PRIORIZACIÓN DE PREDIOS PARA LA CONSERVACIÓN Y PROTECCIÓN DEL RECURSO HÍDRICO Y SU CUENCA.
APLICACIÓN EN LA QUEBRADA MARÍA RAMOS, CHIQUINQUIRÁ, BOYACÁ, COLOMBIA.

Sergio Esteban Velandia Morales

Jenny Alexandra Bermúdez Avila,

Universidad Distrital Francisco José de Caldas

Facultad de Medio Ambiente y Recursos Naturales

Proyecto Curricular de Ingeniería ambiental

Bogotá D.C.

Marzo de 2019

Priorización de Predios para la Conservación y Protección del Recurso Hídrico y su Cuenca. Aplicación en la Quebrada María Ramos, Chiquinquirá, Boyacá, Colombia.

Trabajo de grado en modalidad de investigación e innovación para optar por el título de Ingenieros Ambientales.

Sergio Esteban Velandia Morales, Código 20132180016.

Jenny Alexandra Bermúdez Avila, Código 20132180056

Director: Álvaro Martín Gutiérrez Malaxechebarría

Universidad Distrital Francisco José de Caldas

Facultad de Medio Ambiente y Recursos Naturales

Proyecto Curricular de Ingeniería ambiental

Bogotá D.C.

Marzo de 2019

Dedicatoria

A Dios,

Por permitirme culminar una nueva etapa, por su guía y la fuerza que me brinda para afrontar cada obstáculo.

A mi mamá y abuela,

Los motores de mi vida. Por su incondicionalidad, por ser la principal razón se mis sueños y objetivos, este logro es para ustedes con todo mi amor y agradecimiento.

A mi familia,

A cada uno de ellos agradezco por poner un granito de arena en la culminación de este camino que asoma su final.

A mis amigos, compañeros, profesores y allegados

A todos aquellos con los que pude tener gratas experiencias, momentos gratos de aprendizaje y enseñanzas para la vida.

A Alexandra, mi compañera de estudios y de vida, quien estuvo siempre a mi lado afrontando esta etapa, a quien por sus enormes virtudes y cualidades me enorgullece llamar colega.

Sergio Velandia

A Dios y a la vida,

Por ponerme en este camino y darme las fuerzas para culminar esta maravillosa etapa.

A mi familia,

A mis padres por su paciencia, apoyo e infinito amor, por ser mi faro.

A mi madre, Yaneth Ávila, por enseñarme a ser valiente, fuerte y resiliente, por darme todo.

A mi padre, Héctor Bermúdez, por enseñarme a ser noble y humilde, por ayudarme siempre.

A mi hermana, Laura Valentina, por ser mi motivación, por regalarme alegría y esperanza.

A mis abuelos y demás familiares, por sus oraciones, palabras de aliento y buenos deseos.

A mis amigos y compañeros,

En quienes encontré una mano amiga y valiosas enseñanzas, con quienes compartí momentos memorables y me ayudaron a ser mejor.

A mi compañero de lucha y vida, Sergio Esteban, con quien compartí esta etapa, quien con amor y respeto me ayudó a levantarme y seguir adelante.

Alexandra Bermúdez

Agradecimientos

A la comunidad y las juntas administradoras de los acueductos de las veredas Teneria y La Mesa, de Chiquinquirá, por recibirnos en sus hogares y desinteresadamente apoyar, participar y contribuir a la construcción de este proyecto.

A la familia Umaña, por recibirnos con los brazos abiertos y dejarnos entrar en su hogar y familia, por su bondad y solidaridad.

Al docente Álvaro Martín Gutiérrez Malaxechebarría, por su guía y dirección durante el desarrollo de este proyecto, por su apoyo y conocimientos compartidos.

A nuestro colega, Jerson González, por su apoyo, guía, colaboración e interés en este proyecto, por sus consejos.

A nuestros docentes, por las enseñanzas brindadas, el apoyo y la motivación, por expandir nuestra visión del mundo y alentarnos a buscar la construcción de una mejor sociedad.
Al docente Miguel Cepeda, por sus conocimientos y asesorías.

A la Universidad Distrital Francisco José de Caldas, por darnos la oportunidad de alcanzar nuestros sueños, por dar muestra de lo valioso de la educación pública y de calidad.

Contenido

Resumen **1**

Introducción **2**

Objetivos **3**

Marco teórico **3**

Metodología de priorización de áreas para conservación de cuencas **12**

Etapa 1. Magnitud de la priorización *13*

Etapa 2. Análisis de la microcuenca *13*

Etapa 3. Priorización de áreas *29*

Resultados **30**

Etapa 1. Magnitud de la priorización *30*

Etapa 2. Análisis de la microcuenca *33*

Etapa 3. Priorización de áreas *57*

Discusión de resultados **72**

Conclusiones **78**

Recomendaciones **80**

Referencias **82**

Anexos **86**

Índice de Ilustraciones

Ilustración 1. Áreas de muestreo de suelo. 24

Ilustración 2. Superposición de componentes 30

Ilustración 3. Ubicación del área de estudio. 31

Ilustración 4. División de la microcuenca. 32

Ilustración 5. Actores sociales de la quebrada María Ramos. 46

Ilustración 6. Curva hipsométrica de la microcuenca de la quebrada María Ramos 49

Ilustración 7. Resultados de priorización por componente. 65

Ilustración 8. Resultados de priorización final. 67

Ilustración 9. Predios de alta priorización. 68

Ilustración 10. Predio ejemplo de alta priorización 70

Ilustración 11. Predio ejemplo de moderada priorización 70

Ilustración 12. Predio ejemplo de moderada priorización 70

Ilustración 13. Predio ejemplo de moderada priorización 70

Índice de Tablas

Tabla 1 Parámetros morfométricos 16

Tabla 2 Variables por componente 22

Tabla 3 Variables del suelo 26

Tabla 4 Concesiones de la quebrada María Ramos 36

Tabla 5 Resultados de la aplicación de encuestas 39

Tabla 6 Resultados de parámetros morfométricos 47

Tabla 7 Resultados del muestreo y análisis de suelo 52

Tabla 8 Valoración del componente físico ambiental 58

Tabla 9 Valoración del componente normativo 62

Tabla 10 Valoración del componente socioeconómico 63

Tabla 11 Valoración del componente cultural 64

Tabla 12 Rangos de priorización por componente 65

Tabla 13 Rangos de priorización final 66

Tabla 14 Identificación de predios de alta priorización 68

Tabla 15 Matriz descriptiva de predios evaluados 70

Resumen

El presente documento plantea como objetivo principal la priorización de áreas estratégicas para la conservación y protección del recurso hídrico de la quebrada María Ramos, en el municipio de Chiquinquirá, Boyacá, Colombia; para esto, se realiza la adaptación y aplicación de la metodología propuesta por Gutiérrez, Zambrano, & Ospina (2015) en la parte alta de la microcuenca; así como el análisis multicriterio de los componentes físico-ambiental, normativo, socioeconómico y cultural a partir de la superposición de cartografías temáticas a través de sistemas de información geográfica.

Una vez determinadas las áreas de mayor importancia, se realiza la superposición de cartografía catastral y se identifican las áreas a priorizar, obteniendo un total de 41 predios, con el objetivo de brindar una herramienta para la toma de decisiones que garantice la conservación, continuidad y abastecimiento del recurso hídrico en el territorio.

En este sentido y, a manera de conclusión, es posible afirmar que a partir de la caracterización del territorio por componentes, las zonas estratégicas para la conservación y protección del recurso hídrico se ubican en la parte más alta de la microcuenca, estas deben ser priorizadas dentro de la selección de áreas para la ejecución de proyectos e inversiones que contribuyan al mejoramiento de la oferta hídrica.

Palabras clave: Cuenca hidrográfica, regulación hídrica, priorización de áreas, conservación del recurso hídrico.

Introducción

Colombia posee una gran oferta hídrica y una amplia disponibilidad de recursos naturales, por lo que se tiene una percepción errónea actual de que el territorio tiene de abundancia de agua en todos los departamentos que componen la nación; sin embargo, en la mayor parte del territorio poblado existen deficiencias en el abastecimiento de agua para consumo humano y para el desarrollo de actividades económicas que requieren de este recurso (Zamudio, 2012). Es por esta razón que surge la necesidad de identificar los aspectos y áreas que influyen directamente en la regulación hídrica de las cuencas y microcuencas, en pro del continuo abastecimiento de agua para las comunidades (Rodríguez, 2006). En la vereda tenería del municipio de Chiquinquirá, Boyacá, Colombia, es evidente la necesidad de una regulación hídrica para el abastecimiento del recurso para el cumplimiento de las necesidades de la población

La regulación hídrica de la cuenca está altamente influenciada por las variables físico ambientales que se presentan en el territorio, tales como la cobertura vegetal, el régimen climático, la pendiente y las características del suelo; así como variables socioeconómicas relacionadas a las actividades productivas; variables culturales como áreas de importancia social y cultural; y, finalmente, variables de tipo normativo como la existencia de áreas protegidas (Gutiérrez et al., 2015). En este sentido, se convierte en objetivo del presente documento, el determinar las zonas estratégicas dentro de la cuenca hidrográfica que, de acuerdo con estas variables, presentan las condiciones necesarias para la protección y conservación del recurso hídrico, así como su regulación para el abastecimiento. A partir de esto y teniendo en cuenta que, de acuerdo a la información recopilada, la quebrada María Ramos ha sufrido periodos de disminución de caudal y épocas de escasez de agua asociadas a eventos climáticos; en este documento se desarrolla la caracterización y evaluación del territorio, a través del desarrollo de cartografía de variables

mediante herramientas SIG, a partir de la cual se obtiene como resultado la priorización de áreas e identificación de unidades prediales, de la parte alta de la microcuenca, estratégicas para la protección, conservación y regulación del recurso 3 hídrico, de manera que se espera brindar una herramienta a los actores y entes territoriales locales para la toma de decisiones ambientales.

Objetivos

Objetivo General

Identificar los predios que deben ser priorizados para la conservación y protección de la Quebrada María Ramos y su microcuenca, en la vereda Teneria, Chiquinquirá, Colombia.

Objetivos Específicos

Adaptar y aplicar la metodología de priorización de áreas para conservación de cuencas, propuesta por Gutiérrez et al. (2015), en la Quebrada María Ramos.

Realizar la caracterización biofísica, socioeconómica y cultural de la microcuenca de la Quebrada María Ramos.

Evaluar y clasificar los predios de interés en alta, moderada o baja priorización.

Desarrollar una herramienta para la toma de decisiones en torno a la gestión del recurso hídrico en la microcuenca de la quebrada María Ramos.

Marco teórico

Política del agua y concepto de cuenca hidrográfica en Colombia

En el decreto 2811 de 1974, por el cual se dictó el código nacional de recursos naturales renovables y de protección al medio ambiente, se identificó el agua como un bien de uso público y se establecieron planes de protección y manejo de recursos naturales. A partir del código de recursos naturales, en 1996, y bajo la influencia de la cumbre de Río de 1992, el entonces

Ministerio de Medio Ambiente expidió los lineamientos de política para el manejo integral del agua y posteriormente, en 1998, los mecanismos para la política nacional de ordenación ambiental del territorio a través de planes de ordenación y manejo de la cuenca hidrográfica, con los cuales se incentivó la cuenca como unidad de planificación, ordenación, manejo y gestión de los recursos hídricos. (Zamudio, 2012)

Según el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (2018), la cuenca hidrográfica corresponde al área de aguas superficiales que vierten a una red hidrográfica natural con uno o varios cauces naturales, de caudal continuo o intermitente, que confluyen en un curso mayor que, a su vez, puede desembocar en un río principal, en un depósito natural de aguas, en un pantano o directamente en el mar. Es decir que, la cuenca es un área definida por la propia naturaleza, principalmente por los límites de las áreas de escorrentía de las aguas superficiales que convergen hacia un solo curso de agua (Dourojeannni, 2001), de esta manera, la cuenca puede considerarse una unidad fisiográfica conformada por el conjunto de cursos de agua definidos por el relieve (Ramakrishna, 1997; citado en Rodríguez, 2006).

En la cuenca se pueden distinguir tres partes: la cuenca alta, la cuenca media y la cuenca baja; en la parte alta y media de la cuenca se sitúan la mayoría de nacimientos y cauces primarios y secundarios, mientras que en la parte baja se encuentran los cauces de mayor orden por lo cual en ella suelen desarrollarse, en mayor magnitud, los asentamientos humanos así como actividades agropecuarias, industriales, entre otras; es así que la cuenca se presenta como un sistema formado por un conjunto de elementos que se interrelacionan entre sí, tales como el agua, el bosque, el suelo y la población humana, los cuales presentan cualidades físicas, bilógicas, económicas, sociales y culturales que dotan a la cuenca de sus propias características especiales. (Bernis, 2005; citado en Muñoz, 2015; Dourojeannni, 2001)

Comprendiendo la cuenca como un sistema complejo de interrelaciones de sus elementos, en el 2010, el Ministerio de Ambiente diseña la Política Nacional para la Gestión Integral del Recurso Hídrico la cual considera el agua como factor de desarrollo económico y de bienestar social. Esta política tiene como objetivo garantizar la sostenibilidad del recurso hídrico, mediante una gestión y uso eficiente y eficaz, articulados al ordenamiento y uso del territorio y a la conservación de los ecosistemas que regulan la oferta hídrica. (Minambiente, 2010)

Para esto, en la política se establecen estrategias y directrices que buscan guiar el rumbo de las acciones que deben desarrollar instituciones, autoridades y usuarios que intervienen en la gestión integral del recurso hídrico, en pro de lograr la armonización de los aspectos sociales, económicos y ambientales; y el desarrollo de los respectivos instrumentos económicos y normativos. (Minambiente, 2010). El diseño de la política apuntó a resolver la problemática del recurso hídrico, en busca de preservarlo como una riqueza natural para el bienestar de las generaciones futuras de colombianos.

Según el IDEAM, citado en (Zamudio, 2012), la problemática hídrica de Colombia se debe a que la oferta hídrica en el país experimenta una disminución progresiva a causa de las limitaciones de uso por la calidad del agua, afectada por la contaminación producto actividades socioeconómicas, por los aportes de sedimentos provenientes de fenómenos erosivos y por los procesos de degradación de las cuencas.

Para Zamudio (2012), esta problemática se asocia a que la gran riqueza hídrica que posee Colombia no se encuentra distribuida homogéneamente, de manera que más del 80% de las cabeceras municipales se abastecen de fuentes de agua pequeñas, como arroyos, quebradas y riachuelos, que no garantizan la disponibilidad del recurso hídrico; además, los grandes

asentamientos humanos y los polos de desarrollo industrial, agrícola y pecuario en el país, se han dado en regiones donde la oferta hídrica es menos favorable, lo que ha generado presiones sobre el recurso y problemas de disponibilidad en algunos municipios y áreas urbanas, durante periodos con condiciones climáticas extremas.

Es así que de la Política Nacional para la Gestión Integral del Recurso Hídrico se derivan dos decretos a resaltar:

El Decreto 0953 de 2013, en el cual se dispuso que los departamentos y municipios dedicarán un porcentaje no inferior al 1% de sus ingresos corrientes para la adquisición y mantenimiento de las áreas de importancia estratégica para la conservación de recursos hídricos o para financiar esquemas de pago por servicios ambientales en dichas áreas. En los artículos 4, 5, 6 y 7 de este decreto, se define que las autoridades ambientales deben identificar, delimitar y priorizar estas áreas con el fin de que las entidades territoriales seleccionen al interior de las mismas los predios a adquirir, a mantener o a favorecer con el pago por servicios ambientales. (Minambiente, 2013)

El Decreto 1076 de 2015, el cual pretende orientar y regular el ordenamiento ambiental del territorio y definir políticas y regulaciones a las que se sujetará la recuperación, conservación, protección, ordenamiento, manejo, uso y aprovechamiento sostenible de los recursos naturales renovables de la nación. A partir de éste, el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, en el 2018, desarrolla la guía metodológica para la formulación del plan de manejo ambiental de microcuencas, en ésta se presentan las directrices a seguir para desarrollar las fases del plan de manejo ambiental de microcuencas relacionadas al diagnóstico del territorio, la identificación de actores, la formulación de proyectos a desarrollar y el seguimiento y evaluación de los mismos.

Actores de la gestión integral del recurso hídrico

A través del tiempo, las entidades gubernamentales y autoridades ambientales han desarrollado nuevas políticas, planes, estrategias y proyectos, con el objetivo de guiar el ordenamiento, manejo y aprovechamiento de las cuencas hidrográficas, en las cuales se involucra activamente a las comunidades usuarias del recurso hídrico a través de herramientas como el pago por servicios ecosistémicos, incentivos a las prácticas económicas y tecnologías sostenibles, promoción del ecoturismo, declaración de áreas de interés cultural y ambiental, entre otras.

Lo anterior se debe a que la participación comunitaria es de vital importancia para el correcto desarrollo y funcionamiento de estas políticas, pues el territorio de la cuenca se ve influenciado por la dinámica socioeconómica, cultural y normativa de los grupos humanos que lo habitan; quienes, a su vez, determinan los diversos usos de los recursos naturales así como el grado de deterioro de los mismos (Rodríguez, 2006).

No obstante, la participación comunitaria es influenciada por el conocimiento y actitud que posee la comunidad frente a un tema en específico. Bagherian, Bahaman, Asnarulkhadi, & Shamsuddin (2009), afirman que no es posible esperar una actitud positiva hacia las cuencas hidrográficas por parte de la comunidad si ésta desconoce los beneficios y los costos asociados a su participación, por lo cual se debe comprender las actitudes de la población y a partir de esto lograr el cambio deseado en el comportamiento para una implementación más exitosa de un programa (Rishi, 2007; citado en Bagherian et al., 2009).

En este sentido, la percepción de la comunidad sobre su entorno y sus recursos, el papel asignado dentro de su sistema productivo, así como su arraigo cultural, cumplen un papel determinante dentro de la conservación y protección del recurso hídrico, por lo que es necesario tener en cuenta estos factores de manera integral dentro del diseño y puesta en marcha de

estrategias y herramientas normativas, técnicas y/o financieras para la gestión y manejo de la cuenca.

Para Zamudio (2012), en el componente cultural se encuentran los mayores retos para asumir la gestión integral del agua puesto que la vulnerabilidad del país en materia hídrica ha sido socialmente construida y culturalmente reproducida, ya que las personas interactúan con la naturaleza del modo en que la cultura se lo establece, lo que, a su vez, determina el nivel de presión sobre los recursos naturales.

