



**Implementación de protocolos de evaluación cualitativa de corrientes hidrológicas:**

**Estudio de caso río Chiticuy, Duitama**

**Daniel Leonardo Amaya Araque y María José Bermúdez Gómez**

21231712047 - 21231712486

**Universidad Antonio Nariño**

Programa Ingeniería Ambiental

Facultad de Ingeniería Civil y Ambiental

Duitama, Colombia

2021

**Implementación de protocolos de evaluación cualitativa de corrientes hidrológicas:  
Estudio de caso río Chiticuy, Duitama**

**Daniel Leonardo Amaya Araque y María José Bermúdez Gómez**

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

**Ingeniero Ambiental**

Director (a):

Ph.D. MSc. Ing. David Aperador Rodríguez

Codirector (a):

MSc. Esp. Ing. Lina María Aguirre Otalvaro

Línea de Investigación:

Gestión del recurso hídrico

Semillero de Investigación:

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.
<b>Resumen.....</b>	<b>1</b>
<b>Abstract.....</b>	<b>2</b>
<b>1. Introducción.....</b>	<b>3</b>
<b>2. Antecedentes.....</b>	<b>4</b>
<b>3. Objetivos.....</b>	<b>18</b>
3.1 Objetivo general .....	18
3.2 Objetivos específicos.....	18
<b>4. Justificación.....</b>	<b>19</b>
<b>5. Marco Conceptual .....</b>	<b>20</b>
5.1 Marco teórico .....	20
<b>6. Diseño metodológico .....</b>	<b>25</b>
6.1 Fase 1: Caracterización de la zona de estudio.....	26
6.2 Fase 2: Trabajo de campo.....	26
6.3 Fase 3: Diseño cartográfico.....	32
6.4 Fase 4: Resultados y conclusión.....	34
<b>7. Resultados y discusión.....</b>	<b>35</b>
7.1 Fase 1: Caracterización de la zona .....	35
7.2 Fase 2: Trabajo de campo.....	39
7.2.1 <i>Análisis fisicoquímicos</i> .....	39
7.2.2 Ciencia ciudadana y educación ambiental.....	51
7.3 Fase 3: Diseño Cartográfico .....	54
<b>8. Conclusiones.....</b>	<b>55</b>

<b>9. Recomendaciones.....</b>	<b>57</b>
<b>10. Referencias Bibliográficas .....</b>	<b>59</b>
<b>11. Anexos.....</b>	<b>5964</b>

## Lista de Figuras

<b>Figura 1:</b> Fases del diseño metodológico .....	25
<b>Figura 2:</b> Muestreo de agua en el punto 3 .....	27
<b>Figura 3:</b> Monitoreo in-situ.....	28
<b>Figura 4:</b> Curva de calibración para la determinación del color.....	30
<b>Figura 5:</b> Análisis fisicoquímicos en laboratorio.....	30
<b>Figura 6:</b> Subcuenca, río Chiticuy y puntos de monitoreo en Google earth.....	33
<b>Figura 7:</b> Localización de la subcuenca del río Chiticuy.....	36
<b>Figura 8:</b> Subcuenca del río Chiticuy y puntos de monitoreo del proyecto .....	40
<b>Figura 9:</b> Resultados de los parámetros fisicoquímicos de todos los puntos de monitoreo .....	44
<b>Figura 10:</b> Resultados de la aplicación del protocolo de evaluación visual de ríos .....	48
<b>Figura 11:</b> Resultados de la encuesta de percepción acerca de la metodología del protocolo de evaluación visual.....	52
<b>Figura 12:</b> Mapa interactivo resultado del diseño cartográfico .....	54

**Lista de tablas**

<b>Tabla 1:</b> Calidad del agua del río Chiticuy, POMCA .....	14
<b>Tabla 2:</b> Parámetros de Calidad de agua año 2018 .....	18
<b>Tabla 3:</b> Parámetros morfométricos de la subcuenca del río Chiticuy.....	35
<b>Tabla 4:</b> Puntos de monitoreo del proyecto.....	40
<b>Tabla 5:</b> Resultados de los parámetros fisicoquímicos de todos los monitoreos .....	42
<b>Tabla 6:</b> <i>Tabla resumen de los resultados de análisis fisicoquímicos</i> .....	43
<b>Tabla 7:</b> Puntaje total del Protocolo de evaluación visual de ríos para cada punto de monitoreo .....	48

*(Dedicatoria)*

*A mi familia, mis padres y mis abuelos quienes con cariño, sacrificio y dedicación me formaron bajo principios de disciplina, responsabilidad y sobre todo moralidad, siendo indispensables en la consecución de todos mis logros, incluido este.*

*María José Bermúdez Gómez*

*A mis padres y mi familia quienes con su constante apoyo, amor, paciencia y esfuerzo me han inculcado principios, valores y sentido de la responsabilidad siendo estos pilares esenciales para llegar a culminar todas mis metas planteadas.*

*Daniel Leonardo Amaya Araque*

## **Agradecimientos**

**Agradecemos en primer lugar a la Universidad Antonio Nariño por convertirse en un espacio de formación integral, académica y personal; al Observatorio de ríos urbanos por acogernos, impulsarnos y darnos la oportunidad de iniciarnos en la investigación; a los docentes que compartieron sus conocimientos con nosotros a lo largo de la carrera llevándonos al punto en el que nos encontramos, y especialmente a quienes nos guiaron y apoyaron durante este proyecto, ingeniera Lina María Aguirre Otalvaro e ingeniero David Esteban Aperador Rodríguez, por sus enseñanzas, correcciones, paciencia, dedicación, interés permanente y motivación.**



## Resumen

Esta investigación tiene como objetivo determinar cualitativamente las condiciones del río Chiticuy mediante la implementación de protocolos alternativos para la evaluación de corrientes hídricas, y su posible replicación por parte de la comunidad. Para esto se realizó la caracterización de la zona de estudio, se realizaron análisis fisicoquímicos y se aplicó el protocolo de evaluación visual a lo largo del río en un trabajo colaborativo con la comunidad, y finalmente se elaboró un sistema de información geográfica de fácil acceso y manejo. Los resultados obtenidos por ambos métodos de evaluación, cuantitativo y cualitativo, fueron coherentes entre sí, coincidiendo en que hay un deterioro en la calidad del río Chiticuy a medida que ingresa en el municipio de Duitama, y demostrando la pertinencia del protocolo como una herramienta apropiada para monitoreo continuo de las fuentes hídricas por parte de la comunidad.

Palabras clave: Protocolo de evaluación visual de corrientes, Gestión del recurso hídrico, integridad ecosistémica, sensores ciudadanos, ríos urbanos.

## **Abstract**

This research aims to qualitatively determine the conditions of the Chiticuy river through the implementation of alternative protocols for the evaluation of water flows, and its possible replication by the community. For this purpose, the study area was characterized, physicochemical analyses were carried out and the visual evaluation protocol was applied along the river in a collaborative work with the community, and finally a geographic information system was developed for easy access and management. The results obtained by both evaluation methods, quantitative and qualitative, were consistent with each other, coinciding that there is a deterioration in the quality of the Chiticuy river as it enters the municipality of Duitama, and demonstrating the relevance of the protocol as an appropriate tool for continuous monitoring of water sources by the community.

**Keywords:** Stream visual assessment protocol SVAP, Water resource management, ecosystem integrity, citizen lookouts, urban rivers.

## 1. Introducción

El departamento de Boyacá depende en gran medida del sector agropecuario, actividad que sumada al consumo doméstico representa un extenso requerimiento hídrico, y por tanto, una deficiente calidad del recurso mismo genera un importante impacto para la calidad de vida de los habitantes y para la economía y seguridad alimentaria de todo el país. Entendiendo que para el consumo humano y el desarrollo de las actividades agrícolas y ganaderas es fundamental hacer uso de agua en condiciones aptas, es posible destacar una problemática que es la falta de información relacionada con las condiciones del agua sobre todo en las zonas en donde no hay prestación del servicio público de acueducto o alcantarillado o intervención continua por parte del gobierno, hablese de municipios o veredas geográficamente aisladas, de difícil acceso u hostilidad, y son estas locaciones las que se enfrentan a crisis de salubridad pues al no contar con recursos económicos, técnicos y/o tecnológicos para monitorear continuamente los parámetros de calidad de sus fuentes hídricas desconocen las precauciones y tratamientos previos que deberían ser implementados para el uso del recurso.

El río Chiticuy se ubica en el municipio de Santa Rosa de Viterbo y Duitama, es un tributario del río Chicamocha y es fuente importante de abastecimiento para diferentes actividades, pero también es usada como vertedero de residuos sólidos y líquidos de origen doméstico, comercial y agropecuarios, además carece de suficiente información actualizada y de fácil acceso acerca de las condiciones en todo su recorrido para la creación de programas de recuperación y protección.

Los protocolos cualitativos se han venido implementando a nivel internacional partiendo del stream visual assessment protocol SVAP diseñado para los Estados Unidos y que posteriormente se ha adaptado a diferentes países y en cada lugar se han hecho modificaciones teniendo en cuenta los factores inherentes a cada región. A nivel Latinoamérica se realizó una adaptación del SVAP para Costa Rica la cual ha sido implementada en países como Honduras, Puerto Rico, Perú y Colombia, por lo tanto, este es el protocolo de monitoreo que se utiliza en el presente proyecto.

A partir de esta contextualización, esta investigación se enmarca en la gestión integral del recurso hídrico y en el semillero de investigación de ríos urbanos, y tiene como enfoque la implementación del protocolo alternativo mencionado y el uso de sensores ciudadanos para la evaluación de corrientes hídricas; específicamente el objetivo es la caracterización de la condición del río Chiticuy estableciendo la línea base a partir de documentos oficiales, obteniendo información primaria mediante análisis fisicoquímicos y aplicando el protocolo de evaluación visual, posteriormente se hace la implementación de un sistema de información geográfica para el río integrando los datos obtenidos, y se determina el estado del recurso hídrico según estas metodologías, y la facilidad de comprensión y aplicación del protocolo por parte de la comunidad.

## **2. Antecedentes**

Los antecedentes del proyecto abarcan artículos científicos de carácter internacional, nacional y regional que abordan estudios sobre la implementación de métodos de evaluación cualitativa de las condiciones de las corrientes hídricas mediante protocolos

de biomonitoreo y el involucramiento de los sensores ciudadanos, adicionalmente se incluye la información existente sobre el río Chiticuy en los documentos oficiales como el Plan de ordenación y manejo de cuencas POMCA de la cuenca alta del río Chicamocha, el plan de ordenamiento territorial POT de Duitama y el esquema de ordenamiento territorial EOT de Santa Rosa de Viterbo.

El departamento de agricultura de los Estados Unidos desarrolló el protocolo de evaluación visual de arroyos SVAP para ser implementado en diferentes estados del país considerando siempre las variaciones regionales, con el fin de determinar la salud de ríos, de los ecosistemas riparios y el estado de los hábitats. El protocolo está enfocado en el análisis cualitativo de 15 o 16 parámetros relacionados con la calidad del agua y del hábitat, y se aplica mediante puntajes numéricos de 1 a 10, al finalizar se suman todas las calificaciones y se dividen en el número de parámetros, ese puntaje final se verifica con una tabla que indica la condición del río. A partir de este documento inicial surgieron nuevos con modificaciones para cada zona y posteriormente para diferentes países (Bjorkland et al., 2001).

Una adaptación del protocolo, el SRVAP, se realizó para el río Sarno ubicado en la ciudad de Nápoles, Italia, posteriormente se adaptó este para el río Aborlan, en Palawan, Filipinas. En la investigación este método permitió obtener datos iniciales sobre las condiciones actuales que pueden presentar las fuentes hídricas en el momento y lugar de valoración además de ser una técnica de evaluación económica. El estudio tuvo dos etapas una técnica ejecutada por un grupo de expertos y equipos necesarios para la obtención de datos cuantitativos, y otra de evaluación visual basada en la información obtenida por la comunidad, es decir, datos cualitativos. Finalmente para poder evidenciar si los protocolos

de evaluación visual son fiables se hizo una comparación demostrando que existe una correlación entre los datos técnicos cuantitativos y los datos cualitativos obtenidos por la comunidad teniendo presente las actividades realizadas en torno al río y también por profesionales conocedores de las formaciones geológicas y morfológicas (Macuroy et al., 2017).

En África occidental se llevó a cabo un estudio enfocado en la implementación de los biomonitoreos y las evaluaciones de los ecosistemas acuáticos con el propósito de establecer referencias para determinar las condiciones de los cuerpos de agua. En el lugar de estudio se investigaron los cuerpos hídricos del territorio de Burkina Faso para realizar un análisis profundo de la calidad ambiental en la que se encuentran los ríos de dicha región, para esto fue necesario implementar varias técnicas de recopilación de datos que permitieran identificar la cantidad de contaminantes y las afectaciones ecológicas que hay dentro de los ecosistemas y el nivel de influencia que tiene la actividad humana en la alteración de las propiedades de los mismos.

Las técnicas utilizadas estaban basadas, en primer lugar, en información de carácter cuantitativo puesto que incluye métodos estadísticos, elaboración de índices de muestreo, entre otros. Por otro lado, también se tuvo en cuenta la evaluación visual en el lugar de estudio, realizada tanto por la población ribereña y personas con conocimiento limitado del tema, y también por expertos basándose en estudios científicos. Es de mencionar que dicha información cualitativa permitió demostrar las razones o las actividades que influyen en el deterioro ambiental de los ecosistemas acuáticos y el daño ecológico de fauna y flora, llevando a la creación de estrategias que procuren mitigar dichos impactos negativos dentro de los ecosistemas (Kaboré et al., 2018).

A nivel de Latinoamérica se encontraron varias investigaciones relacionadas con la evaluación cualitativa de ríos y el uso de los sensores ciudadanos para estos análisis, entre estas un estudio realizado en Puerto Rico que busca establecer la fiabilidad del protocolo de Hawái para evaluación visual de corrientes, el HSVAP, como herramienta de monitoreo de las fuentes hídricas de la cuenca del río piedras la cual se encuentra altamente urbanizada.

Para la validación del HSVAP se contrastaron los resultados con una evaluación de hábitat físico y de calidad de agua; se seleccionaron 16 tramos del río y se monitorearon siguiendo los lineamientos de protocolo de Hawái y en los mismos puntos se recolectaron datos de macroinvertebrados, se hicieron regresiones lineales con la información obtenida de calidad de agua y los puntajes del protocolo, y luego regresiones con los puntajes del HSVAP y la evaluación de hábitat físico.

En conclusión, en la investigación se realizaron tres monitoreos para evaluar el estado del cauce: calidad de agua, evaluación de hábitat físico incluyendo diversidad de macroinvertebrados y número de familias por sitio, y la evaluación visual del HSVAP; y se procedió a comparar los resultados con el puntaje obtenido en el HSVAP para determinar si es una herramienta eficaz para la evaluación general de la características físicas y si requiere o no modificaciones para una mayor precisión (De Jesús-Crespo & Ramirez, 2011).

