



**Implementación de metodologías cualitativas para la evaluación visual de ríos: Estudio de
caso río Surba, Duitama**

Laura Fernanda Garavito Cerón y Paula Andrea González Vega

21231711984 - 21231715921

Universidad Antonio Nariño

Programa Ingeniería Ambiental

Facultad de Ingeniería Ambiental

Duitama, Colombia

2021

**Implementación de metodologías cualitativas para la evaluación visual de ríos: Estudio de
caso río Surba, Duitama**

Laura Fernanda Garavito Cerón y Paula Andrea González Vega

Proyecto de grado presentado como requisito parcial para optar al título de:

Ingeniera Ambiental

Director (a):

Ph.D. MSc. Ing. David Aperador Rodríguez

Codirector (a):

MSc. Esp. Ing. Lina María Aguirre Otalvaro

Línea de Investigación:

Gestión integrada del recurso hídrico

Semillero de Investigación:

Observatorio de ríos urbanos

Universidad Antonio Nariño

Programa Ingeniería Ambiental

Facultad de Ingeniería Civil y Ambiental

Duitama, Colombia

2021

NOTA DE ACEPTACIÓN

El trabajo de grado titulado

_____, Cumple con

los requisitos para optar

Al título de _____.

Firma del Tutor

Firma Jurado

Firma Jurado

Ciudad, Día Mes Año.

Contenido

	Pág
Resumen.....	1
Abstract	2
1. Introducción.....	3
2. Antecedentes.....	5
3. Objetivos.....	12
3.1 Objetivo General	12
3.2 Objetivos Específicos	12
4. Justificación	13
5. Marco Teórico	14
5.1 Marco Conceptual	14
5.2 Marco Legal	16
6. Diseño Metodológico	18
6.1 Fase I: Identificación de la zona de estudio	18
6.2 Fase II: Revisión de información secundaria	18
6.3 Fase III: Identificación de puntos de muestreo	19
6.4 Fase IV: Recopilación de información primaria	19
6.4 Fase V: Análisis de parámetros fisicoquímico del agua	19
6.4 Fase VI: Análisis de resultados	21
7. Resultado y Análisis	21
7.1 Identificación de la zona de estudio	21
7.1.1 Información geográfica del río Surba	22
7.1.2 Sistema hídrico del río Surba	23
7.2 Revisión información secundaria	26
7.3 Identificación de puntos de muestreo.....	29

7.4 Recopilación de información primaria.....	35
7.5. Análisis De Parámetros Fisicoquímicos Del Agua.....	46
7.6 Análisis de resultados	48
8. Conclusiones.....	48
9. Referencias	51

Lista de Tablas

Tabla	Pág.
Tabla 1. Uso del Suelo (Ha) Determinado Para La Subcuenca Del Río Surba.	24
Tabla 2. Ríos Tributarios.....	25
Tabla 3. Parámetros Físicoquímicos De Los Afluentes Del Río Chicamocha.	26
Tabla 4. Demanda Del Recurso Hídrico Del Río Surba	26
Tabla 5. Coordenadas y Descripción De Los Puntos De Muestreo.	31
Tabla 6. Tabulación De Datos.....	40

Lista de Figuras

Figura	Pág.
Figura 1. Cuenca del Río Chicamocha y Delimitación de la Subcuenca del Río Surba...	25
Figura 2. Cartillas A y B - Adaptadas Para El Estudio De Caso.	28
Figura 3. Ubicación, Delimitación y Puntos de Muestreo - Río Surba.....	30
Figura 4. Estado Ecológico Por Cartillas.	39
Figura 5. Estado Ecológico General.	43
Figura 6. Parámetros Fisicoquímicos Medidos En Campo.....	45
Figura 7. Parámetros Analizados En El Laboratorio	47

Dedicatoria

Queremos dedicar este trabajo

A Dios, quien fue el que nos dio la oportunidad de comenzar y culminar nuestra carrera universitaria, en donde nos quedan gratos recuerdos e infinitos conocimientos, muchas experiencias vividas y que siempre tendremos presentes en nuestras vidas y corazones.

A nuestras familias por el apoyo incondicional que nos brindaron en cada paso que dimos en nuestra etapa universitaria, gracias por depositar su confianza en nosotras y creer en que lo lograríamos desde el primer paso que dimos, hasta el último.

A nuestros docentes, quienes fueron los que nos compartieron sus conocimientos y experiencias a largo del camino y quienes nos motivaron a seguir adelante día a día para lograr nuestros objetivos y obtener nuestro título de ingenieras.

Agradecimientos

Queremos agradecer a nuestros docentes de la Universidad Antonio Nariño, facultad de ingeniería ambiental, quienes nos apoyaron durante toda la carrera y nos brindaron conocimientos en nuestra formación para convertirnos en unas grandes profesionales.

Gracias infinitas a nuestra directora de proyecto de grado la ingeniera Lina María Aguirre Otalvaro y al ingeniero David Aperador, quienes nos dieron su mano, apoyo incondicional y fueron nuestros guías en este proceso tan importante con el que culminamos nuestra carrera universitaria.

Extendemos nuestro agradecimiento a la población que fue partícipe y parte importante para poder llevar a cabo el proyecto de investigación, ya que sin su apoyo, paciencia y comprensión no hubiera sido posible la realización del trabajo.

Resumen

Esta investigación se basa en la gestión integrada del recurso hídrico, que se desarrolló en el Municipio de Duitama, seleccionando como caso de estudio el río Surba, río donde se implementaron protocolos y cartillas validados para evaluar visualmente las condiciones del cauce. Se seleccionaron seis puntos de monitoreo a lo largo del río para determinar la calidad del agua y el estado ecológico en cada punto, teniendo en cuenta cambios significativos en la vegetación, urbanización, desarrollo de actividades agroindustriales y actividades de esparcimiento y recreación. Además, se evaluaron y analizaron parámetros fisicoquímicos tanto in situ como en el laboratorio de ingeniería ambiental, para reforzar el estudio realizado con el protocolo y las cartillas. Los resultados obtenidos mostraron que el río Surba cuenta con un estado ecológico aceptable y que se requieren acciones para mejorar las condiciones del cauce y la calidad del agua.

Palabras Clave: Protocolos, Evaluación Visual, Parámetros Fisicoquímicos, Estado Ecológico, Río, Cuenca, Subcuenca.

Abstract

This research is based on the integrated water resource management developed in the municipality of Duitama, selecting as a case study the Surba River, a river where validated protocols and primers were implemented to visually evaluate the conditions of the riverbed. Six monitoring points were selected along the river to determine water quality and ecological status at each point, taking into account significant changes in vegetation, urbanization, development of agro-industrial activities, and recreational and leisure activities. In addition, physicochemical parameters were evaluated and analyzed both in situ and in the environmental engineering laboratory, to reinforce the study carried out with the protocol and primers. The results obtained showed that the Surba River has an acceptable ecological status and that actions are required to improve the conditions of the riverbed and water quality.

Keywords: Protocols, Visual Evaluation, Physicochemical Parameters, Ecological Status, River, Basin, Sub-basin.

1. Introducción

El recurso hídrico es parte fundamental para el desarrollo de actividades diarias de las personas, teniendo en cuenta que día a día el ser humano hace uso de este, bien sea para las actividades que se realicen como lo son la agricultura, ganadería, industria y demás, para el consumo humano o para la higiene. Por esta razón es muy importante tener presente la calidad en que se encuentra el agua, ya que al no saber en qué condiciones se encuentra esta, se puede llegar a consumir o se puede utilizar y puede llegar a causar enfermedades ya sea al ser humano, se podrían ver afectadas actividades agropecuarias y afectar gravemente a los ecosistemas con los que se relaciona el agua.

La calidad del agua se puede ver afectada por factores ya sean físicos o químicos entre estos se pueden encontrar el clima, la precipitación, el tiempo, pH, dureza, oxígeno disuelto y demás, para poder realizar un análisis de estos parámetros, se debe tener en cuenta el origen de estas aguas que puede ser residual, industrial, urbano o doméstico y que son vertidas a los mares o ríos contaminando los ecosistemas acuáticos, la vegetación y la fauna. (INDUANALISIS, 2019)

En el proyecto de investigación se buscó implementar metodologías cualitativas para llegar a realizar una evaluación visual del Río Surba que se encuentra localizado en Duitama - Boyacá. Se tomó en cuenta el Río Surba por ser de gran importancia debido a que abastece a la ciudad de Duitama, siendo este el punto de extracción para el abastecimiento de la Planta de Tratamiento de Agua Potable y finalmente convertirla en agua lista para el consumo de esta población. La evaluación visual que se busca hacer es importante ya que no es mucha la información que hay sobre cómo se encuentra la calidad del agua de este río, y teniendo en cuenta que el Río Surba se encuentra limitado a diferentes actividades como lo son la ganadería y

la agricultura, es esencial que la población conozca sobre las condiciones en que se encuentra el río por salubridad y precaución.

Para el desarrollo de la investigación se tuvieron en cuenta siete puntos, iniciando en el punto cero que se estableció en el nacimiento del Río Surba y seis puntos de muestreo a lo largo del cauce del río Surba, que se consideraron de gran importancia ya que en dichas zonas se encuentran realizando actividades de ganadería, pastoreo, industriales y zonas en las cuales la población se reúne a realizar actividades familiares como lo son los asados y paseos en donde se ve reflejada la contaminación que produce la población a este río.

La metodología utilizada en el Río Surba fue desarrollo y explicación del protocolo adaptado en Talamanca en Costa Rica (CATIE, 2008) y cartillas (Rodríguez, 2019) aplicables que permitieron obtener información cuantitativa sobre el estado ecológico del río Surba. documentos que permitieron dar valores números pertinentes a las condiciones que presentaba el cauce del río, para luego ponderarlos y obtener el estado ecológico y las condiciones del río.

Además de conocer por medio de esta metodología las condiciones en que se encuentra el Río Surba, también se buscó promover la protección de estas zonas para mejorar las condiciones del agua y del ecosistema que se encuentra en el área de estudio. Adicionalmente se quiso dar a conocer estos métodos a la población para así tener la participación de sensores ciudadanos para tener un monitoreo frecuente con los datos que arrojan las mismas personas ubicadas en los puntos de importancia mediante el avance del proyecto.

2. Antecedentes

El estado de conocimiento se realizó basado en artículos de estudios realizados a nivel nacional e internacional, los cuales cuentan con protocolos validados para el desarrollo de estudios medioambientales referentes al recurso hídrico.

La implementación y desarrollo de proyectos e investigaciones relacionadas con el recurso hídrico y la evaluación visual de los ríos urbanos se ha venido incrementando durante los últimos 10 años en muchos países, debido a que el agua es uno recurso natural con relevancia para la sostenibilidad ambiental, por lo cual se requiere de más investigaciones que aporten al cuidado, mitigación de impactos ambientales provocados por actividades antropogénicas y naturales, prevención, concientización social y preservación del recurso hídrico.

Por lo anterior para el desarrollo e implementación de esta investigación fue de gran ayuda el Stream Visual Assessment Protocol (SVAP), el cual es una herramienta que permite la evaluación rápida y sencilla del estado físico del río, fue desarrollado en Estados Unidos por el departamento de Agricultura, con el objetivo de ser un método de evaluación introductorio a nivel de detección para personas que no están familiarizadas con las evaluaciones de ríos (United States Department of Agriculture & Natural Resources Conservation Service, 1998). Además, para el desarrollo de la investigación se tuvo en cuenta la versión número 2, en el cual se proporcionan descripciones más completas de varios elementos sobre condiciones del canal, alteración hidrológica, condiciones de la zonas ribereñas y la complejidad del hábitat de los peces (United States Department of Agriculture, 2009). Dicho protocolo ha sido replicado y ajustado en diferentes países, teniendo en cuenta las condiciones climáticas, estaciones del año, geografía, entre otras.

Colombia es uno de los países en los cuales se ha venido realizando estas investigaciones en diferentes regiones del mismo, en donde gracias a protocolos y cartillas validados, fáciles de implementar que sirven como un indicador para evaluar diferentes valores fisicoquímicos de los cuerpos hídricos así como en la investigación desarrollada por Valencia et al., (2018), en el cual se identificó que los impactos negativos generados a los ríos urbanos son significativos por lo que se requiere de la ejecución de acciones que contribuyan a la atenuación y protección de estos cuerpos hídricos urbanos. Estas investigaciones se han desarrollado junto con comunidades que tienen relación directa con la fuente hídrica, ya sea para el abastecimiento de acueductos urbanos y rurales de la región, desarrollo de actividades industriales, ganaderas y agrícolas.

