscaron, 2001; Roldán, 1996), la familia Leptohyphidae se alimentan aparentemente de detritos, algas y biota sobre plantas y objetos sumergidos (Edmunds Jr. et al., 2000) y a demás toleran muy bien ríos con gran cantidad de material en suspensión y con alguna carga de desechos orgánicos antrópicos (Molineri, 2010). La familia Simuliidae se ubican cerca de la superficie donde existe mayor concentración de oxígeno sobre hojas o ramas o bien sustratos pedregosos libres de algas y fango que permiten su fijación y son considerados indicadores de sistemas acuáticos de bajo contenido de nutrientes y producción vegetal mínima (Coscaron, 2001; Roldán, 1996).

En la zona baja también se encontró representantes de las familias Chironomidae y Physidae, indicadores de aguas medianamente contaminadas. La familia Chironomidae se caracteriza por habitar en cuerpos de agua tanto naturales como artificiales, en aguas someras o profundas, corrientes o estancadas, sobre amplias superficies o en pequeños reservorios (Paggi, 1999) y son indicadores de agua con niveles medios de nutrientes y de producción vegetal (Roldán, 1996).

Con base en las características más representativas de las familias halladas y el cuadro 1, se tiene que la zona baja cuenta con una calidad biológica buena.

Los macroinvertebrados encontrados en la zona media se caracterizan en su mayoría por ser poco tolerantes a la contaminación. Tenemos la familia Leptophlebiidae,

caracterizada por ser muy sensible a la contaminación, las ninfas que habitan muchos tipos de corrientes, y ocurren en una variedad de sustratos. Prefieren aguas con buen nivel de oxígeno disuelto y baja carga orgánica residual. (Molineri, 2010).

Las familias Hydrobiosidae, Leptohiphidae y Elmidae, son sensibles a la contaminación pero la toleran hasta cierto grado. La familia Hydrobiosidae se encuentran en aguas corrientes frías y bastante oxigenadas, las larvas están mayormente adheridas a sustratos pedregosos con poco material vegetal. Son indicadores de aguas con bajo contenido de nutrientes y producción vegetal mínima (Springer 2006). Las características de la familia Leptohiphidae ya se mencionaron en la descripción de los macroinvertebrados encontrados en la zona baja. La familia Elmidae es caracterizada por habitar en ambientes lóticos, con elevada velocidad de corriente y buena disponibilidad de oxígeno.

La zona media presenta una calidad biológica buena con base en la presencia de una familia poco tolerante a la contaminación, tres medianamente tolerantes y una muy tolerante.

Los macroinvertebrados colectados en la zona alta se caracterizan en su mayoría por ser poco tolerantes a la contaminación. Encontramos la familia Leptophlebiidae la cual es muy sensible a los contaminantes, en los poco tolerantes a la contaminación tenemos a las familias Leptohiphidae, Hydrobiosidae, Elmidae y finalmente la familia Chironomidae indicador de aguas medianamente contaminadas. Con base en cuenta todas las características ya mencionadas en la descripción de los macroinvertebrados encontrados en la zona baja y Media se tiene que la zona alta presenta una calidad biológica buena.

En cuanto a la Calidad Biológica del Índice CERA-s, los resultados en la zona media son muy similares a los de la zona alta. En ambas zonas se encontraron macroinvertebrados muy sensible a los contaminantes (Leptophlebiidae), poco tolerantes a la contaminación (Leptohiphidae, Hydrobiosidae y Elmidae) e un indicador de aguas medianamente contaminadas (Chironomidae). No obstante, es importante mencionar que en este protocolo

no se consideran todas las familias encontradas en las zonas de muestreo sino los macroinvertebrados indicadores de calidad más comunes presentes en los ríos altoandinos, aspecto se debería reevaluar en el protocolo del índice CERA-s.

Tabla 25 Resultado de la Calidad Biológica del Índice CERA-s en Rio Quilichao (Santander de Quilichao).

	Zona baja	Zona media	Zona alta
Familias de Macroinvertebrados	Perlidae	Leptophlebiidae	Leptophlebiidae
	Leptohyphidae	Leptohyphidae	Leptohyphidae
	Physidae	Hydrobiosidae	Hydrobiosidae
	Simuliidae	Elmidae	Elmidae
	Chironomidae	Chironomidae	Chironomidae
		Baetidae	
Calidad biológica	Buena	Buena	Buena

Combinando los valores de la calidad hidromorfológica y la calidad biológica (Tabla 26), se tiene que la calidad ecológica del río en la zona baja es buena, en la zona media es intermedia y en la zona alta es mala.

Con base en la calidad ecológica obtenida (tabla 26) y los atributos analizados, para la zona baja, se recomienda mejorar la conectividad de la vegetación de ribera con los elementos del paisaje adyacentes y realizar campañas de recolección basuras y sensibilización a la comunidad sobre la importancia de proteger y cuidar los sistemas hídricos.

La calidad ecológica en la zona media es intermedia, se recomienda aislar la zona de ribera de la zona de pastoreo, para que la vegetación se regenere, también se sugiere implementar un plan de reforestación dado que la vegetación existente se encuentra en mal

estado.

La zona alta presenta una calidad ecológica buena, los atributos hidromorfológicos se encuentran en buen estado y como se ha mencionado anteriormente la zona está pasando por un proceso de conservación y regeneración natural.

Tabla 26 Resultado del Índice CERA-s en Río Quilichao (Santander de Quilichao).

CALIDAD ECOLÓGICA DEL RÍO			
ZONA	Calidad hidromorfológica	Calidad biológica	Calidad ecológica del río
Baja	Buena	Buena	Buena
Media	Intermedia	Buena	Intermedia
Alta	Excelente	Buena	Buena

8.2.1.4. Análisis comparativo entre los resultados de los índices QBR, RQI y CERA-s, obtenidos en las tres zonas objeto de estudio.

Comparando la tabla 23 con la tabla 22 (resultado de la aplicación del Índice QBR en Río Quilichao), se aprecia que ambos índices coinciden en que la zona media presenta mala calidad, que la vegetación riparia es escasa y la vegetación presente está muy deteriorada.

Para el caso de la zona baja el índice QBR indica una mala calidad ecológica (Tabla 22), por otro lado el índice RQI señala una calidad ecológica intermedia, caracterizada por un ancho promedio del corredor ribereño significativamente reducido por la instauración de frutales.

La divergencia entre los resultados de la calidad ecológica arrojada por el índice QBR y el RQI (tabla 27), se debe principalmente a que en la evaluación del índice QBR la presencia de la bocatoma, de fondo tipo dique, disminuye notoriamente la puntuación la dimensión grado de naturalidad del cauce del río en el índice QBR, por otro lado en el índice RQI la presencia de una estructura sólida dentro del canal fluvial no incide significativamente

en la puntuación final.

El índice CERA-s, sugiere que el estado ecológico de la zona media presenta más alteraciones que la zona alta y baja, coincidiendo con el índice QBR y RQI que la zona media es la que presenta más alteraciones en la zona de ribera.

Con base en punto de partida los resultados de los índices ecológicos (tabla 27), en los tres tramos evaluados en el Rio Quilichao, se evidencian problemas asociados al pastoreo en las zonas de ribera. El pastoreo que se presenta en la zona media y baja, requiere de mucha atención, dado que está deteriorando casi extinguiendo la zona de ribera y contaminado la fuente hídrica. En la zona alta se evidencia impactos la ganadería e impactos positivos, resultado de prácticas de protección y reforestación que la comunidad viene desarrollando.

Tabla 27 Calidad ecología de las zonas de ribera con los índices QBR, RQI y CERA-s

Punto de muestreo	Calidad ecológica de las zonas de ribera		
	QBR	RQI	CERA-S
Zona alta	Buena	Intermedia	Buena
Zona media	Mala	Mala	Intermedia
Zona baja	Mala	Intermedia	Buena

Finalmente considerando las características evaluadas encada uno de los índices y lo observado en campo se tiene que la calidad ecológica del rio en la zona baja es intermedia, en la zona media es mala y en la zona alta es buena.

8.2.2. Índices de calidad de agua.

8.2.2.1. Índice BMWP e índice ASPT.

Como se puede observar en la tabla 28 tanto el índice BMWP y ASPT coinciden en que la calidad de agua en la zona media es dudosa, teniendo en cuenta que los índice de

calidad ecológica de la zona de ribera sugerían un mal estado en la zona media, se tiene que el estado de la zona de ribera influye directamente en la calidad de agua, dato que se puede corroborar con los resultados de la zona alta, donde los índices de calidad ecológica indican un buen estado de la vegetación de ribera y los índices BMWP y ASPT coinciden que la calidad de agua es aceptable es decir las aguas ligeramente contaminadas.

En los resultados obtenidos de los índices BMWP y ASPT se presenta discrepancia para la zona media (tabla 28), fenómeno que se presenta a raíz de que el índice ASPT además del grado de tolerancia de los macroinvertebrados, también tiene en cuenta la diversidad de familias por tanto tiene un rango de valores más sesgado.

Finalmente observando las puntuaciones obtenida en cada índice se tiene que la zona alta es la que mejor calidad de agua presenta, seguida por la zona baja y que la zona media presenta una calidad dudosa debido a que las aguas están ligeramente contaminadas.

Tabla 28 Macroinvertebrados encontrados en las zonas de muestreo.