Otra investigación se enfocó en analizar visualmente el ecosistema del río Tamazula en la ciudad de Culiacán, Sinaloa, México, considerando la percepción de los habitantes de la ciudad, los patrones de preferencia y los componentes del paisaje responsable de esas preferencias. El área de estudio abarcó la zona urbana recorrida por el río Tamazula en la ciudad de Culiacán en donde se identificaron proyectos urbanos implementados en los últimos veinte años. En primer lugar, se determinaron cinco unidades de paisaje UP, y para

la evaluación de calidad ecológica se establecieron cinco índices mientras que para la evaluación de la calidad visual se aplicaron encuestas a la población utilizando fotografías de las UP. Este estudio se realizó por dos métodos, uno cuantitativo que corresponde a la calidad ecológica puesto que fue desarrollado utilizando índices y modelos matemáticos, y uno cualitativo referente a la evaluación visual cuyos indicadores se basaban en las preferencias de los encuestados. En conclusión se aplicaron encuestas de evaluación visual para evaluar las condiciones del ecosistema fluvial urbano del río Tamazula (Paola Íñiguez-Ayón et al., n.d.).

En Brasil se desarrolló una investigación sobre la evaluación ecológica que se hace en la cuenca hidrográfica del río Macabu, más exactamente en el río Macabu y una buena parte del río Macabuzinho ya que este último hace parte de sus afluentes. El desarrollo del estudio tuvo en cuenta varios factores para establecer las condiciones adecuadas de los arroyos y corrientes de agua, así mismo, el nivel de cobertura vegetal y forestal que se encuentran en el ecosistema por donde se ubica dicha cuenca, puesto que cada elemento hace parte vital de la integridad ambiental que hay en el territorio, de tal modo que la implementación de los protocolos de evaluación visual de ríos (SVAP) resulta bastante oportuna para lograr obtener información acerca de los daños o los impactos negativos que existe dentro de la zona de estudio.

Adicional a esto fue pertinente realizar encuestas a la comunidad aledaña a los afluentes y ríos para saber sobre las actividades que influyen directamente en el uso del agua y recopilar información sobre los detrimentos ecológicos que han existido a lo largo de los años, para de este modo lograr promover una sensibilización de la protección y conservación de especies vegetales, forestales, y el cuidado de los recursos hídricos. Una vez recopilada

la información lo que se pretende es diseñar planes que permitan crear procesos de gestión para mitigar de alguna forma, con ayuda de la comunidad, el deterioro ambiental ocasionado por la actividad natural y/o por la intervención activa del hombre dentro de los ecosistemas (Silvano et al., 2005).

En el año 2005 el Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza CATIE de Costa Rica, publicó una guía para el desarrollo de evaluaciones rápidas del estado de ríos mediante la implementación de protocolos visuales e indicadores bióticos. Se trata de una cartilla didáctica que abarca conceptos básicos relacionados con el recurso hídrico, el biomonitoreo y los macroinvertebrados, para posteriormente hacer una explicación detallada de la metodología de monitoreo mediante estos organismos usando el índice BMWP adaptado para Costa Rica, y la implementación del protocolo SVAP adaptado a la región de Talamanca y enfocado en el estudio del estado del hábitat físico del río.

La importancia de este documento radica en la adaptación del protocolo de evaluación visual de ríos SVAP-TAL el cual es presentado gráficamente y se incluye en los anexo de la guía para permitir la replicación de esta metodología de evaluaciones ecológicas rápidas en otras regiones, así pudo encontrarse durante la revisión bibliográfica que este protocolo ha sido implementado en Puerto Rico, Honduras, Perú y Colombia (Mafla Herrera, 2005).

En la provincia de Limón en Costa Rica se desarrolló un programa de biomonitoreo de los ríos que hacían parte del territorio del pueblo indígena Bribri, en el cual se adaptaron e implementaron protocolos enfocados, por un lado, a la investigación científica y por otro lado a la ciencia ciudadana. Dentro de la investigación científica se utilizaron los índices de integridad biótica IBI e índice de integridad biótico visual IBIVI basados en el estudio de

las comunidades de peces presentes en el río, el índice BMWP adaptado a costa rica para el biomonitoreo a través de las comunidades de macroinvertebrados, y el protocolo de evaluación visual de ríos SVAP adaptado para la región de Talamanca el cual permite monitorear la calidad del hábitat ripario.

En la categoría de ciencia ciudadana se desarrollaron espacios de monitoreo participativo, capacitaciones y educación ambiental para niños y jóvenes, además del diseño de una metodología didáctica dirigida a estudiantes. En el artículo de resumen de los 19 años de trabajo en esta zona, se incluyen los resultados obtenidos de las 7 cuencas biomonitoreadas desde el año 2002 al 2020 exponiendo sus problemas y recomendaciones, y adicionalmente se anexan los formatos y guías metodológicas diseñadas e implementadas con el fin de permitir la replicación del proyecto en otras regiones (Herrera et al., 2002).

En Honduras, a través del desarrollo de un proyecto enfocado en la conservación y preservación de los recursos naturales y de los diferentes ecosistemas, se implementó como estrategia el análisis de la calidad del agua mediante el biomonitoreo con macroinvertebrados que brindan información de las condiciones ambientales en las que se encuentran las corrientes hídricas usando el índice BMWP/Hon, el índice biótico de familias, y una evaluación visual del hábitat mediante la implementación del SVAP, en relación con este último se encontró que es una réplica del SVAP adaptado a la región de Talamanca mencionado anteriormente.

Para el desarrollo de los biomonitoreos en primer lugar se recomienda establecer la técnica más conveniente para las características de la investigación considerando que para el análisis de macroinvertebrados existen varios métodos, así mismo se establecen los equipos y materiales necesarios para la identificación de cada especie presente en las

corrientes hídricas y brindan alternativas de herramientas que pueden ser implementadas en caso de no tener los equipos mencionados dentro del protocolo. También recomiendan registrar información acerca del lugar donde se están tomando las muestras, evaluar ciertas características fisicoquímicas del agua, y finalmente dan las indicaciones adecuadas para el procesamiento de la información recolectada mediante los pasos anteriormente mencionados.

El desarrollo de este estudio da como resultado una guía para monitoreos cualitativos de los ríos en Honduras, que contiene conceptos fundamentales, la explicación de las metodologías de muestreo y evaluación, y los formatos de toma de datos y de puntuación (Instituto Nacional de Conservación y Desarrollo Forestal, 2011).

En el marco nacional se tiene como punto de referencia de la bioindicación el trabajo de Roldán Pérez con los macroinvertebrados y su propuesta del método BMWP modificado para los organismos encontrados en Colombia. En su libro *Bioindicación de la calidad del agua en Colombia Propuesta para el uso del método BMWP/Col*, presenta los conceptos básicos de calidad de agua, macroinvertebrados, bioindicación, la historia y la adaptación nacional del método para lo cual incluye las planchas con nombres, características e ilustraciones de cada organismo para su identificación junto con los puntajes que representa cada uno, luego detalla los métodos para realizar el muestreo y los análisis en laboratorio y finalmente anexa el formato recomendado para el trabajo de campo (Roldán Pérez, 2003).

En los departamentos de Caldas y Risaralda, más exactamente en los municipios de Salamina, Balboa y Santuario, se seleccionaron varios puntos de estudio enfocados en investigar el estado en el que se encuentran las fuentes hídricas de dichos lugares, siendo los tres ríos investigados, el río Chambery, Quebrada El Tabor y la Quebrada la Yaruma, ya que

representan una importante fuente de abastecimiento de agua para las distintas actividades económicas y para el sector doméstico de los municipios anteriormente mencionados.

Teniendo presente que cada actividad genera ciertos niveles de contaminación se tuvieron que establecer tres lugares de monitoreo a lo largo del cauce de los cuerpos de agua y la manera de abordar la investigación de cada uno de ellos fue mediante la implementación del SVAP que permite obtener información de carácter cualitativo estableciendo puntajes para 15 parámetros físicos de cada río y quebrada.

Una vez obtenidos los puntajes para cada corriente, se concluyó que de los tres ríos el que presentaba las condiciones menos óptimas era el río Chambery con una calidad de media a mala, continuando con la Quebrada la Yaruma donde los primeros monitoreos arrojaron una calificación entre media y mala, pero finalizando entre buena y media, y por último la Quebrada el Tabor con una valoración entre buena y media siendo esta última la de mejores resultados, lo que da a entender que posee una mejor calidad de agua. Adicionalmente para complementar la evaluación de la vulnerabilidad de los territorios y de las condiciones hídricas de cada uno de ellos, se tuvieron en cuenta el análisis de macroinvertebrados, parámetros físico químicos obtenidos en laboratorios y también resultados de índices de calidad biológica (Rodríguez Valencia et al., 2018).

Teniendo presente que la calidad del agua resulta ser un factor importante para el desarrollo de diferentes especies vivas y así mismo para potenciar el desarrollo de actividades económicas, es necesario realizar estudios que permitan evaluar las condiciones en las que se encuentran los cuerpos hídricos que satisfacen las necesidades de diferentes sectores. De esto mismo trata la investigación desarrollada en 54 fincas productoras de café ubicadas en los departamentos de Cundinamarca y Santander teniendo no solo el objetivo

de ver el estado de las fuentes hídricas que les sirven como punto de recolección de agua, sino también obtener certificaciones que demuestren que dichas actividades no producen grandes cantidades de contaminantes y que buscan proteger los distintos tipos de ecosistemas que puedan encontrarse alrededor.

El método principal para la determinación de la calidad de los cuerpos de agua fue mediante la identificación y análisis de macroinvertebrados que sirven como indicadores biológicos del nivel de contaminación a partir de la presencia de ciertos organismos con características de tolerancia o sensibilidad frente a condiciones específicas del ecosistema. Para concluir el estado de salud de los sistemas hídricos de las fincas se aplicó una puntuación numérica a través de índices bióticos, de diversidad y de similitud, el protocolo de evaluación visual de ríos SVAP, también replicado de la adaptación realizada en Talamanca Costa Rica, y los análisis de parámetros físico químicos obtenidos en laboratorio (Galindo Leva et al., 2012).

A nivel regional, se tiene un estudio llevado a cabo por un grupo de investigación de la Universidad de Boyacá en el cual se realizó un monitoreo de dos sistemas hídricos artificiales del departamento, el embalse de La Copa en Toca y La Playa en Tuta; para esta investigación se llevaron a cabo análisis físico y químicos tales como temperatura, pH, conductividad, DBO5, Nitritos y Nitratos, y biomonitoreo a través de macroinvertebrados aplicando la adaptación para Colombia del índice BMWP por Roldán-Pérez y el índice ASPT de puntuación promedio por taxón.

Los resultados que se obtuvieron por el método fisicoquímico indicaron contaminación en las aguas por alto contenido de minerales, y por los índices bióticos se reportaron aguas ligeras y moderadamente contaminadas dado que la mayor parte de

organismos encontrados presentaban una alta tolerancia a estos niveles de contaminación. Finalmente se concluyó que las condiciones de estos cuerpos hídricos responden a alteraciones antrópicas y que estas metodologías de biomonitoreo son propicias ya que estos ecosistemas ofrecen variedad de hábitats y sustratos que facilitan la abundancia de taxones (Pérez et al., 2020).

En una esfera local se tiene lo correspondiente a informes oficiales, en primer lugar, el POMCA de la cuenca alta del Chicamocha presenta los parámetros morfométricos de la subcuenca del río Chiticuy, el uso de la tierra dentro de esta unidad y los parámetros de calidad de agua del río Chiticuy que se presentan en la (tabla 1), todo esto correspondiente al año 2006.

**Tabla 1**

**Calidad del agua del río Chiticuy, POMCA**

<b>Parámetro</b>	<b>Río Chiticuy</b>
DBO5 (mg/l)	6,9
DQO (mg/l)	29,98
OD (mg/l)	5,22
Temperatura	16,4
Saturación O%	63%
NH3 (mg/l)	0,45
NO (mg/l)	1,35
NO2 (mg/l)	0,03
NO3 (mg/l)	0,49
Total Nitrogeno	2,32
Ptotal (mg/l)	0,38
Psol. (mg/l)	0,12
Relación N : P Total	6,11
Relación N : P Soluble	19,33
SST (mg/l)	111,97
Conductividad $\mu$ hos/cm	137
pH	7,01
Coliformes fecales	2200

Coliformes totales                      1700  
Nota: CORPOBOYACA, 2006.

En cuanto al componente socioeconómico se resalta la presión ejercida sobre el recurso hídrico debido a la concentración de la población alrededor de este río lo que incrementó la disposición de excretas y el vertido de residuos en el mismo.

Sobre los procesos morfodinámicos y las amenazas y riesgos dentro de la subcuenca se mencionan los deslizamientos, flujos de lodo, reptación, derrumbes por explotación e inundaciones por crecidas del río específicamente en el sector de Tocogua al sur del municipio de Duitama cerca de la desembocadura en el río Chiticuy.

Para esta misma zona se tiene información referente al deterioro de la calidad del agua del río, para el año de los estudios de este informe se encontraron cargas significativas de nitrógeno que podrían ser ocasionadas por las descargas domésticas, la actividad agrícola y vertimientos industriales de procesadores lácteos y plantas de sacrificio animal; los valores de saturación de oxígeno estaban al límite de lo permisible y la condición trófica estaba entre mesotrofia y eutrofia según la relación N : P (CORPOBOYACA, 2006).

En segundo lugar, el Plan de Ordenamiento Territorial de la ciudad de Duitama data del año 2002 y su última actualización es del año 2009, este documento contiene información acerca de las condiciones ambientales, ecológicas y las problemáticas que se han venido acumulando a lo largo de los años debido a las actividades que se realizan en el territorio. Dichos datos no solo abarcan el sector urbano sino también la zona rural, lo que permite obtener una primera visualización de las diferentes situaciones presentes en la región y conlleva a investigar la situación en la que se encuentra el río Chiticuy ya que

representa una corriente hídrica de gran relevancia dentro del municipio por la extensión y ubicación del cauce, y los servicios ambientales que ofrece.

El POT incluye información sobre el nacimiento del río Chiticuy en el Páramo Pan de Azúcar aproximadamente a los 3800 m.s.n.m, y su recorrido que incluye 7 afluentes entre Santa Rosa de Viterbo y Duitama. Adicionalmente se describen las principales problemáticas del río, en el año 2002, en cuanto a calidad y cantidad, los focos de contaminación existentes en los tramos del cauce inician con el vertido de aguas residuales de Santa Rosa y del matadero municipal, seguido de las aguas servidas de la maltería de Bavaria, el lavado de arena en las canteras, las aguas servidas de procesadoras lácteas y del barrio San Luis a la entrada de la ciudad de Duitama; en cuanto a la cantidad el caudal del río disminuye drásticamente a medida que ingresa a la zona urbana por el amplio consumo del recurso en su trayecto y una causa relevante identificada en esos años fue el uso de motobombas para el lavado de arenas en las zonas de explotación de arena de peña, sin embargo la mayoría de estas actividades mencionadas son inexistentes en la actualidad.

Finalmente este informe ofrece registro del tipo de flora y fauna presente en el ecosistema, el uso de las tierras, las actividades económicas, amenazas de derrumbes e inundaciones, y también explica otras posibles causas que contribuyen al deterioro de la subcuenca como por ejemplo los vertimientos directos de aguas negras, el mal manejo de basuras realizados por la población local, la filtración de alcantarillados, uso de agroquímicos, entre otros (POT, 2002).

Continuando con el ordenamiento territorial, el EOT de Santa Rosa de Viterbo en su componente ambiental incluye información acerca de la zona de la cabecera del río Chiticuy y la mayoría de sus afluentes que confluyen en este municipio.