Por lo que Rodríguez, (2019) señala que se requiere realizar capacitaciones a las comunidades y en lo posible a estudiantes de centros educativos que estén interesados en el tema de la evaluación de los parámetros fisicoquímicos y evaluación visual de ríos urbanos.

Así mismo FRANCO, (2018) evidenció que con la implementación del Stream Visual Assessment Protocol, se puede demostrar las condiciones físicas de cada punto de muestreo en los tramos del río, por lo que se establecen diferencias entre la ubicación de cada punto de muestreo y la calidad del sistema mediante el índice visual de la calidad del agua. De igual manera para Gualdrón Durán, (2018) el índice provee un diagnóstico importante sobre las condiciones de las zonas ribereñas del río y la calidad del agua, lo que permite también crear planes de acción para mejorar el cauce del río.

A nivel internacional países como Brasil, Australia, Estados Unidos, Italia, Puerto Rico, Hawái, entre otros países, han desarrollado investigaciones sobre la evaluación visual de ríos

urbanos, utilizando cartillas y protocolos como la evaluación rápida de la diversidad del hábitat, índice de calidad del agua, índice trófico, SVAP y Sistemas de Información Geográfica (SIG).

McBride & Booth, (2005) señala que la implementación y adecuación de varias cartillas para un determinado río, permite obtener resultados positivos respecto a la caracterización de la calidad del agua y el estado de las zonas ribereñas del río.

Para da Silva et al., (2016) es necesario complementar los estudios de evaluación visual de ríos urbanos teniendo en cuenta el desarrollo de actividades antropogénicas, como festivales, actividades lúdicas que alteren el estado natural del cuerpo hídrico y de esta manera evaluar y monitorear los ambientes acuáticos en diferentes partes del río y en las diferentes estaciones climatológicas con las que cuentan.

Además, se identificó que en zonas urbanas como lo señala Bentos et al., (2018) se intensifican los impactos negativos por las actividades antropogénicas de carácter industrial, actividades agrícolas, actividades diarias de las urbanizaciones, que causan afectaciones directas e indirectas a las fuentes hídricas cercanas a comparación de las zonas rurales en donde la calidad del agua se encuentra en mejores condiciones.

Por cual los protocolos de evaluar las condiciones de los ríos en Brasil se han convertido en herramientas importantes para conocer el estado físico de los cuerpos hídricos del país, tanto así que Rigotti et al., (2016) ha desarrollado investigaciones complementarias junto con protocolos para evaluar el índice de estado trófico y evaluar la abundancia de macro invertebrados, con la finalidad de comparar los resultados y establecer la calidad de las fuentes hídricas de la zona.

Oliveira et al., (2021) señala que la gran ventaja del protocolo de evaluación visual es que se desarrolla de forma rápida debido a que obtienen los datos de manera visual y sensorial, por lo que se logran determinar resultados rápidamente.

Para Ferreira et al., (2015) considera que la implementación de uno o más protocolos de evaluación hídrica permite encontrar los efectos probados por el mal manejo de las cuencas hidrográficas especialmente en zonas urbanas, evaluando parámetros fisicoquímicos como pH, turbidez, temperatura, sólidos sedimentables, oxígeno disuelto nitritos y con el análisis visual se identifican las afectaciones que alteran las condiciones naturales del agua. Al mismo tiempo como lo señala Gomes et al., (2016) los resultados obtenidos permiten realizar comparaciones con las normativas ambientales vigentes para verificar si se cumple con las concentraciones permitidas para los parámetros evaluados.

Adicionalmente, Pereira et al., (2021) realizó estudios en los cuales se evalúan las cargas contaminantes puntuales y difusas que alteran las condiciones fisicoquímicas del agua, teniendo en cuenta que las cargas difusas son las más difíciles de controlar debido a que no cuentan con un punto específico de descarga, por lo que los ríos urbanos se ven altamente afectados y se requiere de monitoreos constantes para identificar los impactos medioambientales.

Así mismo, señala Tsuji et al., (2019) la escorrentía de fuentes difusas altera parámetros fisicoquímicos de los cuerpos hídricos, como las concentraciones en cuanto a sólidos suspendidos y la demanda de oxígeno químico lo que indica que la escorrentía de fuentes difusas representa una fuente altamente contaminante para los cuerpos hídricos. Aunque como lo señala Braz et al., (2020) se requiere complementar el estudio con un análisis del suelo para identificar

el tipo de suelo, la infiltración, escorrentía y los impactos medio ambientales que puede causar el uso inadecuado de este a las fuentes hídricas cercanas.

Para Granato-Neto et al., (2016) es importante tener en cuenta las zonas ribereñas de los ríos, porque en estas zonas se puede identificar si se presenta o no, una disposición inadecuada de los residuos sólidos e identificar los efectos probados por actividades antrópicas, información que se puede obtener de manera visual, utilizando e implementando el protocolo de Evaluación Rápida de Ríos Urbanos, y de esta manera conocer los ecosistemas que están presentes para implementar programas de mantenimiento, preservación y restauración de las zonas ribereñas de los ríos.

Para Bernhardt & Palmer, (2007) la restauración de los ríos urbanos es una estrategia novedosa que puede contribuir a mejorar las condiciones físicas y ecológicas de los ríos urbanos que estén en estado de degradación con estrategias de rectificación de canales, estabilización de bancos, manejo de agua pluviales, manejo de residuos, protección y educación ambiental. Así como lo señala Guimarães et al., (2017) el protocolo de evaluación rápida de ríos urbanos es una de las herramientas para fomentar la educación ambiental implementada en las escuelas públicas de Brasil, con la finalidad de fortalecer los conocimientos de los estudiantes en temas ambientales, creando desde los primeros años de estudio valores sociales, que contribuyan con acciones y cuenten con habilidades para la conservación de los ríos locales.

Según De Praga Baião & Batista, (2016) desarrollar investigaciones vinculadas con estudiantes y comunidades, en general fortalece la educación ambiental, mejora destrezas para la evaluación de impactos medioambientales y contribuye a brindar soluciones para mitigar los

efectos provocados, un ejemplo es el protocolo de evaluación rápida de ríos urbanos diseñado por estudiantes de secundaria el cual fue aprobado y validado como herramienta.

Jin & Wang, (2021) proporciona un marco general para realizar una cuantificación de la percepción visual dinámica basada en la morfología urbana y la mejora en la precisión de las descripciones de las características espaciales lineales, esto para poder realizar un ajuste de los patrones de preferencia de escenarios, establecer los de tipos de movimiento y realizar una metodología para guiar la gestión paisajística y la planificación urbana para tener una interacción que se dan entre la naturaleza y el ser humano.

Además, para Akoto et al., (2021) es indispensable llevar a cabo investigaciones en donde se identifiquen actividades o factores que alteren las condiciones del agua y por ende la salud humana, realizó pruebas en donde se tuvo en cuenta la alcalinidad, turbidez, color y se realizaron unas concentraciones con los valores máximos permitidos por la OMS. Se tuvo en cuenta que las fuentes geogénicas y antropogénicas eran responsables de las variaciones presentadas en los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos realizados y se sugirió presentar estrategias y políticas de gestión para proteger los recursos hídricos.

Ya que la contaminación de los ríos es un problema que se tiene en todo el mundo, se han estudiado métodos para prevenir y/o reducir los impactos medioambientales que afectan la calidad del agua y limita el uso y aprovechamiento de la misma. Para esto se llevaron a cabo el análisis del índice de contaminación para obtener un valor que indique los parámetros se encuentran por encima de los niveles permitidos y determinan la contaminación y afectación de parámetros físico químicos del agua, también se llegan a realizar análisis microbiológicos con

este tipo de métodos como lo desarrollo Suriadikusumah et al., (2021) en estudio para determinar la calidad del agua.

Al haber ríos de alta contaminación por desechos industriales, domésticos, agrícolas, pesqueros y demás, es importante para Sholeh et al., (2018) realizar análisis bacteriológico en donde se puedan conocer valores de parámetros como E-coli, DBO, DBQ y la turbidez del agua. Con los resultados obtenidos pueden dar a conocer si es o no, un agua factible para ser tratada convertirla en agua potable y posteriormente se requiere de un estudio para un modelo de purificación del agua con diferentes tipos de compuestos.

Otro de los problemas que encontró Kaushik, (2008) sobre la contaminación de los ríos es que se detectó la presencia de pesticidas debido al desarrollo de actividades agrícolas en las zonas ribereñas del río, estos análisis fueron importantes ya que se pudo saber qué tipo de contaminantes había y si era una fuente de contaminación nueva o antigua.

Finalmente se puede deducir que el desarrollo e implementación de los protocolos y cartillas para la evaluación visual de los ríos urbanos, son una herramienta que determinan y evalúan el estado físico del cuerpo hídrico, se implementan de manera sencilla, rápida y rentable, adicionalmente que se pueden ajustar según la geografía de la zona de estudio y se pueden complementar con diferentes protocolos con la finalidad de obtener resultados más verídicos y determinar la calidad del agua, las afectaciones que se presenta en el cauce y establecer acciones para disminuir impactos medioambientales.

3. Objetivos

3.1 Objetivo General

- Evaluar el impacto ambiental que tiene el Río Surba - Duitama, implementando los protocolos validados para la evaluación visual del río.

3.2 Objetivos Específicos

- Determinar la calidad y estado del Río Surba mediante protocolos validados para la evaluación visual de los ríos urbanos.
- Evaluar la calidad del agua realizando análisis de parámetros fisicoquímicos en el laboratorio de ingeniería ambiental.
- Establecer la relación que tienen las comunidades cercanas con el Río Surba y el desarrollo de actividades que afecten las condiciones naturales del río.

4. Justificación

Este proyecto se realiza con la finalidad de identificar, caracterizar y analizar parámetros físicos del Río Surba, obteniendo la importancia y el impacto ambiental que se le causa a esta fuente hídrica, teniendo en cuenta las zonas de baja, media y alta contaminación, para lo cual se requiere de la recopilación de datos por medio de observación al cauce, censos y encuestas realizadas a comunidades aledañas al río.

El desarrollo del proyecto se implementaría de manera innovadora en la región puesto que es un tipo de análisis y caracterización de los ríos con los cuales se evalúa principalmente el estado físico lo que contribuye de alguna manera a la conservación y/o prevención del deterioro de las fuentes hídricas en Boyacá.

El análisis de los datos obtenidos con la implementación y desarrollo de protocolos y cartillas de evaluación visual del río se logró determinar las condiciones físicas del cauce y la calidad del agua, además se identifican los riesgos tanto ambientales como sociales para lo cual se propondrán alternativas de mitigación y prevención.

El Río Surba es una fuente hídrica de gran relevancia para el municipio de Duitama debido a que abastece la PTAP, la cual aporta aproximadamente el 60% del agua para el acueducto municipal, por lo que se considera como una fuente hídrica importante en la ciudad.

Actualmente el suministro de agua es requerido por más usuarios debido a la expansión y crecimiento poblacional que se presenta en las zonas urbanas y rurales de esta y al desarrollo de actividades agroindustriales que se siguen incrementando en las zonas rurales de la ciudad; además del desarrollo biótico que caracteriza a la región. Por lo anterior el río Surba es de gran relevancia como fuente hídrica de abastecimiento en las zonas altas de la ciudad de Duitama, en

donde para las comunidades rurales es muy significativo y se relacionan de manera constante por las actividades diarias que se realizan la zona.

Teniendo en cuenta lo anterior se establecen métodos cualitativos que permitan obtener valores para evaluar las características medio ambientales que se estén afectando y de esta manera generar un análisis de la calidad y de las condiciones ambientales que presenta esta fuente hídrica, para posteriormente generar posibles alternativas que logren prevenir, mitigar y minimizar los impactos ambientales encontrados.