Zona	Familia	Puntuación	No.	Puntuación	Calidad de	Calidad de
		Total BMWP	Familias	Total ASPT	agua (BMWP)	agua (ASPT)
Baja	Leptohiphidae				Aceptable.	Dudosa.
	Chironomidae					
	Simuliidae					
	Libellulidae					
	Coenagrionidae	67	11	6,1		
	Calopterygidae					
	Perlidae					
	Hydropsychidae					
Corydalidae						

	Dugesiidae					
	Physidae					
	Hydropsychidae					
	Hydrobiosidae					
	Libellulidae					
Media	Leptohyphidae	52	8	6,5	Dudosa.	Dudosa.
	Leptophlebiidae					
	Baetidae					
	Elmidae					
	Chironomidae					
	Tipulidae					
	Chironomidae					
	Hydropsychidae					
	Calamoceratidae					
	Hydrobiosidae					
	Polythoridae					
Alta	Calopterygidae	86	13	6,6	Aceptable.	Aceptable.
	Libellulidae					
	Leptophlebiidae					
	Leptohyphidae					
	Elmidae					
	Staphylinidae					
	Veliidae					

8.2.2.3. Índice IRCA.

En la tabla 29 se muestran los valores de los parámetros fisicoquímicos evaluados para los tres tramos del río Quilichao. En este punto cabe resaltar que durante el periodo de muestreo se presentaron fuertes precipitaciones y esto es un factor que condiciona los resultados encontrados.

Tabla 29 Resultados de las pruebas fisicoquímicas de la zona estudiada del Río Quilichao.

	Parámetro	Unidad	Zona baja	Zona media	Zona alta
Medición en campo	T°	(°c)	22,57	18,90	17,13
	Cond	(µsm/cm)	89,33	63,23	46,93
	TDS	(mg/L)	-	29,80	-
	Sal	(‰)	0,04	0,03	0,02
	OD	(mg/L)	7,89	8,19	7,57
	Od%	(%)	105,30	107,17	96,93
	Q (Aforo)	(m3/s)	-	-	-
		(L/s)	-	-	-
Medición laboratorio	PO ₄	(mg/L)	0,18	-	0,20
	NO ₂	(mg/L)	0,06	-	0,05
	NO ₃	(mg/L)	2,87	-	2,90
	NH ₄	(mg/L)	0,07	-	0,03
	pH	pH	7,65	-	-
	TURB	(NTU)	0,5	-	-
	DBO	(mg/L)	<0,9	-	-

	DQO	(mg/L)	<15	-	-
Medición CRC	Col.	UFC/100	3100	-	-
	Totales	mL			
	Col.	(UFC)	10	-	-
	Fecales				

Nota: Las muestras fueron recolectadas con el acompañamiento de miembros del grupo GEA, las muestras de la Zona Alta y Baja se tomaron el 11 de septiembre del 2017 y las de la Zona Media el 10 de Octubre del 2017.

Como se puede observar en la tabla 29 los Coliformes Totales (3100UFC/100 mL) son el único parámetro que sobrepasa los valores indicados por la Resolución 2115 (2007), cuyo valor máximo aceptable es de 0UFC /100 mL, 1. La presencia de estas bacterias Gram Negativas, representan riesgo para consumo humano (Ramos, et.al. 2018).

Teniendo en cuenta que la zona baja es el lugar de donde se toma el agua para el acueducto municipal y que las condiciones del agua de este punto pueden generar un gran impacto sobre un significativo porcentaje de la comunidad del municipio de Santander de Quilichao, se realizó el cálculo del IRCA, solo para las muestras recolectadas en zona baja. Con base en el cuadro N° 6 de la Resolución 2115 (2007), y los datos obtenidos en laboratorio, para el cálculo del IRCA se analizaran los siguientes parámetros: PO_4 , NO_2 , NO_3 , pH, Turbiedad y Coliformes Totales. De los parámetros a analizados, el único que no cumple con los valores aceptables establecidos en la Resolución 2115 (2007), es el de Coliformes Totales.

A continuación se muestran los puntajes de riesgo asignado a cada característica, según el Cuadro N° 6 de la Resolución 2115 (2007):

Tabla 30. Puntaje de riesgo.

Características	Puntaje de riesgo
PO ₄	1
NO ₂	3
NO ₃	1
pH	1,5
Turbiedad	15
Coliformes Totales	15
Σ	36,5

De las seis características analizadas solo una no cumplió con los valores permisibles, y es una de las características que más representa riesgo para la salud, razón por la cual en Cuadro N° 6 de Resolución 2115 del 2017 se le asigna un puntaje de riesgo de 15, valor que comparado con los demás puntajes asignados a las características tanto físicas como químicas y microbiológicas es uno de los más altos.

Considerando lo anterior, el puntaje de riesgo asignado a cada característica (Tabla 30) y aplicando la Ecuación 1, se obtuvo el siguiente resultado:

$$\text{IRCA (\%)} = \frac{15}{36,5} * 100 = 41 \%$$

Tabla 31 Resultados de la aplicación del Índice de Riesgo de la Calidad del Agua para consumo humano (IRCA) en la zona de estudio.

IRCA	Nivel de Riesgo	Notificaciones que adelantará la autoridad sanitaria
Zona (%)	IRCA	de manera inmediata
Baja 41	Alto	Informar a la persona prestadora, COVE, Alcalde, Gobernador y a la SSPD.

El nivel de riesgo para la salud en la zona baja es alto, el agua no es apta para consumo humano, el riesgo está representado principalmente por la presencia de Coliformes Totales. Este dato es muy importante que sea reportado tanto a la comunidad como a los prestadores de servicio de acueducto municipal para que se tenga en cuenta al momento de tratar el agua.

Teniendo en cuenta que la calidad de agua va ligada a la calidad ecológica del río y a las presiones antrópicas, se podría decir que en la zona media, con mayor presión antrópica y menor calidad ecológica, podría presentar un nivel muy alto de riesgo para la salud humana.

En la zona alta se registra una buena calidad ecológica, la zona de ribera está siendo reforestada, pero sería recomendado tomar pruebas fisicoquímicas, para informar a las personas que captan directamente el agua del río, sobre la calidad de esta.

En las veredas que se ubican sobre la zona estudiada de la cuenca hay conexiones ilegales, como se registra en el diligenciamiento de los índices de calidad ecológica, el recurso hídrico es destinado principalmente para el consumo humano, doméstico y para el desarrollo de cultivos agrícolas y pecuarios. Con el fin de brindar información a la comunidad y a la prestadora de servicio sobre la calidad de agua que están captando, se realizó un contraste entre los valores de la Tabla 28, y el Decreto 1594 (1984), el cual trata sobre usos del agua y residuos líquidos.

Como resultado se tiene que el agua de la zona baja cumple con los criterios de calidad admisibles para dar como uso el consumo humano y doméstico y que para su potabilización solo requiere tratamiento convencional. También se tiene que el agua de la zona baja puede utilizarse para cultivos agrícolas excepto para riego de frutas que se consuman sin quitar la cáscara y hortalizas de tallo corto. En cuanto al uso pecuario no presenta ninguna restricción.

Los parámetros evaluados en la zona media y alta están dentro de los valores límites

permisibles para consumo humano establecidos en la Resolución 2115 (2007) y el Decreto 1594 (1984), pero sería necesario evaluar más parámetros para determinar el tipo de uso que se le puede dar el agua y las restricciones que presenta.

8.2.3. Zonas de importancia ecológica identificadas.

Durante el diligenciamiento de los índices en el tramo de muestreo nombrado zona media se identificó humedal que se encuentra impactado por actividades ganaderas y cuyo propietario es Sr. Miguel Valderrama. En la zona baja a 80 metro aguas arriba de la bocatoma Quitapereza, en el costado izquierdo, se identificó también un humedal impactado por actividad ganadera y de cuyo propietario se desconoce el nombre.

8.2.4. Servicios ecosistémicos.

Con el objetivo de tener una noción sobre la importancia de la cuenca, en cuanto a los servicios que el ecosistema brinda a la comunidad, se desarrolló un taller sobre servicios ecosistémicos y los resultados se muestran a continuación.

Tabla 32 Percepción de los servicios ecosistémicos que les brinda la microcuenca a la comunidad con base en el método de TESSA (Toolkit for Ecosystem Services Site-Based Assessment).

Servicio ecosistémico.	Importancia (0-5, donde 5 es más importante)
Regulación climática global	5
Regulación climática local	5
Regulación de la calidad del aire por parte de los bosque ribereños	5
Regulación del flujo de agua	5

Servicio ecosistémico.	Importancia (0-5, donde 5 es más importante)
Prevención de inundaciones	5
Regulación de la calidad del agua	5
Control de la erosión	3
Prevención de deslizamientos	5
Recolección de comida	5
Recolección de madera	5
Medicinas naturales	5
Recolección de carbón o leña	5
Cultivo de peces	2
Cultivos agrícolas	5
Ganadería	5
Control biológico	4
Recreación y turismo	5
Beneficios estéticos	5
Experiencias religiosas o espirituales	5

Fuente: Tesis doctoral de Ávila-García (en proceso)

Se logra notar que para la comunidad, la cuenca brinda una cantidad de servicios importantes para la salud, la alimentación, el desarrollo económico, servicios que influye directamente en la calidad de vida. Este factor encontrado en la comunidad de Santander de Quilichao permite notar que es una comunidad en la que se podrían desarrollar sociales trabajos en pro de la conservación de las cuencas.