Como se describió anteriormente el río Chiticuy se conforma por 7 quebradas o microcuencas, siendo las principales en esta zona Quebrada Grande y Quebrada arriba, y son numerosas las actividades económicas ejercidas sobre estos cauces que tienen efectos de contaminación sobre recurso hídrico, como es la piscicultura, ganadería, agricultura, vertido de aguas residuales de queserías y del casco urbano, y el abastecimiento para canteras. Sin embargo, no solo se presentan los efectos negativos producidos por las acciones antropogénicas, sino también se describen los riesgos y amenazas por los efectos climatológicos y la topografía de la región.

Esto último resulta ser de gran importancia, ya que estos afluentes suelen ser de menor tamaño, pero en épocas de fuertes lluvias se pueden generar eventos de flujos torrenciales produciendo hundimiento, remoción de tierra, taponamiento de quebradas e inundaciones. Adicional a esto también se presenta la amenaza de movimiento de masa no solo por los flujos torrenciales, sino también por antiguas explotaciones de arena, remoción de tierras hechas por el hombre y el manejo de las canteras establecidas en el cauce del río (EOT, 2001).

Finalmente, en el año 2018 la Corporación autónoma regional de Boyacá CORPOBOYACA realizó un monitoreo de caudales y calidad de agua en los ríos de la cuenca alta del río Chicamocha y la cuenca del río Lengupá, para el punto del río Chiticuy

previo a su desembocadura en el río Chicamocha se obtuvieron los datos presentados en la (tabla 2).

**Tabla 2**

**Parámetros de Calidad de agua año 2018**

<b>Parámetro</b>	<b>Río Chiticuy</b>
Caudal (m <sup>3</sup> /s)	0,9829
DBO (mg/l)	< 5
SST (mg/l)	15
DQO (mg/l)	< 20
Oxígeno disuelto (mg/l)	6,2
Coliformes fecales (NMP/100ml)(UFC/100ml)	>1600
pH	7,3
Conductividad eléctrica (μS/cm)	820

Nota: CORPOBOYACA 2018.

### 3. Objetivos

#### 3.1 Objetivo general

Evaluar cualitativamente las condiciones del río Chiticuy mediante la implementación de protocolos alternativos para la evaluación de corrientes hídricas y su posible replicación por parte de la comunidad.

#### 3.2 Objetivos específicos

- Caracterizar las condiciones actuales del río Chiticuy por medio del análisis del POT de Duitama, el EOT de Santa Rosa y el POMCA de la cuenca alta del río Chicamocha.

- Analizar los datos cualitativos acerca de la condición del río Chiticuy recopilados a partir de información primaria y secundaria.
- Implementar un sistema de información geográfica para el río Chiticuy integrando información cualitativa.
- Establecer la condición actual del río Chiticuy a partir de la interpretación de los datos cualitativos y evaluar la facilidad de comprensión e implementación de los protocolos por parte de personas externas al campo de la ingeniería ambiental.

#### **4. Justificación**

Este proyecto se fundamenta en dos situaciones que relacionan problemáticas ambientales y económicas presentes en numerosas comunidades del país incluida la ciudad de Duitama; en primer lugar la necesidad de conocer el estado actual del recurso hídrico utilizado para el desarrollo de actividades antrópicas tales como labores domésticas, agricultura, pesca, ganadería, entre otros, y en segundo lugar la ausencia de materiales, equipos e incluso los conocimientos técnicos necesarios para realizar el monitoreo de la calidad de las corrientes hidrológicas de forma convencional; es por eso que el método cualitativo que se propone utilizar es innovador a nivel regional pues permite recopilar esta información de forma rápida, sencilla, económica, segura y asequible para cualquier persona.

Conociendo información sobre el estado de las fuentes hídricas es posible propender una disminución de los impactos ambientales puesto que un reconocimiento de la situación actual de un río y su entorno facilita la identificación de los aspectos a

modificar y las acciones a implementar para conseguir una condición óptima del recurso garantizando el bienestar de la comunidad.

La subcuenca del río Chiticuy en el municipio de Duitama, de acuerdo con los informes oficiales, cuenta con las características de contener una alta carga contaminante ya que suele ser utilizado con fines agropecuarios, y de carecer de información actualizada sobre la calidad en todo su recorrido, por lo que se presenta como una oportunidad idónea para realizar la validación de protocolos de evaluación cualitativa de ríos juntos con el uso de los sensores ciudadanos para ser implementados en municipios de la región.

## 5. Marco Conceptual

### 5.1 Marco teórico

El **recurso hídrico** hace parte vital de la subsistencia del ser humano debido a su participación en la mayoría de actividades cotidianas tales como la ganadería, agricultura, satisfacción energética y consumo directo. Debido al ciclo hidrológico este recurso se encuentra en continuo movimiento por lo que su disponibilidad no es constante y su distribución no es equitativa, además de ser vulnerable a la contaminación procedente de fuentes antropogénicas, esto significa que representa un limitante para el desarrollo económico y la calidad de vida en la sociedad, es decir que su baja disponibilidad y calidad inadecuada son un obstáculo para el desarrollo sostenible (Pradana Pérez, 2019).

Según Cordy (2014) la **calidad del agua** define las propiedades fisicoquímicas y biológicas del recurso contrastadas con unas normas y estándares numéricos para poder determinar si cumple con los requisitos mínimos y es apta o no para el uso y disfrute de

cada persona. Dentro de los estudios para el análisis de la calidad de agua se tienen en cuenta las **características organolépticas** que constituyen una primera apreciación cualitativa del estado del agua de una forma únicamente sensorial, de esta forma los parámetros que se evalúan son olor, color y aspecto del agua, los cuales servirán como indicadores ya establecidos de la presencia de ciertos compuestos o elementos, por ejemplo la existencia de ciertos rangos de colores se asocia con la presencia de compuestos orgánicos o minerales. Sin embargo, estos análisis son de carácter subjetivo pues dependen del criterio independiente de cada investigador (Lozano-Rivas, 2013).

Otros aspectos a considerar en el análisis de la calidad de agua son los **parámetros fisicoquímicos** que de acuerdo con Gualdrón Durán (2016), biólogo de la Universidad Industrial de Santander UIS, son indicadores de la composición y dinámica de los contaminantes y comprenden la temperatura, el color, la turbiedad, DBO, DQO, presencia de nitratos, sulfatos y fosfatos, metales pesados, oxígeno disuelto, conductividad y pH. En cuanto a los **parámetros microbiológicos** se hace referencia a la presencia de microorganismos patógenos y no patógenos como bacterias, virus, algas, hongos y algunos protozoos en el agua.

Cole & Pace (2020) afirma que la **limnología** es el estudio científico integrador y multidisciplinario de las aguas continentales, se basa en sub disciplinas como la geología, la física, la química y la biología, y a menudo adopta una perspectiva ecosistémica para abordar problemas tanto académicos como aplicados. Los limnólogos utilizan múltiples enfoques para lograr una rica comprensión de los procesos clave. Estos enfoques incluyen estudios de observación, a veces de larga duración; estudios comparativos, experimentos

directos, algunos dirigidos a sistemas completos, otros con componentes en el campo o en el laboratorio y la teoría.

Se entiende que esta disciplina abarca el estudio de las **cuencas hidrográficas** siendo éstas definidas por el Decreto 1640 de 2012 como las áreas de aguas superficiales o subterráneas que pueden ser corrientes hídricas continuas o intermitentes que desembocan a un cauce principal y posteriormente a un cuerpo de agua natural mayor (Decreto 1640, 2012).

Para complementar el estudio de las cuencas hidrográficas se hace pertinente consultar fuentes de información confiable capaces de establecer las características de utilización, transformación y ocupación del espacio en función de sus componentes ambientales y socioeconómicos, siendo el **Plan de Ordenamiento Territorial POT** la herramienta de acciones administrativas y también políticas de planificación física del lugar de estudio (Ley 388, 1997). Así mismo el **Plan de ordenación y manejo de cuencas hidrográficas POMCA** es un instrumento que establece la estructura de la hoya hidrográfica y los lineamientos para el uso de los servicios ambientales que ofrece de manera sostenible garantizando la conservación de los ecosistemas (Decreto 1640, 2012).

Por otro lado es necesario tener claro el concepto de las **condiciones de una corriente hídrica**, el departamento de agricultura de los Estados Unidos y el Servicio de Conservación de los Recursos naturales en el manual de Biología Nacional plantean que estas condiciones son influenciadas por cinco factores principales: régimen de flujo, variables químicas, factores bióticos, fuentes de energía y estructura física; y estos factores a su vez proporcionan indicadores del funcionamiento del cauce y de su respuesta a las

perturbaciones naturales o a las acciones humanas. A partir de esto se concluye que un corredor hídrico saludable es aquel que mantiene sus funciones ecológicas y físicas a lo largo del tiempo ( USDA, 2009).

El estado de los cuerpos hídricos pueden monitorearse mediante diferentes metodologías ya sean fisicoquímicas, biológicas o cualitativas, pero todas van enfocadas a un objetivo común que es la **gestión integral del recurso hídrico GIRH**, la cual visualiza al agua como un componente integral de los ecosistemas naturales con beneficios sociales y económicos, y mediante políticas públicas y planificación busca un manejo y desarrollo sostenible del mismo y de todos los demás recursos que se asocian a este.

Para cumplir con estos objetivos la GIRH requiere de algunas acciones básicas en donde se incluye el conocimiento de las fuentes hídricas y sus características, la consideración de los diferentes usos que se le da y el involucramiento de la comunidad y de las partes interesadas para evaluar las necesidades de las personas frente al recurso (GWP, 2011). Es por eso que dentro de estos procesos es de gran importancia implementar diferentes estrategias que faciliten el acercamiento de la población a los cuerpos de agua de una manera más consciente y racional para que haya un entendimiento de las características del estado actual del recurso y de este modo sea posible la cooperación con ciudadanía para dar solución a las problemáticas que se puedan encontrar.

Para poder determinar las condiciones actuales que puede tener una corriente hídrica, ya sean ríos o arroyos, un método preliminar a implementar pueden ser los **protocolos de evaluación visual de ríos**, que se presentan como una herramienta de fácil aplicación y según sus indicaciones o lineamientos pueden ser adaptados a diferentes

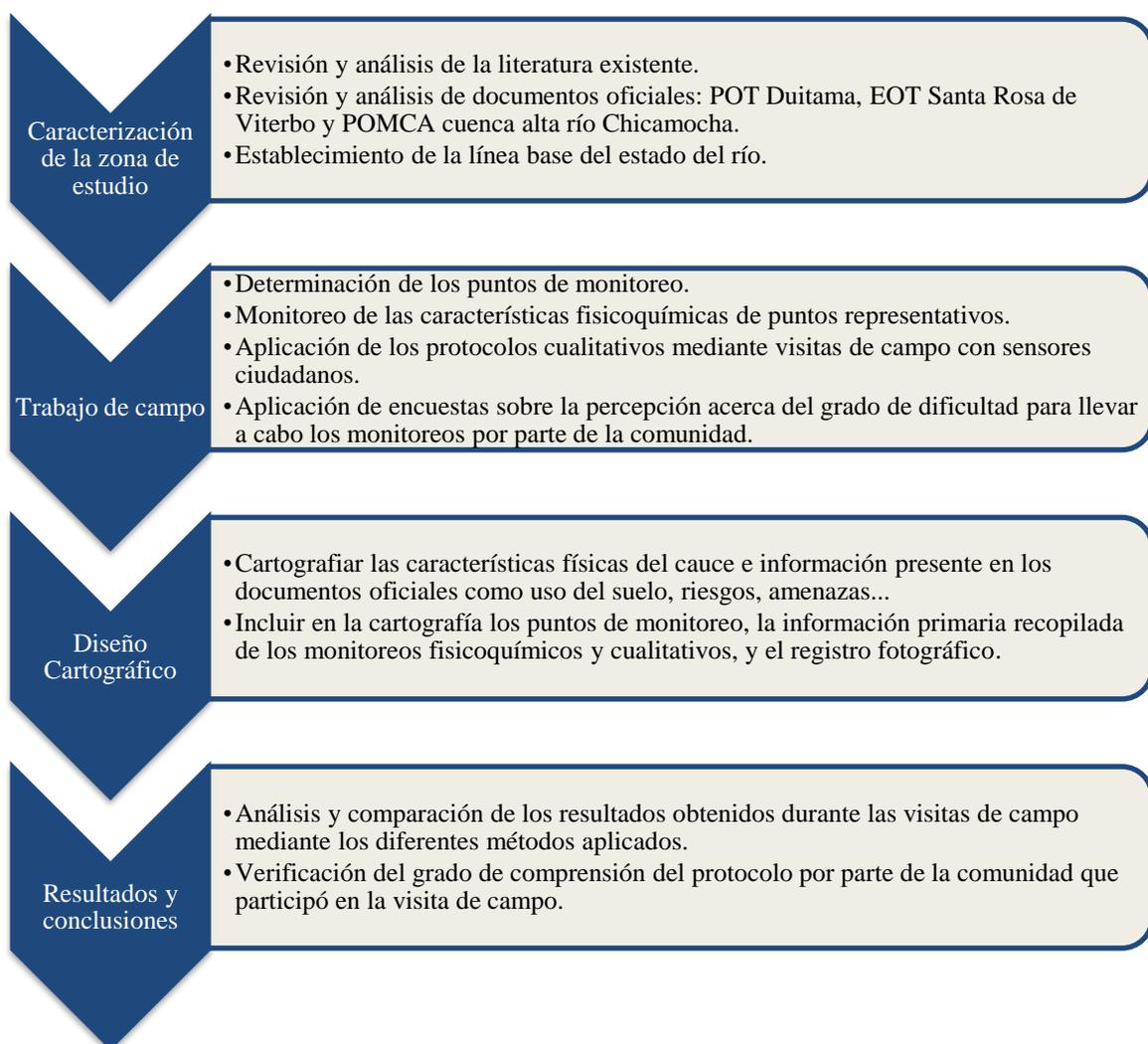
regiones con el propósito de proporcionar una evaluación inicial del estado general de las corrientes, sus zonas riparias y sus hábitats interiores. Este instrumento permite establecer los factores que afectan a las condiciones del cuerpo hídrico considerando las características físicas, químicas y biológicas aparentes en tramos específicos del corredor fluvial, aunque debido a su naturaleza cualitativa es posible que no se detecten todos los problemas del recurso (USDA, 2009).

Un segundo elemento que contribuye al análisis de las condiciones actuales en las que están las corrientes hídricas de manera biótica es el uso de los **macroinvertebrados**, ya que de acuerdo con Roldán - Pérez, (2016) la identificación de estas especies da una mejor percepción del estado actual que presenta dichos cauces puesto que se trata de comunidades de organismos acuáticos que pueden encontrarse en la superficie del agua, en los sedimentos nadando activamente o suspendidos en la columna de agua, y tienen la característica de ser altamente sensibles a los cambios fisicoquímicos del cuerpo hídrico ya sea por causas naturales o antrópicas; así mismo, es importante saber en los lugares donde se pueden recolectar y la manera de hacerlo, debido a que su tamaño va de un rango de 0.5 mm hasta 5.0 mm el cual hace que sea permisible a la vista del ojo humano.