Por su parte, Global Water Partnership, (2017), afirma que los actores sociales hacen parte fundamental del manejo adecuado del recurso hídrico; por un lado, los gobiernos regionales y locales cumplen un papel importante en la elaboración de planes de gestión de los recursos hídricos de la cuenca y el ejercicio de acciones de control; por otra parte, las juntas y asociaciones de usuarios de la cuenca cumple su papel como responsables de la distribución del agua, la operación y mantenimiento de las infraestructuras, así como del cobro y administración de las tarifas por la prestación del servicio y su respectivo manejo; finalmente, las comunidades campesinas se organizan en torno a sus fuentes naturales de agua, microcuencas y subcuencas, por lo que determinan el estado del ecosistema de acuerdo a sus usos y costumbres.

De esta manera, es posible comprender que en las cuencas hidrográficas interactúan entre sí las variables biofísicas, socioeconómicas, culturales y políticas del territorio; por esta razón, el manejo de la cuenca se debe concebir desde un enfoque holístico teniendo en cuenta que la cuenca se comporta como un sistema complejo y abierto cuyas interacciones inciden en la disponibilidad de sus recursos naturales y por tanto en el bienestar de las poblaciones que se abastecen de los mismos (Minambiente, 2018), de tal forma que los impactos en una parte de la cuenca afectan tanto la disponibilidad de agua como la salud ambiental en otras partes de la cuenca (Wester & Hirsch,

2007); por esto, el manejo debe desarrollarse con el apoyo de entidades gubernamentales, autoridades ambientales y la participación organizada de la población.

Áreas estratégicas para la regulación hídrica y tecnologías apropiadas para el cultivo de agua

Con base en lo anterior, se puede definir el manejo de la cuenca hidrográfica como un proceso de planificación, implementación y evaluación de estrategias, proyectos y actividades cuyo objetivo sea la preservación, recuperación, protección y uso sostenible de los recursos naturales que garantice la accesibilidad y aprovechamiento de estos para las generaciones futuras. Dentro de estas estrategias se encuentra la identificación de áreas estratégicas para la regulación hídrica, descritas en el decreto 0953 de 2013, las cuales deben ser objeto de proyectos de conservación de recursos naturales.

La regulación del ciclo hidrológico se produce cuando el ecosistema almacena agua en los periodos lluviosos y la libera lentamente en los periodos secos o de estiaje; a mayor capacidad de regulación, mayores serán los caudales base y, mayor será el tiempo en que el cauce se mantiene con agua antes de llegar a secarse (Instituto de Manejo de Agua y Medio Abiente IMA, 2015).

El mecanismo de regulación hídrica más significativo en los ecosistemas altos andinos es el almacenamiento de agua en los suelos; los suelos con mayor contenido de materia orgánica, cobertura vegetal conservada y micro topografía formada por la última glaciación, permiten almacenar gran cantidad de agua en la superficie del suelo o a poca profundidad (IMA, 2015).

Es así que resulta necesario que las áreas estratégicas a identificar cuenten con algunas de estas características para que el desarrollo de proyectos de conservación tenga éxito y garantice la continuidad de los recursos naturales en el tiempo, de modo que su determinación constituya una herramienta para la toma de decisiones (Barreto, 2015). Para identificar estas áreas, Rocha &

Santos (2018) sugieren desarrollar una zonificación hidrológica y ambiental que apunte al equilibrio de los ecosistemas y la sostenibilidad de los recursos naturales.

Dentro de los proyectos de conservación se destacan las tecnologías apropiadas a través de las cuales se puede almacenar aguas lluvias e incrementar la recarga de acuíferos, procesos conocidos en Latinoamérica como siembra o cultivo de agua, para aprovecharlos en la época de estiaje. Dentro de estas tecnologías se destacan:

- Qochas o reservorios de agua: son pequeñas lagunas artificiales que se construyen en las depresiones naturales del terreno con el objetivo de almacenar aguas lluvias e incrementar la recarga de los acuíferos, para ser aprovechada por la población, animales y plantas durante el periodo de estiaje, aguas abajo. Las qochas o reservorios se clasifican en tres categorías de acuerdo con su uso principal: de almacenamiento, aquellas que solo almacenan el agua superficial producto de las lluvias y se caracterizan por presentar una base impermeable; de recarga de acuíferos, en las cuales se utilizan bases permeables para una infiltración lenta y permanente del agua al acuífero; y mixtas, en las cuales se usa una base impermeable cuyos bordes lo conforman terrenos semipermeables o permeables. (Valer & Pérez, 2014)

Estos reservorios de agua pueden generar múltiples beneficios, por ejemplo, a nivel hidrológico contribuyen a mejorar la calidad del agua, asegurar su aprovisionamiento y fortalecer su infiltración, mientras que a nivel recreativo y paisajístico embellecen el paisaje rural y conforma áreas recreativas y de conservación de flora y fauna (Alves, Rogério de Mello, Colombo, & Cuartas, 2017). Además, Nestmann & Stelzer, (2007), sugieren que de acuerdo con el continuo crecimiento de la población y su demanda así como las tendencias climáticas a nivel global, estos

reservorios son necesarios para asegurar y mejorar el acceso de agua potable limpia a las comunidades.

- Zanjas de infiltración: son excavaciones lineales poco profundas desarrolladas en la superficie del suelo con el fin de interceptar los flujos de agua, estas estructuras buscan disminuir el escurrimiento superficial en periodos de lluvias intensas en zonas de ladera y favorecer la acumulación de agua para su infiltración. Al captar el agua de escorrentía, las zanjas ayudan a reducir y amortiguar los efectos de esta y, con ello, evitar los procesos erosivos dentro del territorio. (Campisano, Creaco, & Modica, 2011; Valer & Pérez, 2014; De Freitas Sampaio, Silvestre Rodrigues, De Almeida Bressiani, & Martins Ferreira, 2017)

- Microrepresas desmontables: esta tecnología consiste en hacer microrepresas en la quebrada o el río en una estructura desmontable, lo que permitirá armarla en la época de verano para almacenar agua y desarmarla en temporada de lluvia, para evitar que la obra sea destruida por las corrientes fuertes de agua (Martínez Guzmán, 2013). Por su parte, Nedaw & Walraevens (2011), encontraron que el uso de microrepresas contribuye a la acumulación continua de agua subterránea y mejora el sistema de la misma aguas abajo.

- Reforestación: los bosques y las prácticas forestales protegen, restauran y mantienen la calidad y flujos del agua, el estado y la salud de las cuencas (USDA, 2013, citado en Ekhuemelo, Amonum, & Usman, 2016). De esta manera, la reforestación constituye una de las medidas más importantes para proteger el suelo de la erosión hídrica y mejorar la infiltración del agua, esto se debe a que el tronco y las raíces de los árboles funcionan como retenedores que reducen la velocidad del agua que corre y hacen que la estructura del suelo se rompa y queden aberturas para que el agua se infiltre e incremente la recarga de los acuíferos. (Valer & Pérez, 2014)

Además de proveer servicios ambientales, la reforestación contribuye a la recuperación de los suelos degradados, incrementan los niveles de materia orgánica y la infiltración en el suelo y reducen notablemente la escorrentía superficial.

Valer & Pérez (2014), recomiendan reforestar con especies nativas conocidas como "llamadoras de agua" tales como aliso, sauco, arrayán, entre otros. Por su parte, Christensen (2014), citado en Muñoz (2015), afirma que las especies introducidas pueden comportarse como invasoras y evitar el establecimiento de especies nativas, lo que mermaría los resultados de todos los esfuerzos que se realicen en materia de restauración. Así mismo, Wester & Hirsch (2007) afirma que plantaciones de especies no nativas como pinos, eucaliptos y árboles exóticos generan impactos negativos críticos sobre los recursos hídricos, esto se debe a que los árboles no producen agua, sino que la consumen y, por ende, disminuyen los flujos de agua, por lo cual es necesario realizar procesos de reforestación basados en las condiciones locales.

Metodología de priorización de áreas para conservación de cuencas

El presente proyecto se elabora a partir de la adaptación de la propuesta metodológica de priorización de áreas para conservación de cuencas expuesta por (Gutiérrez et al., 2015), esta propuesta fue seleccionada para el análisis de la microcuenca de la quebrada María Ramos debido a que integra elementos de índole físico-ambiental, socioeconómico, cultural y normativo que permiten entender la dinámica de la cuenca hidrográfica a partir de la respuesta hidrológica, la morfometría, los usos del recurso hídrico y la normatividad ambiental y social de la misma.

De esta manera, se establecen tres grandes etapas que consisten en, la primera, definir la magnitud de la priorización, la segunda, analizar la cuenca y, la tercera, priorizar áreas.

Etapa 1. Magnitud de la priorización

En esta primera parte se pretende establecer la magnitud de la priorización del presente proyecto, para lo cual se desarrollarán los siguientes lineamientos, propuestos por (Gutiérrez et al., 2015):

a. Definir el cuerpo de agua principal, tributarios, nacimiento y desembocadura.
b. Identificar la cuenca hidrográfica.
c. Identificar las tres partes de la cuenca y decidir en qué zona se hará la priorización de áreas.
d. Definir la unidad de análisis para llevar a cabo la priorización de áreas.

Etapa 2. Análisis de la microcuenca

Esta etapa se fundamenta en la recolección de información primaria y secundaria a través de visitas a campo, acercamientos a la comunidad y consultas en instituciones gubernamentales que permitan realizar la caracterización físico ambiental, socioeconómica y cultural de la microcuenca. Esta etapa se divide en tres fases:

1. **Recopilación de información**

La recopilación de información se realiza mediante la búsqueda en diferentes bases de datos y páginas web de entidades oficial, además de elaborar la solicitud formal de información ante diferentes instituciones nacionales de interés para el proyecto.

2. **Identificación de actores de la microcuenca**

Esta identificación se realiza a través de acercamientos a la comunidad usuaria y a las autoridades asociadas a la quebrada María Ramos mediante visitas a campo, reuniones, desarrollo de entrevistas y la aplicación de encuestas.

Para esto, se ha diseñado una encuesta la cual consiste en 38 preguntas, 27 de respuesta abierta, 6 con respuesta Si/No y 5 de opción múltiple; que buscan identificar las características de los usuarios y su relación con el recurso hídrico, las actividades económicas y culturales entorno a la quebrada, la percepción frente a temáticas de protección y ahorro del recurso hídrico, medidas y estrategias de conservación e importancia de priorizar áreas para la protección y conservación de la microcuenca (Ver anexo 1).

La aplicación de esta encuesta se realizará por medio del muestreo por cuotas el cual permite analizar a la población por medio de subgrupos de interés para el estudio, este fue elegido teniendo en cuenta la dificultad para localizar y acceder a la población de interés. Este muestreo busca seleccionar una muestra representativa de la población estableciendo proporciones de los diferentes segmentos que la componen. (Pimienta Lastra, 2000)

El proceso de muestreo consiste en tres pasos:

a. Dividir la población en segmentos o subgrupos; para el caso de estudio los subgrupos serán seleccionados teniendo en cuenta su ubicación geográfica y a que acueducto veredal pertenecen.
b. Establecer la proporción de cada subgrupo en la población total.
c. Aplicar el muestreo; considerando los recursos disponibles y la localización de la población de interés, se propuso un tamaño poblacional de la muestra de 50 encuestas divida entre los subgrupos.

Cabe resaltar que la selección de los encuestados se realizó siguiendo los criterios del muestreo por conveniencia debido a que este permite seleccionar aquellos casos accesibles que acepten ser incluidos, esto, fundamentado en la conveniente accesibilidad y proximidad de los sujetos a ser

encuestados (Otzen & Manterola, 2017); de manera que se encuestó a los usuarios a los cuales se logró localizar y acceder y que aceptaron participar en el estudio.

Adicionalmente, se debe analizar la información de entidades asociadas al manejo del recurso hídrico para así identificar los actores gubernamentales y normativos en la cuenca de interés.

3. Caracterización de la microcuenca

La caracterización de la microcuenca se realiza a través de la búsqueda, interpretación y análisis de información. Está información es divida en dos aspectos, el primero está asociado a la morfométrica y respuesta hidrológica de la microcuenca, mientras que el segundo se concentra en la caracterización físico ambiental, normativa, social y cultural.

Caracterización morfométrica

Con la finalidad de comprender la respuesta hidrológica de la microcuenca de estudio se calculan los parámetros morfométricos más importantes que proporcionan una descripción físico espacial del territorio y, por ende, pueden proporcionar información preliminar sobre las características ambientales, a partir de la descripción precisa de la geometría de las formas superficiales (Gaspari et al., 2012).

La selección de los parámetros evaluar se realiza con base en tres aspectos clave de la microcuenca: el área de captación, el relieve del territorio y la red de drenaje, debido a que estas propiedades morfométricas están relacionadas con la posibilidad de aprovechamiento hídrico y con la generación de una respuesta a los mismos, ante diferentes eventos climáticos (Gaspari et al., 2012).

Tabla 1
Parámetros morfométricos

Parámetro	Ecuación	Descripción
Área de Captación		
Área (*A*)	Se define a través de la poligonización de la divisoria de aguas en el software ArcGIS.	Está definida como la proyección horizontal de toda la superficie de drenaje de un sistema de escorrentía dirigido directa o indirectamente a un mismo cauce natural (Lux, 2014); corresponde a la superficie delimitada por la divisoria de aguas diseñada a partir la plancha cartográfica del IGAC (2014).

Perímetro (*P*)	Se mide a partir de la digitalización de la divisoria de aguas en el software ArcGIS.	Corresponde a la longitud sobre un plano horizontal, que recorre la divisoria de aguas (Lux, 2014). Según Reyes (citado en Díaz, 2017), la longitud del parteaguas de la cuenca, es un parámetro importante, que en conexión con el área nos permite inferir la forma de la cuenca.
Longitud del cauce principal (*Lc*)	Se mide a partir de la digitalización del cauce principal en el software ArcGIS.	Hace referencia a la distancia que recorre el escurrimiento principal de la cuenca desde el punto situado a mayor distancia aguas arriba hasta su desembocadura; los caudales medios, máximos y mínimos, crecen con la longitud de los cauces. Longitudes cortas se asocian a áreas con mayor pendiente mientras que longitudes largas indican gradientes más planos (Chavare & Shinde, 2013).
Longitud Axial (*La*)	Se establece a partir de la digitalización de la línea recta en el software ArcGIS.	Corresponde a la longitud comprendida, en línea recta, desde la desembocadura de la cuenca hasta el punto geográfico más alejado siguiendo el cauce principal. Este parámetro incide directamente en el cálculo del factor de forma y el ancho promedio, los cuales indican la forma de la cuenca.

Ancho promedio	$Ap = \frac{A\ (km^2)}{La\ (km)}$	El ancho promedio es la relación entre el área y la longitud axial de la cuenca, permite visualizar cual es la tendencia geométrica general de la cuenca, para determinar qué tan uniforme es su ancho con relación a un cuadrado.
Factor de forma (*Kf*)	$Kf = \frac{A\ (km^2)}{(La(km))^2}$	Es la relación entre el área y el cuadrado de la longitud axial de la cuenca. Este factor intenta medir cuan cuadrada o alargada puede ser la cuenca y mide la tendencia a ocurrencia de crecientes, un valor de Kf superior a la unidad proporciona el grado de achatamiento de ella o de un río principal corto y por consecuencia una tendencia a concentrar el escurrimiento de una lluvia intensa formando fácilmente grandes crecidas. (Horton R. E., 1932, citado en Chavare & Shinde (2013) y Lux (2014)).
Coeficiente de compacidad (*Kc*)	$Kc = \frac{P\ (km)}{2\sqrt{(A(km^2))\pi}}$	Compara la forma de la cuenca con la de una circunferencia; el grado de aproximación de este índice a la unidad indicará la tendencia a concentrar fuertes volúmenes de aguas de escurrimiento, siendo más acentuado cuanto más cercano a uno sea (Lux, 2014).

Índice de Alargamiento (Ia)	$Ia = \frac{Lmáx\ (km)}{Amáx\ (km)}$ $Ia = \frac{Longitud\ máxima}{Ancho\ máximo}$	El índice de alargamiento determina la forma de la cuenca con respecto a su tendencia a ser alargada, en relación con la longitud y ancho máximo de la cuenca; aquellas cuencas que registran valores mayores a uno presentan un área más larga que ancha. Este índice permite predecir la dinámica del movimiento del agua en los drenajes y su potencia erosiva o de arrastre (Reyes, 2010; citado en Díaz, 2017).
Tiempo de Concentración	$Tc = 0{,}000325\ x \frac{Lc^{0,77}(m)}{S^{0,385}}$; Donde S es pendiente: $S = \frac{Hmáx(m) - Hmín(m)}{Lc\ (m)}$	Según (Lux, 2014), el tiempo de concentración se define como el tiempo que tarda en llegar una gota de agua de lluvia desde el extremo hidráulicamente más alejado de la cuenca a la sección de salida.
Relieve del Territorio		
Curva Hipsométrica	Se determina planimetrando las áreas entre curvas de nivel.	Es la representación gráfica del relieve de la cuenca. Según (Moreno, Esquivel, & Zamudio, 2015), esta curva representa la variación de la elevación del terreno de la hoya con referencia al nivel medio del mar, la variación puede ser indicada por medio de un gráfico que muestre el porcentaje de área de drenaje que existe por encima o por debajo de diferentes elevaciones.

Pendiente Media (Pm)	$Pm = \frac{Ed(km)\ x\ \sum Li(km)}{A(km^2)}$ Donde: Ed es la equidistancia entre curvas de nivel. Li es la longitud de las curvas de nivel.	Es la variación de la inclinación de una cuenca, este parámetro permite definir el relieve y comportamiento de la cuenca respecto al desplazamiento de las capas de suelo, erosión o sedimentación, puesto que, en zonas de altas pendientes se presentan con mayor frecuencia los problemas de drenaje y sedimentación (Reyes, 2010; citado en Díaz, 2017).
Red de Drenaje		
Sistema de drenaje	Se determina a través de la identificación de la red hídrica.	Está constituido por el cauce principal y sus tributarios, se traza considerando la constancia en el transporte de caudal de las corrientes (Moreno et al., 2015).