8.2.5. Impactos ambientales identificados.

Los índices ecológicos (QBR, RQI y CERA-s) revelan que las actividades de recreación y económicas, como la ganadería y la agricultura, generan impactos en el sistema hídrico, biótico y la geósfera del área de estudio.

8.2.5.1. Zona Alta

Tanto el índice QBR como RQI registran conexiones ilegales de tubería en el cauce del río de la zona alta. Los entrevistados y encuestados, expresan que al igual que en la zona media, durante todo el recorrido que hace el Río Quilichao desde el nacimiento hasta antes de la captación de la bocatoma “Quitapereza” se presentan este tipo de conexiones, y que se realiza con el fin de suplir las necesidades del recurso de la comunidad que no tiene acceso al acueducto. El agua es utilizada para consumo humano y pecuario, y para riegos de los cultivos agrícolas. Esta es una actividad inherente al desarrollo de la comunidad, la cual trae consigo reducción del caudal, por tanto que debería ser medido y controlado, para evitar mal uso.

En las tres zonas de la aplicación de los índices se encontró rastros de pastoreo. La comunidad expresa que en la zona alta ya no se realiza esta práctica, mientras que en la zona media y baja se desarrolla ganadería semiextensiva

8.2.5.1. Zona Media

Con los datos obtenidos de los índices de calidad ecológica, de las pruebas fisicoquímicas y de los índices de calidad de agua, se identifica que la ganadería está generando impacto sobre los ecosistemas de ribera y el recurso hídrico de zona media. La ganadería proporciona cambios negativos a los ecosistemas debido a la aridez del suelo, ya sea como producto de la deforestación en la creación de pastizales, al igual que por el pisoteo del ganado, que producen cambios estructurales, provocando detonantes erosivos, escases de

nutrientes, entre otros, hasta la pérdida de diversidad de los mismos (Sadeghian. 2009).

La ganadería también ocasiona efectos negativos del recurso hídrico, tal como lo enuncia la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación FAO, (2006), debido a los desechos animales como estiércol y orines, se pierde la calidad del agua, conllevando a su polución, eutrofización y degeneración.

Esta además directamente expuesta a los impactos negativos de la ganadería debido a que los bovinos no tienen una cerca o barrera entre su zona de pastoreo y las fuentes hídricas.

El vertimiento de residuos sólidos, en las zonas de ribera de la zona media fue una actividad que se registró en el diligenciamiento de los índices ecológicos y que fue corroborada por la información suministrada en las entrevistas y talleres aplicados a la comunidad. Los residuos sólidos en las zonas de ribera y en los afluentes hídricos ocasiona proliferación de insectos transmisores de enfermedades, además de contaminar las aguas superficiales.

Considerando las actividades agrícolas, se tiene que en el municipio y en especial en el tramo comprendido entre la zona media y baja, se cultiva principalmente café, plátano, árboles frutales y caña (Gobernación del Cauca, 2013), plantaciones que se observaron durante el recorrido realizado. El desarrollo de estas actividades en los ecosistemas ribereños o aledaños a la ribera ocasiona contaminación por agroquímicos, los cuales por acción de infiltración y escorrentía llegan a los cuerpos de agua receptores.

Otra actividad que genera impacto sobre los ecosistemas ribereños es la quema de material vegetal producto del deshierbe de cultivos, esta quema, expresa la comunidad, que en ocasiones se sale de control y se convierte en incendios, incendios que como lo plantea Gil (2016) puede ocasionar pérdida de la vegetación de ribera, deterioro del suelo ribereño y contaminación las fuentes hídricas.)

Además de las actividades ya mencionadas, la comunidad expresa que el agua

residual doméstica, producida por los habitantes de las viviendas ubicadas en zonas aledañas a la zona media y baja, es vertida directamente a los cuerpos de agua. Además del agua residual domésticas, las aguas residuales producto de la cría de porcinos y pollos de engorde, también es vertida al río Quilichao.

La contaminación por aguas residuales domésticas y pecuarias, es un impacto que a futuro se debería evaluar más a fondo, realizando un cálculo de caudal y determinado su composición fisicoquímica. Estos análisis determinarían la concentración de contaminantes que dichas aguas contengan, los impactos ambientales producidos y el tipo de tratamiento que se les debe aplicar (Torres, 2016).

8.2.5.1. Zona Baja

A diferencia de la zona media, donde la ganadería hace presión sobre el 100% del tramo estudiado, en la zona baja la ganadería solo afecta un 20% de los ecosistemas ribereños y adyacentes a la ribera. Pero en esta zona la ganadería genera un riesgo potencial para la salud humana, dado que es al final de este tramo de donde se capta el agua para el acueducto municipal y como se ha mencionado con anterioridad los desechos animales como estiércol y orines, conllevan a la polución, eutrofización y degeneración del agua, además de contaminación con bacterias y hongos presentes en sus fluidos corporales.

En esta zona, los índices de calidad ecológica y las entrevistas y talleres desarrollados, evidencian que las prácticas recreativas son una de las actividades que genera impactos sobre el medio ambiente. Con el objetivo de tener un lugar para esparcimiento las personas han alterado el cauce natural del río construyendo represas con rocas además depositan residuos sólidos junto a los márgenes de los ríos, alterando el paisaje y ocasionando proliferación de insectos transmisores de enfermedades, además de contaminar las aguas superficiales lo que a su vez pone en peligro la salud humana.

Como resultado de entrevista y encuestas, se expresa que la zona baja es afectada por

la acuicultura, practica representada por el cultivo de peces, esta actividad representa para la comunidad y para la cuenca una disminución de caudal hídrico. Otro impacto que podría ocasionar esta práctica es la dispersión de la materia orgánica (restos de alimento y heces) y nutrientes, tanto en la columna de agua (Carmona, Echeverría, Maldonado. & Riesgo., 2005), como en los sedimentos subyacentes (Aksu & Kocatas 2007).

8.2.6. Propuestas de estrategias de mitigación.

Teniendo en cuenta los impactos ambientales identificados y la importancia que la cuenca representa en la calidad de vida de la población y aunque no se plateo como un objetivo de la tesis, se definieron propuestas de estrategias de mitigación para complementar el estudio.

A continuación se plantean una serie de propuestas de estrategias de mitigación generales, que sería recomendable aplicarse en toda la cuenca:

Tabla 33 Propuestas de estrategias de mitigación para la zona alta, media y baja

Zona	Propuestas de estrategias de mitigación a impactos detectados.
Desde el nacimiento hasta la bocatoma "Quitapereza".	<ul style="list-style-type: none"> • Actividades pedagógicas de formación y de reconocimiento del territorio, de los humedales y de las fuentes hídricas y la importancia que estos ecosistemas representan para el municipio. • Aislar estas zonas de ribera, reforestarlas y protegerlas, de acuerdo a lo establecido en el Decreto N°1449 (1977) • Dar incentivos para los dueños de predios que estén ubicados en zonas de importancia hídrica para que conserven sus ecosistemas. • Orientar a la comunidad que practica la ganadería, la porcicultura y la cría de aves para que implemente bebederos ecológicos • Orientar a la comunidad para que realice una correcta segregación de los residuos sólidos y de las aguas residuales resultado de las actividades

	<p>domésticas y pecuarias.</p> <ul style="list-style-type: none"> • El monitoreo permanente de la calidad del agua y las zonas de ribera en las cuencas
Alta	<ul style="list-style-type: none"> • Restauración de la franja vegetal con especies autóctonas
Media	<ul style="list-style-type: none"> • Cercas vivas y bebedores ecológicos acompañados de propuestas silvopastoriles que mitiguen los efectos de la ganadería sobre las zonas de ribera • Restauración de humedal identificado dentro del predio privado, • Restauración de la franja vegetal con especies autóctonas
Baja	<ul style="list-style-type: none"> • Aislar y restaurar el humedal que se encuentra a casi 80 metros aguas arriba de la bocatoma Quitapereza • Instaurar cercas vivas y bebedores ecológicos acompañados de propuestas silvopastoriles que mitiguen los efectos de la ganadería sobre las zonas de ribera • Restauración de la franja vegetal con especies autóctonas

8.2.7. Resumen de resultados.

En la siguiente tabla se presentan cada uno de los resultados con los índices de calidad ecológica de zonas de ribera, índices de calidad de agua y los principales contaminantes encontrados con las pruebas fisicoquímicas.

Tabla 34 Resumen de resultados.