5. Marco Teórico

5.1 Marco Conceptual

El agua es el recurso natural fundamental para todo ser vivo, ya que es empleada para el uso diario de las personas y en diferentes actividades agroindustriales que forman parte de la economía del país y empleado para el consumo humano. (United Nations Food and Agriculture Organization & Fao, 2011)

Este recurso además de ser necesario, también es vulnerable, porque se renueva a través del ciclo hidrológico, también es importante por el factor estratégico para el progreso de actividades socioeconómicas y el valor social ambiental que tiene este recurso (Agudelo C., 2005).

El agua hace parte de los ecosistemas, de la sociedad y la sostenibilidad del medio ambiente, para poder proteger este recurso se requiere conservar la calidad del agua durante todo su trayecto dentro de un cauce, de lo contrario estas fuentes hídricas podrían transportar cargas contaminantes que afecten la flora y la fauna de la región y adicionalmente podrían alterar procesos socioeconómicos. (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible de Colombia, 2019).

Para llevar a cabo un control sobre estos contaminantes que son generados por la actividad humana, se deben tener presentes unos monitoreos para disminuir estos impactos y las amenazas generadas por la contaminación (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible de Colombia, 2019).

Para el análisis del agua se deben tener en cuenta un conjunto de parámetros físicos, químicos y microbiológicos, para poder llevar a cabo un uso, siendo así el consumo de agua tanto domestico como para el uso pecuario, industrial, de pesca, recreativo y agrícola, por lo cual se requiere de la preservación de flora y fauna. (Ministerio de salud, 2009).

En los cuerpos de agua se presentan diferentes contenidos de partículas, gases y minerales que están presentes el recurso hídrico y son arrastrados por el cauce aguas abajo, así mismo también se pueden tener contaminantes de manera natural o contaminantes que son producidos por actividades humanas como son las aguas industriales, productos agrícolas, desechos industriales, pesticidas y demás. Dichos contaminantes son vertidos en el recurso hídrico, haciendo una variación en las características que esta tiene y así mismo generando un problema para su uso y limitando su uso para dichas actividades incluyendo el consumo humano (UNAM, 2018).

Se debe tener en cuenta las características organolépticas las cuales según Resolución 2115 de 2007 (Ministerio de La Protección Social, 2007), se refiere a normas técnicas que tiene que cumplir el agua como el sabor, olor y percepción visual de materiales flotantes que se presentan en el agua.

El color aparente es el resultado de la materia en suspensión presente en el agua y es diferente al color de los extractos vegetales u orgánicos que son coloidales y es nombrado como color real, el análisis de este parámetro permite determinar los problemas que se pueden generar

cuando el color no permite que pase la luz y no se desarrolla la biodiversidad, además, otro de los riesgos es que si hay presencia de color significa que no hay tratamiento en estas aguas y no hay integridad en el sistema de distribución (Ministerio de salud, 2009).

El olor se puede utilizar de manera subjetiva para realizar una descripción del estado, calidad, contenido o proveniencia, existen varios aromas o tipos de olores (inodoro, olor metálico, a sulfuro, vegetal, pírico o pescado) con los cuales se puede identificar el tipo de agua del que proviene (aguas dulces y frescas, aguas subterráneas, de sistemas anaeróbicos, aguas poco profundas, humedales, lixiviados, aguas procedentes de PTARs o aguas oceánicas y de cultivos piscícolas). (Ministerio de salud, 2009)

Compuestos químicos que están presentes en el agua como la materia orgánica, el cloro, los hidrocarburos, que se encuentran frecuentemente en descomposición y pueden generar olores muy fuertes en el agua, aunque no estén en concentraciones muy altas, esto claramente puede generar afectaciones a la salud como el dolor de cabeza, mareos o alergias como lo señala Agua et al., n.d., (2006).

5.2 Marco Legal

Constitución Política Colombia principios ambientales	
N.º Artículo.	DESCRIPCIÓN
8	Establece que es obligación de toda la ciudadanía en todo el territorio, junto con sus gobernantes contribuir para la protección y conservación de las riquezas naturales y culturales de la nación. (CONSTITUCION POLITICA DE COLOMBIA 1991, 1991)
49	Determina la organización, dirección y reglamentación de los servicios públicos, de la salud y saneamiento ambiental. (CONSTITUCION POLITICA DE COLOMBIA 1991, 1991)
79	Determina que todas las personas residentes en el país tienen el derecho de gozar de un ambiente sano. (CONSTITUCION POLITICA DE COLOMBIA 1991, 1991)

80	Establece que el estado tiene que garantizar el desarrollo sostenible, la conservación, restauración o sustitución de los recursos naturales, por lo cual se tiene que diseñar y planificar el manejo y aprovechamiento de los mismos. (CONSTITUCION POLITICA DE COLOMBIA 1991, 1991)
88	Determina acciones populares para la protección de derechos e intereses colectivos sobre el medio ambiente bajo la regulación de la ley. (CONSTITUCION POLITICA DE COLOMBIA 1991, 1991)
95	Determina que se deben proteger los recursos naturales del país. (CONSTITUCION POLITICA DE COLOMBIA 1991, 1991)
Normas Generales	
Decreto ley 2811 de 1974	Este decreto regula y establece el manejo de los recursos naturales renovables y no renovables para la protección del medio ambiente. (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2014)
Ley 23 de 1973	Determina los principios que se tiene que tener en cuenta para el control y prevención de fuentes que puedan llegar a contaminar los componentes ambientales. (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2014)
Ley 388 de 1987	Determina que todos los municipios tienen que realizar planes de ordenamiento territorial, municipal y distrital. (COLOMBIA, 1997)
Normatividad Recurso Hídrico	
Decreto 2811 de 1974	Decreto el cual determina la clasificación, uso del agua, previene y controla las fuentes que contamina el recurso hídrico y estudia y determina los permisos para otorgar el derecho del agua. (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2014)
Decreto 2857 de 1981	Ordenación de protección de cuencas hidrográficas (R. DE COLOMBIA & AGRICULTURA, 1981)
Ley 79 de 1986	Trata sobre la conservación y protección del recurso agua (Congreso De Colombia, 1986)
Decreto 1681 de 1978	Sobre recursos hidrobiológicos. (Ministerio del interior, 2012)
Resolución 2115 de 2007	Establece los rangos permisibles del agua potable. (Ministerio de medio ambiente vivienda y desarrollo, 2007)
Resolución 631 de 2015	Establece rangos de los parámetros definiendo los valores máximos permisibles para vertimientos puntuales a cuerpos hídricos. (MADS, 2015)

Fuente: Normatividad Ambiental de Colombia

La normativa que protege el área de la subcuenca del Río Surba en el municipio de Duitama es el código nacional de policía y convivencia (Congreso de la República de Colombia-

Constitución Política Colombia, 2016) en donde se estipula el artículo 100 que se penaliza a quien realice comportamientos que afecte la conservación del agua. Adicionalmente el concejo municipal de Duitama realizó el acuerdo 007 de 2010 en donde se declara como áreas protegidas el parque municipal Páramo Pan de Azúcar y el Páramo de la Rusia, de igual manera el parque natural municipal la Zarza. (Duitama, 2010).

6. Diseño Metodológico

Para llevar a cabo el proyecto de investigación, se realizó una metodología en donde se tiene en cuenta seis fases:

6.1 Fase I: Identificación de la zona de estudio

En la fase inicial se realizó un análisis en donde se identificó y seleccionó el río a evaluar, teniendo en cuenta sus características y la zona en la cual se encuentra y así poder realizar una investigación adecuada. Se tienen en cuenta documentos municipales y departamentales como el Plan de Ordenamiento territorial y el POMCA, para la identificación de la información geográfica, los usos dados al recurso hídrico y las actividades que se desarrollan en esta zona.

6.2 Fase II: Revisión de información secundaria

Abarca una revisión bibliográfica, teniendo en cuenta informes, documentos de estudios ya realizados, cartillas y protocolos validados e implementados para la evaluación visual de ríos a nivel nacional e internacional, y demás información necesaria para la implementación del proyecto de investigación.

La información anteriormente mencionada fue obtenida de recursos electrónicos del municipio y plataformas virtuales como Science Direct, Mendeley, Scopus los cuales brinda la universidad como ayuda para identificar la veracidad de la información.

6.3 Fase III: Identificación de puntos de muestreo

Se realizó una recopilación de datos geográficos de la zona de estudio y con ayuda de herramientas de Sistemas de Información Geográfica como ArcGIS y Google Earth para delimitar la zona en donde se encuentra el Río Surba, con lo cual se logró identificar los puntos de monitoreo en los cuales se llevó a cabo la evaluación visual del río.

6.4 Fase IV: Recopilación de información primaria

Se realizaron visitas de campo para llevar a cabo socialización a las personas que tienen gran influencia y cercanía con el Río Surba del protocolo adaptado en Talamanca en Costa Rica (CATIE, 2008) y cartillas (Rodríguez, 2019) que se implementaron para evaluar las condiciones y el estado ecológico en las que se encuentra el cauce del Río Surba.

Todo esto con el fin de inducir y realizar la evaluación visual de ríos urbanos junto con la comunidad, creando así un tipo de sensibilización sobre las condiciones y estado del cauce del Río Surba. Además de evaluar visualmente los puntos de muestreo con la comunidad, se evaluaron parámetros fisicoquímicos como conductividad, pH, temperatura y oxígeno disuelto.

6.4 Fase V: Análisis de parámetros fisicoquímico del agua

Se tomaron muestras del agua para realizar la valoración de los parámetros fisicoquímicos en el laboratorio, se evaluó el pH, conductividad, temperatura, cloruros, dureza

total y sólidos sedimentables, los cuales fueron de gran utilidad para completar la investigación realizada y determinar la calidad del agua del Río Surba.

Los equipos utilizados para determinar los parámetros fisicoquímicos fueron:

- Para el pH el equipo utilizado fue el PH400 – APERA Instruments.
- Para la conductividad y la temperatura se utilizó el conductímetro – APERA Instruments.
- Para determinar el valor de cloruros se utilizaron muestras sintéticas preparados en el laboratorio como el NaCl 0,01N, una solución indicadora de K₂CrO₄ al 5%, y el AgNO₃ 0,1 o 0,05 N para titular la muestra, además de los elementos de laboratorio como bureta, Erlenmeyer, beaker, pinzas, soporte universal, balón aforado. Finalmente se determina la concentración de cloruros mg/L Cl⁻¹, desarrollando la siguiente ecuación.

$$\frac{\text{mg}}{\text{L}} \text{Cl}^{-1} = \frac{N_{\text{Ag}} * V_{\text{Ag}} * \text{Pequ Cl}}{V_{\text{ml}} (\text{Muestra})} * 1000 \quad (1)$$

Siendo:

N_{Ag}: Normalidad del Nitrato de Plata = 0,1N

V_{Ag}: Volumen consumida del Nitrato de Plata

Pequ.Cl: Peso equivalente del Cloruro

V_{ml}: Volumen de la Muestra

- Para determinar la Dureza Total se requirió de elementos de laboratorio como Erlenmeyer, gotero, beaker, probeta, adicionalmente se requiere la solución tampón (Buffer de amónico), la trietanolamina, el indicador negro de ericromo T y el reactivo EDTA 0,01M para realizar la titulación y realizar la siguiente ecuación.

$$\text{Dureza Total (mg/LCaCO}_3\text{)} = \frac{A-B * \text{Molaridad EDTA} * 100000}{\text{ml Muestra}} \quad (2)$$

Siendo:

A: Volumen EDTA - la titulación de la muestra (ml)

B: Volumen de EDTA usado en la titulación del blanco (ml)

- Para determinar la cantidad de sólidos sedimentables se utilizó en cono Imhoff, dejando la muestra por un tiempo aproximado de 45 minutos, para que descieran los sólidos suspendidos totales que contiene la muestra del punto a analizar.

6.4 Fase VI: Análisis de resultados

En la fase final se obtuvieron los resultados de los muestreos realizados en donde se analizó y evaluó cada punto, se determinó el estado ecológico y se presentaron los resultados de los parámetros fisicoquímicos y determinar las afectaciones y la calidad el agua.

Finalmente se estructuró el documento final de la investigación realizada con la información obtenida y adicionalmente un artículo del mismo.

7. Resultado y Análisis

7.1 Identificación de la zona de estudio

El río seleccionado para realizar la investigación fue el Río Surba debido a que es un río de gran importancia para municipios como Duitama, Paipa y el área principal de influencia que es la vereda la Trinidad de Duitama, este río forma una subcuenca por ser un río tributario del río Chicamocha, por lo cual es importante conocer su estado, las condiciones que presenta y su importancia para conservación y protección.