Órdenes de los cauces	Se realiza considerando que: • Los cauces de primer orden no tienen afluentes. • Si dos cauces orden i se unen, resulta un cauce de orden i+1. • Si un cauce se une con otro de orden mayor, el cauce resultante conserva el orden mayor	Es una clasificación que proporciona el grado de bifurcación dentro de la cuenca (Lux, 2014). La clasificación se realiza de acuerdo a los criterios propuestos por Horton (1945), citado en (Rosa, 2004) y (Lux, 2014), de manera que, las corrientes de primer orden son aquellas corrientes portadoras de aguas de nacimientos y que no tienen afluentes, cuando dos corrientes de orden i se unen, resulta una corriente de orden i+1, teniendo en cuenta que cuando una corriente se une con otra de orden mayor, resulta una corriente que conserva el mayor orden.
Densidad de drenaje	$Dd = \frac{L_x\ (km)}{A\ (km^2)} x\ 100$	Es la relación entre la longitud total de los cauces de la cuenca y su área total (Moreno et al., 2015). Se calcula a partir de la ecuación propuesta por Horton (1932), citado en (Rosa, 2004).

Caracterización del territorio y producción de cartografía

Para entender correctamente cómo se comporta el territorio, se caracteriza el área de estudio a partir de cuatro componentes, físico ambiental, normativo, socioeconómico y cultural, evaluando las diferentes variables que conforman cada componente, tal como se presenta a continuación.

Tabla 2
Variables por componente

Componente	Variable	
Físico Ambiental	Geosférico	Geología
		Geomorfología
		Paisaje
		Pendiente
		Erosionabilidad
		Erodabilidad
		Asociación de suelos
		Clase agrológica
		Humedad del suelo
		Textura del suelo
		Densidad aparente del suelo*
		Amenazas y Riesgos
	Climatológico	Precipitación
		Temperatura
		Evapotranspiración
	Biótico	Coberturas vegetales

		Fauna nativa
	Hidrológico	Nacimiento de agua
		Humedal o pantano
		Ronda hídrica
Normativo	Áreas protegidas y áreas de especial importancia ecosistémica.	Parques Nacionales Naturales
		Parques Naturales Regionales
		Páramos y subpáramos
		Distritos de Manejo Integrados
		Distritos de conservación de suelos
		Áreas de recreación
		Reservas Naturales de la Sociedad Civil
		Otras áreas protegidas
Socioeconómico	Uso del suelo	Actividad económica
	Infraestructura	Vías de acceso
		Equipamiento
Cultural	Áreas de importancia cultural	Sitios de Interés
		Sitios de memoria histórica
		Sitio Arqueológico
		Áreas de valor social
		Lugares de referencia/ubicación

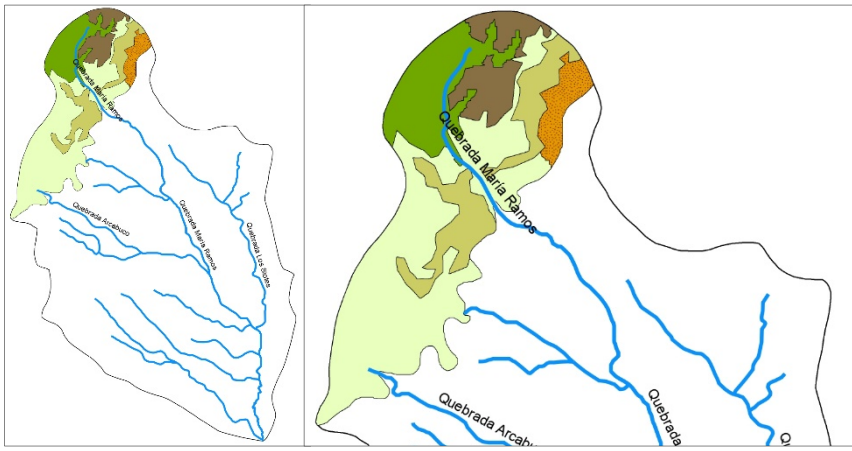
Basado en (Gutiérrez et al., 2015).

*La variable “densidad aparente del suelo” se añade a la caracterización físico ambiental puesto que se pretende evaluar el grado de afectación generado por la alta presencia de ganadería en el área de estudio y esta variable permite evaluar la compactación del suelo la cual es uno de los efectos más notorios de esta actividad económica.

Esta caracterización se apoya en cartografía temática de cada una de las variables de los diferentes componentes; la producción de esta cartografía se realiza a partir de la consulta e interpretación de información, de manera que los atributos de cada variable logren ser georreferenciados y representados espacialmente dentro del área de estudio haciendo uso de herramientas SIG.

Por su parte, la caracterización de las variables relacionadas al suelo se realiza a través de un muestreo espacial basado en los criterios del IGAC (n.d.), por lo cual se divide el área de interés teniendo en cuenta dos características principales: la pendiente y la cobertura vegetal del territorio.

Dadas las características del territorio, se evalúa la pendiente a través de tres categorías: menor al 25 por ciento, de 25 a 50 por ciento y mayor al 50 por ciento; por su parte, la cobertura vegetal es evaluada con respecto a la cobertura presente en mayor proporción. De esta manera, para el caso de estudio se obtuvieron 5 áreas de muestreo (ver ilustración 5).



Muestra	Pendiente (%)	Cobertura Vegetal	Área (ha)	Símbolo
1	< 25	Bosque abierto, Bosque en sucesión.	24,27	
2	< 25	Pastos	14,27	
3	25 - 50	Bosque abierto, Bosque en sucesión.	75,39	
4	25 - 50	Pastos	7,71	
5	> 50	Bosque abierto, Bosque en sucesión.	22,86	

Ilustración 1. Áreas de muestreo de suelo.
(Autores, 2019)

El muestreo se realiza mediante la aplicación del muestreo en zig – zag, que según (IGAC, n.d.) es el más adecuado; por lo cual se toman diferentes submuestras en los puntos geográficos que

conforma el zig – zag para cada área, que posteriormente son mezcladas hasta conseguir una mezcla homogénea y así obtener 5 muestras finales; para el caso de aplicación se analizan las submuestras individualmente y mezcladas para lograr un mayor grado de certeza.

La toma de cada submuestra consiste en abrir un hoyo de aproximadamente 25 x 25 cm de lado y 20 cm de profundidad, retirando los primeros 2 cm del suelo y luego extraer la muestra (IGAC, n.d.). Las muestras son analizadas en el laboratorio, en donde se determina la humedad gravimétrica, textura y densidad aparente del suelo a partir de la información presentada en la tabla 3.

Tabla 3
Variables del suelo

Variable	Procedimiento de medición	Ecuación	Descripción
Humedad gravimétrica (Pw)	Se pesa la muestra húmeda en campo, posteriormente se realiza el secado de la muestra en horno a 105°C por 24 horas; después de enfriada se pesa la muestra seca (Jaramillo, 2002).	$Pw = \frac{Pmh - Pms}{Pms}\ x\ 100$ Donde: Pmh es el peso de la muestra húmeda. Pms es el peso de la muestra seca.	Se entiende como la masa de agua contenida por unidad de masa de sólidos del suelo, influye en propiedades físicas como la densidad aparente, espacio poroso, compactación, penetrabilidad, resistencia al corte, consistencia y color del suelo. (Flores & Alcalá, 2010)
Textura	Este parámetro se determina a partir del método de Bouyoucos (1927), fundamentado en la Ley de Stokes (1851), explicado en Jaramillo (2002) y Chavare & Shinde (2013), que consiste en dejar sedimentar una muestra de suelo en un medio líquido y cuantificar las partículas de un determinado tamaño que hay en suspensión. Para esto, se toman 50g de suelo seco	$\%Ar = 100 - (2\ x\ LC1)$ $\%Ac = 2\ x\ LC2$ $\%L = 100 - (\%Ar + \%Ac)$ Donde: %Ar es porcentaje de arena. %Ac es porcentaje de arcilla. %L es porcentaje de limo.	Según la FAO (2009), citada en (Antúnez et al., 2010), factores como la facilidad de laboreo del suelo, la cantidad de agua y aire que puede retener, la porosidad y la velocidad de infiltración del agua están, ligadas a la textura del suelo. De manera que, un

	tamizado a 2mm y se agitan con 10 ml de agente dispersante y 200ml de agua durante 10 minutos, en una probeta de volumen aforado se agita verticalmente 15 veces. Una vez agitada la mezcla, se deja reposar por 40 segundos y se introduce el hidrómetro y termómetro registrando las mediciones respectivas L1 y T1. Pasadas dos horas, se mide nuevamente sin alterar la mezcla en la probeta y se registran como L2 y T2. Se corrigen las mediciones L1 y L2 teniendo en cuenta los factores de corrección establecidos según la temperatura, dando como resultado LC1 y LC2. Posteriormente, se determina la cantidad de arena, arcilla y limo. A partir de los porcentajes obtenidos se interpreta la textura en el triángulo textural establecido por el USDA (SSDS, 1993; citado en Jaramillo, 2002).		suelo con predominio de arena, posee poros de mayor tamaño y menor capacidad de retener agua, lo cual determina baja retención de humedad y permeabilidad excesiva, poca cohesión y plasticidad, además de limitadas reservas de nutrientes, mientras que, si predomina la arcilla, el suelo retiene más humedad, es poco permeable, plástico en húmedo y difícil de laborear.

Densidad Aparente DA	Este parámetro se determina a partir del método del cilindro el cual consiste en tomar muestras de suelo haciendo uso de un cilindro de volumen conocido, la muestra de suelo debe ser secada en horno a 105°C por 24 horas. (Jaramillo, 2002 ; Chavare & Shinde, 2013)	$DA = \frac{Peso\ muestra\ seca}{Volúmen\ del\ cilindro}$	De acuerdo con (Salamanca & Sadeghian, 2005), la densidad aparente es una propiedad del suelo relacionada principalmente con las prácticas de manejo, de tal forma que cuando la densidad aparente aumenta, se incrementa la compactación y se afectan las condiciones de retención de humedad, limitando así el crecimiento de raíces.

Dado que la humedad es un estado del suelo, debido a que es dinámica y depende del clima, vegetación, profundidad del suelo, y de las características y condiciones físicas del perfil (Flores & Alcalá, 2010), la toma de muestras se realizó en época de verano, con aproximadamente 22 días sin precipitaciones en el territorio, puesto que el interés se concentra en analizar la regulación hídrica del territorio en épocas críticas de sequía.

Etapa 3. Priorización de áreas

En la tercera etapa se lleva a cabo la determinación de áreas estratégicas para la regulación hídrica de la microcuenca a partir de la caracterización y la definición de variables que deben presentar las áreas que requieren priorización en su intervención para garantizar la regulación de los caudales de la quebrada, así como su protección y conservación.

Esta etapa se divide en tres fases:

1. **Definición y valoración de variables**

La definición de variables se realiza por componente y se desarrolla a partir de la caracterización previamente realizada evaluando los atributos y criterios de cada variable. De manera que se calificará la variable con respecto a los atributos que presente dándole mayor valoración a aquellos atributos clave en la regulación hídrica o que presentan un daño ambiental que debe restaurarse.

2. **Evaluación de variables y priorización final**

A partir de la valoración de variables se realiza la evaluación de las mismas a través de un análisis multicriterio desarrollado mediante la superposición de la información contenida en cada una de las cartografías temáticas usando sistemas de información geográfica (SIG), en donde se realiza el cruce y ponderación de la información de los atributos de cada componente que han sido identificados y que son condicionantes para la elección de cada área de acuerdo a sus características. De esta manera se obtienen mapas de ponderación por componente, es decir mapas intermedios que reúnen la información completa de la cartografía temática de cada variable del componente. A partir de estas ponderaciones se establecen diferentes rangos de importancia de priorización, alta, media y baja, para cada uno de los cuatro componentes evaluados.

Posteriormente, se realiza la superposición ponderada de los mapas intermedios de cada componente a través de un álgebra de mapas teniendo en cuenta un peso porcentual de 40 para los componentes físico ambiental y socioeconómico dado su variabilidad en el territorio y un peso porcentual de 10 para los componentes normativo y cultural debido a su homogeneidad en el territorio, para así obtener la valoración final del territorio. Con base en la valoración obtenida se establece el rango final de priorización a partir del cual se identifican las áreas de alta, moderada y baja importancia de priorización. Esta superposición final se interpreta y evalúa con respecto a la unidad de análisis, cartografía predial, de manera que permita definir el nivel de priorización en áreas específicas (Ver ilustración 2).

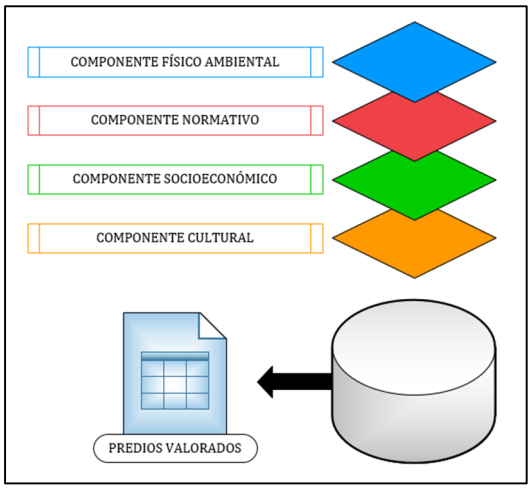


Ilustración 2. Superposición de componentes
(Autores, 2019)

Resultados

Etapa 1. Magnitud de la priorización

Para el ejercicio de aplicación se definió la quebrada María Ramos como cuerpo de agua principal, la cual en su extensión total cuenta con siete tributarios que confluyen en la parte media de la microcuenca; según (IGAC, 2014), cinco de estos afluentes son de carácter intermitente y

dos de carácter permanente denominados Arcabuco y Los Siotes. La quebrada María Ramos nace en la parte alta de la vereda El Molino a los 3050 msnm y desemboca en el río Chiquinquirá a los 2550 msnm.

Ubicada en el municipio de Chiquinquirá, al noroccidente del departamento de Boyacá, Colombia, la quebrada María Ramos es una fuente hídrica de gran importancia ambiental, social y cultural para la población que la rodea. Esta quebrada toma su nombre de la española María Ramos quién es conocida por presenciar el milagro de restauración del lienzo de la Virgen de Chiquinquirá, de manera que cuenta implícitamente con un valor cultural y religioso; así mismo, su valor ambiental y social radica en los servicios ecosistémicos, como regulación de la calidad del aire, el clima y el agua, así como el aprovisionamiento de éste último, que históricamente ha ofrecido a la población rural y urbana del noroccidente del municipio.

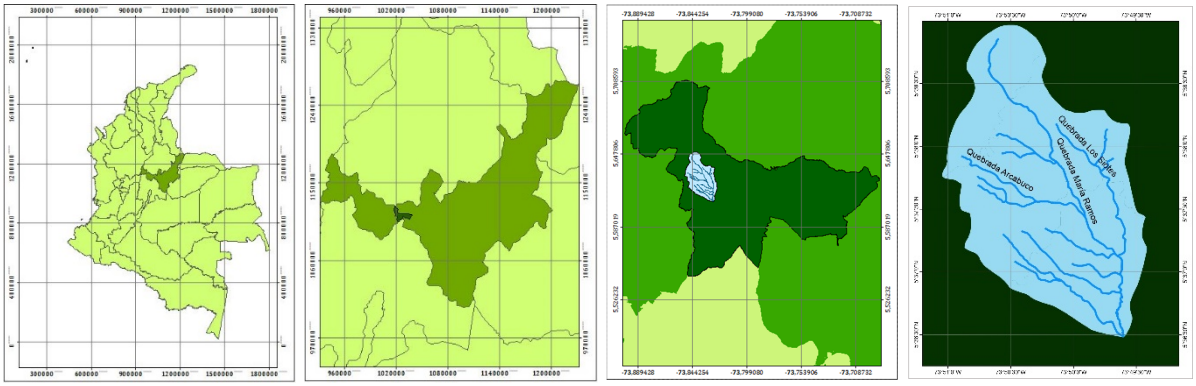


Ilustración 3. Ubicación del área de estudio.
(Autores, 2019)

A partir de la identificación de la red hidrológica asociada a la quebrada María Ramos y teniendo en cuenta la topografía del territorio descrita en la plancha cartográfica del IGAC (2014), se delimitó la microcuenca siguiendo la divisoria de aguas, que corresponde a la línea imaginaria que separa las precipitaciones que caen en hoyas inmediatamente vecinas y que encaminan la escorrentía para uno u otro sistema fluvial (Sáenz (1999); citado en Moreno et al., 2015). Esta

microcuenca cuenta con un área total de 847,77 ha y una longitud de cauce principal de 5,49 km (ver anexo 2.1), además se encuentra dentro del área hidrográfica de la cuenca del Rio Suarez (CAR, 2005).

Para entender mejor la microcuenca de estudio esta se divide en cuenca alta, media y baja mediante el desarrollo de la curva hipsométrica, descrita posteriormente. De esta manera se identificó que la cuenca alta se localiza entre los 3075 msnm hasta los 2900 msnm con un área de 145 ha, en ésta se ubica el nacimiento de la quebrada María Ramos y uno de sus afluentes, la quebrada Arcabuco, así mismo se ubican humedales y otras áreas de regulación hídrica; la cuenca media está comprendida desde los 2900 msnm hasta los 2700 msnm y cuenta con un área de 426 ha, en ésta se ubica el nacimiento de la quebrada Los Siotes y de otros cuerpos de agua de carácter intermitente; finalmente, la cuenca baja tiene un área de 277 ha y abarca de los 2700 msnm hasta la desembocadura en el río Chiquinquirá a 2550 msnm.

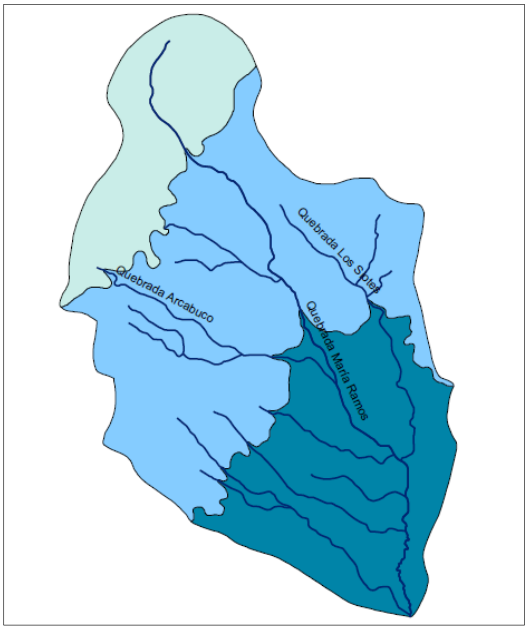


Ilustración 4. División de la microcuenca.
De arriba abajo: cuenca alta, media y baja. (Autores, 2019)

Considerando la división de la microcuenca, la caracterización del territorio, presentada posteriormente, y teniendo en cuenta los recursos técnicos disponibles para el presente proyecto, se define que el alcance de la metodología de priorización se concentrará en la cuenca alta debido a que en esta área se ubican los principales factores de interés en la regulación hídrica, como nacimientos, humedales y áreas de bosque natural, y la infraestructura de los acueductos veredales que abastece la quebrada María Ramos. Adicionalmente, la comunidad usuaria reconoce que es en esta área donde deben realizarse proceso de conservación y protección.