Zona	Calidad Ecológica			Calidad de Agua			Contaminantes encontrados en análisis de calidad de agua.	Actividades antrópicas observadas	Actividades antrópicas identificadas por la comunidad.
	QBR	RQI	CERAS	BMWP	ASPT	IRCA			
Baja	Mala	Intermedia	Buena	Aceptable	Dudosa	Nivel de riesgo alto	Coliformes Fecales y Totales	<ul style="list-style-type: none"> • Ganadería semiextensiva • Practicas recreacionistas • Vertimiento de residuos solidos • Agricultura 	<ul style="list-style-type: none"> • Ganadería semiextensiva. • Practicas recreacionistas • Vertimiento de residuos solidos • Agricultura • Incendios • Vertimiento de aguas residuales domesticas • Acuacultura

									<ul style="list-style-type: none"> • Conexiones de tubería. • Vertimiento de aguas residuales de cría de porcinos y aves.
Media	Mala	Mala	Intermedia	Dudosa	Dudosa	-- 0 --	- --- 0 ---	<ul style="list-style-type: none"> • Ganadería semiextensiva. • Vertimiento de residuos sólidos. 	<ul style="list-style-type: none"> • Ganadería semiextensiva. • Vertimiento de residuos sólidos. • Agricultura • Incendios. • Vertimiento de aguas residuales domesticas • Conexiones de tubería • Vertimiento de aguas residuales de cría de porcinos y aves
Alta	Buena	Intermedia	Buena	Aceptable	Aceptable	-- 0 --	---- 0 ----	<ul style="list-style-type: none"> • Conexión de tubería 	<ul style="list-style-type: none"> • Conexión de tubería

9. CONCLUSIONES

Para la quebrada “EL Helechal”, los índices QBR y RQI sugieren que en bocatoma (zona baja) el ecosistema de ribera se encuentra negativamente más impactado que en la Zona Alta. En la Zona Alta conserva la naturalidad de las zonas ribera, a futuro la ganadería puede ejercer presión sobre estos ecosistemas, por otro lado en la Zona Baja las pendientes pronunciadas de la orilla, la intervención del cauce y la presión que genera la ganadería sobre los ecosistemas adyacentes, han deteriorado notoriamente la calidad de la vegetación de ribera.

Los índices de calidad de agua, aplicados en la quebrada “El Helechal” determinaron que existe una menor calidad en la zona baja, las pruebas fisicoquímicas establecieron la presencia de Coliformes fecales y totales en Zona Baja, aspecto que define el recurso hídrico como no apto para consumo humano.

En la quebrada “El Helechal”, la zona alta presenta en la mayoría de los atributos buenas condiciones, los sistemas ribereños necesitan de protección para evitar impactos potenciales que se puedan presentar a futuro. La zona baja tiene varios atributos alterados los sistemas ribereños requieren medidas de restauración para recuperar la condiciones ambientales naturales.

Para el río Quilichao el índice QBR, RQI y la sección de calidad hidromorfológica del índice CERA-s, determinan que la zona ribereña de la zona alta se encuentra en mejores condiciones que la zona media y la zona baja y que la zona media presenta más impactos y alteraciones.

Las presiones antrópicas más relevantes en la zona alta del río Quilichao son: conexión de tuberías; en la zona media: la ganadería semiextensiva y la presencia de residuos sólidos; y en la zona baja la ganadería semiextensiva, la plantación de frutales, la presencia

de residuos sólidos y las practicas recreacionistas.

En la zona media y baja del rio Quilichao los sistemas ribereños necesitan medidas de rehabilitación o restauración para reintroducir o mejorar las funciones ribereñas hidrológicas y ecológicas, además se deben reducir las presiones, los impactos y mejorar la percepción social de la degradación de los ríos. La zona alta tiene buena calidad ecológica, con algunos atributos alterados, por tanto se deben continuar con las medidas de conservación, que viene adelantando la comunidad, para mejorar y recuperar la hidrología y ecología de los sistemas ribereños.

10. RECOMENDACIONES

Los índices de calidad ecológica son una herramienta útil para el diagnóstico preliminar de las zonas de estudio no obstante, es necesario fortalecer los estudios transdisciplinarios con una visión a largo plazo que promueva la participación activa de los interesados y comunidades locales.

Finalmente, antes de llevar a cabo aplicación de índices ecológicos como los utilizados en este estudio, es recomendable contar con listados florísticos de la zona que permitan una identificación más detallada de la vegetación de ribera. No obstante, el objetivo de este trabajo solo se enfoca en un diagnóstico preliminar por lo que estos instrumentos resultados útiles, no obstante los resultados podrían ser más detallados si se consideran un mayor número de puntos muestreados a lo largo de la cuenca y reconoce claramente las especies autóctonas de la región.

Es importante tener en cuenta que la aplicación en campo de varios índices de calidad ecológica de ribera requiere de un previo conocimiento de la zona y de un espacio amplio de tiempo que permita evaluar con máximo detalle las dimensiones consideradas.

BIBLIOGRAFÍA

- Acosta, R., Ríos, B., Rieradevall, M., & Prat, N. (2009). Propuesta de un protocolo de evaluación de la calidad ecológica de ríos andinos (CERA) y su aplicación a dos cuencas en Ecuador y Perú. *Limnetica*, 28(1), 35–64. Retrieved from <https://doi.org/10.1042/BJ20130013>.
- Aksu, M., & Kocatas, A. (2007). Environmental effects of the three fish farms in Izmir Bay (Aegean Sea—Turkey) on water column and sediment. 38° Congress of the report of the International Commission for the Scientific Exploration of the Mediterranean Sea. 38.
- Alba-Tercedor, P., Alvarez, J. L., Bonada, J., Jaimez-Cuellar, G., Moreno, S., Moya, N., Pardo, I., M., Prat, N., Robles, M., Toro, N., Vidal-Abarca, M. R., & Vivas, N. (2002). El hábitat de los ríos mediterráneos. Diseño de un índice de diversidad de hábitat. *Limnetica*, 21(3-4): 115-134
- Alcaldía Municipal Bolívar (2012). Informe sobre avances en el cumplimiento del plan de desarrollo municipal vigencia 2012 “Por nuestra tierra hagamos la diferencia” 2012 – 2015: 62.
- Alcaldía de Bolívar. (2012). Plan de desarrollo Municipal 2012 -2015, 172. Pág. 45-77.
- Alcaldía Municipal de Santander de Quilichao Cauca. (2004). Plan de Ordenamiento Territorial 2004 - 2007, 99. Capítulo 3. Sistema económico.
- Alcaldía de Bolívar. (2002). Diagnóstico biofísico y socioeconómico de Bolívar, 286.
- Alfsen, K. H., y Viggo Saebo, H. (1993): “Environmental quality indicators: background, principles and examples for Norway”, *Environmental and resource economics*, núm. 3, pp. 415-435.

Alonso, C., Baeza, D., García de Jalón, D., Gortázar, J., Iturriaga, C., Marchamalo, M & Vizcaíno, M. (2008). Caracterización de las formaciones riparias para la clasificación tipológica de los ríos de Navarra, y evaluación de su estado ecológico mediante la aplicación de dos índices de calidad de ribera (RQI y QBR): Comparación entre ellos. En: "XIV Congreso de la Asociación Ibérica de Limnología", 08/09/2008-12/09/2008, Huelva (España).

Álvarez, C., Blanco, J., Criada, J., Ibero, C., Sánchez, A., & Viada, C. (1996). Ríos de vida. Estados de conservación de las riberas fluviales en España. Sociedad española de Ornitología, SEO/Birdlife. 45pp.

Alvarez, L., Arango, M., Arango, G., Monsalve, A., & Torres, O. (2008). Calidad del agua de las quebradas la Cristalina y la Risaralda, San Luis, Antioquia. Revista EIA, ISSN 1794-1237 Número 9, p. 121-141. Escuela de Ingeniería de Antioquia, Medellín (Colombia). Retrieved from http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S179412372008000100010_0_0

Anzola, R. & Pinilla, G. (1994). El subsistema litoral de pequeños lagos artificiales en la microcuenca de la quebrada La Playa (Caldas, Boyacá) En: Pinilla, G. ed. Memorias del Taller Seminario Taller de Limnología "Investigaciones Limnológicas recientes en Ecosistemas Acuáticos Tropicales". Ed. Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano (Colombia). 1994. p. 102-123

Assessment, M. E. (2005). Ecosystems and human well-being: wetlands and water. World resources institute, Washington, DC, 5.

(AQUARISC). Vulnerabilidad y Riesgo en Sistemas de Agua Potable en el Cauca (2017). AQUARISC. Retrieved from <http://www.aquarisc.com/>.

- Arroyave, M.del pilar, & Posada, M. I. (2015). Riparian Buffers Quality Analysis to Design Strategies for Ecological Restoration in La Miel Basin, Caldas, Colombia. *Revista EIA*, 12(23), 117–128. Retrieved from <https://doi.org/10.14508/reia.2015.12.23.117-128>.
- Bakhlaeva, O., Landeros, C., Moreno, J. & Nikolskii, L. (2011). Impacto de la agricultura sobre la biodiversidad. 477-491.
- Balford, Andrew., Birch, Jennifer., Bradbury, Richard., Brownn, Claire., Butchart, Satuart., Hughes, Frfancine., Peh, Kelvin., Stattersfielda, Alison., Thomas, David. & Walpole, Matt. 2013. TESSA: A toolkit for rapid assessment of ecosystem services at sites of biodiversity conservation importance. Versión 1.1. *Ecosystem Services* 5, 51-55.
- Ballina, A., Urbina, L., Reyes, E. & Romero, F. (2010). Manejo sanitario eficiente del ganado bovino: Principales enfermedades. Nicaragua. Editorial: Comercial 3H. Pag. 27- 49.
- Barca, S; Cobo, F., Couto, M., García, D., Rivas, S., Gómez, P., Lago, L., Morquecho, C., Sánchez, J., Servia, M., Silva, S. & Vieira, R. (2010). Índices de calidad de la vegetación de ribera y del hábitat fluvial en los afluentes de la margen española del Baixo Miño.
- Baumann, B., & Stark, R. (1987). *Anacroneuria comanche* a new Stonefly from Texas (Plecoptera: Perlidae). *J. Kansas Emtomol. Soc.* 60:344 – 347.
- Bordallo, A. (2009). Diseño de una red de referencia para la implantación de la directiva marco del agua en la comunidad de Madrid. (Trabajo fin de master). Universidad Autonoma de Madrid. Madrid, España.
- Bonada, N., Prat, N., Resh, V., & Statzner, B. (2006). Developments in aquatic insectbiomonitoring: a comparative analysis of recent approaches. *Annual Review of Entomology*. 51: 495 – 523.
- Bustos, J., & Carrillo, N. (2017). Análisis de los conflictos socioambientales por el uso del agua en las veredas de Quente y Querenté, del municipio de Chipaque – Cundinamarca