## 6. Diseño metodológico

**Figura 1**

*Fases del diseño metodológico*



Nota: El diseño metodológico se propuso en cuatro fases temporales desde la caracterización de la zona de estudio, el trabajo de campo, diseño cartográfico y finalmente los resultados y la socialización de los mismos. Fuente: Propia.

## 6.1 Fase 1: Caracterización de la zona de estudio

Durante la primera fase se hizo una recopilación de toda la documentación existente acerca de la zona de estudio, la subcuenca del río Chiticuy y el río Chiticuy; esta revisión comprendió informes oficiales y cartografía del POT de Duitama, el EOT de Santa Rosa de Viterbo, el POMCA de la cuenca alta del Río Chicamocha, y datos de Corpoboyacá.

Luego de establecida una línea base teórica, se procedió a realizar la validación en campo dado que la mayoría de documentos datan de hace más de 10 años. Para este proceso se hizo un recorrido por los principales puntos críticos identificados en la revisión teórica.

Por otro lado, dentro de esta misma fase se hizo una consulta bibliográfica de los diferentes estudios realizados a nivel internacional, nacional, regional y local relacionados con la evaluación cualitativa de los ríos.

## 1.2 Fase 2: Trabajo de campo

Inicialmente se establecieron diez puntos de monitoreo provisionales basados en la validación en campo realizada en la fase anterior y que se ubicaban desde la cabecera del río en Santa Rosa de Viterbo hasta la desembocadura en el río Chicamocha. Luego de esto se realizó una selección de los puntos que se localizaban en zonas representativas que pudiesen influir en el estado del río como son las industrias y los cultivos, por lo que se redujo el número de puntos a la mitad manteniendo los de la cabecera y la desembocadura y los que corresponden a zonas de recepción de afluentes, uso urbano y agropecuario del suelo.

Una vez establecidos los puntos se realizó monitoreo del río in-situ y se hizo un muestreo puntual simple para análisis ex-situ en el laboratorio, donde se realizaron pruebas de conductividad, dureza, pH, cloruros y color.

## Figura 2

### *Muestreo de agua en el punto 3*



Nota: Creación Propia

Los análisis in-situ se desarrollaron haciendo uso de un pH-metro y conductímetro portátil, un kit de determinación de oxígeno disuelto por titulación y un cono imhoff. Se procedió haciendo la extracción de dos muestras de agua, una para determinación de sólidos sedimentables en un lapso de tiempo de 1 hora, y otra para medición de pH, temperatura, conductividad y OD. A pesar de que los resultados obtenidos fueron coherentes con las características cualitativas del lugar de monitoreo, se corroboraron los valores de temperatura, pH, conductividad y sólidos sedimentables a nivel de laboratorio.

### Figura 3

#### *Monitoreo in-situ*



Nota: Creación propia

Las pruebas adicionales realizadas a nivel de laboratorio fueron la determinación de cloruros y dureza total, cuyas metodologías se describen a continuación.

El análisis de los cloruros consistió en la aplicación del método de Mohr utilizando nitrato de plata como reactivo. Teniendo las muestras ya disponibles se tomó una alícuota verificando que el valor del pH estuviese entre un rango de 6 a 8, luego se le adiciono 1 ml de dicromato de potasio que sirvió como solución indicadora y finalmente se tituló con nitrato de plata, produciendo un viraje en la muestra y obteniendo un tono amarillo ladrillo. Para la obtención de los datos resultantes de este parámetro se implementó la siguiente ecuación teniendo presente los volúmenes utilizados por cada solución:

$$mg/LCl = \frac{N_{Ag} * V_{Ag} * P_{eq} CL}{V_{ml} (muestra)} * 1000$$

$N_{Ag}$ = Normalidad del nitrato de plata=0,1N

$V_{Ag}$ =Volumen consumido del nitrato de plata

$P_{eq} Cl$ = Peso equivalente del Cloruro

$V_{ml}$ = Volumen de la muestra

El método de valoración complexométrica con EDTA (ácido etilendiaminotetraacético) fue el utilizado para determinar la dureza total del agua. Para ello el procedimiento consistió en tomar 200ml de volumen de la muestra, adicionar 2 ml de solución buffer de amoníaco y terminada esta parte hacer la verificación del pH que se recomienda este aproximadamente en 10. Posteriormente se adicionaron 3 gotas de trietanolamina y se agitó para evitar alguna clase de interferencia por algún otro metal presente en la muestra, luego se agregaron 0,05 g de indicador negro de ericromato T y después de una espera no mayor a 5 minutos se realizó la titulación de las muestras con EDTA 0,01M para que estas cambiaran de color rojizo-morado a azul. Finalizado este proceso se implementó la siguiente ecuación para la obtención de dureza total del agua utilizando nuevamente los datos relacionados con los volúmenes de cada sustancia:

$$\text{Dureza total (mg/LCaCO}_3\text{)} = \frac{A - B * \text{Molaridad EDTA} * 100000}{\text{ml de la muestra}}$$

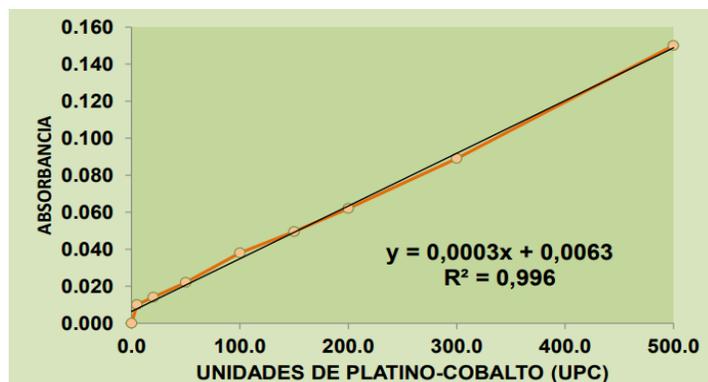
*A= Volumen EDTA usado en la titulación de la muestra (ml)*

*B= Volumen de EDTA usado en el blanco (ml).*

Finalmente se realizó una prueba de absorbancia a las muestras de los puntos 1, 2 y 4, con el fin de visualizar las diferencias en el color del agua. Dado que no se realizó filtración de las muestras, se determinó el color aparente de estas utilizando una curva de calibración

**Figura 4**

*Curva de calibración para la determinación del color*



Nota: EMPOPASTO S.A. E.S.P., 2007.

Estos procedimientos se aplicaron sobre las muestras previamente recolectadas en cada punto de muestreo y preservadas mediante refrigeración, haciendo uso de implementos como los Erlenmeyer, probetas y pipetas, y los reactivos indicados para cada método. Como resultado se obtuvieron datos de parámetro fisicoquímicos para ser contrastados con datos de años anteriores y la información adquirida mediante el uso de los protocolos cualitativos.

**Figura 5**

*Análisis fisicoquímicos en laboratorio*



Nota: Creación propia

Estos análisis fueron seleccionados ya que contribuyen a determinar el estado actual que tienen las aguas superficiales, en este caso del río Chiticuy, el cual ha sido utilizado para diversas actividades económicas, y el estudio de los cloruros y la dureza total evidencian la presencia de contaminantes de origen doméstico o industrial por materia orgánica, minerales disueltos, metales pesados, entre otros, dando a entender si el agua puede o no ser apta para continuar su uso. Del nivel de contaminación existente en el agua, dependen las afectaciones a la vegetación, el deterioro ecosistémico, las afectaciones a la salud humana, infraestructuras y alteraciones de las condiciones de vida de las diferentes especies que interactúan con el cauce.

Durante estas mismas visitas se llevó a cabo la búsqueda de macroinvertebrados presentes el río, los cuales fueron recolectados, fotografiados y regresados al agua, y las fotografías fueron enviadas a un profesional en biología para su identificación-

Por otro lado, para la aplicación de los protocolos cualitativos y la capacitación de la ciudadanía se diseñó un material de guía a manera de folleto basado en la guía publicada por CATIE en el proyecto de Talamanca, Costa Rica, para ser entregado a los sensores ciudadanos. Así mismo se elaboró un formato para la calificación de los parámetros y una encuesta de percepción frente a la capacitación, el material y facilidad de uso del protocolo, ambas en medio físico y digital, para ser diligenciados por los mismos sensores. Todos estos recursos pueden encontrarse en la sección de anexos.

Los aspectos incluidos en el protocolo para evaluar las condiciones del río de una manera práctica y a la vez informativa fueron los propuestos en la adaptación del SVAP en Talamanca, puesto que ya habían sido validados en varios estudios a nivel Latinoamérica y

tienen relación directa con los parámetros generalmente analizados para conocer la calidad ambiental de las aguas superficiales.

En primer lugar se tiene la apariencia del agua que hace referencia al color y la turbidez, los sedimentos se refieren a los sólidos sedimentables; la zona ribereña, el porcentaje de sombra e incluso el olor dan una orientación acerca del oxígeno disuelto y la actividad microbiana presente en el río al influir en la temperatura del agua; la presencia de pozas contribuye a determinar la cantidad de sedimentos resultantes de actividades o eventos que suceden en la parte alta del río; la condición del cauce, las alteraciones hidrológicas y la estabilidad de las orillas hacen referencia a las modificaciones del cauce realizadas por el hombre y que pueden repercutir en la calidad del recurso hídrico y la vida acuática; las barrera al movimiento de los peces, presión de pesca, refugio para peces y para insectos buscan indicadores acerca del estado de los componentes bióticos del ecosistema, específicamente la fauna acuática; y la presencia de estiércol, de basura y algas indicaría contaminantes orgánicos e incluso patógenos en el agua.

Para el trabajo con la comunidad y la implementación del protocolo, se realiza un acercamiento con los residentes de los alrededores del río, para socializar los objetivos y la metodología del proyecto e invitarlos a la vinculación en el mismo como sensores ciudadanos, de ser positiva la respuesta se realizará posteriormente una capacitación y un ejercicio participativo de evaluación del río.

### 1.3 Fase 3: Diseño cartográfico

Como se mencionó anteriormente en la primera fase del proyecto se realizó una revisión de los documentos existentes relacionados con el río Chiticuy y su subcuenca, esta

revisión incluyó la cartografía del POT, EOT y POMCA por lo que la primera actividad de diseño cartográfico ejecutada fue la superposición de mapas y generación de polígonos en el software Google earth Pro para delimitar la subcuenca, trazar el cauce del río, los tributarios, usos del suelo, y zonas de amenazas y riesgos. Como resultado del proceso de validación en campo también se hicieron modificaciones en la cartografía creada inicialmente y se adicionaron los cinco puntos de monitoreo seleccionados junto con el registro fotográfico de cada uno.

### Figura 6

*Subcuenca, río Chiticuy y puntos de monitoreo en Google earth*



Nota: Creación propia.

Con este archivo como base, en conjunto con el observatorio de ríos urbanos ORU, se procedió a elaborar un mapa interactivo en la plataforma de Google Maps, con todos los puntos de monitoreo, su descripción correspondiente, evidencia fotográfica e información de la calidad del agua obtenida en los análisis fisicoquímicos realizados, y la calificación determinada por la comunidad mediante el uso del protocolo de evaluación visual.

Este recurso digital estaría disponible al público para consultar las condiciones del río y reportar información relevante a cada punto.

#### 1.4 Fase 4: Resultados y conclusión

En primer lugar, se tabularon los datos resultantes de los análisis fisicoquímicos in-situ y ex-situ. Esto se realizó contemplando todos los monitoreos realizados en diferentes fechas y luego se promediaron los resultados que no tenían una amplia diferencia, mientras que en los parámetros cuyos datos si diferían en gran medida se seleccionaron los realizados en condiciones más óptimas o con equipos de mayor precisión Posteriormente estos valores finales se graficaron en diagramas de dispersión para una mejor visualización de la evolución de cada parámetro a medida que el río va ingresando a la zona urbana de Duitama y se acerca a su desembocadura, y se analizaron tomando como referencia la resolución 2115 de 2007 y la Resolución 0631 de 2015 considerando el uso del suelo de la zona y por tanto el origen de los vertimientos existentes sobre el río.

En cuanto al trabajo con la ciudadanía, los resultados aportados por la comunidad en el ejercicio de la evaluación cualitativa del río, se tabularon, graficaron y analizaron con base en lo mencionado por las personas en el diálogo previo a la capacitación.

Finalmente, se organizó de la misma manera la información recolectada en las encuestas de percepción acerca del uso del protocolo y el desarrollo de los espacios de trabajo con la comunidad, las cuales fueron aplicadas a quienes participaron en dichos espacios.

## 7. Resultados y discusión

### 7.1 Fase 1: Caracterización de la zona

#### 7.1.1 Subcuenca del río Chiticuy

La subcuenca del río Chiticuy se ubica entre el municipio de Duitama y de Santa Rosa de Viterbo en el departamento de Boyacá limitando al sur por la divisoria de aguas y loma Joya del morro, al occidente por el río Boyacogua y el municipio de Santa Rosa, al norte por el alto caraperro, al noroccidente por la cuchilla de Pan de Azúcar y al nororiente por la cuchilla la loma del perro (POT, 2002).

De acuerdo con el POMCA de la cuenca Alta del río Chicamocha, en la subcuenca del río Chiticuy predomina el uso de tierras agropecuarias seguido de las tierras de páramos, bosque, vegetación natural y pastizales, suelo desnudo y finalmente tierras de uso minero, y la zonificación ambiental se dividen en zonas de conservación, recuperación, restauración y uso sostenible (CORPOBOYACA, 2006). Los parámetros morfométricos de la subcuenca de acuerdo con este documento en la tabla 3:

**Tabla 3**

**Parámetros morfométricos de la subcuenca del río Chiticuy**

<b>Parámetro morfométrico</b>	<b>Subcuenca río chiticuy</b>
Área	110.794.712 m <sup>2</sup>
Perímetro	46.511 m
Ancho	9,5
Cota prom	3000
Área %	5,2
Long. Río	19 km
Pendiente prom	4,50%
índice de alargamiento	1,98
Factor de forma	0,313

Sinuosidad del río 1,297  
 Nota: CORPOBOYACA 2006.

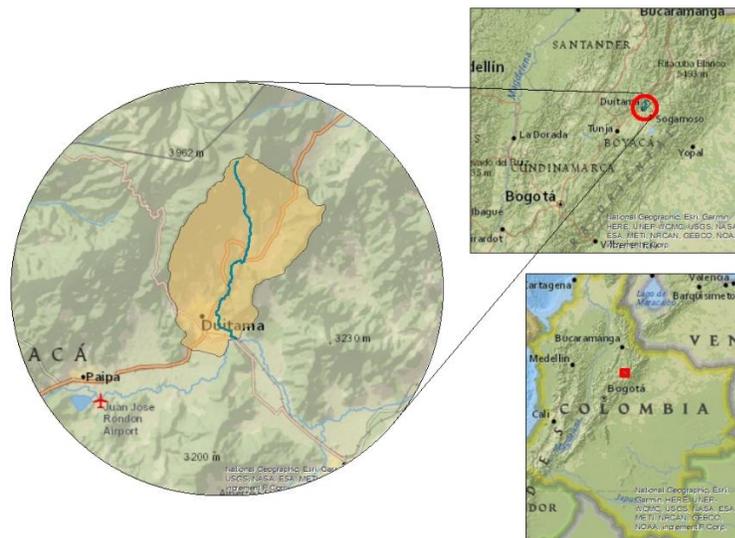
### 7.1.2 Río Chiticuy

El río Chiticuy nace en la serranía Pan de Azúcar en el municipio de Santa Rosa de Viterbo tiene una extensión de 19 Km, y a lo largo de su recorrido cuenta con 7 afluentes, Quebrada Honda las Flores, Quebrada los Tobales, Quebrada Gratamira o Munevar, Quebrada el Manzano, Quebrada Grande y Quebrada Arriba (CORPOBOYACA, 2006).