Por otra parte, para llevar a cabo la priorización de áreas se define como unidad de análisis la unidad predial, de manera que se trabaja con los límites prediales definidos por el municipio de Chiquinquirá.

Etapa 2. Análisis de la microcuenca

1. **Recopilación de información**

La información secundaria otorgada por las instituciones oficiales consistió en cartografía temática, imágenes satelitales, datos, resoluciones e informes de factores biofísicos del área de estudio, organizados así: hidrología, topografía y red vial (IGAC, 2014), geología (Fuquen & Osorno, 2008); suelos y capacidad de uso de la tierra (IGAC, 2004b)(IGAC, 2004a), cartografía predial de Chiquinquirá (IGAC, 2018), imagen satelital (USGS, 2018), datos meteorológicos de las estaciones Pauna, Simijaca (IDEAM, 2018) y Esclusa Tolón y Juan Pablo II (CAR, 2018a) y resoluciones entorno a la quebrada María Ramos e informes técnicos de la CAR.

Posteriormente, se realizaron tres recorridos diferentes a lo largo de la microcuenca en los cuales se verificó la información recolectada y se tomaron cerca de setenta puntos con GPS que

permitieron localizar nacimientos de agua, humedales, infraestructura de los acueductos, cultivos, sitios de interés, entre otros. Adicionalmente, se entrevistó a la comunidad con el fin de conocer las percepciones sobre el recurso hídrico, la conservación de la microcuenca, conflictos socioeconómicos y culturales.

2. Identificación de actores de la microcuenca

La identificación de actores se elaboró mediante reuniones con las juntas administradoras de los acueductos veredales Teneria y La Mesa en las cuales se discutió la gestión comunitaria del agua, usuarios, uso y problemáticas del recurso; de igual forma, se consultó la información que poseen estas juntas administradoras, la CAR y la alcaldía municipal de Chiquinquirá. Además, se contactó vía telefónica a la junta administrativa del acueducto veredal Resguardo – Guavita y se estableció que desde hace aproximadamente cuatro años no hacen uso de la concesión del nacimiento de la quebrada Arcabuco debido a bajos niveles de caudal.

A través de las visitas a campo y la información recolectada se identificaron múltiples actores que participan en el manejo y aprovechamiento de la microcuenca de la quebrada María Ramos, estos actores han sido clasificados en tres categorías de acuerdo a su participación así:

i. Actor social: usuarios de la microcuenca

La quebrada María Ramos abastece a la población de las veredas Teneria y La Mesa, a través de dos acueductos veredales que cuentan con concesiones de agua otorgadas por la CAR. En menor proporción abastece a las veredas El Molino y Casa blanca, con 15 y 4 usuarios suscritos al acueducto veredal La Mesa, y parte del centro urbano de Chiquinquirá, en los barrios El Polo y 20 de Julio, para un total aproximado de 1045 beneficiarios.

Adicionalmente, nueve personas naturales han solicitado y recibido nuevos puntos de concesión sobre la quebrada por parte de la CAR. La asociación de suscriptores del acueducto vereda Resguardo – Guavita también cuenta con una concesión sobre el nacimiento de la quebrada Arcabuco.

Cabe resaltar que, la participación de la asociación de usuarios del acueducto veredal de Teneria se constituye en el papel de usuario y también de veedor y protector de la quebrada, esto a través de la compra del predio El Manantial con un área de 14,8 hectáreas, ubicado en la zona alta de la microcuenca, en el cual se han llevado a cabo procesos de reforestación con aproximadamente 700 árboles de especies como Aliso, Arrayan, Laurel, Corono, entre otros, donados por la planta de tratamiento de agua y vivero Bosque de Nieve, dando cumplimiento a las obligaciones acordadas con la CAR.

A continuación, se describen los usuarios y puntos de concesión de agua de la microcuenca que fueron identificados mediante visitas en campo e información suministrada por la (CAR, 2018b):

Tabla 4
Concesiones de la quebrada María Ramos

Titular de la concesión*	**Número de usuarios**	**Caudal de concesión LPS***	**Uso principal**	**Resolución de la concesión ***	**Observaciones**
Quebrada María Ramos					
Asociación de Usuarios del Acueducto de la Vereda Teneria	110	0.49	Uso doméstico y pecuario.	3418 de 27/10/2010	Este acueducto presta servicio a 550 personas y 399 vacunos ubicado en la vereda Teneria. Actualmente está en proceso de prórroga de la concesión y así como el aumento del caudal a 0.98 a cargo de la CAR.
Asociación de Suscriptores del Acueducto Vereda La Mesa **	122	0,94	Uso doméstico y pecuario.	En trámite	Este acueducto presta servicio a 495 personas y 533 vacunos ubicados en la vereda La Mesa, El Molino (15 usuarios) y Casa Blanca (4 usuarios).

Segundo Bernardo Solano	1	0.03	Uso Residencial	239 de 4/8/2017	Funcionamiento de un hotel.
José Leonel Sánchez Antonio	1	0.02	Uso Industrial	392 de 6/3/2008	Funcionamiento de una enfriadora de leche
Gonzalo Rubiano Ortiz	1	0.01	Uso doméstico y pecuario	120 de 2/9/2016	_____
Jaime Arturo Olarte	1	0.01	Uso doméstico y pecuario	1269 de 23/06/2008	_____
Jesús David Castellanos González	1	0.04	Uso doméstico y pecuario	245 de 24/10/2013	_____
José Vicente Parra	1	0.06	Uso Agrícola	137 de 21/04/2017	Uso para cultivo de hortalizas.
José Vicente Parra	1	0.06	Uso Agrícola	94 de 2/3/2017	Uso para cultivo de hortalizas.
Néstor Octavio Zambrano Barragán	1	0.057	Uso doméstico y pecuario	0107 de 21/03/2018	_____

Yadir Humberto Castellanos Rodríguez	1	------	Uso Industrial	En trámite	Funcionamiento de la planta de potabilización de agua y vivero Bosque de Nieve.
Quebrada Arcabuco					
Asociación de Suscriptores del Acueducto Vereda Resguardo – Guavita**	100	0.39	Uso doméstico y pecuario.	1549 de 29/07/2008	Este acueducto presta servicio a 350 personas. Actualmente, afirman no abastecerse del nacimiento de la quebrada Arcabuco debido a bajos niveles de agua.

(Autores, 2019)

LPS: Litros por segundo.

*(Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca CAR, 2018b)

** Usuarios ubicados fuera de la cuenca hidrográfica.

Adicionalmente, se encuestó a un grupo de usuarios de la quebrada María Ramos para recopilar mayor información del área de estudio. De manera que la población de interés a encuestar consistió en dos subgrupos 1) usuarios del acueducto veredal Teneria y 2) usuarios del acueducto veredal La Mesa, con una población total de 232 usuarios distribuidos en 110 y 122 usuarios respectivamente, es decir que la proporción es 55:61 por lo cual se realizaron 24 y 26 encuestas respectivamente. Los usuarios que cuenta con

concesiones particulares sobre la quebrada están incluidos dentro de los usuarios del acueducto de Teneria puesto que se determinó que todos los concesionarios particulares cuentan con puntos de abastecimiento en este acueducto.

La información obtenida a partir de la aplicación de encuestas se presenta a continuación:

Tabla 5
Resultados de la aplicación de encuestas

Aspecto	Usuarios del acueducto veredal Teneria	Usuarios del acueducto veredal La Mesa	Observaciones
Obtención del agua	75% de los encuestados se abastecen únicamente del acueducto veredal, mientras que el 25% restante se abastece del acueducto y de recolección de aguas lluvias.	52% de los encuestados se abastecen únicamente del acueducto veredal, 13% se abastece del acueducto y recolección de aguas lluvias, y un 35% restante se abastece de este acueducto y del acueducto de la vereda El Molino.	El promedio de usuarios por cada punto de conexión del acueducto es de cuatro individuos.

Actividad económica y uso del agua	La actividad económica principal de los encuestados es la ganadería, 81%, seguida de trabajo formal, 13%. Predomina el uso doméstico pecuario.	Las actividades económicas principales de los encuestados son la ganadería, 43%, y la agricultura, 26%. Predomina el uso doméstico pecuario seguido del uso doméstico agrícola.	Se presenta ganadería lechera y de levante, y cultivos de hortalizas, maíz, papa, arveja, mora y pasto. Complementan su actividad económica con avicultura, comercio, empleo formal e informal y ayuda de familiares.
Opinión del servicio de agua	94% de los encuestados califica como bueno el servicio y aseguran que la calidad y cantidad de agua es adecuada para todas sus actividades.	78 % de los encuestados considera el servicio como bueno y un 87% afirma que la calidad y cantidad de agua es adecuada para todas sus actividades.	Los encuestados afirman que el agua escasea en época de verano por lo que en estas épocas el servicio debe ser racionado.
Percepción del estado actual de la quebrada	94% de los encuestados asegurar percibir una disminución del caudal de la quebrada en los últimos años.	78% de los encuestados reconocen una disminución del caudal de la quebrada en los últimos años.	Los encuestados asocian esta disminución a la deforestación, expansión ganadería, mal uso del agua, cambio climático y a la cantidad de concesiones existentes.

Consideraciones sobre la protección y conservación del recurso hídrico	Los encuestados considera importante proteger y conservar la parte alta de la microcuenca en bosques y páramos, 69%, y la ronda hídrica de la quebrada, 31%.	Los encuestados considera importante proteger y conservar la parte alta de la microcuenca en bosques y páramos, 78%, y la ronda hídrica de la quebrada, 22%.	Consideran que allí deben desarrollarse procesos de reforestación y cuidado de la vegetación existente, así como cercamiento de la quebrada y manejo de basuras.
Participación en procesos de protección y conservación	81% de los encuestados está dispuesto a participar y contribuir a los procesos de conservación con su mano de obra y el 6% con mano de obra y dinero.	87% de los encuestados está dispuesto a participar y contribuir a los procesos de conservación con su mano de obra y el 4% con mano de obra y dinero.	Los encuestados que no colaborarían en estos procesos afirman que no lo hacen por temas de edad y/o salud.

*(Autores, 2019)

ii. Actor Normativo: CAR

Las Corporaciones Autónomas Regional tienen por objeto la ejecución de las políticas, planes, programas y proyectos sobre medio ambiente y recursos naturales renovables, así como dar cumplida y oportuna aplicación a las disposiciones legales vigentes sobre su disposición, administración, manejo y aprovechamiento (Congreso de Colombia, 1993).

El área de estudio se encuentra ubicada en jurisdicción de la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca "CAR", siendo esta la entidad encargada de otorgar y regular los procesos de concesión sobre la microcuenca, así como planear, ejecutar y supervisar los procesos de protección y conservación de la misma.

Las concesiones y usuarios identificados en la Tabla 4 cuentan con un caudal establecido y regulado por la CAR, así como con una serie de obligaciones determinadas por la misma entidad y descritas en la resolución 0323 de 05 de marzo de 2013, por la cual se reglamenta en forma general el uso del recurso hídrico de la Quebrada María Ramos y de todos sus afluentes y derivaciones, y se toman otras determinaciones. Dentro de las obligaciones generales establecidas se encuentran:

- Las zonas de nacimiento deben estar suficientemente protegidas en cien (100) metros de radio alrededor, reforestar el área señalada y permitir su regeneración natural, siguiendo lo prescrito en el decreto 1449 de 1977.
- Las personas y usuarios cuyos predios son cruzados por la red de drenaje de la quebrada María Ramos y sus afluente y derivaciones, están obligados a proteger las márgenes tanto de la corriente principal como de sus afluentes.

- Se debe dejar una zona de retiro consistente en una franja mínima de 30 metros a ambos lados del cauce. En esta zona de protección, al igual que en el área de nacimiento, no se permitirá el establecimiento de viviendas, potreros o cultivos, puesto que el uso exclusivo al cual debe destinarse el área es a la conservación y protección de los recursos naturales.
- Los beneficiarios no podrán talar los árboles que defienden o preserven la corriente de la cual se hace la derivación. Igualmente quedan obligados a ejercer la debida vigilancia forestal dentro de su predio y dar aviso a las autoridades policivas de su jurisdicción. Se deben llevar a cabo planes de reforestación por parte de los propietarios de los predios con el fin de mejorar la cobertura vegetal con especies nativas de la región.
- Presentar el programa de uso eficiente y ahorro de agua para la aprobación del mismo por parte de la Corporación Autónoma Regional, de acuerdo con el artículo 3 de la ley 373 de 1997.

  (CAR, 2013)

Adicionalmente, cada concesión tiene unas obligaciones particulares, por ejemplo, los acueductos veredales tienen la obligación de realizar procesos de reforestación con 100, 200 o 300 individuos según sea el caso.

No obstante, la participación de la CAR como actor normativo no solo se ejecuta mediante la regulación y veeduría del manejo y aprovechamiento de la microcuenca sino también a través de la identificación, delimitación y priorización de áreas estratégicas de regulación hídrica que les permite a las entidades territoriales, en este caso la Alcaldía Municipal de Chiquinquirá, ejecutar políticas de protección y conservación del recurso hídrico. De manera que, el actor normativo está en constante interacción tanto con los usuarios como con el actor gubernamental.

iii. Actor Gubernamental: Alcaldía municipal

En el decreto 953 del 17 de mayo de 2013, "por el cual se reglamenta el artículo 111 de la ley 99 de 1993 modificado por el artículo 210 de la ley 1450 de 2011", se expresa que:

Para efectos de lo dispuesto en el artículo 111 de la Ley 99 de 1993, (…) , los departamentos y municipios dedicarán un porcentaje no inferior al 1% del total de sus ingresos corrientes para la adquisición y mantenimiento de las áreas de importancia estratégica con el objeto de conservar los recursos hídricos o para financiar esquemas de pago por servicios ambientales en dichas áreas.(Minambiente, 2013)

La adquisición de estas áreas estratégicas o la implementación de esquemas de pago por servicios ambientales por parte de las entidades territoriales, como se mencionó con anterioridad debe ser respaldada por las autoridades ambientales quienes, según el artículo 4 del mismo decreto, deberán previamente identificar, delimitar y priorizar las áreas de importancia estratégica, con base en la información contenida en los instrumentos de planificación ambiental relacionados con el recurso hídrico. (Minambiente, 2013)

De igual forma, en el artículo 5 se define que las entidades territoriales con el apoyo técnico de la autoridad ambiental de su jurisdicción, deberán seleccionar al interior de las áreas de importancia estratégica identificadas, delimitadas y priorizadas, los predios a adquirir, a mantener o a favorecer con el pago por servicios ambientales; teniendo en cuenta:

1. Población abastecida por los acueductos beneficiados con la conservación del área estratégica dentro de la cual está ubicado el predio.
2. Presencia en el predio de corrientes hídricas, manantiales, afloramientos y humedales.
3. Importancia del predio en la recarga de acuíferos o suministro hídrico.

4. Proporción de coberturas y ecosistemas naturales poco o nada intervenidos presentes en el predio.
5. Grado de amenaza de los ecosistemas naturales por presión antrópica.
6. Fragilidad de los ecosistemas naturales existentes.
7. Conectividad Ecosistémica.
8. Incidencia del predio en la calidad del agua que reciben los acueductos beneficiados.

(Minambiente, 2013)

Con la finalidad de dar cumplimiento a lo anterior, la Alcaldía Municipal de Chiquinquirá ha realizo la compra de diferentes predios de interés para la conservación de zonas hídricas del municipio; frente a la quebrada María Ramos la alcaldía municipal afirma que el municipio es propietario de inmuebles de recarga hídrica ubicados en la vereda de Teneria y denominados Las Delicias, de 7.4 hectáreas, y La Libertad, de 12 hectáreas, los cuales están ubicado en la parte alta de la microcuenca en cercanías al nacimiento de la quebrada.

Sin embargo, la alcaldía afirma que estos predios no están previstos para ser utilizados en la actualidad y teniendo en cuenta que el municipio no tiene la capacidad para cuidarlos y protegerlos, han optado por entregar estos predios en contrato de comodato por tres años a la asociación de usuarios del acueducto de la vereda Teneria con el fin de que los vigile, mantenga y proteja (Alcaldía Municipal de Chiquinquirá, 2017). Cumpliendo con el contrato y obligaciones adquiridas, esta asociación ha desarrollado procesos de reforestación en estos predios con cerca de 200 árboles donados por el SENA.

A modo de resumen, en la ilustración 5, se presentan los actores que interactúan con la quebrada María Ramos; excluyendo la concesión de la quebrada Arcabuco dado que actualmente no está prestando el servicio de aprovisionamiento de agua.