- (2005-2016) (Trabajo de grado para optar al título de especialistas en ambiente y desarrollo local). Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Bogotá, D.C.
- Burt, T., Hefting, M., Pinay G., & Sabater, S. (2006). The role of floodplains in mitigating diffuse nitrate pollution. In: *Hydroecology and Ecohydrology: Past, Present and Future* P. Wood, D. M. Hannah & J. P. Sadler (eds.): 253–268. John Wiley & sons, Chichester, UK.
- Catedra UNESCO de Sostenibilidad, (2017). Cátedra UNESCO de Sostenibilidad de la Universidad Politécnica de Cataluña Barcelona (UPC). Retrieved from <http://www.unescosost.org/project/reagritech/>.
- Castro, L. G., Rincón, A., Lara, D., & Rojas, C. (2016). Conflictos socioambientales y servicios ecosistémicos en la cuenca del río Orotoy: Reflexiones para su gestión. *Socio-environmental Conflicts and Ecosystem Services in The Orotoy River Basin: Reflections for Management*, 2016(6), 3–16.
- Carrasco, S., Hauenstein, E., Peña Cortés, F., Bertrán, C., Tapia, J., & Vargas Chacoff, L. (2014). Evaluación de la calidad de vegetación ribereña en dos cuencas costeras del sur de Chile mediante la aplicación del índice QBR, como base para su planificación y gestión territorial. *Gayana Botánica*, 71(1), 1–9. Retrieved from <https://doi.org/10.4067/S0717-66432014000100002>.
- Camarero, T., & Rovira, J. V. (2010). *Arroyos de cabecera: agricultura y calidad de hábitat. La Campiña de Villanueva del Pardillo (Madrid)*. Departamento de Ecología, Universidad Complutense de Madrid (UCM). Madrid, España.
- Carmona, M., Echeverría, Y., Maldonado, M. & Riesgo, A. (2005). The environmental impact of Mediterranean cage fish farms at semiexposed locations: does it need a reassessment?. *Helgol Mar Res. España*. 121-135.
- Campos, V., & Mondaca, M. A. (2001). *Agua Potable para comunidades rurales, reusó y*

- tratamientos avanzados de aguas residuales domésticas. Capítulo 13. Riesgo de enfermedades transmitidas por el agua en zonas rurales. Buenos Aires. Universidad de Buenos Aires .Facultad de Ciencias Veterinarias. Retrieved from <http://www.bvsde.paho.org/bvsair/e/repindex/rep84/vleh/fulltext/acrobat/agua.pdf>.
- Corporación Nacional Forestal. (2013). Los humedales y la importancia de conservarlos. (Folleto). Chile. Retrieved from <http://bibliotecadigital.ciren.cl/bitstream/handle/123456789/26141/HUM20161.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Corporación Autónoma Regional del Cauca. (2010). Caraterizacion ambiental plan departamental de aguas y saneamiento básico- Departamento del Cauca. *Cauca Biosostenible*, 1–159. Retrieved from http://www.crc.gov.co/files/ConocimientoAmbiental/AMB_PDA_CAUCA.pdf
- Cortés, P., Breceda, P., & Galina, A. (2009). Importancia de los humedales Ramsar en México. La Paz, Mexico. Programa de ciencia, tecnología e innovación para el desarrollo de México.
- Corenblit, D., Gurnell, A. M., Naiman, J., & Steiger, R. J. (2009). Plants intertwine fluvial landform dynamics with ecological succession and natural selection: A niche construction perspective for riparian systems. *Global Ecology and Biogeography*, 18: 507–520.
- Corporación Autonoma y Regional del Cauca & Fundación MAMASKATO (2009). Plan De Ordenación y Manejo De La Subcuenca del Sambingo - Hato Viejo. Colombia, Cauca: 813.
- Corenblit, D., Gurnell, A. M., Steiger, J., & Tabacchi E. (2008). Reciprocal adjustments between landforms and living organisms: Extended geomorphic evolutionary insights. *Catena*, 73: 261-273.

- Corporación Autónoma y Regional del Cauca & Alcaldía Municipal Bolívar Cauca (2003). Plan Básico de ordenamiento territorial Municipio de Bolívar Cauca. Popayán, Cauca.
- Coscarón Cl. (2001). Díptera: Simuliidae. En: Fernández H. y Domínguez E. editores. Guía para la determinación de los artrópodos bentónicos sudamericanos. Universidad Nacional de Tucumán. Facultad de Ciencias Naturales e Instituto M. Lillo. (Argentina). p. 195-219.
- CRC. (2014). Plan de ordenamiento y manejo de la subcuenca del río Quinamayó. Popayán: Corporación Autónoma Regional del Cauca.
- CRC. (2009). Documento de análisis socioambiental del departamento del Cauca: Como elemento para identificación de lineamientos para ajustes de instrumentos de planificación de la CRC. Pag.1–159.
- Cummins, K. & Merritt, R. (1996). An introduction to the Insect of North America (Tercera ed.). Iowa, USA: Kendall Hunt Publishing.
- Departamento Nacional de Planeación DNP (2016). Mapa de regalías. Retrieved from <http://maparegalias.sgr.gov.co/#/produccion>
- Del Mar Hidalgo, M. (2014). Los riesgos globales del 2014, 1–6. Retrieved from http://www.ieee.es/Galerias/fichero/docs_informativos/2014/DIEEEI03-2014_RiesgosGlobales_2014_MMHG.pdf.
- Décamps, H., Naiman, R. J., & McClain M. E. (2005). Riparia. Ecology, Conservation and Managment of Streamside Communities. Elsevier Academic Press, Amsterdam, 430 pp.
- Décamps, H., Guilloy, H., Lambs, L., Muller, E., Planty-Tabacchi, A., & Tabacchi, E., (2000). Impacts of riparian vegetation on hydrological processes. Hydrological Processes, 14: 2959–2976.
- Domínguez, P. A; Pérez, M. E; Pompa, M; Quirozarratia, J. A. & Rodríguez, E. (2009). Calidad del bosque de ribera del río El Tunal, Durango, México; mediante la aplicación

- del índice QBR. Durango, México.
- Durán Romero, G. (2000). Medir la Sostenibilidad: Indicadores Económicos, Ecológicos y Sociales.VII Jornadas de Economía Crítica, 1–19. Retrieved from <http://files.urbanismo3.webnode.com.co/200000001-5bbe75cb7a/MEDIR-SOSTENIBILIDAD.pdf>
- De la Lanza, G., Hernández, S., & Carbajal, J. (2000). Organismos indicadores de la calidad del agua y de la contaminación (bioindicadores). México D.F: Plaza y Valdés, S.A.
- EMQUILICHAO. (2011). Plan de contingencia. Empresa municipal de servicios públicos de Santander de Quilichao- Cauca “EMQUILICHAO ESP”.
- Encalada, A.C., García, N., Prat, N., Rieradevall M., & Ríos, B. (2011). Protocolo simplificado y guía de evaluación de calidad ecológica de ríos andinos (CERA-S). *USFQ, UB, AECID, FONAG*. Quito. Retrieved from <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>.
- Edmunds, JR., George, F., & Allen, Richard K. (2000). Capítulo 9: Orden Ephemeroptera. En: w. stehr, frederick. Inmature insects. p 75-94.
- European Union. 2013. mapping and Assessment of Ecosystems and theirs Services. An analytical Framework for ecosystem assessments under Action 5 of the EU Biodiversity Strategy to 2020. Technical Report-2013-057. 60 pp.
- FAO. (2006). La ganadería amenaza el medio ambiente. Retrieved from <http://www.fao.org/Newsroom/es/news/2006/1000448/index.html>
- Figuroa, R., Palma, A., & Ruiz, V. (2009). Evaluación de ribera y hábitat fluvial a través de los índices QBR e IHF. Universidad de Concepción, Chile.
- Fuentes, A. F., Masera, O. R., & Ortiz J. A. (2014). La ecotecnología en México. Unidad de Ecotecnologías del Centro de Investigaciones en Ecosistemas de la Universidad Nacional Autónoma de México, Campus Morelia. México.