7.1.1 Información geográfica del río Surba

El Río Surba nace en el norte del municipio de Duitama en la laguna Pan de Azúcar a 3.755 m.s.n.m., en el Páramo Pan de Azúcar, el cual forma parte de la cordillera oriental de los Andes.

La cobertura de vegetación de la zona presente un comportamiento bajo en la parte alta del nacimiento del Río Surba, como frailejones, chilco y pastos. Con respecto a los suelos que se presentan en la zona corresponden a suelos franco arenosos, estos tipos de suelos permiten filtran cierto porcentaje del agua de la subcuenca, lo restante abastece el caudal del Río Surba.

A la altura de los 3.050 m.s.n.m., la vegetación y suelo de la zona de estudio cambia debido a una topografía abrupta debido al terreno rocoso que representa en la zona, la vegetación es de pequeños relictos de frailejones, bosque altoandino con una mezcla de eucaliptos y terrenos de pastizales, también en esta zona se comienza a evidenciar una mínima presencia de actividades agrícolas como la ganadería por lo que desde esta altura el uso del suelo se logra ver afectado debido al desarrollo de las actividades antrópicas (Tabla 1).

El caudal del Río Surba muestra problemas durante todo su trayecto por desecación y pérdida de volumen de agua debido a fuertes temperaturas y vientos que se presentan en determinados periodos de tiempo, además de la incidencia de actividades de ganadería, cultivos

agrícolas, actividades industriales y actividades de esparcimiento y recreación que se llevan a cabo en la zona de influencia.

Tabla 1.

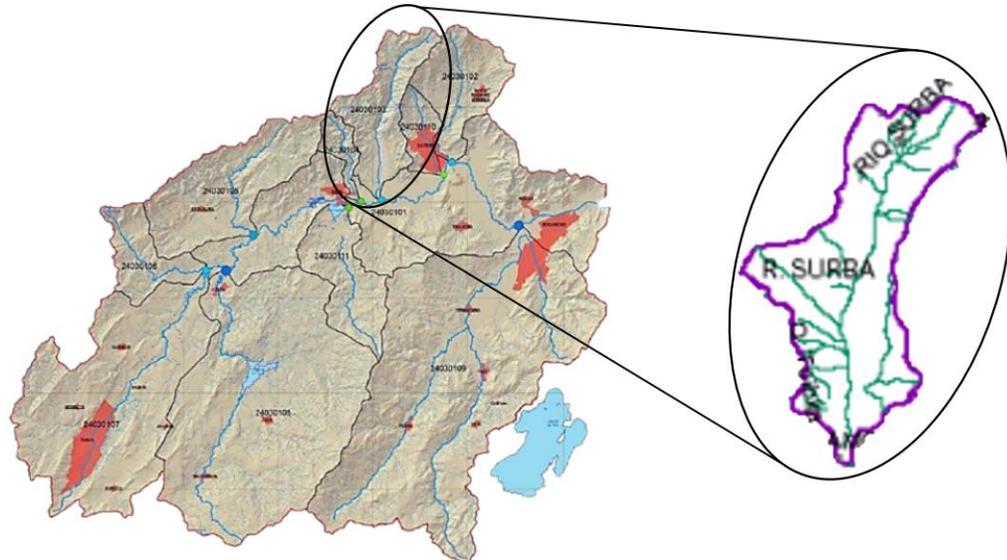
Uso del Suelo (Ha) Determinado Para La Subcuenca Del Río Surba.

Subcuenca	Uso del Suelo (Ha)								
	Bosque	Páramo	Matorral	Cultivo	Pasto	Agro-pecuario	Suelo Desnudo	Minería	Forestal
Río Surba	2106.5	1981.6	1301.3	31.4	774.6	1892.0	20.0	0	521.1

Nota: (Corpoboyacá, 2006)

7.1.2 Sistema hídrico del río Surba

El Río Surba tiene una longitud de cauce de 19,26 km y termina desembocando en el río Chicamocha estando en el punto de descarga a 2.500 m.s.n.m. (Figura 1), tiene una pendiente promedio de 4.15%, un área de 8.663,2 Ha, también un rendimiento hídrico de Río Surba (11.33 lt/s-km²) y recibe caudales de varias quebradas y aguas subsuperficiales y superficiales (Tabla 2) que se presentan por la topografía de la zona. (Corporación Autónoma de Boyacá, 2018)

Figura 1.**Cuenca del Río Chicamocha y Delimitación de la Subcuenca del Río Surba**

Fuente: Propia.

Tabla 2.**Ríos Tributarios.**

Subcuenca	Longitud del Cauce (Km)	Área (Ha)	Cauce Principal	Quebradas y Ríos Tributarios
Río Surba	19.26	8.663,2	Surba	Q. Becerras
				Q. Carizas Tibasosa
				Q. El Hogar
				Q. Buenavista
				Q. La Nutria

Nota: (Corpoboyacá, 2006)

El Río Surba es una fuente hídrica importante para municipios como Duitama, Paipa y la vereda La Trinidad, porque desempeña un papel importante para el desarrollo de actividades agroindustriales de la zona, además el Río Surba es uno de los ríos que abastece aproximadamente (60%) al acueducto municipal para el área urbana del municipio de Duitama, con un caudal de captación aproximado de 220 l/s (EMPODUITAMA, 2014) caudal que

abastece las demandas domésticas, al mismo tiempo el Río Surba provee la demanda agropecuaria e industrial en el área de influencia, como se evidencia en la Tabla 4.

Según Corpoboyacá, (2006) los afluentes del río Chicamocha cuentan en su mayoría con los valores aceptables en los cuales se encuentra el río Surba (Tabla 3).

Tabla 3.

Parámetros Físicoquímicos De Los Afluentes Del Río Chicamocha.

Parámetro	Afluente				
	Río Piedras	Río Tuta	R.Sotaquirá	Río Surba	Río Chiticuy
DBO ₅ (mg/l)	3,10	2,90	2,60	1,40	6,90
DQO(mg/l)	19,70	91,25	34,99	21,30	29,98
OD(mg/l)	6,45	5,39	6,12	6,45	5,22
Temp.	14,83	16,07	15,72	16,15	16,40
Saturación O %	81%	67%	80%	81%	63%
NH ₃ (mg/l)	0,3	0,3	0,3	0,43	0,45
NO(mg/l)	0,75	0,84	0,8	0,81	1,35
NO ₂ (mg/l)	0	0,04	0,01	0	0,03
NO ₃ (mg/l)	0,04	0,18	0,1	0,08	0,49
Total Nitrogeno	1,09	1,36	1,21	1,32	2,32
Ptotal(mg/l)	0,11	0,41	0,14	0,14	0,38
Psol.(mg/l)	0,07	0,14	0,06	0,04	0,12
Relación Relación N : P Total	9,91	3,32	8,64	9,43	6,11
Relación Relación N : P Soluble	15,57	9,71	20,17	33,00	19,33
SST(mg/l)	9,96	167,14	45,37	36,98	111,97
Conductividad μmhos/cm.	82,50	139,35	129,83	57,70	137,00
Ph	6,18	7,09	7,02	7,06	7,01
Coliformes fecales		7.900	2.200	54.000	2.200
Coliformes totales		160.000	3.900	59.400	3.900

Nota: (Corpoboyacá, 2006)

Tabla 4.

Demanda Del Recurso Hídrico Del Río Surba

Río	Demanda Doméstica (l/día)	Demanda Pecuaria (l)	Demanda Agrícola (m3)	Demanda Industrial (l/s)	Demanda Total (m3)	Caudal Medio Demanda (l/s)
Surba	25,167,500	368,269	3,196	1,56	9,238,898	46,3

Nota: (EMPODUITAMA, 2014)

7.2 Revisión información secundaria

Inicialmente se realizó la búsqueda de la metodología para evaluar cualitativamente los ríos urbanos, encontrando diferentes cartillas y protocolos desarrollados e implementados en países como Estado Unidos, Puerto Rico, Hawái, Australia y Brasil.

Se identificó que actualmente se han incrementado los estudios sobre la gestión integrada del recurso hídrico. A nivel nacional se realizó la revisión de estudios realizados en departamentos como el Meta, Bolívar, Cesar, Magdalena, Antioquia, Boyacá, obteniendo resultados positivos sobre el desarrollo de la metodología implementada para la evaluación visual de ríos.

Para el estudio de caso se adaptaron las cartillas y protocolos guías para la explicación y socialización con las comunidades que fueron parte fundamental para el desarrollo de la investigación (Figura 2).

Figura 2.
Cartillas A y B - Adaptadas Para El Estudio De Caso.

		CARTILLA A									
		Monitoreo de línea base									
		Semillero - Observatorio de Rios Urbanos - Universidad Antonio Nariño - Sede Duitma									
Tipo de actividad humana	Nivel de actividad humana Puntajes							Orillas - Lado 1 Lado 2	Rango		Puntaje
	Rangos	Muy alta	Alta	Media	Baja	Muy baja	Ninguna		Tipos de orillas		
	Minería	0	1	3	5	7	10		Orillas expuestas	1	
	Cultivos	0	1	3	5	7	10	Orillas poco estables	5		
	Ganadería	0	1	3	5	7	10	Orillas estables	10		
	Asentamiento humano	0	1	3	5	7	10	Alteración de flujo	Tipo de alteraciones		
	Actividades recreativas	0	1	3	5	7	10		Muy alterado	1	
	industria	0	1	3	5	7	10		Poco alterado	5	
	Otro ¿Cuál?								No alteración	10	
	No presenta	10						% Capa de ramas y hojas que cubre el río y el suelo (Sombra) - Lado 1 Lado 2	Nivel de cobertura		
Cantidad de vegetación Puntajes							No cubierta (0%)		1		
Tipo de vegetación		Poca	Moderada	Gran cantidad	Totalidad del lugar	-	Poco cubierta (10-20 %)		3		
	Árboles	3	5	7	10	-	Cobertura moderada (30-50%)		5		
	Arbustos	3	5	7	10	-	Alta cobertura (60-80%)		7		
	Hierbas	1	3	3	5	-	Gran cobertura o total cobertura (90-100%)	10			
	Plantas Acuáticas	7	5	3	1	-					
	Ninguno	1	1	1	1	-					
Suelo	Color		X		Textura		X		Machas de aceite		
	Negro				Fina					Color	
	Beige / crema				Arcillosa				Cantidad	1	
	Rojo / ladrillo				Moderadamente gruesa				Macro-invertebrados		
	Amarillo				Gruesa						
	Otro				Otro						
¿Cuál?				¿Cuál?				Responsable: _____			