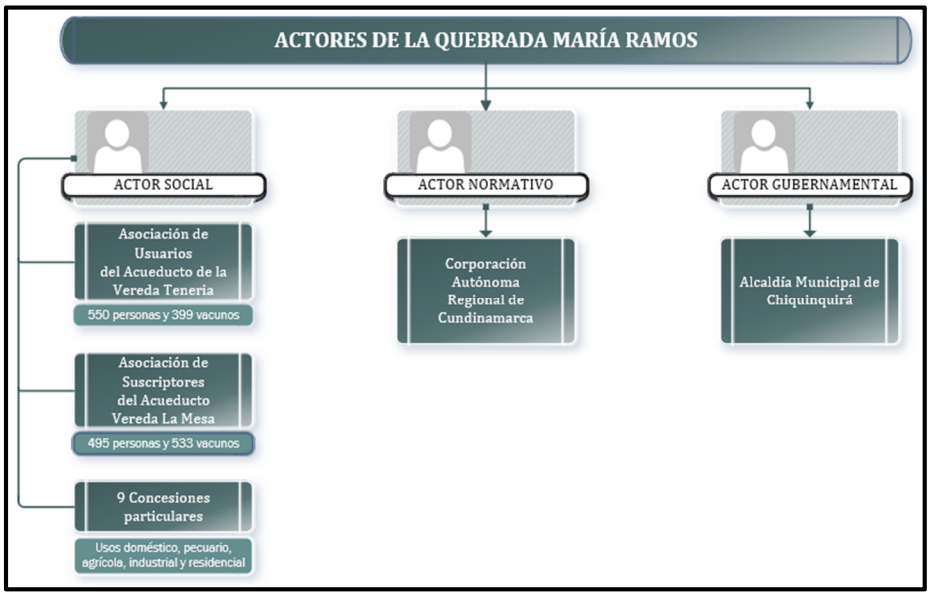


Ilustración 5. Actores sociales de la quebrada María Ramos. (Autores, 2019)

3. Caracterización de la microcuenca

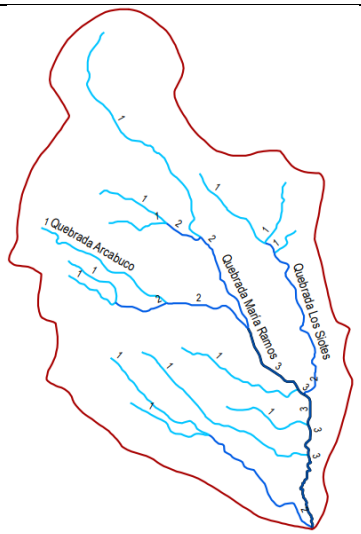
A partir de la información consultada en diferentes entidades y de los datos recolectados y verificados en campo, se desarrolló la caracterización de la microcuenca.

Caracterización morfométrica

A continuación, se presentan los resultados obtenidos del cálculo de los diferentes parámetros morfométricos.

Tabla 6
Resultados de parámetros morfométricos

Área de Captación		
Parámetro	Resultado	Unidad
Área (*A*)	8,48.	km^{2x}
Perímetro (*P*)	12,89	km.
Longitud del cauce principal (*Lc*)	5,49	km.
Longitud Axial (*La*)	4,75	km
Ancho promedio (*Ap*)	1,78	km
Factor de forma (*Kf*)	0.38	-
Coeficiente de compacidad (*Kc*)	1,25	-
Índice de Alargamiento (*Ia*)	1,79	-
Tiempo de Concentración (Tc)	0,61	hora
Relieve del Territorio		
Parámetro	Resultado	Interpretación
Curva Hipsométrica	Curva sinusoidal cóncavo-convexa. (Ver ilustración 6)	Microcuenca en fase de equilibrio y etapa de madurez

	Rango de cuencas: Alta de 3075 a 2900 msnm, media de 2900 a 2700 msnm y baja: de 2700 a 2550 msnm.	(Strahler, 1952; citado en Lux, 2014).
Pendiente Media (Pm)	26.8%,	Fuertemente accidentada (Ortiz, 2004; citado en Díaz, 2017).
Red de Drenaje		
Parámetro	Resultado	Interpretación
Sistema de drenaje		Cauce principal: quebrada María Ramos. Afluentes principales: quebrada Arcabuco y Los Siotes. Afluentes secundarios: cinco corrientes de carácter intermitente.
Órdenes de los cauces	Orden 1: 14 talwegs con 13,77 km de longitud. Orden 2: 7 talwegs con 5,58 km de longitud. Orden 3: 5 talwegs con 2,2 km de longitud.	Sistema hidrológico de orden 3, área pequeña de drenaje con rápido tiempo de concentración.

Densidad de drenaje	2,5	Densidad de drenaje de moderada

(Autores, 2019)

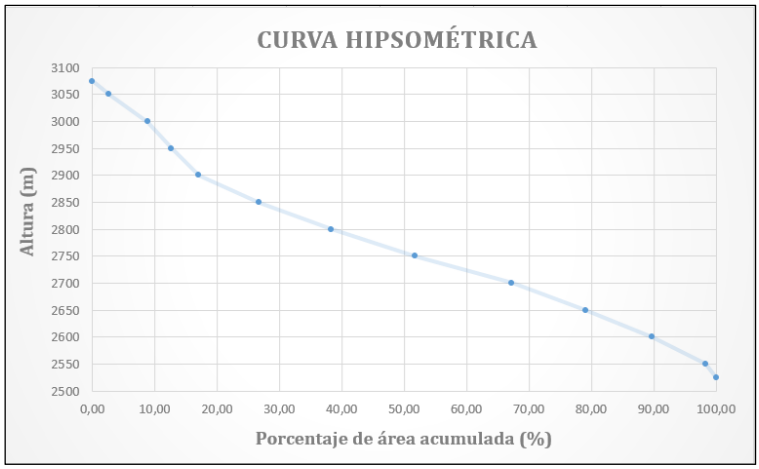


Ilustración 6. Curva hipsométrica de la microcuenca de la quebrada María Ramos
(Autores, 2019)

Caracterización del territorio y producción de cartografía

A partir de la información contenida en planchas, memorias técnicas y metodologías, obtenidas de bases de datos de distintas entidades y de acceso público se realizó la caracterización del territorio a través de cartografías temáticas agrupadas en cuatro componentes.

a. Componente Físico Ambiental

Geosféricas

- Geología

La geología se determinó a partir de la plancha 190-001 (Fuquen & Osorno, 2008) del servicio geológico colombiano. Se identificaron las siguientes formaciones geológicas (CAR, 2014):

Formación Conejo (K2C): Esta formación es la que se extiende por la mayor parte de la microcuenca, trata de una secuencia constituida por arcillolitas, calitas, limolitas silíceas y

areniscas; caracterizadas por presentar intercalaciones de arcillolitas en bancos gruesos con capas medias a muy gruesas de areniscas, generando así una morfología de valles y crestas.

Depósitos Coluviales (Q2C): Se trata de depósitos resultantes de los procesos de denudación de las laderas, cuyos agentes geodinámicos son de orden hidro gravitacional y fluvioglaciar. Comúnmente se encuentran como deslizamientos y flujos de composición heterogénea, tamaño variado y pobremente sorteados. Dentro de la microcuenca de la quebrada María Ramos, se encuentran en la parte central y sur, siendo la segunda formación de mayor área.

Areniscas de Chiquinquirá (K1k2Chi): Esta unidad litoestratigráfica representa tres niveles de arenisca cuarzosa, de grano fino, micáceas, separados por dos niveles de lutitas grises oscuras a negras. Dentro de la microcuenca de la quebrada María Ramos, se encuentra solamente en la cuenca alta.

Formación La Frontera (K2F): Esta formación se ubica en la parte alta de la microcuenca, como una línea delgada que atraviesa el territorio de manera horizontal. Se presenta como un intervalo calcáreo-lodoso en la base, pero en su techo es una unidad litológica silícea.

Formación Simijaca (K2S): Dentro de la microcuenca de la quebrada María Ramos, esta formación se ubica adyacente a la formación La Frontera y de manera paralela a ésta. La formación Simijaca está compuesta por una sucesión de lutitas y limolites grises oscuras con delgadas intercalaciones de areniscas. (Ver anexo 2.2)

- Geomorfología

La cartografía de unidades geomorfológicas de acuerdo con el tipo de asociaciones de suelos presentes en el territorio, son formas que constan de vigas, lomas, coluvios y glacis, los cuales

poseen un relieve moderado a fuertemente quebrado y moderadamente escarpado, con pendientes entre el 12% y el 75% (IGAC, 2005). (Ver anexo 2.3)

- Paisaje

El tipo de paisaje es en su totalidad el de montañas estructurales erosiónales, sus formas se deben al plegamiento de las rocas superiores de la corteza terrestre pero que han sido afectados por los procesos de denudación fluvioerosional (IGAC, 2005). (Ver anexo 2.4)

- Pendiente

Para la microcuenca de la quebrada María Ramos, se encuentran todos los rangos de pendientes; ligeramente planas (0-3%), ligeramente inclinadas (3-7%), moderadamente inclinadas (7-12%), fuertemente inclinadas (12-25%), ligeramente escarpadas (25-50%), moderadamente escarpadas (50-75%) y fuertemente escarpadas (>75%). Siendo predominantes las pendientes fuertemente inclinadas en la mayor parte del territorio; sin embargo, en la parte alta de la cuenca es donde se encuentran las pendientes superiores al 50%. (Ver anexo 2.5)

- Erosionabilidad

A partir de la aplicación de la metodología de Zuñiga, Guerra, & Peña (2016), se obtuvo que toda la microcuenca presenta una permeabilidad relativa de suelo de 10^{-5} cm^2 y una erosionabilidad baja de 0,34 toneladas por hectárea por año. (Ver anexo 2.6)

- Erodabilidad

A partir del método de Tillman y Mokma, explicado en Zuñiga (2000) se obtuvieron calificaciones de peso entre 2 y 10, por lo que se presenta una amenaza baja de erodabilidad. (Ver anexo 2.7)

- Asociación de Suelos

La asociación de suelos se desarrolló a partir de la cartografía de suelos del departamento de Boyacá (IGAC, 2004b). En la microcuenca se presenta únicamente la asociación MLVe1, la cual está conformada por Pachic Fulvudands-Andic Dystrudepts-Humic Dystrudepts (IGAC, 2005) y cuyo material parental corresponde a rocas sedimentarias clásticas mixtas, está presente en los climas fríos y muy húmedos. (Ver anexo 2.8)

- Clases Agrologicas

Con base en el mapa digital de capacidad de uso de las tierras del departamento de Boyacá, (IGAC, 2004a), en la microcuenca se presenta la clase agrológica VI la cual, según (IGAC, 2005), presenta como limitantes pendientes pronunciadas, susceptibilidad a movimientos en masa, pedregosidad superficial localizada, niveles altos de aluminio y baja fertilidad. (Ver anexo 2.9)

- Variables del suelo

Después del análisis de las muestras de suelo se obtuvieron los siguientes resultados.

Tabla 7
Resultados del muestreo y análisis de suelo

Muestra	Humedad gravimétrica *Pw* (%)	Textura	Densidad Aparente (g/cm^3)	Densidad Aparente Corregida (g/ cm^3)*
1	61	Franco Arcillo-Arenoso	0,78	1,55
2	72	Franco-Arenoso	0,67	1,55
3	79	Arenoso	0,51	1,70
4	62	Franco-Arenoso	0,72	1,55

5	54	Franco-Arenoso	0,60	1,55

(Autores, 2019)

* Los resultados de densidad aparente obtenidos no permiten establecer un criterio real para determinar el comportamiento del suelo, por esta razón se establecieron los valores aproximados de densidad aparente a partir de la textura siguiendo la información de la USDA citada en Open Course Ware (1992).

Amenaza y Riesgo

Los factores de riesgo que se tuvieron en cuenta para el territorio de la microcuenca fueron:

- Inundación: De acuerdo con los resultados obtenidos en esta cartografía, la amenaza de inundación es baja. (Ver anexo 2.13)
- Incendios: Se identificaron las áreas con coberturas de rastrojos y espacios secos o xerofíticos, sin embargo, el territorio y la vegetación son de carácter húmedo y las temperaturas no son suficientes para iniciar una conflagración por lo cual la amenaza es baja. (Ver anexo a.14)
- Remoción en masa: Después de evaluar seis criterios específicos, tipo de roca, geoformas, pendientes, fracturamiento, pluviosidad y cobertura vegetal; toda la cuenca presenta una baja amenaza. (Ver anexo 2.15)

Climatológicas

Se evalúo a través de las estaciones meteorológicas: Juan Pablo II y Esclusa Tolón, a cargo de la CAR, y Pauna, Simijaca, Albania y Buenavista, a cargo del IDEAM. (Ver anexo 2.16)

- Precipitación: Las isoyetas generadas indican una precipitación anual entre los 1100 a 1200 mm.
- Temperatura: Las isotermas generadas indican un rango de temperatura de 14°C a 15°C correspondiente a frío a templado.

Bióticas

- Coberturas Vegetales

A partir de la clasificación supervisada de una imagen satelital del satélite Sentinel 2B obtenida de la USGS (2018) y de la metodología CORINE Land Cover para Colombia propuesto por el IDEAM (2010), como resultado se obtuvo que en la microcuenca predomina la cobertura Pastos Limpios, ocupando el 62% del área total, seguida de Bosque Denso localizada en la parte alta, con 29%, y Mosaico de Cultivos, con 7%; en la parte más baja de la microcuenca se presenta la cobertura Tejido Urbano Continuo, con 2%, la cual corresponde a la zona suburbana del municipio de Chiquinquirá. (Ver anexo 2.17)

- Especies Nativas

A pesar de que el municipio de Boyacá cuenta con gran diversidad de fauna nativa, no fue posible hallar registros o estudios que indiquen que en el área de interés habitan o interactúan algunas de estas especies. Dado que no se obtuvo información certera, se optó por evaluar esta variable en el proceso de priorización de áreas.

Hidrológicas

- Nacimientos: En la parte alta de la microcuenca se ubicaron tres nacimientos.
- Humedales: Se identificó un total de cuatro humedales, todos en la parte alta de la microcuenca, siendo tres muy cercanos a los nacimientos.
- Rondas hídricas: Siguiendo los parámetros emitidos por la legislación ambiental vigente, se propone una ronda hídrica de 30 metros a cada lado del cuerpo hídrico y de 100 m a la redonda de los nacimientos. La ronda hídrica tiene un área de 139,17 hectáreas.

(Ver anexo 2.18)

b. Componente Normativo

- Áreas Protegidas y Áreas de Especial Importancia Ecosistémica

De acuerdo con Parques Nacionales Naturales de Colombia (n.d.), en el área de estudio no se ubica ningún tipo de área protegida o área de especial importancia ecosistema decretada y reglamentada por esta entidad.

- Predial

La división predial del área de estudio se obtuvo a partir de la base cartográfica catastral, de la zona rural, del departamento de Boyacá (IGAC, 2018). Es así que, en la cuenca baja de la microcuenca se localizan 377 predios, en la cuenca media 339 y en la cuenca alta 83. (Ver anexo 2.19)

c. Componente Socioeconómico

Uso del suelo

- Actividad Económica

Considerando las coberturas vegetales actuales y el acercamiento a los diferentes actores sociales de la microcuenca, se identificó que la actividad económica principal es la ganadería lechera y de levante seguida de la agricultura de maíz, mora, arveja y hortalizas. (Ver anexo 2.20)

Infraestructura

- Vías de acceso

La microcuenca, en la parte baja, se separa del centro urbano del municipio de Chiquinquirá mediante la vía principal denominada “Avenida Circunvalar”, además la microcuenca cuenta con vías sin pavimentar angostas, transitables en tiempo seco y caminos o senderos que interconectan las partes baja, media y alta.

- Equipamientos

Se identificaron distintos equipamientos que intervienen en las funciones de abastecimiento de agua a los usuarios beneficiarios de la quebrada María Ramos, en total se identificó un punto de bocatoma del acueducto de la Mesa, dos puntos de bocatoma del acueducto de Tenería, un desarenador, dos tanques de almacenamiento y ocho puntos de concesiones individuales para la captación de agua, todos estos ubicados dentro de la vereda Tenería.

(Ver anexo 2.21)

d. Componente Cultural

Importancia cultural

Los puntos encontrados durante la visita de campo se dividieron en tres tipos, de acuerdo a su procedencia (Ver anexo 2.22):

- Lugar de interés religioso

En la microcuenca se encuentran dos esculturas religiosas, correspondientes a la imagen del divino niño y la imagen de la virgen del rosario. Estas tienen una importancia religiosa, debido a que son puntos de concentración durante festividades religiosas.

- Áreas de valor social

Se identificaron en total tres áreas de valor social, correspondientes a dos nacimientos, los cuales tienen una importancia recreativa para los habitantes del territorio al ser objeto de visitas ecoturísticas de estudiantes de colegios y del SENA de la zona urbana del municipio, y a la escuela de la vereda Tenería, su importancia radica en que es la única institución educativa presente en la vereda.

- Lugares de referencia y/o ubicación

Dentro del área de la microcuenca existen tres puntos de referencia, los cuales sirven de ayuda para la ubicación espacial dentro de ésta, denominados “Dos caminos”, “La Y” y “Tres caminos”.

Etapa 3. Priorización de áreas

1. Definición y valoración de variables

De acuerdo con la caracterización realizada previamente se definieron las variables a calificar, teniendo en cuenta los atributos de estas variables se determinaron criterios de evaluación y su respectiva valoración.

a. Componente Físico Ambiental

Para determinar las áreas de importancia para la regulación hídrica de la microcuenca, se tuvieron en cuenta las características de mayor favorabilidad dentro de la misma, de este modo, se le asignó una valoración alta a los criterios que más contribuyen al ciclo hidrológico, el abastecimiento de agua y la conservación.