- Gagnon, G., Lecavalier, C., Soulard, F., Lawrence, J., Tait, M., & Wang, J. (2014). Human Activity and the Environment. Statistics Canada. Retrieved from <http://www.statcan.gc.ca/pub/16-201-x/16-201-x2014000-eng.pdf>
- Gil, J. (2016). Incendios forestales: causas y efectos. Blgo. M.Sc. en Ciencia y Tecnología Ambiental, Consultor en temas de Gestión Ambiental.
- Gobernación del Cauca. (2015). Municipio de Bolívar. Tangara. Retrieved from <http://www.tangara.gov.co/informes.php>.
- Gobernación del Cauca. (2013). Línea base de indicadores socioeconomicos.
- González, M., & García, D. (2011). Riparian Quality Index (RQI): A methodology for characterising and assessing the environmental conditions of riparian zones. *Limnetica*, 30(2), 235–254. Retrieved from <http://www.limnetica.com/documentos/limnetica/limnetica-30-2-p-235.pdf>
- González, M., & García, D. (2006). Attributes for assessing the environmental quality of riparian zones. *Limnetica*, 25(12): 389–402.
- González, M., García, D., 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.
- Gurnell, A. M., & Petts, G. E. (2006). Trees as riparian engineers: the Tagliamento River, Italy. *Earth Surface Processes and Landforms*, 31: 1558-1574
- Gurnell, A. M., & Petts, G. E. (2002). Island-dominated landscapes of large floodplain rivers. A European perspective. *Freshwater Biology*, 47:581–600.
- Horn, R. P., & Richards, J. S. (2006). Flow-vegetation interactions in restored floodplain environments. In: *Hydroecology and Ecohydrology: Past, Present and Future*. P. Wood, D. M. Hannah & J. P. Sadler (eds.): 269–294. John Wiley & Sons, Chichester, UK.
- IDEAM (2010). Colombia Segunda Comunicación Nacional ante la Convención Marco de

las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático. Bogotá, IDEAM.

IDEAM. (2015). *Estudio Nacional del Agua 2014*. Retrieved from

http://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/023080/ENA_2014.pdf.

Lozano-Quilis, M., Pujante, A., & Martínez-López, F. (2006). Estudio del estado ecológico de las cabeceras de los ríos Bergantes, Mijares y Palancia (Castellón, España). *Hist. Nat.*

(*Sec. Biol.*) *Bol. R. Soc. Esp. Hist. Nat. (Sec. Biol.)*, 101(1–4), 57–70.

<https://doi.org/ISSN 0366-3272>

Figuroa, A. Joaqui, S. C., Martinez, J. P., Otero, J. D., & Valencia, M. P.(2014). *ANÁLISIS*

DE VULNERABILIDAD E IMPLEMENTACIÓN DE ALERTAS TEMPRANAS PARA

SISTEMAS DE ABASTECIMIENTO DE AGUA EN EL DEPARTAMENTO DEL

CAUCA. Universidad del Cauca, Popayán.

La Bonte, J. R., Scott, D. W., Mciver, J. D. And Hayes, J. L. (2001). Threatened, endangered and sensitive insects in Eastern Oregon and Washington forests and adjacent lands.

Northwest Science.

Madera, C., Silva, J., & Torres, P. (2008). Reusó de aguas residuales domésticas en agricultura. A review. *Agronomía Colombiana*, 26(1), 347–359. Retrieved from:

<http://www.revistas.unal.edu.co/index.php/agrocol/article/view/13521/14204>.

Maynor Oliverio, (2016). Influencia de la franja ribereña en la calidad del agua y percepcion local sobre su estado y manejo en la subcuenca del rio Quisca, cuenca del Lago Atitlan, Guatemala.

Medina, Mayra., (2008). Las cuencas hidrográficas internacionales: sistemas reservorio de

agua dulce para la cooperación o el conflicto Sapiens. *Revista Universitaria de Investigación*, vol. 9, núm. 2. 153-165 Universidad Pedagógica Experimental

Libertador Caracas, Venezuela. Retrieved from

<http://www.redalyc.org/pdf/410/41011837009.pdf>.

- Menchaca, S. (2018). Las actividades humanas y el agua. Dirección de Comunicación de la Ciencia. Universidad Veracruzana. Retrieved from <https://www.uv.mx/cienciauv/blog/lasactividadeshumanasyelagua/>.
- Mesías, S. M., & Popo, S. M. (2010). Situación integral de la salud en Santander de Quilichao Cauca 2010. Santander de Quilichao. 22 pp. Retrieved from <http://www.santanderdequilichaocauca.gov.co/Transparencia/BancoDocumentos/SituacionIntegralde%20la%20Salud%202010.pdf>.
- MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL (MAVDT) (2010). Política Nacional para la Gestión Integral del Recurso Hídrico. Bogotá, D.C: Colombia, Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2010. 124 P.
- Molineri, C. (2010). Cladistic Analysis of the South American Species of Tricorythodes (Ephemeroptera: Leptohephidae) with the Description of New Species and Stages. *Aquatic Insects*. December 2002. 273-308. 10.1076/aqin.24.4.273.8236.
- Moller, P. (2011). Las franjas de vegetación ribereña y su función de amortiguamiento, una consideración importante para la conservación de humedales. *Gestión Ambiental*. 21. 96-106. Chile.
- MORRIS, D. (1962). The Behavior of the Green Acouchi (*Myoprocta pratti*) with Special Reference to Scatter Hoarding. *Zoological Society of London, Proceedings*, 139(4):701- 732
- Munné, A., & Catalana, A. (2003). La diagnosis y mejora de los ecosistemas fluviales.
- Munné, A., Solà, C., Prat, N., Bonada, N. & Rieradevall, M. (2003). A simple field method for assessing the ecological quality of riparian habitat in rivers and streams: QBR index. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, 13, 147-163.
- Munné, A., Prat, N., & Solá, C. (1998). QBR: Un índice rápido para la evaluación de la calidad de los ecosistemas de ribera. *Tecnología Del Agua, ISSN 0211-8173, N° 175*,

1998, *Págs.* 20-39, *1*(175), 20–39. Retrieved from
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=82007>

Musálem-Castillejos, K., Cámara-Córdova, J., Laino-Guanes, R., González-Espinosa, M. y Ramírez-Marcial, N. 2014. Manejo integral de cuencas: el enfoque utilizado en el proyecto FORDECyT Cuenca Grijalva (Capítulo 2). En: González-Espinosa, M. y Brunel Manse, M.C. (editores). Montañas, pueblos y aguas: dimensiones y realidades de la cuenca Grijalva. Vol. 1. México: El Colegio de la Frontera Sur y Editorial Juan Pablos, pp. 80-102.

National Research Council (NRC). (2002). Riparian Areas: Functions and Strategies for Management. Committee on Riparian Zone Functioning and Strategies for Management, Water Science and Technology Board. 444 pp.

Ordoñez, J. (2012). *Cartilla Técnica: ¿Que es una cuenca hidrológica*. Retrieved from https://www.gwp.org/globalassets/global/gwpsam_files/publicaciones/varios/cuenca_hidrografica.pdf.

Ollero Ojeda, A., Ballarín Ferrer, D., Díaz Bea, E., Mora Mur, D., Sánchez Fabre, M., Naverac Acin, V., Sánchez Gil, N. (2008). Un Índice Hidrogeomorfológico (Ihg) Para La Evaluación Del Estado Ecológico De Sistemas Fluviales. *Geographicalia*, (52), 113–141.

ONU. (2006). Informe sobre Desarrollo Humano 2006. (ONU, Ed.). Retrieved from http://hdr.undp.org/sites/default/files/hdr_2006_es_completo.pdf.

Pardo, I., Álvarez, M., Casas, J., Moreno, J. L., Vivas, S., Bonada, N., & Vidal-Abarca, M. R. (2002). El hábitat de los ríos mediterráneos. Diseño de un índice de diversidad de hábitat. *Limnetica*, 21(2002), 115–133.

Paggi, A. (1999). Los Chironomidae como indicadores de calidad de ambientes dulceacuícolas. *Revista de la Sociedad Entomológica Argentina* 58: 202-207.

- Ramsar Convention Secretariat. (2011). Bosques para agua y humedales. (Folleto). Suiza.
Retrieved from https://www.ramsar.org/sites/default/files/documents/library/dmh2011-folleto_sp.pdf
- Resolución N° 2115. Ministerio de la protección social. Ministerio de ambiente, vivienda y desarrollo territorial. Bogotá, Colombia. 22 de Junio del 2007.
- Rodríguez-Barrientos, F., (2006). Cuencas hidrográficas, descentralización y desarrollo regional participativo InterSedes: Revista de las Sedes Regionales, vol. VII, núm. 12, pp. 113-125 Universidad de Costa Rica Ciudad Universitaria Carlos Monge Alfaro, Costa Rica. Retrieved from <http://www.redalyc.org/pdf/666/66612867008.pdf>.
- Roldan, G. (2003). *Bioindicación de la calidad del agua en Colombia, uso del método BMWP/COL*. Medellín, Colombia. Universidad de Antioquia.
- Roldan, G. (1996). Guía para el estudio de macroinvertebrados del departamento de Antioquia. Universidad de Antioquia. (Primera ed.). Bogotá. Colombia. 217 pp.
- Rowe, D.L., & Honeycutt, R.L. 2002. Phylogenetic relationships, ecological correlates, and molecular evolution within the Cavioidea (Mammalia, Rodentia). *Molecular Biology Evolution* 19 (3):263-277.
- Sadeghian, Kh. S. (2009). Impacto de la ganadería sobre el suelo. Obtenido de alternativas sostenible Retrieved from <http://www.establo.info/impacto%20de%20la%20ganaderia%20sobre%20el%20suelo.pdf>.
- Schnitzler-Lenoble, A. (2007). *Forêts alluviales d'Europe. Écologie, Biogéographie and Valeur intrinsèque*. Lavoisier, Ed. Tec & Doc, París. 387 pp.
- Smythe N. 1978. The natural history of the Central American Agouti. *Smithsonian Contribution to Zoology*. Smithsonian Institution Press 257:1-52.
- Springer, M. 2006. Clave taxonómica para larvas de las familias del orden Trichoptera (Insecta) de Costa Rica. *Rev. Biol. Trop.* 54 (1): 273-286.