El río Chiticuy es un tributario del río Chicamocha y desemboca en la vereda Tocogua del municipio de Duitama, representando un importante aporte de contaminación según los informes oficiales del POT, POMCA y EOT, por recibir vertimientos domésticos, industriales y agropecuarios a lo largo de su trayecto.

### Figura 7

*Localización de la subcuenca del río Chiticuy*



Nota: Creación propia.

A partir de la revisión bibliográfica inicial se identificaron los principales puntos y actividades que representaban una afectación a la calidad y disponibilidad del recurso hídrico del río Chiticuy. Las aguas residuales municipales y del matadero de Santa Rosa de Viterbo, la Maltería, las industrias lácteas, las aguas servidas del barrio San Luis y el lavado de arenas eran los principales focos de contaminación, seguidos del aporte de materiales particulados al río por erosión, flujos torrenciales y movimiento en masa en la vía hacia Santa Rosa de Viterbo y hacia la cabecera del río, y finalmente actividades de piscicultura, ganadería, agricultura y explotación de arena de peña a cielo abierto alteraban la calidad y cantidad del agua del río previo a su desembocadura.

Luego de realizada la validación en campo se encontraron varias inconsistencias debido a la antigüedad de la mayoría de la información oficial existente. En primer lugar la planta de sacrificio municipal de Santa Rosa de Viterbo, la Maltería de Bavaria, las industrias lácteas y las explotaciones de arena de Peña que utilizaban el agua para lavado de arenas, ya no se encuentran en funcionamiento, por lo que estos focos actualmente son inexistentes. En segundo lugar se mencionaban las aguas servidas del casco urbano de Santa Rosa de Viterbo y las del barrio San Luis a la entrada de Duitama, sin embargo en ambas zonas ya se cuenta con cobertura del sistema de alcantarillado.

De esta validación en campo se concluyó que las afectaciones vigentes al recurso, en cuanto a calidad, corresponden a posibles filtraciones del sistema de alcantarillado, vertimientos directos de aguas negras en algunos lugares, aumentos de sedimentos en el agua por erosión y procesos morfodinámicos en algunos puntos del recorrido, infiltración y escorrentía de aguas con agroquímicos y contaminantes provenientes de los múltiples cultivos y del pastoreo cercanos al cauce, y la disposición de residuos sólidos dentro del

río. En cuanto a la disponibilidad, se encontró que hay coherencia con lo plasmado en los documentos puesto que se sigue presentando una disminución de caudal a medida que el río avanza en su recorrido ya que sigue siendo utilizado como bocatoma para acueductos veredales, riego de potreros y cultivos y utilizado en actividades pecuarias.

Adicionalmente, en la mayoría de los tramos no se respeta la ronda hídrica establecida en 30 m por lo que en veredas como Tocogua, en Duitama, se presentan inundaciones.

Adicionalmente a la identificación de los focos de contaminación, durante la revisión teórica se obtuvieron datos secundarios de la calidad del río Chiticuy procedente de análisis fisicoquímicos realizados por CORPOBOYACA. en los años 2006 y 2018 en un punto previo a la desembocadura, y los cuales pueden encontrarse en la tabla 1 y tabla 2 del presente documento.

En esta información se encontró que del año 2006 al 2018 hubo una disminución en los valores de Demanda biológica de oxígeno DBO5, Demanda química de oxígeno DQO y Sólidos suspendidos totales SST, y un incremento en cuanto a Oxígeno disuelto OD, pH y conductividad eléctrica.

La DBO y DQO de los dos años mostraron un requerimiento bajo de oxígeno para la estabilización de la materia orgánica presente en el río, sin embargo, basado en los datos del año 2006 la relación DBO5/DQO es igual a 0.23, y de acuerdo con Ardila (2012) dicha materia orgánica sería no biodegradable.

En cuanto al oxígeno disuelto OD, en ambos años los valores fueron superiores a los 4 mg/L, considerado por el RAS como la cantidad mínima para la subsistencia de especies como los peces (Resolución 1096, 2000). De igual modo, el potencial de hidrógeno se mantuvo dentro del rango aceptable con valores neutros de 7,01 y 7,3 para

cada año respectivamente. Y la conductividad, aunque elevada en el 2018 con 820  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , no sobrepasa el límite máximo aceptable incluso para consumo humano establecido en 1000  $\mu\text{S}/\text{cm}$  (Resolución 2115, 2007).

En lo referente a las características biológicas, los valores de coliformes fecales en ambos casos fueron superiores a los 1000 NMP/100ml, evidenciando contaminación de origen fecal por heces animales y humanas y riesgo potencial de contaminación patógena; estando esta agua cruda completamente descalificada para consumo humano, uso recreativo con contacto directo y para riego de ciertos cultivos como hortalizas de tallo corto y frutas de ingesta con cáscara.

### *7.1.3 Revisión del estado del conocimiento*

En la consulta bibliográfica de estudios referentes a la evaluación cualitativa del estado de los cuerpos hídricos, que puede encontrarse en la sección Marco Conceptual de este libro, cabe destacar el estudio realizado en Talamanca, Costa Rica, en donde adaptaron el protocolo de evaluación visual de corrientes SVAP, diseñado originalmente para Estados Unidos, para ser utilizado en Costa Rica y en diferentes países de Latinoamérica incluida Colombia, y es esta la guía escogida para utilizarse en el presente proyecto.

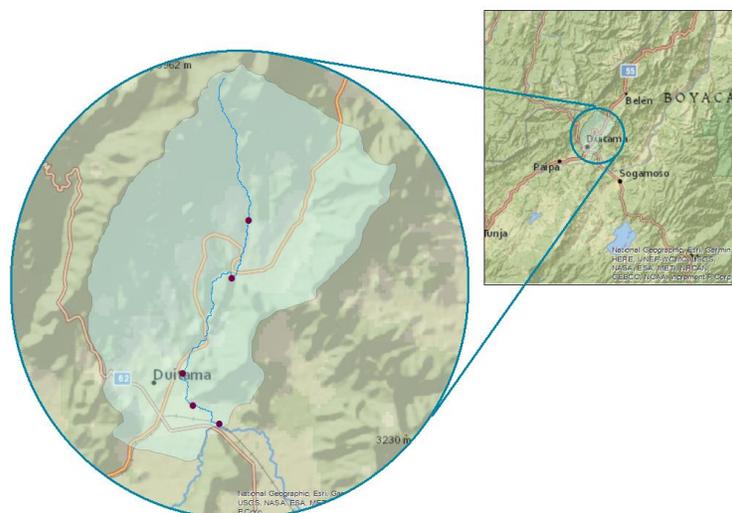
## 7.2 Fase 2: Trabajo de campo

### *7.2.1 Puntos de monitoreo*

Los puntos seleccionados para llevar a cabo los muestreos y monitoreos fisicoquímicos y cualitativos se presentan en la figura 8.

**Figura 8**

*Subcuenca del río Chiticuy y puntos de monitoreo del proyecto*



Nota: Creación propia

**Tabla 4**

**Puntos de monitoreo del proyecto**

Subcuenca	Punto de monitoreo	Coordenadas		Observaciones
		Latitud	Longitud	
Río Chiticuy	1	5.902462°	-73.002530°	Cercano al nacimiento del río, seleccionado para tener una referencia de las condiciones del recurso antes del impacto antrópico
	2	5.864387°	- 73.008918°	En la vía Santa Rosa - Duitama, seleccionada continuo a los afluentes que atraviesan el municipio de Santa Rosa de Viterbo para evaluar el aporte contaminante de esta zona.
	3	5.828600°	-73.022791°	Detrás de la UPTC, seleccionado para evaluar el nivel del río al entrar a la ciudad de Duitama en una zona más urbana, residencial y rodeada de instituciones educativas.
	4	5.815229°	- 73.014514°	En el barrio Boyacogua, seleccionado por ubicarse en una zona con alta actividad agropecuaria.
	5	5.810385°	-73.009492°	Ubicado en la desembocadura del río Chicamocha.

Nota: Creación Propia.

Como se muestra en la Tabla 4 los puntos de monitoreos se ubican en primer lugar hacia la cabecera del río, luego en la vía Santa Rosa de Viterbo - Duitama en el punto en que se reciben las aguas provenientes del casco urbano del municipio de Santa Rosa de Viterbo a través de la Quebrada Arriba y Quebrada Munevar, los demás puntos se ubican en los barrios La Paz y Tocogua dentro de Duitama ya que junto con el barrio San Luis y San Juan Bosco son los que están en contacto y tienen influencia directa con la corriente hídrica previa a su desembocadura en el río Chicamocha, además de ejercer alta presión social sobre el recurso por ser zonas residencial, comercial y agropecuaria.

#### *7.2.2 Análisis fisicoquímicos*

Como se menciona en la metodología, se realizaron múltiples monitoreos al río, en la mayoría de los puntos se hizo un análisis in-situ y uno ex-situ, sin embargo, hubo algunas excepciones como en el punto 4 en donde se realizó un monitoreo en campo y dos a nivel de laboratorio, o en el punto 3 en donde la prueba de absorbancia no fue realizada.

Los resultados de estos parámetros fisicoquímicos pueden observarse en la tabla 5.

Tabla 5

## Resultados de los parámetros fisicoquímicos de todos los monitoreos

Puntos de monitoreo	Parámetros									
	Temperatura °C			pH			OD mg/L	Conductividad µS/cm		
	Monitoreo realizado									
	in-situ	ex-situ (1)	ex-situ (2)	in-situ	ex-situ (1)	ex-situ (2)	in-situ	in-situ	ex-situ (1)	ex-situ (2)
1	11	7		6,80	8,14		10	80,00	56,50	
2	18	8,8		7,30	8,02		8,00	140,00	116,70	
3	16	3		7,30	8,56		10,00	110,00	112,30	
4	19	3	9,70	7,70	8,40	8,75	7,00	122,00	84,10	100,10

Puntos de monitoreo	Parámetros							
	Sólidos sedimentables ml/L			Dureza Total mg/L		Cloruros mg/L		Color UPC
	Monitoreo realizado							
	in-situ	ex-situ (1)	ex-situ (2)	ex-situ (1)	ex-situ (2)	ex-situ (1)	ex-situ (2)	ex-situ (2)
1	<1	<1	<1	17,50		95,85		-27,67
2	<1	<1	<1	16,50		54,32		-1
3	<1	<1	<1	15,00		194,99		
4	<1	<1	<1	15,00	15,50	219,81	65,50	19

Nota: Creación propia.

En la mayoría de los parámetros se presentó divergencia entre los datos obtenidos para un mismo punto, pero en distintos monitoreos. La diferencia entre los resultados de las pruebas in-situ y ex-situ de pH y conductividad se debe por un lado a la mayor precisión de los equipos de laboratorio frente a los portátiles, y específicamente en el caso de la conductividad, a la variación de la temperatura de las muestras dado que estas fueron preservadas en refrigeración durante dos días antes de ser llevadas al laboratorio; teniendo presente que la conductividad aumenta a medida que lo hace la temperatura, no es posible comparar ambos resultados sin normalizar los valores bajo una misma temperatura, es por

esto que en este parámetro no se promediaron los datos sino que se optó por trabajar con los obtenidos en el laboratorio.

El oxígeno disuelto se midió una sola vez en campo utilizando un kit de determinación mediante titulación, por lo que los resultados mostrados en la tabla corresponden a las temperaturas de la columna in-situ.

La dureza total, los cloruros y el color fueron medidos únicamente en laboratorio una vez, a excepción de la muestra del punto 4 que fue sometida a estas pruebas dos veces.

Considerando estas condiciones se les dio prelación a los valores obtenidos mediante pruebas de laboratorio cuando la variación entre datos fue muy amplia, y cuando los valores fueron cercanos estos se promediaron; de esta manera se resumió la información en la tabla 6 y se graficaron los resultados de cada parámetro obtenidos para los puntos del 1 al 4; al punto 5 se le atribuyeron los datos resultantes del último monitoreo realizado por CORPOBOYACA en el año 2018, los cuales pueden consultarse en la Tabla 5.

**Tabla 6**

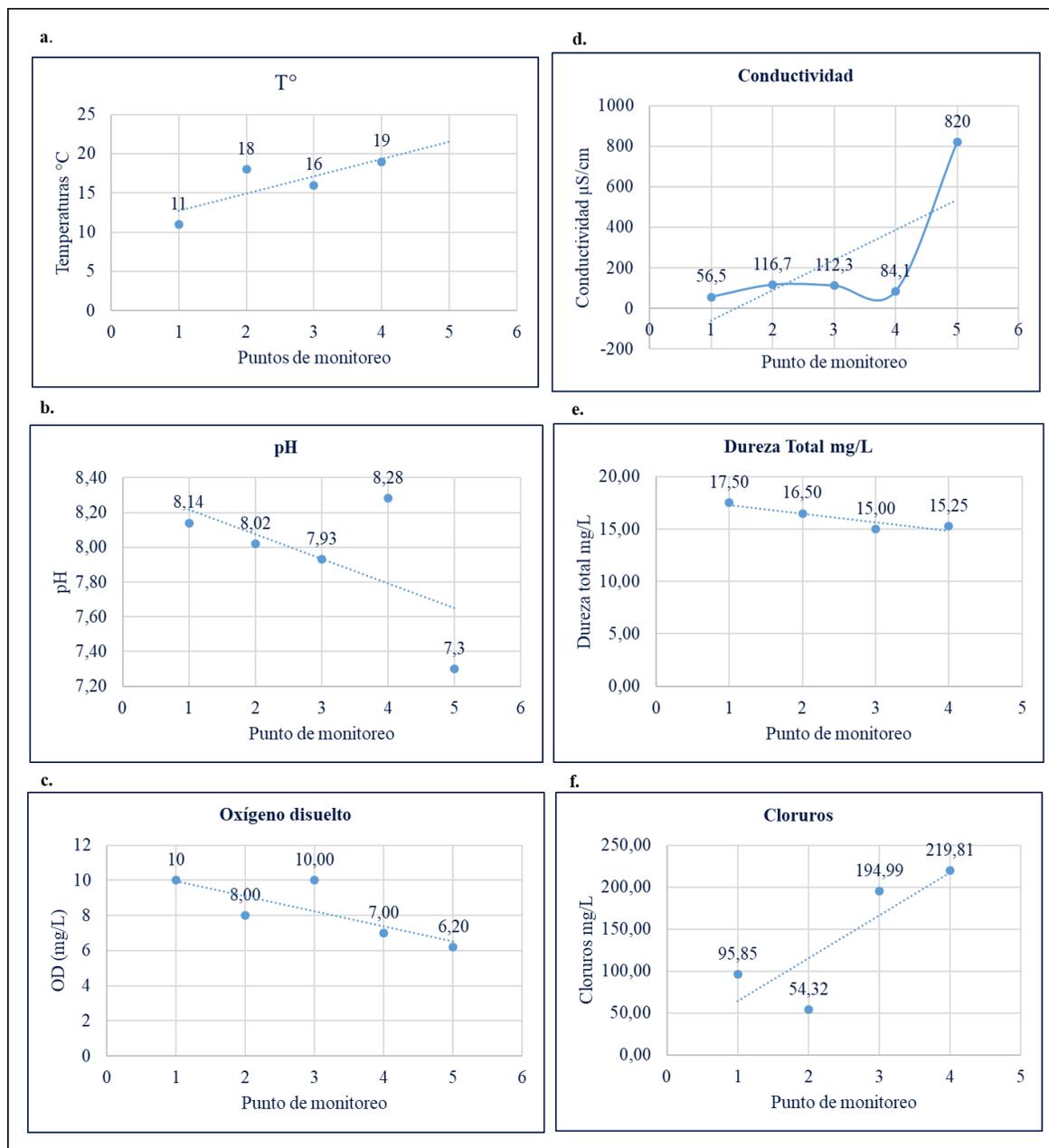
**Tabla resumen de los resultados de análisis fisicoquímicos**

Punto de monitoreo	Parámetros							
	T°	pH	OD mg/L	Conductividad $\mu$ S/cm	Sólidos sedimentables	Dureza Total mg/L	Cloruros mg/L	Color UPC
1	11	8,14	10	56,5	<1	17,50	95,85	-27,67
2	18	8,02	8,00	116,7	<1	16,50	54,32	-1
3	16	7,93	10,00	112,3	<1	15,00	194,99	
4	19	8,28	7,00	84,1	<1	15,25	219,81	19
5		7,3	6,20	820				

Nota: Creación propia. Los datos del punto 5 corresponden a los tomados por CORPOBOYACA en el monitoreo de 2018.