Tabla 8
Valoración del componente físico ambiental

Tipo de Variable	Variable	Atributo	Criterio	Valoración	Observación
Geósfericas	Geología	Fallas o pliegues	Existencia	1	Mayor valoración a las áreas que no tengan fallas o pliegues debido a que reflejan una mayor estabilidad y un comportamiento más predecible de los suelos.
			Inexistencia	3	
	Geomorfología	Vegas, Bacines.	-	1	Mayor valoración a las geoformas y paisajes que estén sometidos a las fuertes pendientes debido a que presentan mayor susceptibilidad a procesos erosivos y de remoción en masa, además favorecen el escurrimiento y disminuyen la infiltración.
		Abanicos diluviales	-	3	
		Vigas, lomas, Glacis	-	5	
		Escarpes	-	7	
	Paisaje	Planicie	-	1	
		Piedemonte	-	3	
		Lomerío	-	5	
		Montaña	-	7	
	Pendiente	Fuertemente escarpada	>75%	13	

		Moderadamente escarpada	50-75%	11	
		Ligeramente escarpada	25-50%	9	
		Fuertemente inclinada	12-25%	7	
		Moderadamente inclinada	7-12%	5	
		Ligeramente inclinada	3-7%	3	
		Ligeramente plana	0-3%	1	
	Erosionabilidad Erodabilidad	Alta	-	5	Las áreas con alta erosionabilidad y erodabilidad tienen mayor valoración ya que requieren ser intervenidas puesto que disminuyen la retención e infiltración del agua en el suelo, a la vez que generan la pérdida de coberturas vegetales.
		Media	-	3	
		Baja	-	1	
	Asociación de suelos	Viabilidad para la regulación hídrica.	Alta	5	Valor más alto a las asociaciones de suelos que por su material parental presentan una mayor predisposición a la infiltración, retención y recarga de agua a acuíferos.
			Media	3	
			Baja	1	
	Clase Agrológica	I, II, III	-	1	

		IV, V, VI	-	3	Mayor valoración a las Clases VII y VIII por su vocación protectora.
		VII, VIII	-	5	
	Humedad del suelo (Hg)	Hg>70%	Alta	3	La humedad del suelo entre el 30 y el 70% tiene un mayor valor debido a que esta es óptima para el desarrollo de especies vegetales y regulación hídrica sin producir encharcamientos.
		70%>Hg>30%	Media	5	
		Hg<30%	Baja	3	
	Textura del suelo	Arenosa o Arcillosa	-	1	Las texturas menos favorables son las arcillosas y arenosas, estas dificultan los procesos de infiltración y escorrentía del suelo.
		Franco Arenosa o Franco Arcillosa	-	3	
	Densidad aparente	1,60-1,80	Alta	1	Se le da una mayor valoración a los suelos con valores de densidad aparente intermedios, pues presentan las condiciones de porosidad, aireación y capacidad de drenaje óptimas.
		1,45-1,60	Media	5	
		1,25-1,45	Baja	3	
	Amenaza y riesgo	Incendio	Alta	1	Las áreas con amenazas bajas tienen mayor valoración dado que presentan
		Inundación	Media	3	

		Remoción en Masa	Baja	5	menor riesgo para el desarrollo de proyectos.
Climatológicas	Precipitación mm/año	Alta	>2000	5	Mayor valoración a las zonas que presenten precipitaciones mayores a 2000 mm/año por generar mayor disponibilidad del recurso hídrico.
		Media	1000-2000	3	
		Baja	<1000	1	
	Temperatura °C	Alta	>18	5	Las temperaturas superiores a los 18°C, favorecen el desarrollo de especies vegetales de mayor diversidad, por lo cual son más valoradas.
		Media	10-18	3	
		Baja	<10	1	
Bióticas	Cobertura vegetal	Pastos Limpios	-	7	Se asigna mayor valoración a las coberturas que obstruyen la normal regulación hídrica y tienen menor participación en la evapotranspiración.
		Mosaico de Cultivos	-	5	
		Bosque Denso	-	3	
		Tejido Urbano	-	1	
Hidrológicas	Nacimientos Rondas Hídricas Humedales	Existencia	-	3	Mayor valoración a las áreas que presenten algunos de estos atributos, debido a que son factores claves en la regulación hídrica.
		Inexistencia	-	1	

(Autores, 2019)

*La variable evapotranspiración no fue posible de evaluar debido a la inexistencia de información que imposibilitó el proceso de caracterización del territorio con respecto a esta variable

b. Componente Normativo

En este componente se asignó mayor valoración a las áreas con presencia de áreas protegidas y/o áreas de especial importancia ecosistémica.

Tabla 9
Valoración del componente normativo

Tipo de Variable	Variable	Atributo	Criterio	Valoración	Observación
Áreas Reglamentadas	Áreas Protegidas y Áreas de Especial Importancia Ecosistémica	• Parque Nacional Natural • Parque Natural Regional • Páramo y subpáramo declarado • Distrito de Manejo Integrado • Distrito de Conservación de suelos • Reserva Natural de la Sociedad Civil • Otras áreas protegidas	Existencia	3	Mayor valoración al territorio en el que se localicen áreas protegidas declaradas y reglamentadas.
			Inexistencia	1	

(Autores, 2019)

c. Componente Socioeconómico

En este componente se determinó que las áreas con actividades económicas menos favorables para la protección del recurso hídrico requieren de una mayor priorización.

Tabla 10
Valoración del componente socioeconómico

Tipo de Variable	Variable	Atributo	Criterio	Valoración	Observación
Uso del suelo	Actividad Económica	Conservación	-	7	Mayor valoración a las áreas compatibles con procesos de protección ambiental.
		Ganadería	-	5	
		Cultivos	-	3	
Infraestructura	Vías de acceso Equipamientos	Existencia	-	3	Mayor valoración a las áreas que cuenten con alguno de estos atributos debido a que facilitan el desarrollo de diferentes proyectos.
		Inexistencia	-	1	

(Autores, 2019)

d. Componente Cultural

En este componente se estableció que las áreas con presencia de lugares de interés cultural tienen una mayor valoración debido a su arraigo y apropiación por parte de la comunidad, lo que posibilita la generación de conciencia ambiental en la zona.

Tabla 11
Valoración del componente cultural

Tipo de Variable	Variable	Criterio	Valoración	Observaciones
Importancia cultural	Lugar de interés: Religioso Histórico Arqueológico De referencia/ubicación Áreas de valor social	Existencia	3	Mayor valoración a los lugares de interés dado que estos facilitan la aceptación y participación de la comunidad en procesos de conservación.
		Inexistencia	1	

(Autores, 2019)

2. Interpretación y evaluación de la información

A partir de la información resultante de la superposición de cartografía temática en la cuenca alta de la microcuenca, se obtuvo como resultado la ponderación de cada componente, para los cuales se definieron rangos de priorización. Así se clasificaron las diferentes áreas de la cuenca alta de acuerdo a la importancia de priorización por componente.

Tabla 12
Rangos de priorización por componente

Componente	Rango	Priorización
Físico Ambiental	73-98	Alta
	46-72	Moderada
	18-45	Baja
Normativo	3	Alta
	1	Baja
Socioeconómico	13-16	Alta
	9-12	Moderada
	4-8	Baja
Cultural	3	Alta
	1	Bajo

(Autores, 2019)

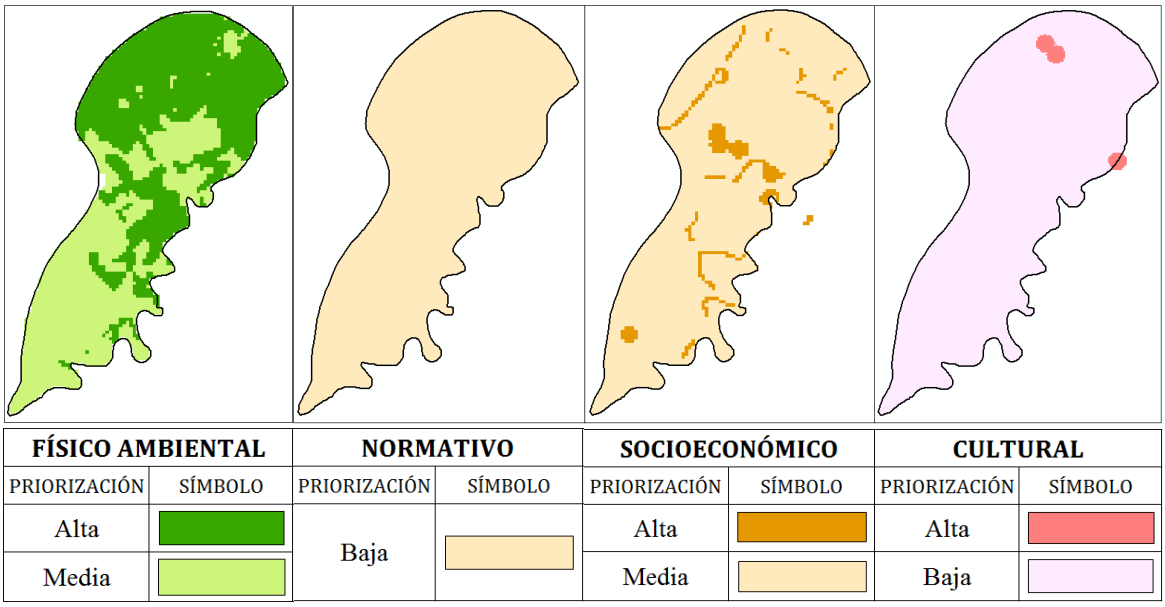


Ilustración 7. Resultados de priorización por componente.
(Autores, 2019)

En el componente físico ambiental, la mayoría de áreas clasificadas como de alta importancia de priorización se ubican en la parte más alta de la cuenca alta, mientras que en la parte media y baja se localizan áreas de importancia media de priorización. Por su parte, en el componente normativo se encontró que actualmente no existe ninguna área protegida declarada dentro del territorio, por lo cual se obtuvo como resultado una priorización baja en toda la cuenca alta.

En el componente socioeconómico se presentan pocas áreas de alta de importancia las cuales están relacionadas principalmente a la presencia de infraestructura de los acueductos veredales de Teneria y La Mesa, y la cercanía a vías; la variable uso del suelo no influye de manera drástica puesto que el uso es casi homogéneo en toda la cuenca alta.

Así mismo, en el componente cultural se presentan únicamente tres áreas de alta importancia asociadas a la ubicación de lugares de interés social, cultural y de referencia, tales como nacimientos de agua y el área conocida como tres caminos.

Cabe destacar que ninguna de las unidades prediales evaluadas se clasificó como área de baja importancia de priorización.

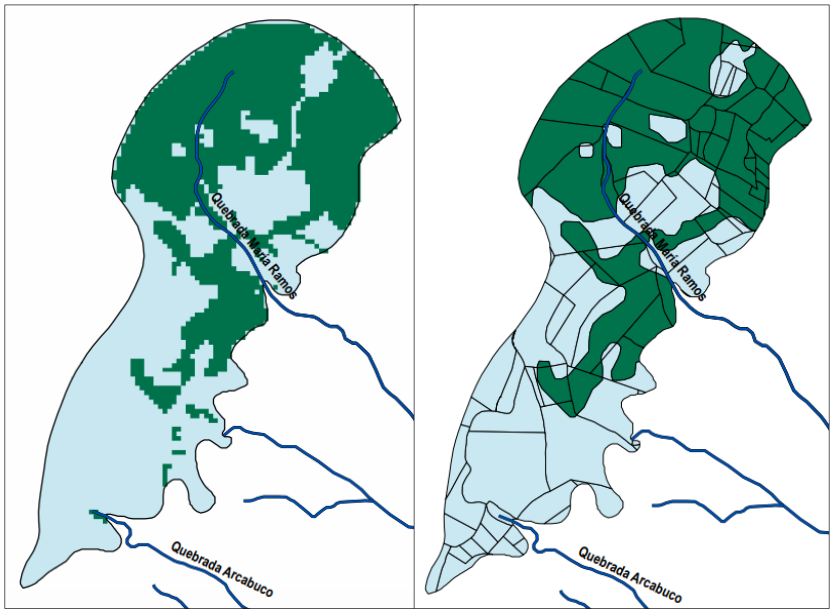
A partir de estos resultados y teniendo en cuenta el peso porcentual de cada componente, se obtuvieron los siguientes rangos y resultados finales de priorización.

Tabla 13
Rangos de priorización final

Rango	Priorización
35 - 46	Alta
23 – 34	Media
9 - 22	Baja

(Autores, 2019)

A partir de estos rangos de priorización final, se determinó que el área de alta importancia de priorización para la conservación y regulación del recurso hídrico es de 69,63 hectáreas localizadas en la parte superior de la cuenca alta, que corresponden al 48% del área de la cuenca alta y al 8,2% del área total de la microcuenca. Así mismo, en la parte media y baja se catalogaron 75,45 hectáreas como áreas de modera importancia de priorización. (Ver ilustración 8)



PRIORIZACIÓN FINAL	
IMPORTANCIA	SÍMBOLO
Alta	
Moderada	

Ilustración 8. Resultados de priorización final.
De derecha a izquierda: Resultados en formato raster, Resultados conversión a formato vectorial comparada con cartografía predial. (Autores, 2019)

Finalmente, los resultados obtenidos se confrontaron con respecto a la cartografía predial para catalogar los diferentes predios teniendo en cuenta la importancia que prevalecía, ya sea alta o moderada (ver ilustración 9). Es así que se clasificaron 41 predios como áreas de alta priorización para el desarrollo de proyectos de conservación. De los 41 predios, 23 presentan bosque secundario como cobertura vegetal en la mayor parte del territorio y dos de estos, actualmente, hacen parte de

proyectos de conservación de la quebrada María Ramos y son propiedad de la alcaldía municipal de Chiquinquirá y del acueducto veredal de Teneria. (Ver anexo 2.23)

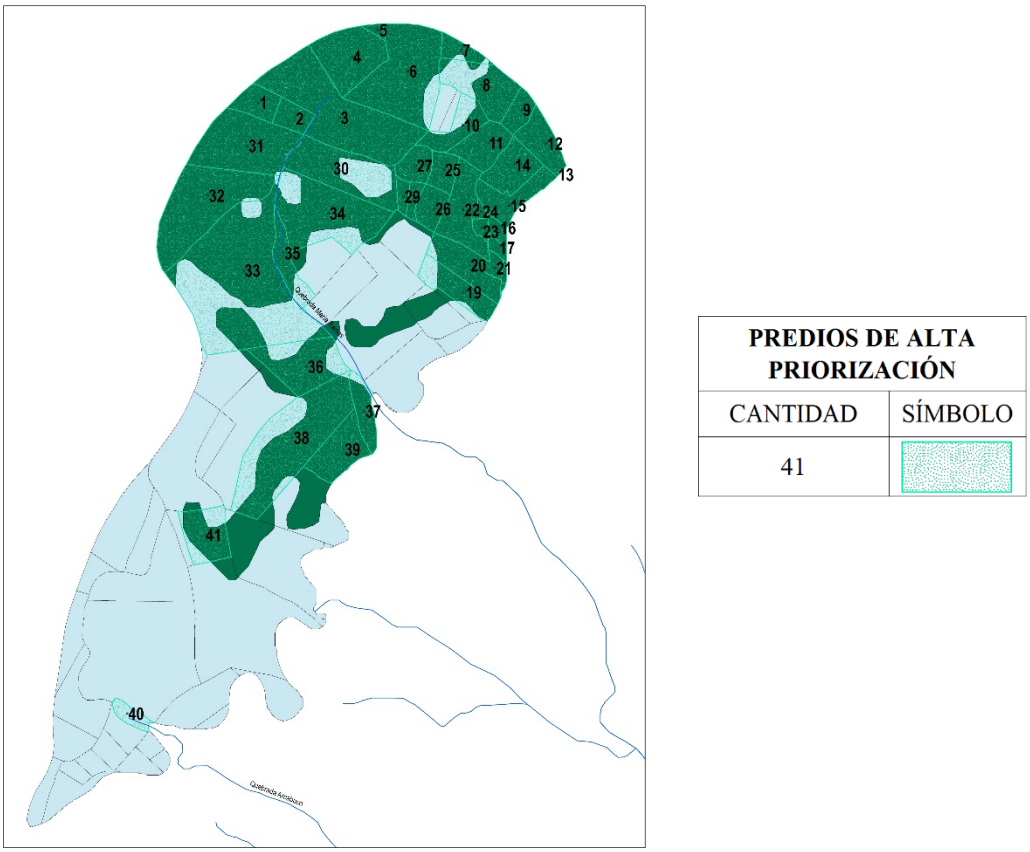


Ilustración 9. Predios de alta priorización.
(Autores, 2019)

A continuación se presentan los predios seleccionados como de alta priorización:

Tabla 14
Identificación de predios de alta priorización

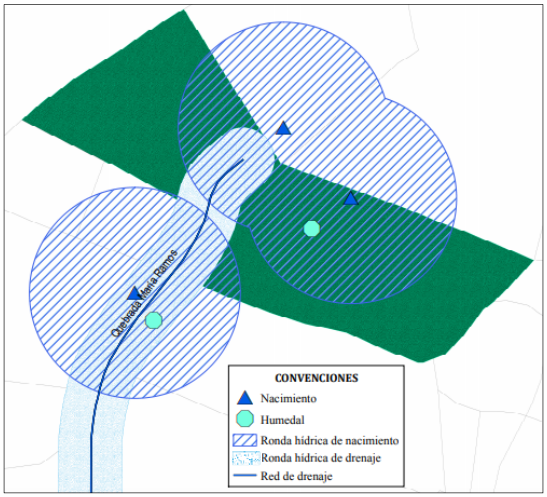
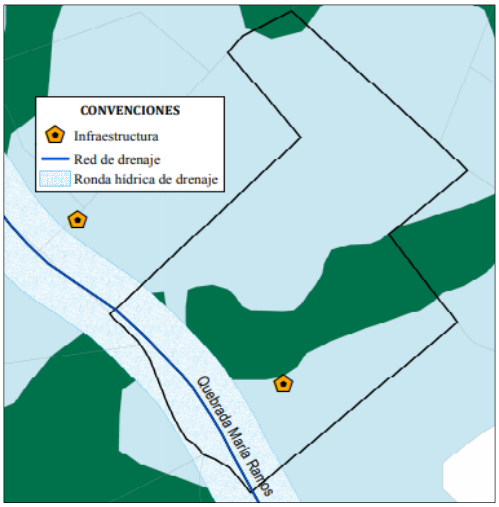
Número de Predio	Localización geoespacial		Número de Predio	Localización geoespacial	
	X	Y		X	Y
1	1,025,765.589	1,116,262.422	22	1,026,327.512	1,115,959.976
2	1,025,860.839	1,116,212.151	23	1,026,379.899	1,115,909.176
3	1,025,985.193	1,116,217.443	24	1,026,379.899	1,115,952.039

4	1,026,024.881	1,116,381.485	25	1,026,274.661	1,116,068.753
5	1,026,091.027	1,116,455.568	26	1,026,246.086	1,115,962.390
6	1,026,175.694	1,116,341.797	27	1,026,196.874	1,116,080.659
7	1,026,318.569	1,116,397.360	28	1,026,191.317	1,115,987.790
8	1,026,374.132	1,116,302.110	29	1,026,161.949	1,115,995.728
9	1,026,493.194	1,116,235.964	30	1,025,965.098	1,116,073.516
10	1,026,329.152	1,116,190.984	31	1,025,730.853	1,116,134.987
11	1,026,397.944	1,116,146.005	32	1,025,619.728	1,115,999.520
12	1,026,556.694	1,116,143.359	33	1,025,720.270	1,115,791.028
13	1,026,588.444	1,116,053.401	34	1,025,954.162	1,115,947.662
14	1,026,466.736	1,116,082.505	35	1,025,828.220	1,115,839.712
15	1,026,456.153	1,115,974.026	36	1,025,894.895	1,115,524.328
16	1,026,429.694	1,115,897.825	37	1,026,052.587	1,115,398.386
17	1,026,423.344	1,115,853.375	38	1,025,857.853	1,115,326.419
18	1,026,439.219	1,115,774.000	39	1,025,996.495	1,115,294.669
19	1,026,329.681	1,115,729.788	40	1,025,397.478	1,114,563.359
20	1,026,343.387	1,115,802.813	41	1,025,613.378	1,115,057.602
21	1,026,416.412	1,115,794.876			

(Autores, 2019)

A modo de ejemplo, se presenta a continuación la descripción de dos predios catalogados en diferentes niveles de priorización.