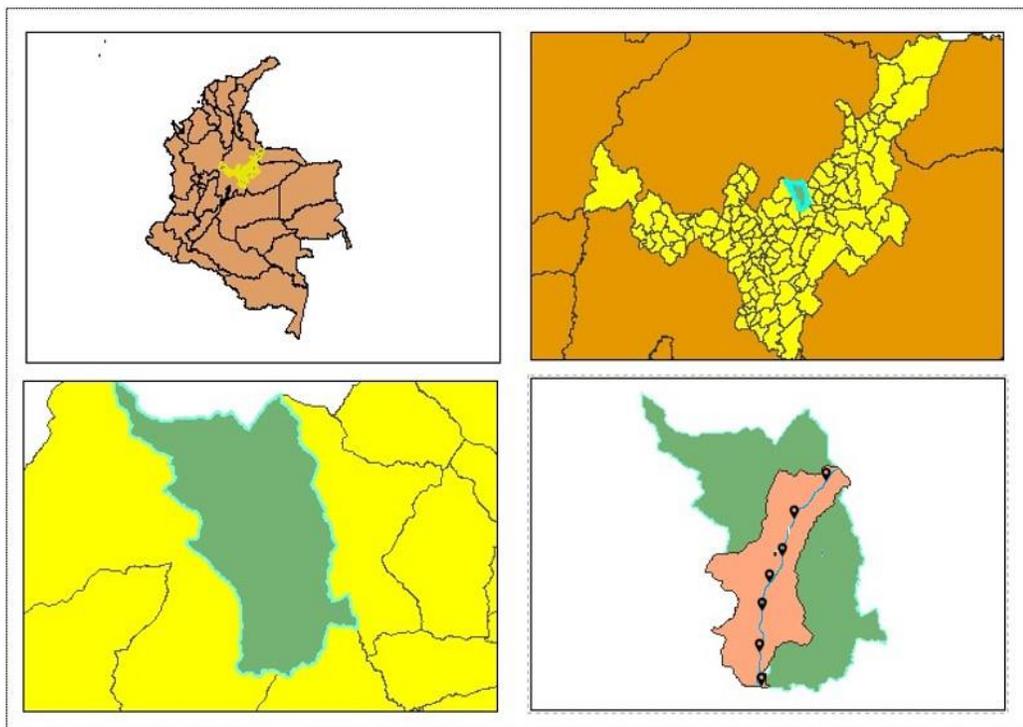
 CARTILLA B					
Monitoreo de vigilancia					
Semillero - Observatorio de Rios Urbanos - Universidad Antonio Nariño - Sede Duitma					
Variables	Rango		Variables	Rango	
Apariencia y claridad del Agua	Tipos de apariencia	Calificación	Color del agua	Tipos de colores	Calificación
	Muy turbia	1		Negro	1
	Turbia	5		Verde-azul	1
	Ligeramente turbia	7		Marrón	5
	Agua clara	10		Amarillo	5
Basura inorgánica en el agua	Cantidad de basura	Calificación	Basura orgánica en el agua	Rojizo/ ladrillo	5
	Mucha Basura	1		Transparente	10
	Poca basura	5		Cantidad de basura	Calificación
	No hay basura	10		Mucha Basura	1
Olor del agua	Tipo de olor	Calificación	Animales en peligro	Poca basura	5
	Muy fuerte	1		No hay basura	10
	Fuerte	3		Nombre	Especie
	Moderado	5	Plantas en peligro		
	Poco olor	7		Nombre	Especie
	Olor natural	10			
Velocidad (m/s)			Machas de aceite (X)	Color	Si / No
Profundidad y Ancho (m)				Tipo de Aceite	
Hechos raros					
Macro-invertebrados					
Responsable					

Puntaje	Categorías Estado Ecológico
10	Estado óptimo
8-9	Buen estado
6-7	Estado aceptable
4-5	Estado regular
2-3	Mal estado
1	Muy mal estado

7.3 Identificación de puntos de muestreo

Con la implementación de herramientas como el Sistema de Información Geográfica, ArcGIS y Google Earth se logró identificar la ubicación de la Subcuenca del Río Surba (Figura 3). Adicionalmente se localizaron 7 puntos significativos en el trayecto del cauce del Río Surba desde aproximadamente 100m de distancia del nacimiento del Río en la Laguna Pan de Azúcar hasta su desembocadura en el río Chicamocha como se muestra en la figura 3, de los 7 puntos se tomaron 6 para realizar el monitoreo, la toma de las muestras y el análisis de las mismas.

Figura 3.
Ubicación, Delimitación y Puntos de Muestreo – Río Surba



Fuente: Propia

Tabla 5.

Coordenadas y Descripción De Los Puntos De Muestreo.

Puntos	Coordenadas		Descripción De La Zona	Fotografía
	Latitud N	Longitud W		
Punto 0	5° 55' 24"	73° 02' 02"	<p>Inicialmente se tomó el punto 0 a una distancia aproximada de 100 m del nacimiento del Río Surba en la Laguna Pan Azúcar (Anexo 2), con una altitud de 3,705 m.s.n.m., con muy poca incidencia de actividades antropogénicas. Este punto se seleccionó como punto 0 porque no se monitorio de manera continua como los demás datos, debido a que no hay población cerca y la influencia de las personas es muy poca.</p>	

<p>Punto 1</p>	<p>5° 54' 09"</p>	<p>73° 03' 41"</p>	<p>El punto 1 está ubicado en una zona cerca a la vía Charalá – Duitama, a una altitud de 3.212 m.s.n.m., con poca incidencia de actividades antropogénicas.</p>	
<p>Punto 2</p>	<p>5° 50' 55"</p>	<p>73° 04' 38"</p>	<p>El punto 2 está ubicado a una altitud de 2.716 m.s.n.m., en este punto se comienzan a evidenciar algunas áreas de recreación de las comunidades en la ronda hídrica del Río, en este punto se desarrollan en menor medida actividades de pastoreo.</p>	

Punto 3	5° 50' 01"	73° 04' 56"	<p>El punto 3 está ubicado a una altitud de 2.623 m.s.n.m., en el trayecto del punto 2 al punto 3 se intensifica la incidencia de actividades tanto recreativas como actividades pecuarias, y en menor incidencia las actividades agrícolas, además que en este punto se evidencia que la quebrada la zarza es una fuente tributaria del Río Surba.</p>	
Punto 4	5° 49' 02"	73° 04' 43"	<p>El punto 4 está ubicado a una altitud de 2.552 m.s.n.m., este punto se encuentra en el centro de todo el trayecto del cauce que pasa a un lado la vereda La Trinidad de Duitama, en esta zona se intensifican las actividades pecuarias y agrícolas.</p>	

Punto 5	5° 47' 19"	73° 04' 39"	<p>El punto 5 está ubicado a una altitud de 2.496 m.s.n.m., en la se evidencia gran incidencia de las actividades agrícolas y ganaderas, desarrolladas cerca al cauce del Río Surba, además de que se encuentra cerca a la ciudadela industrial que está presente en la zona.</p>	
Punto 6	5° 46' 22"	73° 04' 36"	<p>El punto 6 está ubicado a una altitud de 2.487 m.s.n.m., este punto es aproximadamente a 50 m de la desembocadura del Río Surba al Río Chicamocha, en la zona se evidencian actividades agrícolas y ganaderas en grandes extensiones.</p>	

Fuente: Propia

7.4 Recopilación de información primaria

La recopilación de la información se llevó a cabo de manera escrita, junto con una inducción previa realizada a la población aledaña al cauce del río, para poder de esta manera identificar que las personas recibieran la información sobre los parámetros visuales que iban a ser evaluados de manera adecuada y así llevar a cabo la investigación de manera exitosa.

Al realizar las visitas de campo, se realizó la socialización del Protocolo implementado en Talamanca en Costa Rica a la población la cual se encontraba cerca al Río Surba, teniendo en cuenta que estas personas interactúan diariamente con este río. En el protocolo seleccionado se tenían en cuenta diferentes parámetros visuales como lo son la apariencia del agua, la zona ribereña, los sedimentos, la sombra que se encuentra en el río, la condición del cauce, la estabilidad de las dos orillas del río, la presencia de desechos sólidos, la presencia de estiércol y la producción de algas, además de esto, se encontraba un espacio informativo y el cómo realizar su respectivo análisis para darle un puntaje según la condición que se encontraba, lo presente con el fin de crear conciencia sobre el manejo del río y para que la población conociera el cómo realizar un análisis visual y conocer si la condición del río era buena, regular o mala.

La socialización se llevó a cabo con la población de puntos estratégicos cercanos al río Surba teniendo en cuenta zonas en donde había actividades recreativas, zonas cercanas al parque industrial por la vía Duitama – Paipa, zonas en donde se encontraba agricultura y ganadería y finalmente en el punto en donde desemboca el Río Surba al Río Chicamocha.



Al llevar acabo esta socialización, se implementaron dos cartillas, en la primera de ellas (Cartilla A), se encontraban espacios para la fecha, el lugar y el nombre en donde se iban a realizar los monitoreos visuales, en esta cartilla se encontraban distintas variables a calificar, entre estas, el Tipo de actividad humana (Minería, cultivos, ganadería, asentamiento humano, actividades recreativas e industria) el puntaje de esta variable iba desde muy alta hasta ninguna, los tipos de orillas (expuestas, poco estables, estables), la alteración del flujo (muy alterado, poco alterado, no alteración), el tipo de vegetación (árboles, arbustos, hierbas, plantas acuáticas, ninguno), % capa de ramas y hojas, manchas de aceite y macroinvertebrados.

También se implementó la Cartilla B en donde se evaluaron la apariencia del agua (muy turbia, turbia, ligeramente turbia, agua clara), la basura orgánica e inorgánica en el agua, el olor y color del agua, manchas de aceite.

A partir de las cartillas anteriores se tuvo en cuenta un índice de evaluación, en donde se tienen puntajes del 1 al 10, teniendo en cuenta unas categorías para conocer el Estado Ecológico en el que se encuentra el Río.

Al realizar este análisis se tuvieron en cuenta 6 monitoreos por cada una de las zonas en donde se evaluaron las diferentes variables para conocer el estado en el que se encontraba el río, teniendo presentes los puntos estratégicos que fueron seleccionados y se calificó respecto a las cartillas presentadas en la Tabla 6.

Finalmente, al tener los puntajes establecidos por la población en cada uno de estos puntos, se realizó la tabulación de los datos (Anexo 1), presentando los seis monitoreos realizados, el puntaje de la Cartilla A y su estado ecológico, el puntaje de la Cartilla B y su respectivo estado ecológico (Figura 4), el puntaje de la cartilla A y B y el estado ecológico que se obtuvo por la Cartilla A y B y finalmente se realizó un puntaje general de los 6 puntos de monitoreo y respecto a esto el Estado Ecológico general por punto (Figura 5).

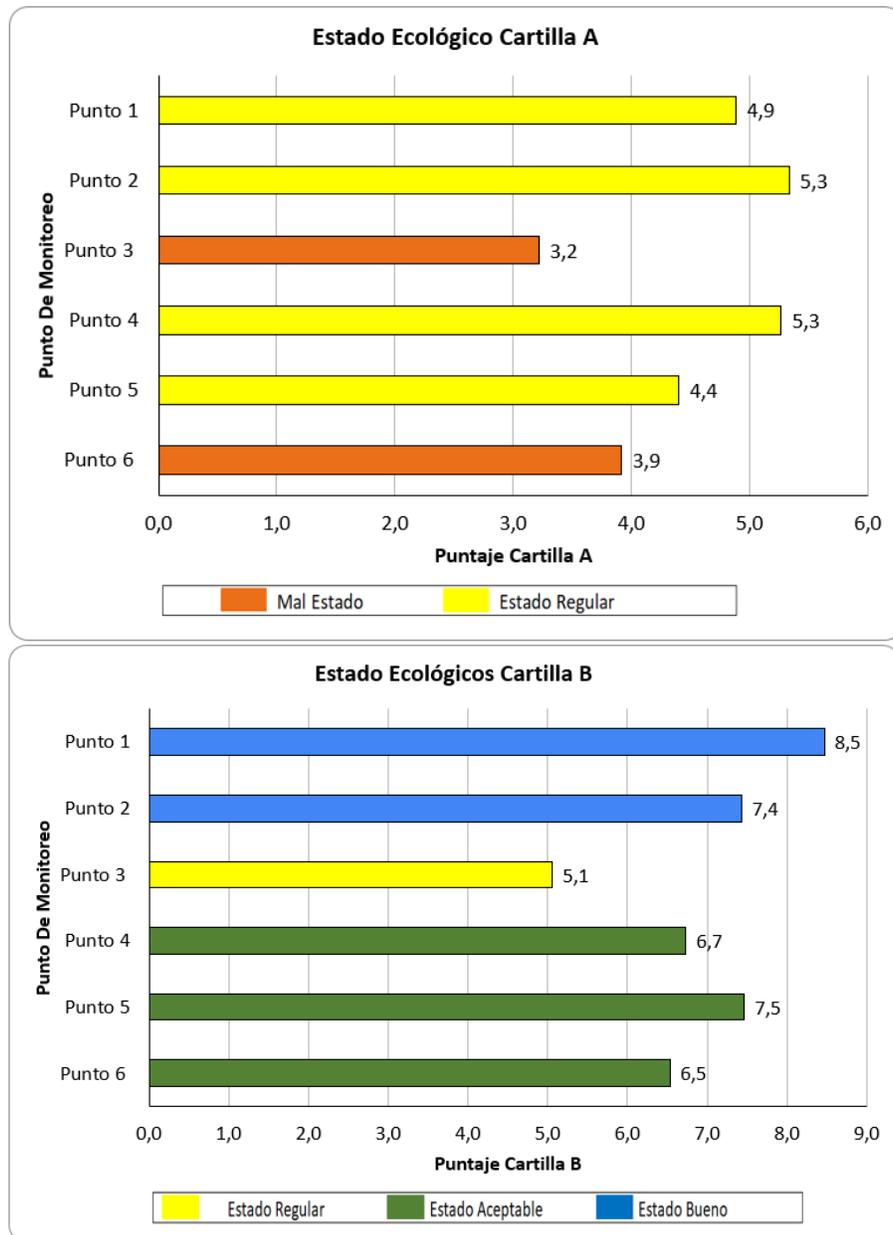
El punto 1 se encuentra en la zona alta del Río Chicamocha en la Vereda Trinidad, este punto tuvo un Estado Ecológico en la Cartilla A de Estado Regular y en la Cartilla B un Buen Estado, dando así un Puntaje general de 6,675 en donde su estado ecológico presentó un Estado Aceptable, el punto 2 se encontró en una zona más baja en la cual había agricultura media su puntaje en la Cartilla A en esta, se evaluaba el tipo de vegetación y la sombra que cubría el Río presento un Estado entre Regular y estable, mientras que en la cartilla B que evaluaba el olor y color del agua presento un estado entre aceptable y buen estado, dando así un puntaje general de 7,43 y un estado ecológico de Estado aceptable, el punto 3 se encuentra en una zona en donde se presentaba actividad recreativa como asados en donde hay alta cantidad de población y alto uso

del río y además de estos la agricultura en un rango medio, respecto a la Cartilla A se evaluó con un estado ecológico entre regular y mal estado y en la Cartilla B un Estado Aceptable, el puntaje general se presentó con un 5,05 dando así un Estado Ecológico Regular, notando así que en este punto es más evidente la actividad presentada en el río.