Figura 9

Resultados de los parámetros fisicoquímicos de todos los puntos de monitoreo



Nota: Creación propia.

En la Figura 9 se muestra la evolución que presentaron algunos de los parámetros fisicoquímicos evaluados a lo largo del trayecto del río. El pH se mantuvo dentro del rango

de 6.5 – 8.5, los valores normales para aguas naturales superficiales sin presentar afectaciones a los organismos (California State Water Resources Control Board, s.f.).

Teniendo en cuenta que el cultivo de hortalizas y la ganadería son permanentes en los alrededores del cauce, se contrastaron los resultados con la normativa vigente de vertimientos y se encontró que no se superan los límites máximos permisibles para estas dos actividades, siendo el límite mínimo 6,0 y el máximo 9,0 (Resolución 631/2015).

Aunque todas las mediciones dieron como resultado un pH similar y cercano a la neutralidad, en la gráfica a. se observa que la tendencia es hacia la acidez, y al ser tan ligera la variación podría atribuirse a una acidificación natural por absorción de CO<sub>2</sub> atmosférico o resultante de descomposición de materia orgánica, y no una acidificación mineral por contaminación con ácidos fuertes, considerando que no se encontró evidencia de industrias que realicen vertimientos en la corriente.

El oxígeno disuelto OD se midió in situ en cada punto; todos los valores obtenidos se encuentran dentro de un rango aceptable que permite el crecimiento y desarrollo normal de la vida acuática. La disminución del oxígeno disuelto que se muestra en la gráfica c. corresponde al aumento de temperatura que se da a medida que el río ingresa en la zona urbana de Duitama, puesto que hay una transformación en la zona ribereña reduciendo el bosque natural y por tanto la sombra que contribuía con la regulación de la temperatura del agua, a pesar de esto, el OD incluso con la temperatura más elevada encontrada, es adecuado para casi cualquier actividad al estar por encima de los 4 mg/L (Sierra Ramirez, 2011).

La conductividad eléctrica del agua presentó el valor más alto en el punto 5 previo a la desembocadura en el río Chicamocha, lo que indica una alta presencia de sales

disueltas en el agua, y de acuerdo con el uso del suelo de esta zona y los focos de contaminación identificados, esta condición sería ocasionada por vertimientos de aguas residuales domésticas realizadas desde el barrio San Luis a la entrada de Duitama y actividad agrícola que mediante escorrentía superficial también aporta carga orgánica a la corriente.

Dado que la mayoría de cultivos de hortaliza localizados en la vereda Tocogua almacenan en aljibes el agua del río Chiticuy junto con la del distrito de riego y drenaje USOCHICAMOCHA, el agua destinada para irrigación tendrá una mayor concentración de sólidos disueltos que podría generar afectaciones sobre el rendimiento de los cultivos, la permeabilidad del suelo, las instalaciones e incluso producir toxicidad. Sin embargo, es necesario realizar estudios más específicos para determinar cuáles iones están presentes y en qué concentración para así establecer el tipo y el grado de afectación que se produciría.

La dureza total se encontró estable durante todo el trayecto y en valores muy bajos, entre 15 y 18 mg CaCO<sub>3</sub>/L, por lo que se considera que es agua blanda de acuerdo con la clasificación del Servicio Geológico de los Estados Unidos (USGS, s.f.), por lo tanto no representa un problema para instalaciones o actividades de lavado, y de ser tratada para algún uso disminuiría los gastos al no ser necesario ablandarla.

Los valores de cloruros mostraron una elevada concentración de este ion para aguas naturales, en especial en los últimos puntos de monitoreo, coincidiendo con los puntos que presentaron una mayor conductividad. De acuerdo con el RAS, bajo este parámetro, la calidad del agua en los puntos 1 y 2 es considerada de una fuente regular al estar entre el rango de 50 a 150 mg/L, mientras que los siguientes puntos corresponderían a aguas de fuente deficiente al encontrarse entre 150 y 200 mg/L (Resolución 1096/2000).

De igual forma la concentración de cloruros en el punto 4 se encuentra cerca los 250 mg/L que es el límite máximo permisible antes de presentar consecuencias económicas e indirectas sobre la salud si se tratara de consumo humano (Resolución 2115/2007). Sin embargo, partiendo de que en la zona de estos últimos puntos de muestreo se realizan vertimientos de aguas residuales domésticas, de lavaderos de autos y de actividades agropecuarias, según la normativa (Resolución 631/2015) la concentración de cloruros en el agua para cada una de esta actividades está por debajo del máximo permisible.

Finalmente, los resultados de color aparente en los dos primeros puntos son muy óptimos al encontrarse valores inferiores a cero, mientras que en el punto 4 ya hay un aumento drástico en este parámetro superando el limite permisible para el agua de consumo humano que está en 15 UPC, pero al tratarse de aguas superficiales, el agua se encuentra en condiciones normales en este aspecto.

#### Implementación del protocolo cualitativo

Una vez realizada la capacitación a los miembros de la comunidad acerca del manejo del protocolo y de los procedimientos para evaluar cada parámetro, se realizó el trabajo participativo de entablar un diálogo acerca de la percepción que se tenía sobre el río y se asignaron las calificaciones correspondientes a cada aspecto, solicitando a la comunidad que se basara en su conocimiento sobre el comportamiento del cauce, el tipo de actividades realizadas en torno al río y las adaptaciones externas que se han hecho a lo largo de los años. Los resultados de cada punto de monitoreo establecido, luego de promediadas las calificaciones que cada persona, y la clase a la que corresponde según su

puntaje, se presentan en la tabla 7, los datos de cada parámetro asignados en cada uno de los 20 monitoreos se incluye en los anexos.

**Tabla 7**

**Puntaje total del Protocolo de evaluación visual de ríos para cada punto de monitoreo**

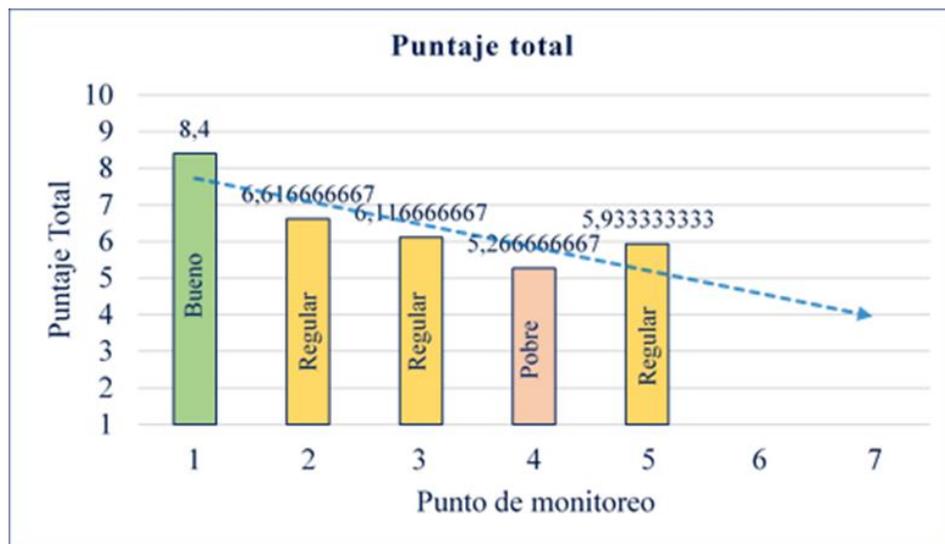
Punto de monitoreo	Puntaje total	Clase
1	8,4	Bueno
2	6,61666667	Regular
3	6,11666667	Regular
4	5,26666667	Pobre
5	5,93333333	Regular

Nota: Creación propia.

Estos datos corresponden a un total de 20 monitoreos realizados por el método cualitativo a lo largo del río, distribuidos de la siguiente manera: 5 en el punto 1, 4 en el punto 2, 4 en el punto 3, 4 en el punto 4 y 3 en el punto 5.

**Figura 10**

*Resultados de la aplicación del protocolo de evaluación visual de ríos*



Nota: Creación propia

En la Figura 10 se presentan los puntajes asignados y la clase a la que corresponde cada punto de acuerdo con la percepción de la ciudadanía, estos valores demuestran el comportamiento que tiene el río desde la cabecera hasta su desembocadura. Se observa una calidad del cauce superior en las zonas más cercanas a la cabecera debido a la poca presencia de actividad humana que permite la existencia y abundancia de especies vegetales y animales, y una mínima alteración de los ecosistemas. Continuando con el recorrido, en los siguientes puntos se refleja que el cuerpo hídrico va disminuyendo su calidad ya que actividades como la agricultura, ganadería y la urbanización influyen en los aspectos evaluados por el protocolo cualitativo.

En los primeros tres puntos de monitoreo, ubicados en Santa Rosa de Viterbo, la vía hacia Duitama y el Barrio La paz respectivamente, la percepción de las personas es positiva con respecto a las condiciones del río. En el punto 1, se trata de un recurso con el que los habitantes están interactuando directa y continuamente, aunque no para consumo, si lo utilizan para el pastoreo y la pesca, y consideran que el agua es completamente limpia, no ha habido mayor intervención en el cauce o la zona ribereña, ni hay presencia de basuras, sin embargo, si se pueden encontrar evidencias de ganado y estiércol dentro y a orillas del río. Adicionalmente en este punto se encontraron macroinvertebrados considerados bioindicadores de una calidad óptima del recurso que permite la vida acuática.

En el punto 3 se tiene la opinión de que el río Chiticuy fue por mucho tiempo una de las corrientes de agua más limpias incluso del país, y que actualmente continúa teniendo una apariencia muy clara y mantiene sus condiciones naturales en muchos de sus

tramos, aunque en este punto hay evidencias de alteración por la presencia de un puente, jarillones artificiales y monocultivo de árboles en la zona ribereña.

Los habitantes de este barrio responsabilizan por el deterioro en la calidad del río, a los residentes del barrio San Luis, ubicado a la entrada de Duitama, por el vertido de aguas residuales domésticas y procedentes de lavaderos de autos, y a un aliviadero del sistema de alcantarillado ubicado debajo del puente ya mencionado, y rechazan el hecho de que la construcción de la institución educativa y algunas viviendas de la zona hayan sido construidas sin respetar la ronda de protección hídrica. Además, manifiestan que la presencia de ganado, estiércol, cadáveres de animales y basura dentro del río si es un problema frecuente del que ellos mismos se han apropiado, para lo que realizan jornadas periódicas de limpieza del cauce.

En cuanto a la vereda Tocogua, en donde se localizan los puntos de monitoreo 4 y 5, hay una mayor alteración hidrológica evidenciada en la incisión del cauce, construcción de estructuras como puentes, pérdida del bosque primario en la zona ribereña e inestabilidad de las orillas. La comunidad de la zona se encuentra muy inconforme con la calidad del recurso que consideran que se deteriora a medida que ingresa a la ciudad por el vertido de aguas residuales domésticas, de lavaderos de autos y de talleres automotrices. Adicionalmente manifiestan que actualmente no hacen mayor uso del recurso por su deficiente calidad y prefieren utilizar el suministrado por el distrito de riego, pero tendrían mucho interés en el desarrollo de un proyecto que contribuyera a disminuir la contaminación del río para poder hacer uso de este en sus actividades agrícolas, específicamente el cultivo de hortalizas.

Contrastando los resultados obtenidos por la comunidad en el monitoreo cualitativo con los obtenidos en los análisis fisicoquímicos, se encuentra que hay coherencia entre los mismos, los puntos que se ubicaron en la clase regular y pobre, son los mismos que presentaron los valores más bajos de oxígenos disueltos, un mayor contenido de cloruros, alta conductividad y color aparente elevado.