Tabla 15
Matriz descriptiva de predios evaluados

PREDIO	A	B
Importancia de priorización	Alta	Moderada
Representación gráfica	 *Ilustración 10. Predio ejemplo de alta priorización.*	 *Ilustración 11. Predio ejemplo de moderada priorización.*
Descripción	En este predio se ubica un nacimiento de agua y un humedal en la regulación hídrica, así mismo es atravesado por la quebrada María Ramos por lo cual en esta área debe establecerse la ronda de protección hídrica del cauce y nacimiento.	Este predio es atravesado por la quebrada María Ramos por lo cual está influenciado por la ronda de protección hídrica. Adicionalmente, en este predio se ubica un tanque de almacenamiento que hace parte de la infraestructura del acueducto veredal de Teneria
Variables del componente físico ambiental		
Geología	Areniscas de Chiquinquirá (KiK2chi)	Areniscas de Chiquinquirá (KiK2chi) y Formación Simijaca (K2s)
Geomorfología	Vigas, lomas, coluvios, glacis.	Vigas, lomas, coluvios, glacis.
Paisaje	Montañas estructurales erosionales.	Montañas estructurales erosionales.
Pendiente	12 - 50% Fuertemente inclinada a ligeramente escarpada.	25 - 75% Ligera a moderadamente escarpada

Erosionabilidad Erodabilidad	Baja	Baja
Asociación de suelo	MLVe1	MLVe1
Clase agrológica	VI	VI
Humedad del suelo	Media	Alta
Textura del suelo	Franco Arcillo-Arenoso y Franco Arenoso	Arenoso
Densidad aparente	Media	Alta
Amenaza: Incendio Inundación Remoción en masa	Baja	Baja
Precipitación	1100 – 1200 mm	1100 – 1200 mm
Temperatura	14 – 15 °C	14 – 15 °C
Cobertura vegetal	Bosque denso y pastos limpios	Bosque denso
Nacimientos Humedales Rondas hídricas	1 nacimiento 1 humedal Ronda hídrica de protección de nacimiento y drenaje principal	Ronda hídrica de protección del drenaje principal.
Variables del componente normativo		
Áreas protegidas reglamentadas	No registra	No registra
Variables del componente socioeconómico		
Actividad Económica	Conservación y ganadería	Conservación
Vías de accesos	Acceso a un camino	Acceso a un camino

Equipamientos	No registra	Tanque de almacenamiento del acueducto veredal de Teneria
Variables del componente cultural		
Lugar religioso, histórico, arqueológico, de referencia o valor social	Registra: Áreas con atractivo natural para ecoturísmo	No registra

(Autores, 2019)

Discusión de resultados

Síntesis de la dinámica morfométrica

Dado que la microcuenca de la quebrada María Ramos presenta un área pequeña, su comportamiento estará determinado por el tipo y uso del suelo, la cobertura vegetal y el régimen climático. De acuerdo con los diferentes índices calculados, la microcuenca presenta una forma alargada con un cauce principal largo; sin embargo, a pesar de ser alargada, el tiempo de concentración es muy rápido, de 37 minutos, de manera que la microcuenca presenta sensibilidad a las lluvias de alta intensidad y corta duración siendo sensible a eventos torrenciales, esto sumado a la pendiente media que sugiere que la microcuenca es fuertemente accidentada, por lo cual el escurrimiento de aguas es más pronunciado, genera que la microcuenca sea suceptible a procesos de erosión hídrica dado que se presenta mayor escorrentía y menor infiltración del agua.

Por su parte, el tiempo de concentración confirma que el territorio puede presentar una respuesta casi inmediata ante el desarrollo de procesos en pro de la regulación hídrica.

En cuanto al relieve, la curva hipsométrica de la microcuenca corresponde a una curva sinusoidal cóncavo-convexa (ver ilustración 6), la cual, según Quezada, Cerda, & Jensen (2010), representa un estado transitorio en la evolución del relieve por lo que la microcuenca se encuentra en una fase de equilibrio y etapa de madurez (Strahler, 1952; citado en Lux, 2014). Además,

considerando que la inflexión en la curva, de cóncava a convexa, se presenta a una altura relativamente baja, entre los 2700 y 2750, se puede interpretar que el grado de evolución del relieve es alto mientras que el porcentaje de paisaje preservado original es bajo (Quezada et al., 2010).

Finalmente, la red de drenaje es insuficiente; si bien el índice de densidad de drenaje sugiere que la microcuenca es moderadamente drenada, lo cierto es que el sistema de drenaje es incapaz de abastecer adecuadamente al cauce principal debido a que la mayoría de los afluentes de orden 1 y 2 son intermitentes.

Problemática socioambiental

El territorio presenta un régimen climático bimodal con dos temporadas fuertes de sequía en las cuales el caudal de la quebrada María Ramos y la disponibilidad del recurso hídrico fluctúan drásticamente. En los meses de sequía se presentan problemas de desabastecimiento en los acueductos veredales por lo cual se debe racionar el recurso a través de la prestación interrumpida del mismo, esto limitada el normal desarrollo de las actividades domésticas, pecuarias y agrícolas y perjudica económicamente a la comunidad.

La fluctuación del caudal y la respuesta del cauce ante las épocas de sequía, refleja las debilidades del territorio para llevar a cabo correctamente la regulación hídrica. Las debilidades identificadas son:

- Bajos aportes de agua al cauce principal: en las visitas a campo se estableció que el afluente principal “Los Siotes” se ha convertido en una corriente de carácter intermitente que únicamente en épocas de fuertes lluvias presenta un caudal mínimo, por lo cual la quebrada María Ramos no recibe aportes de agua de su parte. Mientras que, según los usuarios y la autoridad ambiental, la quebrada Arcabuco, único aporte continúo de agua, posee un caudal permanente durante todo el

año pero que disminuye notablemente en época de sequía tiempo en el que no puede abastecer completamente al cauce principal.

- Transformación de la cobertura vegetal y el uso del suelo: según la información recolectada en campo, a través de los años las coberturas primarias del territorio han sido alteradas debido a la expansión de la frontera pecuaria, con ganadería lechera y de levante, y agrícola, con cultivos de maíz (*Zea mays*), arveja (*Pisum sativum. L*), papa (Solanum tuberosum) y otras hortalizas, y el uso de fertilizantes y agroquímicos. Debido a esta expansión, los nacimientos, humedales y bosques naturales se han transformado en grandes extensiones de pastos que incluso pueden llegar hasta las áreas de rondas hídricas, por lo que es posible encontrar ganado bebiendo directamente del cauce lo que favorece la compactación de los suelos y, por ende, disminuye la infiltración y regulación del agua, así como su calidad.

- Concesiones sobre el recurso hídrico: Actualmente sobre la quebrada María Ramos se ubican concesiones otorgadas por la autoridad ambiental, en estas se tiene en cuenta el caudal ecológico, establecido como un factor del 25% del caudal medio mensual multianual más bajo de la quebrada, sin embargo el aforo del caudal se ha realizado al momento de la solicitud de concesión en épocas de lluvia (CAR, 2013), por lo cual, la comunidad denuncia que al no realizar el aforo en tiempo seco al momento de expedir las concesiones no se consideró la disminución del caudal en este tiempo, esto genera un sobreconsumo del recurso hídrico que puede ofrecer la quebrada y contribuye al desabastecimiento del mismo en época de sequía. Además, los concesionados individuales son al mismo tiempo usuarios del acueducto de Tenería, es decir, cuentan con dos o más puntos de abastecimiento del recurso hídrico, dando paso al desarrollo de conflictos y polémicas por los derechos sobre el agua de los usuarios.

- Falta de áreas estratégicas para el desarrollo ambiental: cada concesión adquiere con la CAR unas obligaciones particulares que, en su mayoría, corresponden a la protección de la ronda hídrica, nacimientos y humedales a través de procesos de reforestación, sin embargo, por ejemplo, las juntas administrativas de los acueductos veredales afirman que no cuentan con el terreno suficiente para llevar a cabo estos procesos.

Áreas estratégicas y de alta importancia de priorización

A partir de la aplicación de la metodología se encontró que las características naturales con mayor valor ambiental para la regulación hídrica corresponden a nacimientos, humedales, rondas hídricas y áreas de bosque natural y de suelos permeables, debido a que estas características contribuyen al mantenimiento de los caudales, la conectividad dentro de la cuenca y al aumento de la capacidad de retención e infiltración de agua. Así mismo, las fuertes pendientes fueron claves al determinar las áreas a priorizar debido que estas deben ser objeto de proyectos ambientales que contrarresten posibles eventos de erosionabilidad, erodabilidad y remoción en masa. Es así que la presencia o ausencia de estas características determina el nivel de priorización de los predios, de manera que, un predio de alta importancia de priorización presentará una o varias de estas características.

No obstante, es importante aclarar que las características sociales como la precepción de la comunidad, la presencia de infraestructura y lugares de interés también son claves en la valoración de los predios ya que están ligadas a la aceptación y participación de la población en el desarrollo ambiental.

Por otra parte, es importante destacar ninguna unidad predial se catalogó como de baja importancia de priorización (ver ilustración 8 y 9), lo que indica que el territorio tiene potencialidad

para fortalecerse a nivel hídrico de manera que es necesario que en toda la cuenca alta se realicen proyectos en pro de la protección y conservación del recurso hídrico siendo necesario reunir todos los esfuerzos técnicos, económicos y de participación comunitaria que permitan enfrentar la dinámica y problemática actual de la microcuenca.

Dentro de los proyectos que se pueden desarrollar en busca de conservar el recurso hídrico y mejorar la regulación del mismo, se destacan las tecnologías de siembra de agua.

Las tecnologías de siembra de agua buscan contribuir al almacenamiento e infiltración de agua y la recarga de acuíferos, con el fin de mejorar la circulación del agua, por ejemplo, a través el rebrote de nacimientos; algunas de estas tecnologías son las qochas o reservorios y las zanjas de infiltración.

Las qochas o reservorios permiten una recarga permanente del acuífero a través de una lenta infiltración del agua y por lo tanto mantienen la disponibilidad de agua a la vez que disminuye la susceptibilidad a la erosión en la parte media y baja de la microcuenca. Estas estructuras son una alternativa sencilla, económica y de resultados inmediatos. Adicionalmente, Esta tecnología prolonga la humedad en el área por un mayor periodo de tiempo por lo que contribuye a la conservación de especies vegetales y al aumento y regreso de la biodiversidad. De igual forma, las zanjas de infiltración facilitan la acumulación de agua para su infiltración en el suelo y, a su vez, disminuyen la erosión hídrica. Estas también son de bajo costo y fácil construcción por lo que representan una alternativa sencilla a aplicar.

Estas tecnologías deben ser complementadas con otros proyectos como reforestación, cercas vivas perimetrales y microrepresas en la quebrada que permita almacenar y controlar el caudal a distribuir.

La reforestación debe realizarse en las áreas estratégicas identificadas, esta actividad puede realizarse a través de la recolección de semillas de las especies nativas del bosque natural para siembra en microterrazas o en plantación directa. Así mismo, la reforestación debe incluir la limpieza de especies arbustivas introducidas e invasoras que pueden retrasar el proceso de restauración del ecosistema. Además, las plantaciones forestales de especies nativas en cercanías a los reservorios o zanjas de infiltración no solo ayudarán a infiltrar el agua sino también a estabilizar los taludes. Así mismo, el desarrollo y mejoramiento de cercas vivas perimetrales en la ronda hídrica permite controlar el flujo de agua, sedimentos y nutrientes y estabilizar el suelo, a la vez que garantiza la expulsión de animales a los cuerpos de agua (Vigiak et al, 2007; citado en Ekhuemelo et al., 2016). De igual manera, teniendo en cuenta que la principal actividad económica del territorio es la ganadería, otra alternativa a desarrollar son los bancos forrajeros los cuales consisten en un sistema de cultivo en el que las leñosas perennes crecen en bloque compacto y con alta densidad para maximizar la producción de fitomasa de alta calidad nutritiva (Cisneros & Gallardo, 2014). Esta técnica de siembra permite utilizar menos área de pastura y menor cantidad de agua para alimentar el ganado.

No obstante, para el desarrollo de estos proyectos es necesario realizar procesos de educación ambiental con la comunidad que permitan comprender la importancia de su territorio y el porqué de estos proyectos, esto garantizará su funcionabilidad y continuidad en el tiempo.

Por otra parte, al caracterizar el territorio se identificó que existen áreas ubicadas en la parte media y baja de la microcuenca que requieren ser atendidas, por ejemplo, la ronda hídrica que es un factor clave en la regulación y conservación de la quebrada por lo cual debe protegerse en todo el territorio, así mismo se debe incluir las rondas hídricas de todos afluentes con el fin de incentivar

el restablecimiento de sus caudales de carácter intermitente a permanente para un mayor aporte a la quebrada.

Conclusiones

La caracterización del territorio por componentes permitió identificar que los predios de mayor potencial hídrico se ubican en la parte más alta de la microcuenca, en la cuenca alta; estas zonas son estratégicas para la conservación y protección del recurso hídrico y sus servicios ecosistémicos y, por su importancia, deben ser priorizadas en la selección de áreas para la ejecución de proyectos e inversiones que se pretendan realizar en pro de la conservación.

La aplicación y adaptación de la metodología de priorización de predios propuesta por Gutiérrez et al. (2015) dentro de la microcuenca de la quebrada María Ramos a partir genera beneficios socioambientales tales como mayor conectividad de los ecosistemas, ampliación de corredores biológicos, aumento y regreso de la biodiversidad nativa, desarrollo de espacios naturales de recreación, entre otros. Así mismo, contribuye al mejoramiento de la oferta hídrica no sólo dentro del territorio de la microcuenca de la quebrada María Ramos, sino también en el río Chiquinquirá, por ser tributario de éste.

La evaluación del territorio a través de los componentes físico ambiental, normativo, socioeconómico y cultural permite reconocer las potencialidades y debilidades del mismo para suplir las necesidades hídricas del ecosistema y la comunidad, a su vez esta evaluación conlleva a establecer un criterio objetivo para la clasificación de los predios de interés según su prioridad.

Es posible afirmar que la priorización de predios realizada en la microcuenca de la quebrada María Ramos, es una herramienta de gran valor para la toma de decisiones por parte de los actores y entes territoriales. A partir de esta, se da una observación más amplia de las características del

territorio, las potencialidades que ofrece y brinda una base para el planteamiento de estrategias y el desarrollo de programas y proyectos que contribuyan a la conservación, protección y mejoramiento de la oferta hídrica de la microcuenca.

Teniendo en cuenta que de los dos principales afluentes de la quebrada María Ramos solo uno de ellos es permanente, puede interpretarse que existe una gran vulnerabilidad frente al abastecimiento continuo de la quebrada y la disminución de la disponibilidad de agua para abastecimiento doméstico, pecuario, agrícola e industrial. Sin embargo, las condiciones físico-ambientales, culturales, socioeconómicas y normativas analizadas en el presente documento, permiten observar el potencial hídrico que posee el territorio y que puede ser aprovechado si se llevan a cabo procesos de protección y conservación en áreas estratégicas.

A partir de la priorización de predios y conociendo las características del territorio, puede plantearse y desarrollarse distintas estrategias para la protección y conservación de áreas estratégicas que garanticen las dinámicas ecosistémicas y el abastecimiento continuo del recurso hídrico, sin perjudicar el desarrollo socioeconómico de la comunidad local, tales como la tecnologías para el cultivo de agua, desarrollo de educación ambiental y ecoturismo, pago por servicios ambientales y las demás mencionadas anteriormente.

Desde el punto de vista social, las entrevistas y encuestas realizadas evidencian que existe un gran compromiso por parte de la comunidad hacia la conservación y protección del recurso hídrico en el territorio, el 87% y 91% de los usuarios de Teneria y La Mesa respectivamente afirmaron que participarían en procesos de conservación de la quebrada. Esta situación permitirá una gran aceptación, apropiación y participación de la comunidad en los proyectos que les permitan mantener un acceso estable y continuo al recurso hídrico para su uso dentro de sus actividades

cotidianas y para el desarrollo económico de la región, conservando el arraigo de los habitantes a su territorio.

Recomendaciones

A partir de la identificación de las áreas estratégicas para la conservación y protección del recurso hídrico, se recomienda a los entes territoriales y/o gubernamentales, la adquisición de los predios escogidos para su priorización, de manera que puedan ser intervenidos y sean utilizados para la ejecución de estrategias y proyectos para la conservación y protección del recurso hídrico, así como la delimitación de las zonas para el desarrollo agrícola y pecuario. No obstante, si estas adquisiciones no son posibles en el corto plazo, acordar con el propietario el pago por servicios ambientales derivados de la conservación de áreas dentro de su predio.

Para la adquisición de las áreas estratégicas, se recomienda realizar una valoración económico-ambiental de los predios seleccionados; de manera que se reconozca el valor real de estas áreas y se puedan llevar a cabo acuerdos entre los actores involucrados, como la alcaldía municipal, la CAR, las juntas administrativas de los acueductos veredales y los propietarios de dichos predios.

Para la selección de las estrategias y proyectos a desarrollar en pro de la conservación, planteadas anteriormente, se recomienda realizar una valoración técnica y financiera de las mismos que permita realizar la selección de los proyectos más óptimos de acuerdo con el territorio y su comunidad y la aplicación de los mismos, para su funcionamiento y continuidad.

Estos proyectos deben ser realizados con la participación de todos los actores de la quebrada María Ramos; aprovechando que la comunidad tiene una amplia disposición de contribuir a la protección de la microcuenca, se recomienda hacerlos partícipes en las diferentes actividades a

realizar ya que esto promueve el reconocimiento y la apropiación del territorio y la valoración de los recursos naturales sumado a una disminución en el gasto económico de ejecución del proyecto y una veeduría de los recursos públicos manejados por cada acueducto. Adicionalmente, la participación comunitaria debe desarrollarse teniendo la educación ambiental como eje principal para la construcción del pensamiento colectivo de conservación.

Así mismo, se recomienda ampliar el estudio de suelos a las cuencas media y baja de la microcuenca con la finalidad de extender la metodología en estas zonas e identificar nuevas áreas estratégicas. Además, se recomienda realizar un estudio detallado de coberturas vegetales que permita identificar las especies vegetales nativas, para realizar un proceso óptimo de reforestación y cercado verde para la protección y conservación del recurso hídrico, y detallar las especies invasoras o perjudiciales presentes en el territorio, para su remoción.