- Suárez, M. L., Vidal-Abarca, M. R., Sánchez-Montoya, M. Del M., Alba-Tercedor, J., Álvarez, M., Avilés, J., Bonada, N., Casas, J., Jáimez Cuellar, P., Munné, A., Pardo, I., Prat, N., Rieradevall, M., Salinas, M. J., Toro, M. & Vivas, S. (2002). Las riberas de los ríos mediterráneos y su calidad: el uso del índice QBR. *Limnetica*, 21(3-4), 135-148.
- Torres, J. (2016). Tratamiento de aguas residuales de tipo doméstico. Retrieved from <https://stadium.unad.edu.co/preview/UNAD.php?url=/bitstream/10596/6254/1/...pd>
- WWAP (Programa Mundial de Evaluación de los Recursos Hídricos de las Naciones Unidas). 2016. Informe de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos en el Mundo 2016: Agua y Empleo. París, UNESCO. 164 pp.
- Zamudio, C. (2012). gobernabilidad sobre el recurso hídrico en Colombia: entre avances y retos. *Revista Gestión Ambiente*, 15(3), 99–112.

ANEXOS

ANEXO 1. FORMATO DE APLICACIÓN DEL ÍNDICE QBR

Cualificación de la zona riparia de los ecosistemas fluviales. Índice QBR

- Esta cualificación debe ser aplicada en la zona de ribera de los ríos (orilla y ribera). Zonas inundadas periódicamente por las avenidas ordinarias y las máximas.
- Los cálculos se realizarán sobre el área que presenta una potencialidad de soportar una masa vegetal riparia. No se cuentan las zonas con sustrato duro con incapacidad para enraizar una masa vegetal permanente.
- En tramos de alta montaña sin vegetación riparia natural o en zonas áridas, consultar la nota de la parte posterior de esta hoja de campo



La puntuación de cada uno de los 4 apartados no puede ser negativa ni exceder de 25

Estación	
Observador	
Fecha	

Tramo observado a partir del punto de acceso al río

Agua arriba	
Otros	

Grado de cubierta de la zona de ribera (solo consideraremos la ribera)

Puntuación entre 0 y 25

Puntuación	
25	> 80 % de cubierta vegetal de la zona de ribera (las plantas anuales no se contabilizan)
10	50-80 % de cubierta vegetal de la zona de ribera
5	10-50 % de cubierta vegetal de la zona de ribera
0	< 10 % de cubierta vegetal de la zona de ribera
+ 10	si la conectividad entre el bosque de ribera y el ecosistema forestal adyacente es total
+ 5	si la conectividad entre el bosque de ribera y el ecosistema forestal adyacente es superior al 50%
- 5	si la conectividad entre el bosque de ribera y el ecosistema forestal adyacente es entre el 25 y 50%
- 10	si la conectividad entre el bosque de ribera y el ecosistema forestal adyacente es inferior al 25%

Estructura de la cubierta (se contabiliza toda la zona de ribera)

Puntuación entre 0 y 25

Puntuación	
25	recubrimiento de árboles superior al 75 %
10	recubrimiento de árboles entre el 50 y 75 % o recubrimiento de árboles entre el 25 y 50 % y en el resto de la cubierta los arbustos superan el 25 %
5	recubrimiento de árboles inferior al 50 % y el resto de la cubierta con arbustos entre 10 y 25 %
0	sin árboles y arbustos por debajo del 10 %
+ 10	si en la orilla la concentración de helófitos o arbustos es superior al 50 %
+ 5	si en la orilla la concentración de helófitos o arbustos es entre 25 y 50 %
+ 5	si existe una buena conexión entre la zona de arbustos y árboles con un sotobosque
- 5	si existe una distribución regular (linealidad) en los pies de los árboles y el sotobosque es > 50 %
- 5	si los árboles y arbustos se distribuyen en manchas, sin una continuidad
- 10	si existe una distribución regular (linealidad) en los pies de los árboles y el sotobosque es < 50 %

Calidad de la cubierta (depende del tipo geomorfológico de la zona de ribera*)

Puntuación entre 0 y 25

Puntuación		Tipo 1	Tipo 2	Tipo 3
25	número de especies diferentes de árboles autóctonos	> 1	> 2	> 3
10	número de especies diferentes de árboles autóctonos	1	2	3
5	número de especies diferentes de árboles autóctonos	-	1	1-2
0	sin árboles autóctonos			
+ 10	si existe una continuidad de la comunidad a lo largo del río, uniforme y ocupando > 75 % de la ribera (en toda su anchura)			
+ 5	si existe una continuidad en la comunidad a lo largo del río (entre 50 - 75 % de la ribera)			
+ 5	si existe una disposición en galería de diferentes comunidades			
+ 5	si el número diferente de especies de arbustos es:	> 2	> 3	> 4
- 5	si existen estructuras construidas por el hombre			
- 5	si existe alguna sp. de árbol introducida (alóctona)** aislada			
- 10	si existen sp. de árboles alóctonas** formando comunidades			
- 10	si existen vertidos de basuras			

Grado de naturalidad del canal fluvial

Puntuación entre 0 y 25

Puntuación		
25	el canal del río no ha estado modificado	
10	modificaciones de las terrazas adyacentes al lecho del río con reducción del canal	
5	signos de alteración y estructuras rígidas intermitentes que modifican el canal del río	
0	río canalizado en la totalidad del tramo	
- 10	si existe alguna estructura sólida dentro del lecho del río	
- 10	si existe alguna presa o otra infraestructura transversal en el lecho del río	
Puntuación final (suma de las anteriores puntuaciones)		

*** Determinación del tipo geomorfológico de la zona de ribera (apartado 3, calidad de la cubierta)**

Sumar el tipo de desnivel de la derecha y la izquierda de la orilla, y sumar o restar según los otros dos apartados.

		Puntuación	
		Izquierda	Derecha
Tipos de desnivel de la zona riparia			
Vertical/concavo (pendiente > 75°), con una altura no superable por las máximas avenidas		6	6
Igual pero con un pequeño talud o orilla inundable periódicamente (avenidas ordinarias)		5	5
Pendiente entre el 45 y 75°, escalado o no. La pendiente se cuenta con el ángulo entre la horizontal y la recta entre la orilla y el último punto de la ribera. $\Sigma a > \Sigma b$		3	3
Pendiente entre el 20 y 45°, escalonado o no. $\Sigma a < \Sigma b$		2	2
Pendiente < 20°, ribera uniforme y llana.		1	1
Existencia de una isla o islas en el medio del lecho del río			
Anchura conjunta "a" > 5 m.		- 2	
Anchura conjunta "a" entre 1 y 5 m.		- 1	
Potencialidad de soportar una masa vegetal de ribera. Porcentaje de sustrato duro con incapacidad para enraizar una masa vegetal permanente			
> 80 %		No se puede medir	
60 - 80 %		+ 6	
30 - 60 %		+ 4	
20 - 30 %		+ 2	
Puntuación total			

Tipo geomorfológico según la puntuación

> 8	Tipo 1	Riberas cerradas, normalmente de cabecera, con baja potencialidad de un extenso bosque de ribera
entre 5 y 8	Tipo 2	Riberas con una potencialidad intermedia para soportar una zona vegetada, tramos medios de los ríos
< 5	Tipo 3	Riberas extensas, tramos bajos de los ríos, con elevada potencialidad para poseer un bosque extenso

ANEXO 2. FORMATO DE APLICACIÓN INDICE CERA-s.

Formato de campo para la caracterización y evaluación de las condiciones riparias

Río _____

Código _____

Observador: _____

Fecha/hora: _____

Límites del segmento del río (coordenadas):

Inicio: _____

Final: _____

Valor	Estado de la variable
0	Pésimo
1	Malo
2	Regular
3	Moderado
4	Muy bueno
5	Excelente

LA RIBERA Y EL CANAL FLUVIAL		Puntuación	
		Sugerida	Asignada
A. Estructura y naturalidad de la vegetación de ribera			
A.1	Vegetación de ribera de páramo.		
	Páramo herbáceo, mixto, Frailejones	5	
	Hierbas pisoteadas por ganadería o zonas agrícolas	2	
	Tierra baldía o Cangahua	0	

A.2	Vegetación de ribera de bosque		
	Árboles o bosques mixtos de especies nativas	5	
	Arbustos o árboles introducidos como pinos o eucaliptos	3	
	Cultivos o pastos	1	
	Tierra baldía o Cangahua	0	

B. Continuidad de la ribera			
	Vegetación de ribera continua, sin partes donde haya pasto o cultivos	5	
	Manchas grandes de vegetación de ribera , parches interrumpidos por cultivos, infraestructuras o pastos	3	
	Manchas aisladas de vegetación de ribera, pequeños parches alejados entre sí.	1	