El punto 4 se encuentra en una zona en la que se presentaba actividad recreativa como asados en la cual hay alta cantidad de población y alto uso del río y además de estos la agricultura en un rango medio, respecto a la Cartilla A se evaluó con un estado ecológico entre regular y mal estado y en la Cartilla B un Estado Aceptable, en donde el puntaje general se presentó con un puntaje de 6 dando así un Estado Ecológico Aceptable, el cauce en esta zona no tiene tanta presencia de actividades agroindustrial.

Los siguientes puntos se tomaron cerca al parque industrial ubicado en la vía Duitama-Paipa, en donde además de esto se encuentra agricultura cerca al río, el primer punto que se tomó en esta zona fue Ciudadela punto 5, el estado presentado a partir de la Cartilla A tuvo Estado entre Mal Estado y Estado Regular mientras que en el monitoreo de la Cartilla B presento Estados Ecológicos entre aceptable, Estado Regular y Buen Estado, presentando un puntaje general entre los 6 monitoreos de 6 y dando un Estado Aceptable.

Figura 4.
Estado Ecológico Por Cartillas.



Fuente: Propia

Tabla 6.

Tabulación De Datos

Lugar	Monitoreo	Puntaje Cartilla A	Estado ecológico Cartilla A	Puntaje Cartilla B	Estado ecológico Cartilla B	Puntaje A y B	Estado ecológico FINAL	Puntaje General del Punto de Monitoreo	Estado Ecológico General del Punto de Monitoreo
Punto 1	Monitoreo 1	5	Estado Regular	9	Buen Estado	7	Estado Aceptable	6,675	Estado Aceptable
	Monitoreo 2	5,3	Estado Regular	8	Buen Estado	6,65	Estado Aceptable		
	Monitoreo 3	5,3	Estado Regular	8	Buen Estado	6,65	Estado Aceptable		
	Monitoreo 4	5,3	Estado Regular	8,4	Buen Estado	6,85	Estado Aceptable		
	Monitoreo 5	4,3	Estado Regular	8,4	Buen Estado	6,35	Estado Aceptable		
	Monitoreo 6	4,1	Estado Regular	9	Buen Estado	6,55	Estado Aceptable		
Punto 2	Monitoreo 1	4,8	Estado Regular	8,4	Buen estado	6,6	Estado Aceptable	7,433333333	Estado Aceptable
	Monitoreo 2	5,4	Estado Regular	10	Buen estado	7,7	Estado Aceptable		
	Monitoreo 3	5,5	Estado Regular	9,4	Buen estado	7,45	Estado Aceptable		
	Monitoreo 4	4,2	Estado Regular	10	Buen estado	7,1	Estado Aceptable		
	Monitoreo 5	6,7	Estado Aceptable	10	Buen estado	8,35	Buen Estado		
	Monitoreo 6	5,4	Estado Regular	9,4	Buen estado	7,4	Estado Aceptable		

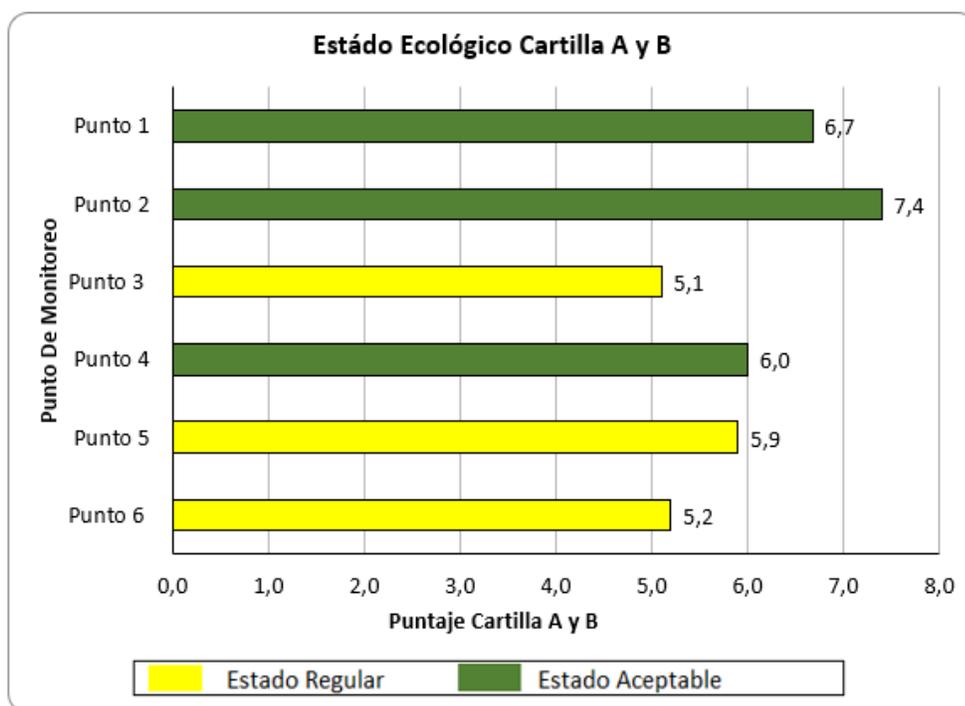
Punto 3	Monitoreo 1	3,6	Estado regular	7	Estado Aceptable	5,3	Estado Regular	5,058333333	Estado Regular
	Monitoreo 2	3,2	Estado regular	6,4	Estado Aceptable	4,8	Estado Regular		
	Monitoreo 3	3,4	Estado regular	7	Estado Aceptable	5,2	Estado Regular		
	Monitoreo 4	3,2	Estado regular	7	Estado Aceptable	5,1	Estado Regular		
	Monitoreo 5	2,7	Mal estado	7	Estado Aceptable	4,85	Estado Regular		
	Monitoreo 6	3,2	Estado regular	7	Estado Aceptable	5,1	Estado Regular		
Punto 4	Monitoreo 1	5,1	Estado Regular	5,8	Estado Regular	5,45	Estado Regular	6	Estado Aceptable
	Monitoreo 2	5,3	Estado Regular	5,8	Estado Regular	5,55	Estado Regular		
	Monitoreo 3	5,4	Estado Regular	7,8	Estado Aceptable	6,6	Estado Aceptable		
	Monitoreo 4	5,3	Estado Regular	7,6	Estado Aceptable	6,45	Estado Aceptable		
	Monitoreo 5	4,7	Estado Regular	4,6	Estado Regular	4,65	Estado Regular		
	Monitoreo 6	5,8	Estado Regular	8,8	Buen Estado	7,3	Estado Aceptable		
Punto 5	Monitoreo 1	3,7	Mal estado	7,4	Estado Aceptable	5,55	Estado Regular	5,933333333	Estado Regular
	Monitoreo 2	4,5	Estado Regular	7,4	Estado Aceptable	5,95	Estado Regular		
	Monitoreo 3	4,2	Estado Regular	6,8	Estado Aceptable	5,5	Estado Regular		
	Monitoreo 4	4,6	Estado Regular	7,4	Estado Aceptable	6	Estado Aceptable		
	Monitoreo 5	4,8	Estado Regular	7,4	Estado Aceptable	6,1	Estado Aceptable		

	Monitoreo 6	4,6	Estado Regular	8,4	Buen Estado	6,5	Estado Aceptable		
Punto 6	Monitoreo 1	3,6	Estado regular	6	Estado Aceptable	4,8	Estado Regular	5,225	Estado Regular
	Monitoreo 2	2,7	Mal estado	7,4	Buen Estado	5,05	Estado Regular		
	Monitoreo 3	4,1	Estado Regular	7,4	Buen Estado	5,75	Estado Regular		
	Monitoreo 4	4,1	Estado regular	6,4	Estado Aceptable	5,25	Estado Regular		
	Monitoreo 5	5,4	Estado regular	4,6	Estado Regular	5	Estado Regular		
	Monitoreo 6	3,6	Mal estado	7,4	Buen Estado	5,5	Estado Regular		

Fuente: Propia

Finalmente, el Punto 6 se localizó en la zona en donde el Río Surba desemboca en el Río Chicamocha, estos dos puntos obtuvieron un puntaje general similar entre 5,1 y 5,9 en donde su Estado ecológico fue Regular, teniendo en cuenta que esta zona presenta agricultura y ganadería muy cerca del río, por esta razón no se obtuvo un buen estado ecológico.

Figura 5.
Estado Ecológico General.



Fuente: Propia

Los parámetros evaluados en campo con instrumentos como el pH-metro, Conductímetro y cono Imhoff, evidenciaron que los puntos 0, 1, 2, 3, 4 cuentan con resultados muy parecidos los cuales no demuestran algún tipo de afectación, ni alteración significativa de los parámetros fisicoquímicos evaluados, puesto que los cuatro puntos arrojaron un pH en estado neutral, la temperatura varió un poco entre 11°C a 15°C por la altura al nivel del mar que presentaba la zona, respecto al oxígeno del agua se evidenció que es un buen resultado debido a las condiciones pedregosas del cauce del río y la velocidad en la que desciende del agua, aunque se

identificó una leve disminución del oxígeno y bajo contenido de sólidos sedimentables en los puntos mencionados, como se evidencian en la figura 6.