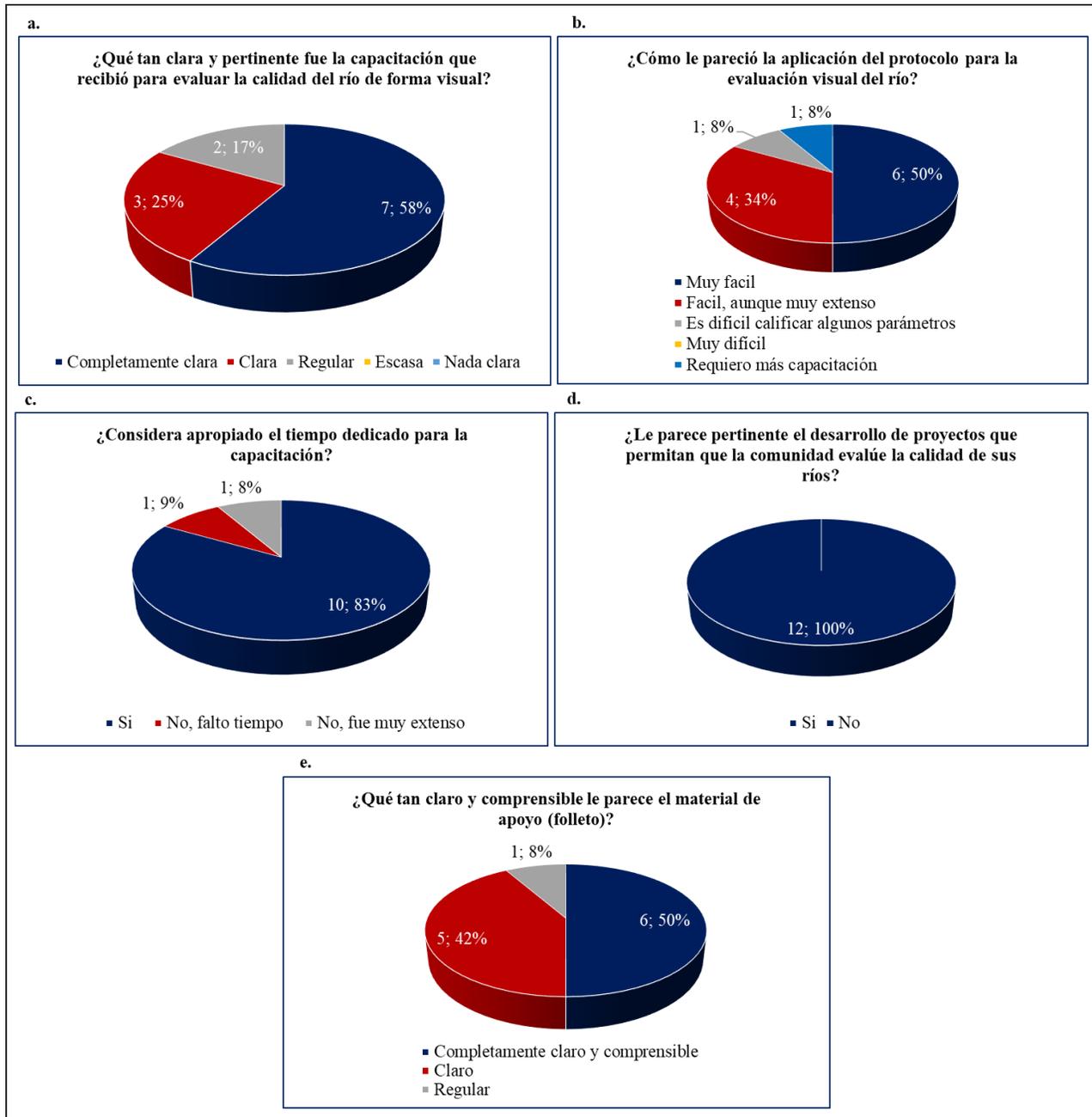
### 7.2.3 *Ciencia ciudadana y educación ambiental*

Finalizada la capacitación a la comunidad en los diferentes puntos de monitoreo y luego de haber recopilado los formatos de calificación usados durante el proceso de sensibilización, se aplicó una encuesta de percepción acerca del uso del protocolo de evaluación visual de ríos, cuyo formato se incluye en los anexos, con el propósito de conocer si realmente hubo comprensión de la guía y la metodología utilizada para la capacitación, solicitar recomendaciones por parte de los participantes para futuras actividades y por último percibir si esta clase de ejercicios les motiva a crear programas o proyectos que permitan la identificación de las condiciones del recurso hídrico en las zonas donde residen.

Como respuesta a las preguntas formuladas se obtuvieron observaciones positivas, donde se destaca la motivación por parte de las personas para diseñar y participar en programas o proyectos que vinculen a la comunidad con el monitoreo de los cuerpos hídricos de una manera práctica y de esta forma incentivar a todos quienes tienen relación directa con las fuentes hídricas naturales a la conservación y protección del recurso y al cuidado del medio ambiente haciendo referencia al cuidado de las especies que integran los ecosistemas de las zona de estudio.

**Figura 11**

*Resultados de la encuesta de percepción acerca de la metodología del protocolo de evaluación visual*



Nota: Creación propia.

La figura 11 muestra los porcentajes de respuesta que dieron las personas sobre el protocolo de evaluación visual de ríos en cada pregunta planteada en las encuestas.

El 58% de los sensores ciudadanos respondieron que la información suministrada durante la capacitación fue entendida y asimilada por parte de ellos, comprendiendo en su mayoría las condiciones para realizar la calificación correspondiente a cada parámetro establecido en la guía. Consideraron que el tiempo en que se realizó la capacitación fue idóneo, aunque al 9% le pareció insuficiente debido a la dificultad de algunas terminologías por ser de carácter técnico o por ser repetitivos a la hora de brindar la información requerida para el desarrollo de la actividad. Sin embargo, al 92% de los participantes les resultó de gran ayuda el material de apoyo, pues a partir de este pudieron comprender mucho más los procedimientos, rangos y puntajes que le podían dar a cada parámetro, y así mismo, visualizar y evaluar el entorno conjugando sus conocimientos empíricos con esta información.

El 84% de los participantes, una vez familiarizados con el protocolo y la metodología de aplicación, consideraron sencillo el desarrollo de las valoraciones empleando la guía en la zona de estudio, sin embargo, al 16% le tomó un tiempo extra la interpretación de ciertos términos, visualizar muy bien las condiciones del cauce, y/o tuvieron confusiones al momento de evaluar determinados parámetros, haciendo la observación de que se debía detallar más la explicación de algunos aspectos en el folleto entregado.

Terminado el ejercicio participativo de análisis y evaluación, todos los ciudadanos afirmaron que es importante promover el desarrollo de cualquier tipo de proyecto que permita contribuir con el monitoreo de la calidad de agua de los ríos, pues es el recurso que más necesario para la subsistencia del hombre, para el continuo desarrollo de las actividades humanas y la existencia de especies tanto de fauna como flora.

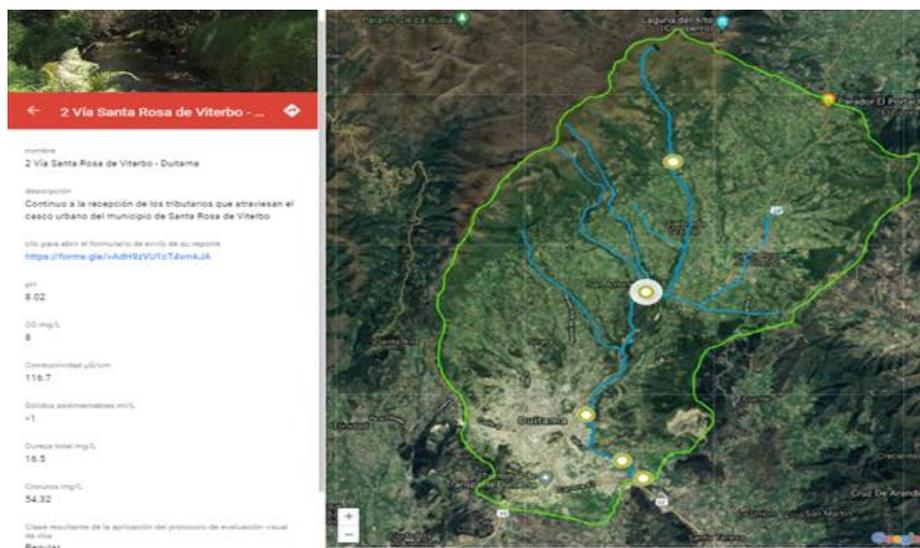
### 7.3 Fase 3: Diseño Cartográfico

El diseño cartográfico resultante consiste en un mapa interactivo disponible para ser consultado en Google Maps por quienes tengan el enlace de acceso, y que contiene la delimitación de la subcuenca, el trazado del río Chiticuy y sus tributarios, registro fotográfico, resultados de los análisis fisicoquímicos y de la evaluación cualitativa.

Adicionalmente se elaboró un formulario de google para cada punto de monitoreo, vinculado al mapa interactivo, de manera que cualquier persona tenga la facilidad de ingresar a este recurso, seleccionar el enlace y dirigirse al formulario para aportar su información referente al desarrollo del protocolo de evaluación visual e incluso adjuntar evidencia audiovisual si así lo requiere.

#### Figura 12

*Mapa interactivo resultado del diseño cartográfico*



Nota: Creación propia.

En la Figura 12 se muestra la visualización del mapa interactivo en modo lectura, se encuentra seleccionado el punto de monitoreo 2 y al margen izquierdo se despliega una

ventana con las fotografías, el nombre y descripción del lugar, el enlace para el formulario, y los resultados de los análisis fisicoquímicos y evaluación cualitativa.

El enlace de acceso al mapa interactivo es el siguiente:

<https://www.google.com/maps/d/u/0/viewer?mid=116azHz-naH8WhC51JrpDOZncfgWGuBHi&ll=5.868928188313494%2C-73.00156999999999&z=12>

## 8. Conclusiones

- Por medio del análisis de los documentos institucionales POT de Duitama, EOT de Santa Rosa de Viterbo y POMCA de la cuenca alta del río Chicamocha, es posible establecer una línea base de las condiciones del río Chiticuy en cuanto a características geográficas, geológicas, morfológicas, usos del suelo, zonas de amenaza, componente socioeconómico y componente ambiental en lo referente a la identificación y clasificación de ecosistemas sobresalientes, su fauna y flora, y el inventario de fuentes hídricas. Sin embargo, la información acerca de la calidad de esta corriente y sus principales focos de contaminación está desactualizada, siendo el vertido directo de aguas negras en el barrio San Luis, la fumigación de cultivos y el mal manejo de desechos, las únicas actividades mencionadas en dichos informes y que siguen vigentes.
- Basado en los análisis fisicoquímicos realizados, aunque no tiene una calidad óptima el río Chiticuy tampoco representa un riesgo para la salud humana ni para la vida acuática, sin embargo, sí se evidencia una disminución de la calidad de este recurso a medida que ingresa a la ciudad de Duitama y se ve afectado por los vertimientos puntuales y las actividades agropecuarias realizadas a su alrededor,

convirtiéndose en un agente contaminante que puede perjudicar a estas mismas actividades.

- Los resultados obtenidos por la metodología de evaluación visual fueron coherentes con lo mostrado en los análisis fisicoquímicos realizados, por lo que el protocolo de evaluación visual si representa una herramienta apropiada para la valoración del estado de un río, al menos con características similares al río Chiticuy, permitiendo una estimación de las condiciones de calidad hídrica y del hábitat de una manera rápida, sencilla, económica, segura y asequible para cualquier persona.
- Es fundamental la vinculación de la comunidad en estos procesos evaluativos puesto que son los principales responsables y a la vez afectados por el estado del recurso, son quienes tienen mayor conocimiento acerca del río y la influencia que tienen las características locales sobre este, y en ocasiones son los más interesados en la protección y recuperación de los cuerpos hídricos. Debe ser considerada la importancia de la participación ciudadana al momento de diseñar los elementos de trabajo y capacitación con el fin de brindar la mayor comprensión posible e incentivar a las personas a entablar un trabajo colaborativo prolongado.
- El mapa interactivo resultado del diseño cartográfico realizado durante el proyecto, representa una herramienta de gran utilidad para la comunidad y quienes quieran dar continuidad a proyectos de evaluación tanto cuantitativa como cualitativa mediante el trabajo colaborativo, puesto que permite de manera libre y sencilla el aporte de información de diversas fuentes y así mismo la consulta de datos ya

analizados y registrados, generando así un sistema de información geográfica comunitario.

## **9. Recomendaciones**

A continuación, se establecen varios puntos a tener en cuenta, con los aspectos a mejorar para tener un desarrollo mucho más óptimo de proyectos que estén relacionados con el análisis cualitativo de los recursos hídricos.

- Teniendo presente la primera conclusión de esta investigación, se recomienda una actualización de los documentos institucionales tales como el POT de Duitama, el EOT de Santa Rosa de Viterbo y el POMCA de la cuenca del río Chicamocha, pues la información encontrada no concuerda con lo que existe actualmente entorno al río Chiticuy.
- Se recomienda la determinación de más parámetros fisicoquímicos a lo largo del cuerpo hídrico que no fueron realizados en este proyecto ni están publicados en el último monitoreo de Corpoboyacá, para tener mayor exactitud de los puntos del río en donde se reciben los mayores impactos al recurso y cuáles son los tipos y concentraciones de la carga contaminante adquirida.
- Para futuros espacios donde se incluya la participación ciudadana es importante realizar gestiones que permitan involucrar a líderes ambientales o grupos que estén relacionados con la búsqueda de proyectos que promuevan la protección del medio ambiente, para que de este modo haya una retroalimentación en el lugar donde se estén realizando actividades como capacitaciones o sensibilización a la comunidad.

- Por otro lado, organizar eventos de sensibilización y educación ambiental en conjunto con instituciones académicas para que exista una mayor participación y difusión de estos proyectos entre los estudiantes de básica y media, incitándolos al desarrollo de propuestas que tengan relación con el cuidado y preservación del medio ambiente.
- Por último, se hace necesario involucrar la participación en esta clase de proyectos a la administración local para dar una mayor visualización de las problemáticas ambientales existentes y aumentar el alcance de las propuestas, ya que las comunidades que se ubican cerca al río suelen presentar indignación por el abandono de los entes gubernamentales frente a estos temas, dejando a la ciudadanía sin mayor apoyo para el cuidado y conservación del recurso hídrico.

## 10. Referencias Bibliográficas

- Ardila Arias, A. N., Reyes Calle, J., Arriola Villaseñor, E., & Hernández, J. A. (2012, December 20). Remoción fotocatalítica de dco, dbo5 y cot de efluentes de la industria farmacéutica | Revista Politécnica. *Revista Politécnica* 8(15), 9–17.  
<https://revistas.elpoli.edu.co/index.php/pol/article/view/316>
- Bjorkland, R., Pringle, C. M., & Newton, B. (2001). A stream visual assessment protocol (SVAP) for riparian landowners. *Environmental Monitoring and Assessment*, 68(2), 99–125. <https://doi.org/10.1023/A:1010743124570>
- California State Water Resources Control Board. (n.d.). Folleto Informativo pH ¿Qué es el pH? *Folleto Informativo 3.1.4.0*. Retrieved October 25, 2021, from <https://www.waterboards.ca.gov>
- Cole, J. J., & Pace, M. L. (2020). The Discipline of Limnology. *Reference Module in Earth Systems and Environmental Sciences*. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-819166-8.00006-2>
- Cordy, G. E., & USGS science for a changing world. (2014). *FS-027-01--A Primer on Water Quality*. <https://pubs.usgs.gov/fs/fs-027-01/>
- CORPOBOYACA. (2006). *Plan De Ordenación Y Manejo Ambiental*.
- De Jesús-Crespo, R., & Ramirez, A. (2011). The use of a Stream Visual Assessment Protocol to determine ecosystem integrity in an urban watershed in Puerto Rico. *Physics and Chemistry of the Earth*, 36(12), 560–566.  
<https://doi.org/10.1016/j.pce.2010.11.007>
- Decreto 1640 de 2012. Por medio del cual se reglamentan los instrumentos para la planificación, ordenación y manejo de las cuencas hidrográficas y acuíferos, y se

dictan otras disposiciones. 2 de agosto de 2012.

EOT. (2001). *Esquema de ordenamiento territorial de Santa Rosa de Viterbo. Diagnóstico Biofísico*.

Galindo Leva, L. A., Constantino Chuairé, L. M., Benavides Machado, P., Montoya

Restrepo, E. C., & Rodríguez Valencia, N. (2012). *Evaluación de macroinvertebrados acuáticos y calidad de agua en quebradas de fincas cafeteras de Cundinamarca y Santander Colombia* (Vol. 63, Issue 1).

<https://biblioteca.cenicafe.org/bitstream/10778/514/1/arc063%281%2970-92.pdf>

Global Water Partnership South America GWP. (2011, December 21). *¿Qué es la GIRH? - GWP*. <https://www.gwp.org/es/GWP-Sud-America/ACERCA/porque/PRINCIPALES-DESAFIOS/Que-es-la-GIRH/>

Gualdrón Durán, L. E. (2016, December). *Evaluación de la calidad de agua de ríos de Colombia usando parámetros físicoquímicos y biológicos*.