C. Conectividad de la vegetación de ribera con otros elementos del paisaje adyacentes o próximos			
	Paisaje próximo a la zona de ribera: Vegetación natural (páramo o bosque) en más de un 75% (sin elementos urbanos)	5	
	Paisaje próximo a la zona de ribera: Combinación de bosques con cultivos cuya superficie sea inferior al 50% (sin elementos urbanos)	3	
	Paisaje próximo a la zona de ribera: Combinación de bosques con cultivos cuya superficie sea superior al 50% (sin elementos urbanos)	1	
	Vegetación de ribera próxima a elementos de urbanismo (viviendas, carreteras paralelas al río), elementos que ocupan menos del 50% del paisaje (habitualmente solo en un margen del río), y resto del paisaje ocupado por bosque.	2	
	Vegetación de ribera próxima a elementos de urbanismo (viviendas, carreteras paralelas al río), elementos que ocupan menos del 50% del paisaje (habitualmente solo en un margen del río), y resto del paisaje ocupado por agricultura; o si los elementos de urbanismo ocupan más del 50% del paisaje adyacente (situándose en los dos márgenes) la conectividad es nula.	0	

D. Presencia de basuras y escombros			
	Ribera sin basura ni escombros.	5	
	Ribera con basura de forma aislada y fácil de remover (por ejemplo con una minga de una mañana)	2	
	Ribera con basura acumulada en forma de botadero (que se pueden sacar solo con maquinaria y remoción de tierra)	0	

E. Naturalidad del canal fluvial			
	Río sin signos de que su cauce haya sido modificado, ni rectificado ni canalizado, y sin cemento, ni estructuras sólidas.	5	
	Terrazas, adyacentes al río, modificadas para hacer plantaciones o para pasto para ganado	3	
	Uno de los lados del canal del río está modificado por una estructura sólida	1	
	Los dos lados del canal del río están modificados por estructuras sólidas	0	

F. Composición del sustrato en el lecho del río			
	Bloques	1	
	Grava	1	
	Piedras	1	
	Arena	1	
	Cantos	1	
	Arcilla	1	
	Lodo	1	

G. Regímenes de velocidad y profundidad del río			
Somero: Profundidad < 0,5 m.		Profundo: Profundidad > 0,5 m.	
Rápido: Velocidad > 0,3m/s.		Lento: Velocidad < 0,3m/s.	
	Rápido - Somero	1	
	Rápido - Profundo	1	
	Lento - Somero	1	
	Lento - Profundo	1	
Nota: Si se encuentran los 4 tipos, se suma un punto adicional			

H. Elementos de heterogeneidad			
	Hojarasca	1	
	Troncos y Ramas	1	
	Diques Naturales	1	
	Raíces Sumergidas	1	
	Vegetación Acuática Sumergida (Musgos y Plantas)	1	
	Vegetación acuática sumergida (Algas)	1	
Total			

ANEXO 3. FORMATO APLICACIÓN INDICE RQI

Formato de campo para la caracterización y evaluación de las condiciones riparias

Río _____ Código _____

Observador: _____ Fecha/hora: _____

Límites del segmento del río (coordenadas):

Inicio: _____ Final: _____

Valle y sección transversal:

1. Dimensiones del terreno con vegetación riparia	Derecho	Izquierdo
Límites del margen (C: confinado; U: no confinado)		
Ancho máximo y mínimo con vegetación riparia (m)	/	/
Ancho promedio del corredor ripario (m)		
Ancho promedio de canal activo (m)		
Distancia entre el margen del río activo y la pendiente ascendente adyacente (m)		
Uso del suelo adyacente (bosque, agricultura, área urbana, carreteras, otros)		
Score:		

2. Continuidad longitudinal y cubierta del corredor ripario	Derecho	Izquierdo
Bosque continuo (BC)/ Parches de vegetación (PV), Arboles (A1) o arbustos aislados (A2)		
% Cubierta del dosel (>5 m altura)		
% Cubierta del sotobosque (1-5 m altura)		
% Cobertura del suelo (< 1m de altura)		
Si está fragmentado, promedio de la longitud de los parques de vegetación (m)		
Si está fragmentado, distancia promedio entre parches consecutivos (m)		
Si está fragmentado, distancia promedio entre parches consecutivos (m)		
Si está fragmentado, uso del suelo en áreas abiertas		
Score:		

Clase (abundancia): Dominante (4), Abundante (3); Frecuente (2), Escasa (1), + Ocasional

3. Composición y estructura de la vegetación riparia	Derecho	Izquierdo
Asociaciones de vegetación predominante		
Especies de árboles: nombre y clase		
Especies de arbustos: nombre y clase		
Especies herbáceas: nombre y clase		
Plantas de sombra y enredaderas: nombre y clase		

3. Composición y estructura de la vegetación riparia	Derecho	Izquierdo
% Cobertura de especies acuáticas (carrizos)		
% Cobertura de especies herbáceas ruderales o invasivas		
% Cobertura de especie invasiva típica: nombre		
Estado salud de las principales especies de árboles nativos (buena, regular, mala)		
Score:		
4. Diversidad de edades y regeneración natural	Ambos márgenes	
Especies con plántulas (<1 año, < 0.25 m altura)		
Especies con ejemplares jóvenes (aprox. 0.25-1 m altura o < 1.5 cm de diámetro para árboles)		
Especies con ejemplares adultos (aprox. 1-5 m altura, 1.5-3 cm diámetro para árboles)		
Especies con ejemplares maduros (aprox. > 5m altura, >3 cm diámetro para árboles)		
Especies con ejemplares muertos: nombre y clase		
Sitios de regeneración: orillas, áreas próximas, área distal, área total.		
Regeneración evitada por: regulación del flujo/ pastoreo/ arado/ herbicidas/ compactación del suelo/ pavimento/ otros.		
Score:		

5. Condiciones de la orilla	Ambos márgenes
Material (rocoso, grava, arena fina, sedimentos finos, estratos compuestos)	
Forma (natural, perfilado, canalizado, otros) Dibujar el perfil simplificado	
Altura máxima de la orilla (m)	
Pendiente de la orilla del río (uniforme/compuesta)	
% Cobertura de la vegetación en la orilla	
Materia orgánica, madera muerta o escombros (abundante, presente, ocasional, ausente)	
Estabilidad de la orilla (estable, inestabilidad local, inestable)	
Descripción de los procesos del canal: Equilibrado, estrechamiento, amplitud.	
% Longitud de la orilla afecta por crecidas del río	
% Longitud de la orilla afectada por desbordamiento/erosión	
% de la longitud de la orilla con construcciones/bioingeniería	
Score:	

6. Flujos y conectividad lateral	Ambos márgenes
Estado del régimen de flujo (natural, regulado: ligeramente, moderadamente, significativamente)	
Si está regulado, principales propósitos (irrigación, hidroelectricidad, suministro/abastecimiento agua)	
Temporalidad anual de inundación (condiciones naturales, solo en verano, en cualquier momento)	
Restricciones para acceso por inundaciones en la zona riparia (elevación del banco, canales profundos, diques)	
Protecciones: altura (m)/distancia de la orilla del canal (m)	
Frecuencia estimada de flujos que rebasan el borde más alto de la orilla (uno cada 1-2, 5, 10, 25, >25 años)	
Frecuencia estimada de inundación de la zona riparia más próxima (uno cada 1-2, 5, 10, 25, >25 años)	
Frecuencia estimada de inundación de la zona riparia más alejada (uno cada 1-2, 5, 10, 25, >25 años)	
Abundancia de madera muerta o ramas transportadas por inundaciones (inexistente, ocasional, abundante, muy abundante)	
Localización de madera muerta o ramas transportadas por inundaciones (solo en las orillas, en las zonas riparias más cercanas, en zonas alejadas, en toda la zona)	
Score:	

7. Sustrato y conectividad vertical	Ambos márgenes
Cobertura superficial del suelo predominante (rocas, madera, hojarasca, pasto, suelo sin vegetación, otros)	
% Cobertura de hojarasca y pastos	
% Cobertura de suelo sin vegetación compactado o pavimentado	
Intensidad del pastoreo (inexistente, no significativo, moderado, intenso, muy intenso)	
Comunidades herbáceas (especies autóctonas, oportunistas abundantes/dominantes)	
% Área afectada por minería o excavaciones	
% de área afectada por sedimentación	
% Área afectada por residuos sólidos o escombros de construcción	
% Área afectada por infraestructuras subterráneas presentes (inexistentes, tuberías, carreteras, edificios, infraestructuras, otros)	
Score:	

ANEXO 4. FORMATO ANLISIS DE SERVICIOS ECOSISTEMICOS.

Lugar: _____ Comunidad: _____

Diligenciado: _____

Fecha/hora: Inicio _____ Final: _____

Cuenca: _____

Servicio ecosistémico asociados a las cuencas hídricas y a los bosques de ribera.	Importancia (0-5, donde 5 es más importante)
Regulación climática global	
Regulación climática local	
Regulación de la calidad del aire por parte de los bosque ribereños	
Regulación del flujo de agua	
Prevención de inundaciones	
Regulación de la calidad del agua	
Control de la erosión	
Prevención de deslizamientos	
Recolección de comida	
Recolección de madera	
Medicinas naturales	
Recolección de carbón o leña	
Cultivo de peces	
Cultivos agrícolas	
Ganadería	

Servicio ecosistémico asociados a las cuencas hídricas y a los bosques de ribera.	Importancia (0-5, donde 5 es más importante)
Control biológico	
Recreación y turismo	
Beneficios estéticos	
Experiencias religiosas o espirituales	