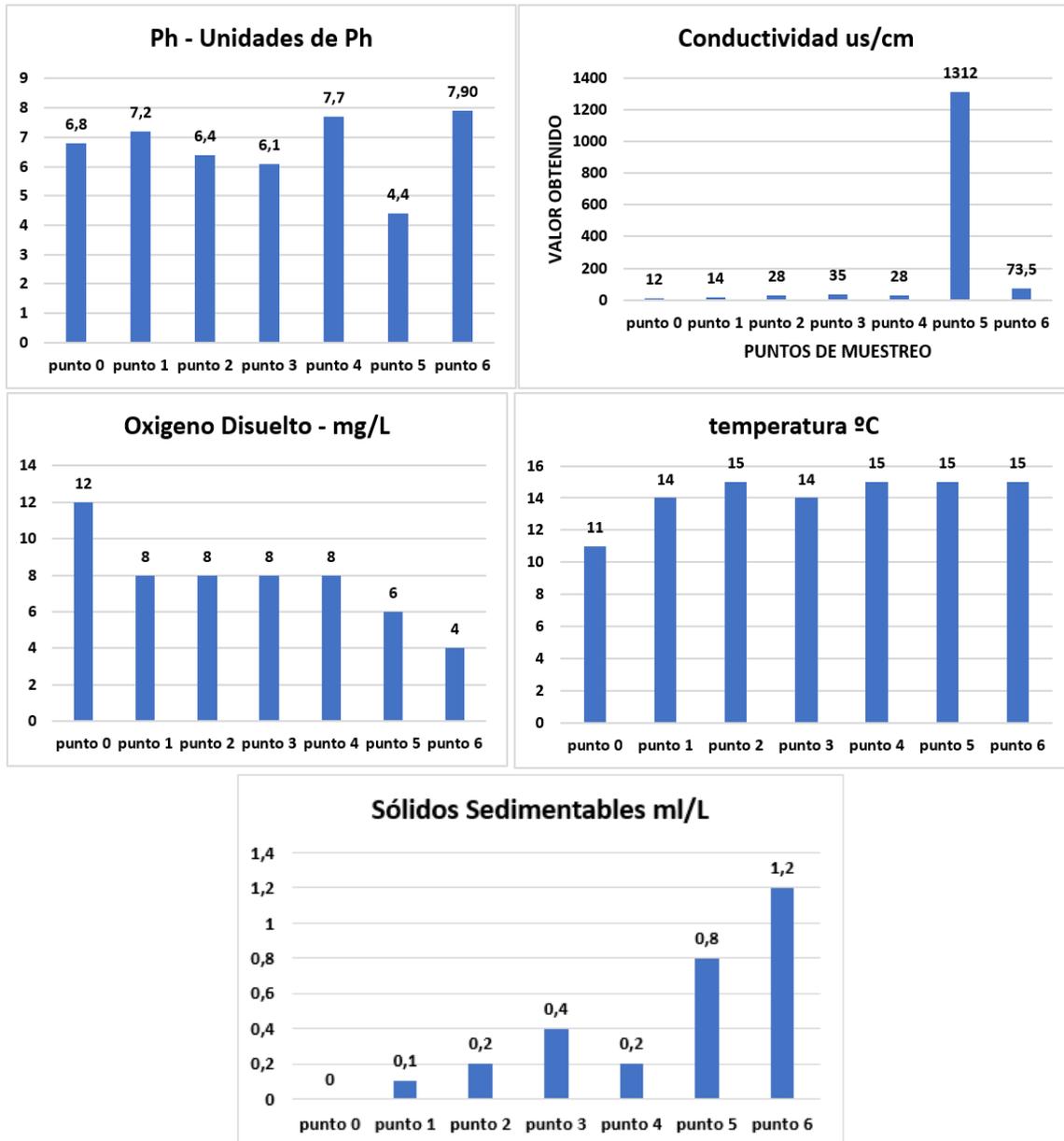


A comparación de los puntos más bajos de Río Surba, como el punto 5 y punto 6, en los cuales se evidenciaron que son los más afectados respecto a los otros puntos analizados, debido a que en estos puntos se pudo identificar el desarrollo de actividades agroindustriales en gran medida, esta zona está rodeada de cultivos como lechuga, cebolla, maíz y actividades ganaderas, además el punto 5 se encuentra cerca la ciudadela industrial de Duitama, lo que provoca alteración de los parámetros fisicoquímicos en la zona.

Los parámetros que se vieron más alterados fue el pH en el punto 5 con un valor de 4.4, un pH ácido que afecta la calidad del agua en este punto, así mismo la conductividad presentó un valor alto de 1312 $\mu\text{S}/\text{cm}$, con respecto al oxígeno disuelto para el punto 5 y punto 6 se obtuvo un resultado de 4 debido a que el cauce en esta zona presenta baja turbulencia y baja velocidad en el flujo de este, respecto a los sólidos suspendidos totales se obtuvo un resultado de 1.2 mg/l , para el punto 6 el pH se tuvo un 7.9, lo que evidencia que el agua podría estar en pH alcalino,

finalmente la del punto 6 se mostró un alto contenido de sólidos sedimentables a comparación de los demás puntos. (Figura 6)

Figura 6.
Parámetros Fisicoquímicos Medidos En Campo.



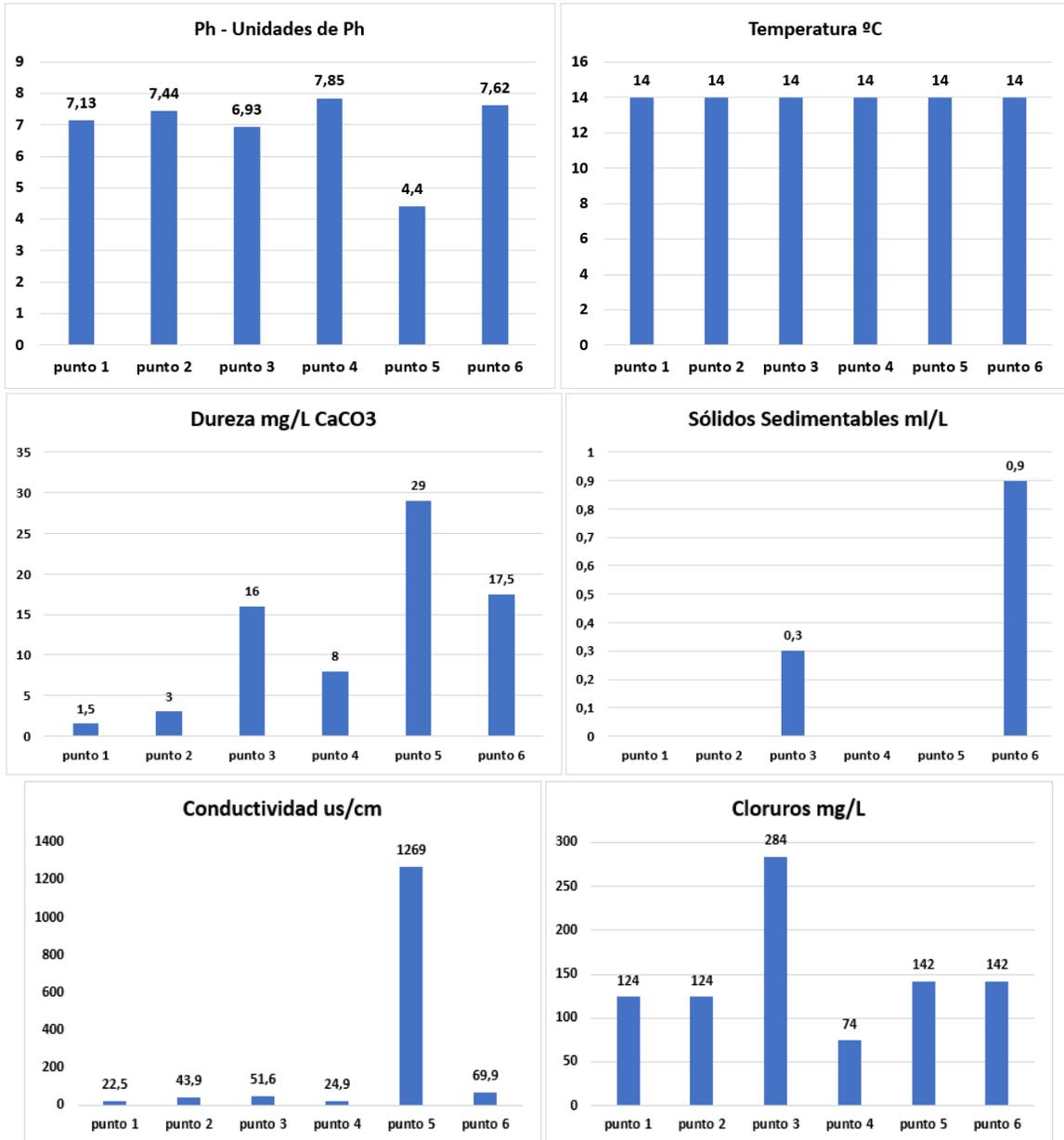
Fuente: Propia

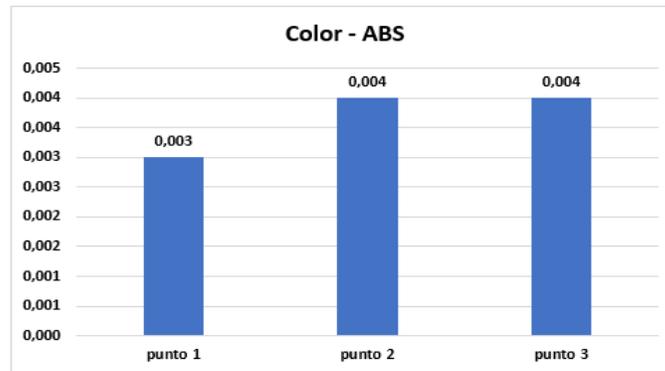
7.5. Análisis De Parámetros Físicoquímicos Del Agua.

Los resultados obtenidos con el análisis de los parámetros físicoquímicos como pH, conductividad, temperatura, cloruros, dureza total, sólidos sedimentables evaluados en el laboratorio, se identificó que los puntos altos de la cabecera del nacimiento del Río Surba presentan condiciones buenas respecto a las normativas de la calidad del agua y los datos encontrados en documentos como El POMCA, también de los resultados se pudo evidenciar que el cambio de valores físicoquímicos del agua se presentan por relación que tiene la fuente hídrica con el desarrollo de actividades de esparcimiento y recreación, actividades de ganadería y agricultura.

Adicionalmente se identificó que el punto 5 y punto 6 son los más afectados (Figura 7), pues ya que en estas zonas se desarrollan actividades de agricultura y ganadería en las zonas ribereñas del Río Surba y en la zona también se encuentra la ciudadela industrial lo cual genera alteración de los parámetros físicoquímicos del agua, presentando pH ácidos en el punto 5 y alcalinos en el punto 6.

Figura 7.
Parámetros Analizados En El Laboratorio





Fuente: Propia

7.6 Análisis de resultados

La metodología implementada nos permitió desarrollar una investigación adecuada sobre el análisis de evaluación visual e identificación de la calidad del agua que presenta el Río Surba. Donde se encontró que a nivel general que el cuerpo hídrico presenta un estado ecológico aceptable y la calidad del agua está sobre los rangos de los valores máximos establecidos en la Resolución 631, para el desarrollo de actividades agrícolas, ganaderas e industriales y adicionalmente el cuerpo hídrico en la cabecera del río cuenta con las condiciones adecuadas para ser tratadas y disponerlas para el acueducto que abastece el municipio de Duitama.

8. Conclusiones

Al realizar la identificación de la zona de estudio, se optó por tomar el Río Surba como la cuenca para el proyecto de investigación ya que era parte importante de la ciudad de Duitama, teniendo en cuenta que esta cuenca es tomada como punto de extracción del agua para abastecer la planta de tratamiento de agua potable y por ende atender la demanda de agua de la población residente en la ciudad, por esta razón fue interesante e importante realizar los diferentes análisis y así conocer el estado del Río Surba.

Al considerar el Río Surba para el proyecto de investigación, se realizó una importante revisión bibliográfica para así poder tener en cuenta los estudios ya realizados a este río, apreciar un conocimiento más amplio sobre las actividades realizadas y el uso que se le da, además de esto saber la ubicación geográfica del río, esto facilitó el desarrollo del proyecto gracias a la información obtenida dentro del POT y el PBOT que fue de gran ayuda para lograr seleccionar los diferentes puntos de muestreo siendo estos puntos estratégicos a la hora de tomar los diferentes análisis.

Gracias a las diferentes herramientas utilizadas dentro del proyecto como lo fueron ArcGis y Google Earth se logró delimitar la zona de estudio y así mismo identificar por medio de coordenadas los diferentes puntos estratégicos de muestreo seleccionados para la toma de muestras y así mismo facilitar la visualización de estos a los lectores del proyecto de investigación presentado.

Realizando la socialización con la población cercana al río se pudo conocer más a fondo el tipo de actividad humana que se presentaba en el Río Surba y a partir de esto el ejecutar el análisis, además brindarle información a la población sobre la importancia de los servicios ecosistémicos del cuerpo de agua, así mismo se logró capacitar a la población sobre cómo realizar un monitoreo visual de un río adyacente a su lugar de residencia. Con la capacitación e implantación de la cartilla se logró identificar el estado visual del Río Surba, actividad en la que la comunidad de la zona estuvo relacionada con la participación y desarrollo de las cartillas. Ellos, como las personas que se relacionan con el río saben identificar los cambios a simple vista, por lo que fue de gran ayuda la integración de estas personas para llevar a cabo la investigación y cumplir con el objetivo principal que se había proyectado.