<https://revistas.unilibre.edu.co/index.php/ambiental/article/view/4593/3916>

Herrera, M. M., Owen, W., María, M. M. S. A., & Moreno, A. (2002). *Biomonitoreo de ríos en el Territorio Indígena Talamanca Bribri 2002-2020: Resumen de 19 años de trabajo* (Issue 506). [www.anaicostarica.org](http://www.anaicostarica.org)

Instituto Nacional de Conservación y Desarrollo Forestal, Á. P. y V. S. (ICF) D. de vida silvestre. (2011). *Protocolo de monitoreo de la calidad del agua Mediante macroinvertebrados acuáticos como bioindicadores Metodología de muestreo*.

Kaboré, I., Moog, O., Ouéda, A., Sendzimir, J., Ouédraogo, R., Guenda, W., & Melcher, A. H. (2018). Developing reference criteria for the ecological status of West African rivers. *Environmental Monitoring and Assessment*, 190(1).

- <https://doi.org/10.1007/s10661-017-6360-1>
- Ley 388 de 1997. Por la cual se modifica la Ley 9ª de 1989, y la Ley 3ª de 1991 y se dictan otras disposiciones. 18 de julio de 1997. D.O. No. 43127.
- Lozano-Rivas, W. A. (2013). *Calidad fisicoquímica del agua : métodos simplificados para su muestreo y análisis*. 199.
- Macuroy, J., Devanadera, M. C., Roxas, E., Salvacion, A., & Sandalo, R. (2017). Reliability of the Sarno River Visual Assessment Protocol (SRVAP) as a River Quality Evaluation Tool: Result from Initial Assessment in Aborlan River, Philippines. *Journal of Human Ecology*, 6(1). <https://ovcre.uplb.edu.ph/journals-uplb/index.php/JHE/article/view/395>
- Mafla Herrera, M. (2005). *Guía para Evaluaciones Ecológicas Rápidas con Indicadores Biológicos en Ríos de Tamaño Mediano Talamanca - Costa Rica*.
- Paola Íñiguez-Ayón, Y., Ángel Peña-Salmón, C., & Efrén Sicairos-Avitia, S. (n.d.). Ecosistema fluvial urbano: evaluación ecológica y visual del río Tamazula en la ciudad de Culiacán, Sinaloa Urban waterway ecosystem: Ecological and visual evaluation of the Tamazula river, located in Culiacán, Sinaloa. *AÑO*, 17, 2015–2016.
- Pérez, J. H., Martínez-Romero, L. C., Castellanos-Guerrero, L. T., Mora-Parada, A. R., & Rocha-Gil, Z. E. (2020). Macroinvertebrate bioindicators of water quality in artificial hydrological systems in the department of boyacá, colombia. *Produccion y Limpia*, 15(1), 35–48. <https://doi.org/10.22507/PML.V15N1A3>
- POT. (2002). *Plan de ordenamiento Terriotrial del municipio de Duitama*. 1–237.
- Pradana Pérez, J. Á. (2019). *Criterios de calidad y gestión del agua potable*. <https://ezproxy.uan.edu.co:2830/es/lc/bibliouan/titulos/111749>

- Resolución 1096/2000. Por la cual se adopta el Reglamento Técnico para el Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico – RAS. 17 de noviembre del 2000.
- Resolución 2115 de 2007. Por medio de la cual se señalan características, instrumentos básicos y frecuencias del sistema de control y vigilancia para la calidad del agua para consumo humano. 22 de junio de 2007.
- Resolución 631 de 2015. Por la cual se establecen los parámetros y los valores límites máximos permisibles en los vertimientos puntuales a cuerpos de aguas superficiales y a los sistemas de alcantarillado público y se dictan otras disposiciones. 18 de abril de 2015. D.O No. 49486.
- Rodríguez Valencia, N., Galeano Serna, J. A., & Quintero Yepes, L. V. (2018). *Aumentando la resiliencia a eventos climáticos extremos en el sector cafetero colombiano : Evaluación de la vulnerabilidad del territorio cafetero a la disponibilidad hídrica.*
- [https://biblioteca.cenicafe.org/bitstream/10778/959/1/Vulnerabilidad recurso hídrico a variabilidad climática.pdf](https://biblioteca.cenicafe.org/bitstream/10778/959/1/Vulnerabilidad%20recurso%20h%C3%ADrico%20a%20variabilidad%20clim%C3%A1tica.pdf)
- Roldán-Pérez, G. (2016). Los macroinvertebrados como bioindicadores de la calidad del agua: cuatro décadas de desarrollo en Colombia y Latinoamérica. *Revista de La Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 40(155), 254.
- <https://doi.org/10.18257/raccefyn.335>
- Roldán Pérez, G. A. (2003). *Bioindicacion de la calidad del agua en Colombia Propuesta para el uso del métodoBMWP/Col.* (Editorial Universidad de Antioquia (ed.)).
- Sierra Ramirez, C. A. (2011). Calidad del Agua. Evaluación y diagnóstico. In *Journal of Chemical Information and Modeling* (Vol. 53, Issue 9).

- Silvano, R. A. M., Udvardy, S., Ceroni, M., & Farley, J. (2005). An ecological integrity assessment of a Brazilian Atlantic Forest watershed based on surveys of stream health and local farmers' perceptions: Implications for management. *Ecological Economics*, 53(3), 369–385. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2004.12.003>
- United States Department of Agriculture USDA. (2009). *Stream Visual Assessment Protocol 2 (SVAP 2) | MN Board of Water, Soil Resources*.  
<https://bwsr.state.mn.us/stream-visual-assessment-protocol-2-svap-2>
- USGS science for changing world. (n.d.). *Hardness of Water*. Retrieved October 26, 2021, from [https://www.usgs.gov/special-topic/water-science-school/science/hardness-water?qt-science\\_center\\_objects=0#qt-science\\_center\\_objects](https://www.usgs.gov/special-topic/water-science-school/science/hardness-water?qt-science_center_objects=0#qt-science_center_objects)

# 11. Anexos

## Anexo 1. Folleto del protocolo utilizado para las capacitaciones.

### J. Presión de pesca

Condición	Puntaje
Nadie pesca aquí	10
Pesca poco frecuente y no usan redes	7
Se pesca con frecuencia, usan redes y veneno 1 vez al año	3
Pesca indiscriminada	1

### K. Presencia de basuras

Condición	Puntaje
No hay evidencia de basura	10
Presencia de desechos sólidos cerca	7
Presencia de desechos sólidos en el cauce (1 o 2 tipos)	5
Presencia moderada de desechos sólidos en el cauce (3 o más tipos)	3
Abundancia de basura en todo el trayecto	1

### I. Refugio para peces Tipos:

Troncos, ramas de árboles caídos, plantas inclinadas, alfombra de raíces, raíces gruesas, orillas socavadas, hojas en el fondo, plantas creciendo en el agua, pozas, piedras)



Condición	Puntaje
Más de 7 tipos de refugio	10
6 o 7 tipos de refugio	7
4 o 5 tipos de refugio	5
2 o 3 tipos de refugio	3
0 o 1 tipo de refugio	1

### m. Refugio para insectos

Condición	Puntaje
5 o más tipos (ej: ramas que tienen tiempo en el agua)	10
3 o 4 tipos (existentes o potenciales, ej: árboles inclinados)	7
1 o 2 tipos (sedimentos en el fondo)	3
0 o 1 tipo	1

### n. Presencia de estiércol

Condición	Puntaje
No hay estiércol o evidencia de animales cerca del río o quebrada	10
Ganado en la zona ribereña, pero sin acceso directo al río	7
Estiércol en la quebrada o ganado en el río	3
Mucho estiércol en el río o tuberías que descargan aguas negras	1

### o. Presencia de algas (Aumento de nutrientes)



Condición	Puntaje
No hay algas filamentosas (agua clara)	10
Crecimiento moderado de algas filamentosas en sitios de aguas lentas	7
Abundancia de algas filamentosas especialmente en áreas con sol	3
Exceso de algas filamentosas en rocas, troncos...	1

## PROTOCOLO DE EVALUACIÓN VISUAL DE RIOS

### Estudio de caso: río Chiticuy, Duitama.



Adaptado de la guía de evaluación de evaluación visual de ríos y quebradas adaptado a Talamanca



#### Stream Visual Assessment Protocol Version 2

Suma todos los puntajes y divídelos entre 15, luego compara con esta tabla de resultados

Rango de puntajes	Clase
9.6 - 10	Excelente
7.7 - 8.5	Bueno
6.1 - 7	Regular
3.1 - 5.3	Pobre
1 - 2.2	Muy pobre

### a. Apariencia del agua



Condición	Puntaje
Completamente clara un día después de la lluvia	10
Puede ser turbio varios días después de la lluvia	7
Muy turbia más de una semana después de la lluvia y pueden haber malos olores	3
Turbio todo el tiempo y/o con fuerte olor a químicos o aguas negras	1

### b. Sedimentos



Condición	Puntaje
El agua se mantiene clara	10
Tarda 2 segundos en aclarar el agua	7
Tarda 5 segundos en aclarar el agua	5
Tarda 8 segundos en aclarar el agua	3
No se aclara el agua	1

### c. Zona Ribereña



Condición	Puntaje
-----------	---------

Bosque primario en toda la orilla	10
Monocultivo de algún tipo de árboles	7
Franja mixta de pocos árboles en la orilla	5
Plantaciones en la orilla	3
Potreros	1

### d. Sombra

Condición	Puntaje
100% del cauce con sombra	10
75% del cauce con sombra	7
50% del cauce con sombra	3
Todo el cauce sin sombra	1

### e. Pozas

Condición	Puntaje
Abundancia de pozas (1m de profundidad)	10
Presencia de pozas, pero no abundancia	7
Presencia de pozas, pero poco hondas	3
Ausencia de pozas	1

### f. Condición del cauce



Condición	Puntaje
Cauce natural	10
Evidencia de alteración, pero en recuperación	7
Cauce alterado, exceso de incisión o naturalmente muy profundo	3
Cauce canalizado, mucha incisión	1

### g. Alteración hidrológica (desbordes)

Condición	Puntaje
Ocurren desbordes 1 o más veces en época de lluvia	10
Ocurren desbordes cada 1.5 a 2 años	7
Ocurren desbordes cada 3 a 5 años	3
Nunca hay desbordes, el cauce está canalizado	1

### h. Estabilidad de la orilla



Condición	Puntaje
Orillas estables, protegidas por raíces de árboles	10
Moderadamente estables	7
Poco inestables, erosión en las curvas, árboles cayendo al agua	3
orillas inestables erosionadas, árboles caídos en el agua	1

### i. Barreras al movimiento de los peces



Condición	Puntaje
No hay barreras	10
Hay obstrucciones provisionales	7
Alcantarillas o puentes	3
Represas o desviaciones de agua	1

## Anexo 2. Formato de la encuesta de percepción del protocolo.

### ENCUESTA DE PERCEPCIÓN DEL USO DEL PROTOCOLO DE EVALUACIÓN VISUAL DE RIOS

La presente investigación se titula "Implementación de protocolos de evaluación cualitativa de corrientes hidrológicas: Estudio de caso río Chiticuy, Duitama" y es elaborado por estudiantes de la Universidad Antonio Nariño. El propósito de la investigación es evaluar cualitativamente las condiciones del río Chiticuy mediante la implementación de protocolos alternativos para la evaluación de corrientes hídricas y su posible replicación por parte de la comunidad.

Para ello se les solicita participar de manera voluntaria en la siguiente encuesta.

**¿Acepta que los datos ingresados sean tratados de forma agregada y utilizados únicamente con fines académicos?**

Sí\_\_ No\_\_

**Ocupación u oficio:** \_\_\_\_\_

**De 1 a 5 ¿Qué tan clara y pertinente fue la capacitación que recibió para evaluar la calidad del río de forma visual?**

Nada Claro 

1	2	3	4	5

 Completamente claro

**¿Considera apropiado el tiempo dedicado para la capacitación?**

- Sí  
 No, falta tiempo  
 No, fue demasiado extenso

**Si desea, realice alguna recomendación para futuras capacitaciones** \_\_\_\_\_

**De 1 a 5 ¿Qué tan claro y comprensible le parece el material de apoyo (folleto)?**

Nada Claro 

1	2	3	4	5

 Completamente claro y comprensible

**¿Cómo le pareció la aplicación del protocolo para la evaluación visual del río? Marque todas las opciones con las que se identifique**

- Fácil, aunque demasiado extenso  
 Es difícil calificar algunos parámetros  
 Muy difícil  
 Requiere más capacitación  
 No me pareció interesante

**¿Le parece pertinente el desarrollo de proyectos que permitan que la comunidad evalúe la calidad de sus ríos?**

- Sí  
 No

Anexo 3. Tabulación de los puntajes asignados a cada parámetro del protocolo en todos los puntos.

Punto de monitoreo	Apariencia del agua	Sedimentos	Zona ribereña	Sombra	Pozas	Condición del cauce	Alteración hidrológica	Estabilidad de la orilla	Barrera al movimiento de peces	Presión de pesca	Presencia de desechos sólidos	Refugio para peces	Refugio para insectos	Presencia de estiércol	Nutrientes de origen orgánico	Puntaje total
1	10	10	10	7	10	10	1	10	7	7	10	10	10	7	10	8,6
	10	10	10	7	10	10	1	10	7	7	10	10	10	3	10	8,333333333
	10	10	10	7	10	10	1	10	7	7	10	10	10	7	10	8,6
	10	10	10	7	10	10	1	10	7	7	10	10	10	3	10	8,333333333
	10	10	10	7	7	10	1	10	7	7	10	10	10	3	10	8,133333333
2	7	7	10	10	3	7	1	7	7	10	7	3	7	10	7	6,866666667
	7	7	7	7	3	7	1	7	7	10	7	3	7	7	7	6,266666667
	7	7	10	10	3	7	1	7	7	10	7	3	7	10	7	6,866666667
	7	7	7	7	3	7	1	7	7	10	7	3	7	10	7	6,466666667
	7	7	7	7	3	7	1	7	7	10	7	3	7	10	7	6,466666667
3	7	7	10	10	3	10	3	10	3	10	3	7	10	1	3	6,466666667
	10	7	5	1	7	10	3	10	3	10	3	7	10	1	7	6,266666667
	10	5	5	1	3	10	3	10	3	10	3	7	10	3	3	5,733333333
	10	5	5	1	7	3	3	10	3	10	3	10	10	3	7	6
	7	5	6	1	3	3	7	7	3	10	7	3	3	10	7	5,466666667
4	7	5	6	1	3	3	10	3	3	10	5	3	3	10	7	5,266666667
	7	5	6	1	3	3	7	7	3	10	7	1	1	10	7	5,2
	7	5	4	1	3	3	10	7	3	10	5	1	1	10	7	5,133333333
	7	5	7	10	3	3	3	7	3	10	5	5	7	10	7	6,133333333
	7	3	7	7	7	3	7	3	3	10	5	3	3	10	7	5,666666667
5	7	5	7	10	3	3	3	7	3	10	5	3	7	10	7	6
	7	3	7	7	7	3	7	3	3	10	5	3	3	10	7	5,933333333
	7	5	7	10	3	3	3	7	3	10	5	3	7	10	7	6

#### Anexo 4. Registro Fotográfico del trabajo de campo