Al llevar a cabo la implementación de las Cartillas presentadas en el Proyecto de Investigación, se logró realizar un análisis visual sobre las condiciones en que se encontraba el Río Surba, evaluando las diferentes variables que lograron determinar si el Río se encontraba en Mal Estado, Estado Regular, Estado Aceptable o en Buen Estado y se encontró que en parte del Río Surba en las zonas en donde se encontraba agricultura, ganadería y actividad recreativa, fueron los puntos en donde el Estado Ecológico se evaluó como regular, mientras que en los otros puntos se presentó Estado Aceptable ya que no se presentaba tanta actividad humana.

Teniendo en cuenta el resultado de los análisis de los parámetros fisicoquímicos realizados tanto en campo como en el laboratorio en comparación con los valores máximos permitidos en la resolución 631 de 2015, se puede evidenciar que la calidad del agua del Río Surba es buena en los puntos 1, 2 y 4 para el desarrollo de actividades agroindustriales, porque cumple con los valores establecidos. Para los puntos 3, 5,6 cuentan con una calidad del agua de tipo regular puesto que los valores de los parámetros como el pH, dureza total se ven afectados y no se encuentran entre los valores establecidos, por lo cual el agua no es favorable para cultivos y ganadería.

Adicionalmente con los resultados obtenidos, se evidenció que el Río Surba requiere mejorar y restringir de manera adecuada el uso de las zonas ribereñas para realizar actividades de esparcimiento y recreación, puesto que estas zonas en ciertos puntos son afectadas significativamente por el mal manejo y la poca concientización ciudadana sobre la disposición adecuada de residuos sólidos, vertimiento de bebidas y resto de alimentos.

9. Referencias

- Agudelo C., R. M. (2005). El agua, recurso estratégico del siglo XXI. *El Agua, Recurso Estratégico Del Siglo XXI*, 23(1), 91–102.
- Bentos, A. B., Gallo, A. de S., Guimarães, N. de F., de Souza, M. D. B., Stolf, R., & Borges, M. T. M. R. (2018). Rapid assessment of habitat diversity along the Araras Stream, Brazil. *Floresta e Ambiente*, 25(1). <https://doi.org/10.1590/2179-8087.002416>
- Bernhardt, E. S., & Palmer, M. A. (2007). Restoring streams in an urbanizing world. In *Freshwater Biology* (Vol. 52, Issue 4, pp. 738–751). <https://doi.org/10.1111/j.1365-2427.2006.01718.x>
- Braz, A. M., García, P. H. M., Pinto, A. L., Chávez, E. S., & de Oliveira, I. J. (2020). Integrated management of river basins: Possibilities and advances in the analysis of land use and land cover. *Cuadernos de Geografía: Revista Colombiana de Geografía*, 29(1), 69–85. <https://doi.org/10.15446/rcdg.v29n1.76232>
- CATIE, C. R. (2008). *Evaluación visual de ríos y quebradas adaptado a Talamanca: conociendo la salud de los ríos “cuencas pequeñas 10Km2.”* 6. <https://repositorio.bibliotecaorton.catie.ac.cr/handle/11554/2023>
- CONSTITUCION POLITICA DE COLOMBIA 1991, 108 (1991). <https://pdba.georgetown.edu/Constitutions/Colombia/colombia91.pdf>
- COLOMBIA, E. C. DE. (1997). Desarrollo territorial, municipal y distrital. *Planes de Ordenamiento Territorial, Municipal y Distrital (1997)*.
- COLOMBIA, R. DE, & AGRICULTURA, M. DE. (1981). *Decreto 2857 del 13 de octubre de 1981- REPUBLICA DE COLOMBIA MINISTERIO DE AGRICULTURA*.
- Congreso De Colombia. (1986). *Ley 79 de 1986*. 5, 5–6.
- Congreso de la República de Colombia. (2016). Ley 1801 de 2016. *Ley 1801 Del 29 de Julio de 2016 Congreso de Colombia*, 120. secretariasenado.gov.co

- Corpoboyacá. (2006). PLAN DE ORDENACIÓN Y MANEJO AMBIENTAL DE LA CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA. *Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, Universidad Nacional de Colombia, Corporación Autónoma de Boyacá.*, 608.
<http://www.corpoboyaca.gov.co/index.php/en/nuestra-gestion/plan-de-ordenacion-y-manejo-de-cuencas/item/281-pomca-cuenca-alta-del-rio-chicamocho>
- Corporación Autónoma de Boyacá. (2018). “ *Sostenibilidad y Vida para Tener en Cuenca* ”
ACTUALIZACIÓN DEL PLAN DE ORDENACIÓN Y MANEJO DE LA CUENCA HIDROGRÁFICA DEL RÍO ALTO CHICAMOCHA – NSS (2403-01) FASE DIAGNOSTICO.
- da Silva, A. R., Fonseca, A. L. D. O., Rodrigues, C. J., & Beltrame, Â. da V. (2016). Aplicação de indicadores ecológicos em bacia costeira sob elevada pressão da atividade de veraneio. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, 21(3), 537–548. <https://doi.org/10.1590/2318-0331.011615106>
- de Praga Baião, C. F., & Batista, G. T. (2016). Avaliação de bacia hidrográfica por alunos do Ensino Fundamental: Contribuição ao ensino dos recursos hídricos1. *Revista Ambiente e Agua*, 11(5), 1056–1067. <https://doi.org/10.4136/ambi-agua.1895>
- Duitama, C. M. de. (2010). *Acuerdo 007 del 5 de Marzo de 2010 - Concejo Municipal de Duitama*. 6.
- EMPODUITAMA. (2014). *EVALUACIÓN INTEGRAL DE PRESTADORES EMPRESA DE SERVICIOS PUBLICOS DOMICILIARIOS DE DUITAMA EMPODUITAMA S.A E.S.P.* 1–36.
<http://webdav.superservicios.gov.co:8080/content/download/10602/87461/version/1/file/%282015%29+Evaluación+integral+de+prestadores+Empresa+Solidaria+de+Servicios+públicos+del+Municipio+de+Motavita.pdf>
- Ferreira, K. C. D., Lopes, F. B., de Andrade, E. M., Meireles, A. C. M., & da Silva, G. S. (2015). Adaptação do índice de qualidade de água da National Sanitation Foundation ao semiárido brasileiro. *Revista Ciencia Agronomica*, 46(2), 277–286. <https://doi.org/10.5935/1806-6690.20150007>
- FRANCO, Y. A. & P. C. A. . (2018). *EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA Y SU RELACIÓN CON FACTORES*

ANTRÓPICOS Y DEL HÁBITAT EN EL TRAMO MEDIO DEL RÍO GAIRA EN LA SIERRA NEVADA DE SANTA MARTA, COLOMBIA. 1, 76.

- Gomes, R. C., Longo, R. M., Ribeiro, F. H. S., Bettine, S. D. C., Demanboro, A. C., & Ribeiro, A. I. (2016). Water quality index in an urban watershed. *International Journal of Sustainable Development and Planning*, 11(6), 1037–1043. <https://doi.org/10.2495/SDP-V11-N6-1037-1043>
- Granato-Neto, E., de Abreu, C. B., Neves, F. de O., Maure, L. A., Reis, K. de P., Silva, E. dos S., & Santos, B. R. (2016). Avaliação dos parâmetros físicos, químicos e ambientais em um córrego com presença de depósitos tecnogênicos. *Espacios*, 37(31).
- Gualdrón Durán, L. E. (2018). Evaluación de la calidad de agua de ríos de colombia usando parámetros físicoquímicos y biológicos. *Dinamica Ambiental*, 1, 83–102. <https://doi.org/10.18041/2590-6704/ambiental.1.2016.4593>
- Guimarães, A., Rodrigues, A. S. de L., & Malafaia, G. (2017). Rapid assessment protocols of rivers as instruments of environmental education in elementary schools. *Ambiente e Agua - An Interdisciplinary Journal of Applied Science*, 12(5). <https://doi.org/10.4136/ambi-agua.1996>
- MADS, M. de A. y D. S. (2015). Resolución 631 de 2015. *Diario Oficial No. 49.486 de 18 de Abril de 2015*, 2015(49), 73. http://www.minambiente.gov.co/images/normativa/app/resoluciones/d1-res_631_marz_2015.pdf
- McBride, M., & Booth, D. B. (2005). Urban impacts on physical stream condition: Effects of spatial scale, connectivity, and longitudinal trends. *Journal of the American Water Resources Association*, 41(3), 565–580. <https://doi.org/10.1111/j.1752-1688.2005.tb03755.x>
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2014). Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente - Decreto Ley 2811 de 1974. *Diario Oficial*, 1974(diciembre 18), 71. <https://www.minambiente.gov.co/images/GestionIntegraldelRecursoHidrico/pdf/normativa/Decre>

to_2811_de_1974.pdf

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2018). *RES_1257_2018_Contenido_PUEAAs.pdf*.

Ministerio de La Protección Social. (2007). Decreto No. 1575 de 2007. *Diario Oficial*, 2007(Mayo 9), 1–14. file:///C:/Users/Estacion 6/Downloads/n16Dmps1575.htm

Ministerio de medio ambiente vivienda y desarrollos, territorial M. (2007). *RESOLUCIÓN NÚMERO 2115 (22 JUN 2007)*. 23.

Ministerio de salud, L. (2009). *PARÁMETROS ORGANOLÉPTICOS*.

http://www.digesa.minsa.gob.pe/DEPA/informes_tecnicos/GRUPO DE USO 1.pdf

Ministerio del interior. (2012). *Guía De Lineamientos Generales Para La Gestión Ambiental Ministerio*. 4(182), 11.

Oliveira, E. S., de Lima, T. E., da Silva Poquiviui, A., da Costa Tavares, C., Machado, C. S. D., dos Santos Carvalho, C., de Carvalho, L. R., Miranda, P. R., & de Souza, C. A. (2021). Application of rapid assessment protocols as a robust tool for environmental qualification in two urban streams that flow into the Paraguay River. *RA'E GA - O Espaço Geográfico Em Análise*, 50(0), 231–252. <https://doi.org/10.5380/raega.v48i0.69215>

Pereira, M. C. S., Martins, J. R. S., Nogueira, F. F., Magalhães, A. A. B., & Silva, F. P. da. (2021). Melhoria da qualidade da água de rios urbanos: novos paradigmas a explorar – Bacia hidrográfica do rio Pinheiros em São Paulo. *Engenharia Sanitaria e Ambiental*, 26(3). <https://doi.org/10.1590/s1413-415220190272>

Rigotti, J. A., Pompêo, C. A., & D'Oliveira Fonseca, A. L. (2016). Application and comparative analysis of three rapid assessment protocols to characterize fluvial landscape. *Ambiente & Água - An Interdisciplinary Journal of Applied Science*, 11(1). <https://doi.org/10.4136/ambi-agua.1732>

Rodríguez, M. C. (2019). *Evaluación rápida para el monitoreo y determinación del estado ecológico del río Boque (Simití- Bolívar) y la quebrada Buturama (Aguachica- Cesar) en el Magdalena Medio*,

Colombia Manuela Cortés Rodríguez. 1, 1–30.

<https://repository.javeriana.edu.co/handle/10554/43211>

Tsuji, T. M., Costa, M. E. L., & Koide, S. (2019). Diffuse pollution monitoring and modelling of small urban watershed in Brazil Cerrado. *Water Science and Technology*, 79(10), 1912–1921.

<https://doi.org/10.2166/wst.2019.190>

UNAM. (2018). Estudio sobre la protección de ríos, lagos y acuíferos desde la perspectiva de los derechos humanos. *Comision Nacional de Los Derechos Humanos (CNDH)*, 313.

http://www.cndh.org.mx/sites/all/doc/Informes/Especiales/ESTUDIO_RIOS_LAGOS_ACUIFEROS.pdf

f

United Nations Food and Agriculture Organization, & Fao. (2011). The State of the World's Land and Water Resources for Food and Agriculture. *Food and Agriculture Organization of the United Nations; London: Earthscan.*

United States Department of Agriculture. (2009). Part 614: Stream Visual Assessment Protocol Version 2. *National Biology Handbook, December, 75.*

United States Department of Agriculture, U., & Natural Resources Conservation Service, N. (1998). Stream Visual Assessment Protocol. *National Water and Climate Center Technical Note 99–1.*

Valencia, N. R., Serna, J. A. G., & Quintero, L. V. (2018). *Evaluación de la vulnerabilidad del territorio cafetero a la disponibilidad hídrica.*