Teniendo en cuenta la posición de la comunidad usuaria y los acueductos veredales frente a las concesiones otorgadas por la CAR, se recomienda a la autoridad ambiental realizar el aforo de la quebrada en época de sequía y medir el consumo de agua de las concesiones, lo que permitirá definir si estas concesiones son necesarias y nuevos acuerdos con los concesionados en los que participen los acueductos veredales. De estos acuerdos se espera desarrollar proyectos ambientales que mejoren las condiciones de la quebrada y a su vez fortalezca la participación comunitaria y la relación de los actores.

Por otra parte, se identificó que actualmente en el área de estudio no existe ninguna estación meteorológica y las estaciones próximas se encuentran distanciadas y comparten diferentes geomorfologías por lo cual, a pesar de las técnicas de homogenización, la información no es totalmente confiable de modo que el estudio de la microcuenca se ve afectado. Además, esta

situación limita la posibilidad de monitorear las condiciones de la quebrada y el territorio, así mismo limita la posibilidad de desarrollar y medir indicadores que permitan analizar el comportamiento de la quebrada en términos de tiempo, evaluar la efectividad de proyectos, etc. Es por esto que se recomienda la instalación de una estación meteorológica y de monitoreo en el área de estudio o en sus cercanías, la cual mida parámetros climáticos como la precipitación, humedad, evapotranspiración, temperatura, entre otros, y parámetros hidrológicos como caudal, solidos suspendidos y disueltos, DBO, DQO, entre otros.

Referencias

Alcaldía Municipal de Chiquinquirá. (2017). *Estudios Previo - Comodato*.

Alves, L., Rogério de Mello, C., Colombo, A., & Cuartas, L. A. (2017). Hydrologic Impacts Due to the Changes in Riparian Buffer in a Headwater Watershed. *CERNE*, *23*, 95–102. https://doi.org/10.1590/01047760201723012205

Antúnez, A., Felmer, S., Vidal, M., Morales, R., Coz, E., & Fuentes, F. (2010). Propiedades Físico-Hídricas del Suelo en el Cultivo del Maíz Grano, 31–50.

Bagherian, R., Bahaman, A., Asnarulkhadi, A., & Shamsuddin, A. (2009). Community Participation in Watershed Management Programs. *Journal of Social Sciences*, *5*, 251–256. https://doi.org/10.2139/ssrn.2227214

Barreto, C. P. (2015). *Identificación de Áreas Estratégicas para la Conservación del Recurso Hídrico a partir de Sig en la Cuenca del Rio Combeima.* Universidad Católica de Colombia. Retrieved from https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/2339/1/IDENTIFICACIÓN DE ÁREAS ESTRATÉGICAS PARA LA CONSERVACIÓN DEL RECURSO HÍDRICO A PARTIR DE SIG EN.pdf

Campisano, A., Creaco, E., & Modica, C. (2011). A simplified approach for the design of infiltration trenches. *Water Science and Technology*, *64*(6), 1362–1367. https://doi.org/10.2166/wst.2011.170

Chavare, S., & Shinde, S. D. (2013). Morphometric analysis of Urmodi basin, Maharashtra using geo-spatial techniques. *International Journal of Geomatics and Geosciences*, *3*(1), 224–231.

Cisneros, P., & Gallardo, F. (2014). Tecnologías silvopastoriles para la ganaderia bovina sustentable en el trópico.

Congreso de Colombia. (1993). *Ley 99 de 1993*.

Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca CAR. (2005). *Elaboración de los estudios de diagnóstico prospectiva y formulación para la cuenca hidrográfica de los ríos Ubaté y Suárez.*

Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca CAR. (2013). *Resolución No 0323 de 05 de Marzo de 2013*.

Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca CAR. (2014). *Modelación de formaciones geológicas Prioritarias que constituyen acuíferos y diseño de la red de monitoreo de niveles piezométricos y calidad de agua subterranea en la cuenca del río alto suárez. Geociencias e Ingeniería* (Vol. 11). https://doi.org/10.1016/j.jala.2005.11.004

Corporación Autónomaa Regional de Cundinamarca CAR. (2018a). Catálogo de Datos de las Estaciones Metereológicas de la Corporación Autónoma Regional CAR.

Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca CAR. (2018b). *Informe Técnico DGOAT No. 0137 de 30 Mayo de 2018*.

De Freitas Sampaio, L., Silvestre Rodrigues, V. G., De Almeida Bressiani, D., & Martins Ferreira, R. R. (2017). Hydrologic and hydraulic simulations for use in macrodrainage designs for gully management and recovery. *DYNA*, *84*(202), 129–136. https://doi.org/10.15446/dyna.v84n202.61254

Díaz, J. P. E. (2017). *Determinación de la disponibilidad hídrica superficial mediante balance hídrico en la Cuenca del Río Cumbaza-San Martín, 2016*. *Repositorio UPeU*. Universidad Peruana Unión.

Dourojeannni, A. (2001). *Water management at the river basin level: challenges in Latin America*. *Natural Resources and Infrastructure Division*. Santiago de Chile: United Nations. Retrieved from https://www.pseau.org/outils/ouvrages/cepal_water_management_at_the_river_basin_level_challenges_in_latin_america_2001.pdf

Ekhuemelo, D. O., Amonum, J. L., & Usman, I. A. (2016). Importance of forest and trees in sustaining water supply and and technology research. *Nigeria Journal of Education, Health and Technology Research (NJEHETR)*, *8*, 273–280. https://doi.org/ISSN: 2251-0087

Flores, L., & Alcalá, J. (2010). Manual de procedimiento analitico., 56. https://doi.org/10.1007/s00431-003-1251-6

Fuquen, J., & Osorno, J. (2008). *Geología de la plancha 190 Chiquinquirá. Escala 1:100.000*. (S. G. COLOMBIANO, Ed.), *North* (INGEOMINAS).

Gaspari, F., Rodríguez, A., Senisterra, G., Denegri, G., Delgado, M., & Besteiro, S. (2012).

Caracterización morfométrica de la cuenca alta del río Sauce Grande, Buenos Aires, Argentina. *Augmdomus*, *4*, 144–158. https://doi.org/10.4995/ia.1994.2637

Global Partnership Water. (2017). *Programa Agua, Clima y Desarrollo (PACyD)*. (C. G. P. de A. (CGPA), Ed.). Cusco, Perú: GWP Sudamérica – Programa Agua, Clima y Desarrollo. Retrieved from https://www.gwp.org/globalassets/global/gwp-sam_files/noticias/gest-recur-hidricos.pdf

Gutiérrez, Á. M., Zambrano, Y., & Ospina, L. (2015). Propuesta metodológica de priorización de áreas para conservación de cuencas. Validación en río Caquinal, Fómeque, Cundinamarca, Colombia. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental*, *6*(1), 199. https://doi.org/10.22490/21456453.1277

Instituto Geográfico Agustín Codazzi IGAC. (n.d.). Muestreo de suelos Muestreo de aguas para análisis fisicoquímico y biológico, 8.

Instituto Geográfico Agustín Codazzi IGAC. (2004a). Mapa Digital de Capacidad de Uso de las Tierras del Departamento de Boyacá, República de Colombia. Escala 1:100.000. Año 2004. https://doi.org/41ab0591-182b-41b3-8616-920907c419b3

Instituto Geográfico Agustín Codazzi IGAC. (2004b). Mapa Digital de Suelos del Departamento de Boyacá, República de Colombia. Escala 1:100.000. Año 2004. https://doi.org/9eccfbe9-0b66-43ad-9394-2c34755aeb76

Instituto Geográfico Agustín Codazzi IGAC. (2005). *Estudio general de suelos y zonificación de tierras del departamento del Departamento de Boyacá*. *Centro Documentación CAR Bogotá*. https://doi.org/10.1016/B978-84-458-1898-5.50004-3

Instituto Geográfico Agustín Codazzi IGAC. (2014). Plancha Cartográfica 190-I-B. Escala 1:25.000.

Instituto Geográfico Agustín Codazzi IGAC. (2018). Bases Cartográficas Catastrales Departamentales, Republica de Colombia. Escalas 1:2000 y 1:25000. Año 2018. https://doi.org/2660122d-956f-448d-9c64-b2040e459b4a

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales IDEAM (2010). *Leyenda Nacional de Coberturas de la Tierra. Metodología CORINE Land Cover adaptada para Colombia Escala 1:100.000.* (Vol. 15). https://doi.org/10.3969/J.ISSN.1672-8270.2018.04.005

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales IDEAM (2018). Catálogo de Datos Meteorológicos de las Estaciones IDEAM.

Instituto de Manejo de Agua y Medio Abiente. (2015). *El servicio de regulación hídrica y la cosecha de agua*. Cusco, Perú. Retrieved from http://www.cies.org.pe/sites/default/files/files/actividades/ppt_ima_wilfredo_chavez.pdf

Jaramillo, D. (2002). Introducción a la ciencia del suelo. *Facultad de Ciencias. Universidad Nacional de Colombia*, 619. https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004

Lux, B. (2014). Conceptos básicos de Morfometría de Cuencas Hidrográficas. *Maestría En Energía y Ambiente*, 8.

Martínez Guzmán, M. A. (2013). *Tecnologías para el uso sostenible del agua: una contribución a la seguridad alimentaria y la adaptación al cambio climático*. (D. Cáceres Castejón, Ed.). Tegucigalpa: Global Water Partnership, Orga- nización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO).

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible Minambiente. (2013). *Decreto 0953 del 17 de mayo 2013*.

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible Minambiente. (2018). *Guía metodológica para la formulación de los planes de manejo ambiental de microcuencas*.

Ministerio de Ambiente, Vivienda. y Desarrollo Territorial Minambiente. (2010). *Política Nacional para la Gestión Integral del Recurso Hídrico*. Bogotá D.C.

Moreno, F. A., Esquivel, J. R., & Zamudio, E. (2015). *Estudio morfométrico de la cuenca del Río Azul, afluente del río Calima, departamento del Valle del Cauca*. Universidad Distrital Francisco José de Caldas.

Muñoz, C. P. (2015). *Identificación de áreas estratégicas para la conservación del recurso hídrico a partir de SIG en la cuenca del río Combeima*. Universidad Católica de Colombia.

Nedaw, D., & Walraevens, K. (2011). The Positive Effect of Micro-Dams for Groundwater Enhancement: a Case Study around Tsinkanet and Rubafeleg Area, Tigray, Northern Ethiopia. *Momona Ethiopian Journal of Science*, *1*(1), 59–73. https://doi.org/10.4314/mejs.v1i1.46041

Nestmann, F., & Stelzer, C. (2007). The importance of reservoirs for water supply and power generation - An overview. In *Global Change: Enough water for all?* (pp. 117–121). Retrieved from www.klima-warnsignale.uni-hamburg.de

Open Course Ware. (1992). Estimacion de la densidad aparente. Universidad Politécnica de Madrid.

Otzen, T., & Manterola, C. (2017). Técnicas de Muestreo sobre una Población a Estudio. *International Journal of Morphology*, *35*(1), 227–232. https://doi.org/10.4067/S0717-95022017000100037

Parques Nacionales Naturales de Colombia. (n.d.). Informacion cartografica limite Parques Nacionales.

Pimienta Lastra, R. (2000). Encuestas probabilísticas vs. no probabilísticas. *Política y Cultura*, *13*.

Quezada, J., Cerda, J. L., & Jensen, A. (2010). Efectos de la tectónica y el clima en la configuración morfológica del relieve costero del norte de Chile. *Andean Geology*, *37*(1), 78–109. https://doi.org/10.2307/2010039

Rocha, P. C., & Santos, A. A. dos. (2018). Hydrological Analysis in Water Basins. *Mercator*, *17*, 1–18. https://doi.org/https://doi.org/10.4215/rm2018.e17025

Rodríguez, F. (2006). Cuencas Hidrográficas , Descentralización y Desarrollo Regional Participativo. *InterSedes: Revista de Las Sedes Regionales*, *VII*(12), 113–125. https://doi.org/1409-4746

Rosa, R. N. (2004). River Basins : Geomorphology and Dynamics. In R. N. Rosa, A. Heitor Reis, & A. F. Miguel (Eds.), *Bejan's Constructal Theory of Shape and Structure* (pp. 15–48). Évora: University of Évora. Retrieved from https://www.researchgate.net/publication/260425345%0D

Salamanca, A., & Sadeghian, S. (2005). La densidad aparente y su relación con otras propiedades en suelos de la zona cafetera colombiana. *Cenicafé*, *56*(1), 381–397.

USGS science for a changing world. (2018). Imagen Satelital Sentinel 2B.

Valer, F., & Pérez, J. (2014). *Las Qochas Rústicas, una alternativa en los andes para la siembra y cosecha de agua en un contexto de cambio climático*. (A. Mora Aquino, Ed.). Retrieved from http://www.paccperu.org.pe/publicaciones/pdf/134.pdf

Wester, P., & Hirsch, P. (2007). River basin development and management. In Development Communications & Incorporated (Eds.), *Water for Food, Water for Life: A Comprehensive Assessment of Water Management in Agriculture.* (pp. 585–625). London and Colombo: International Water Management Institute. Retrieved from http://www.iwmi.cgiar.org/assessment/Water for Food Water for Life/Chapters/Chapter 16 River Basins.pdf

Zamudio, C. (2012). Gobernabilidad sobre el recurso hídrico en Colombia : entre avances y retos, *15*(2012), 1–14. Retrieved from https://revistas.unal.edu.co/index.php/gestion/article/view/36284/42930

Zuñiga, H., Guerra, P., & Peña, Y. (2016). *Anexos formulación del plan de manejo técnico ambiental para el predio Marbella II ubicado en el municipio de Sasaima, Cundinamarca. Mмum*. UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS.

Zuñiga Palma, H. (2000). *Hagamos El Ordenamiento Territorial Del Sector Rural De Nuestro Municipio*. (U. D. F. J. DE CALDAS, Ed.), *Universidad Distrital Francisco José de Caldas*.

Anexos

1. Modelo de encuesta

ENCUESTA "APRECIACIONES SOBRE LA QUEBRADA MARÍA RAMOS"

Cordial saludo, de ante mano agradecemos su participación en esta encuesta la cual tiene por objeto identificar y evaluar la relación de la comunidad con la quebrada María Ramos y se desarrolla únicamente con fines académicos. Sus respuestas y recomendaciones serán confidenciales.

INFORMACIÓN GENERAL

1. Nombre y Apellido

_____

2. Identificación del predio.

_____

3. Tamaño del predio.

_____

4. Género

☐ Femenino ☐ Masculino

5. ¿Cuántos años tiene?

_____

6. ¿De qué manera obtiene el agua para su hogar?

_____

7. ¿De qué acueducto veredal es usuario?

☐ Acueducto veredal Teneria
☐ Acueducto veredal La Mesa
☐ Ninguno
☐ Otro. ¿Cuál? _____

8. ¿Es usted quién paga el servicio de agua en su hogar?
Si respondió SI continúe a la pregunta 10, si respondió NO continúe a la pregunta 9.

☐ Si ☐ No

9. ¿Quién paga el servicio de agua en su hogar?
10. ¿Cuántos integrantes tiene su familia?

_____

11. ¿Cómo está compuesta su familia?

_____

12. ¿Cuál es la principal actividad económica de su familia?

- ☐ Comercio.
- ☐ Agricultura. (Responda las preguntas 14 y 15)
- ☐ Ganadería. (Responda las preguntas 16 y 17)
- ☐ Industria.
- ☐ Otro. _____

13. Información adicional sobre la actividad económica.

_____

14. ¿Qué cultivos tiene? ¿Utiliza riego? ¿Cómo? ¿Por qué?

_____

15. ¿Utiliza fertilizantes en sus cultivos? ¿Cómo? ¿Por qué?

_____

16. ¿Tiene animales en su predio?
Si responde SI continúe a la pregunta 17, si responde NO continúe a la pregunta 18.

☐ Si ☐ No

17. Identifique que animales tiene

ANIMAL	NÚMERO DE ANIMALES	EDAD	¿CÓMO LES DA DE BEBER?

LAS SIGUIENTES PREGUNTAS SE RELACIONAN CON SU PERCEPCIÓN DEL SERVICIO DE AGUA POR PARTE DEL ACUEDUCTO VEREDAL.

18. Usted considera que el servicio del acueducto veredal es:

- ☐ Muy bueno.
- ☐ Bueno.
- ☐ Regular.
- ☐ Malo.
- ☐ Muy malo.

19. Cuéntenos el porqué de su respuesta.

_____

20. Seleccione el uso o usos principales que usted le da al agua:

- ☐ Uso doméstico.
- ☐ Uso agrícola.
- ☐ Uso pecuario.
- ☐ Uso industrial.
- ☐ Otro. ¿Cuál?_____

21. Información adicional sobre el uso.

_____

22. ¿Cómo considera la calidad del agua para su uso? ¿Es adecuada para todas sus actividades? ¿Por qué?

_____

23. ¿La calidad del agua se mantiene igual durante todo el año? ¿Por qué?

_____

24. ¿La cantidad de agua que recibe es suficiente para todas sus actividades? ¿Por qué?

_____

25. ¿En alguna época escasea el agua o se mantiene igual durante todo el año? ¿Por qué?

_____

26. ¿Sabe de dónde viene el agua que utiliza? ¿Qué sabe?

_____

27. ¿Conoce donde está ubicada la bocatoma? ¿Qué conoce?

_____

28. ¿Conoce la parte alta de la microcuenca o dónde nace la Quebrada María Ramos? ¿Qué conoce? ¿Por qué lo conoce o desconoce?

_____

29. ¿Qué cree que hace que la Quebrada María Ramos tenga agua? ¿Por qué?

_____

30. ¿Qué lugares cree que son importantes conservar para que la quebrada tenga agua?

_____

31. ¿Usted cree que en los últimos años el caudal o nivel de la Quebrada María Ramos ha disminuido?

Si responde SI continúe a la pregunta 32, si responde NO continúe a la pregunta 33.

☐ Si ☐ No

32. ¿Cuál cree que sea la causa de esto?

_____

33. ¿En los últimos años usted ha observado un deterioro del entorno de la Quebrada María Ramos?

Si responde SI continúe a la pregunta 34, si responde NO continúe a la pregunta 35.

☐ Si ☐ No

34. ¿Cuál cree que sea la causa de esto?

_____

35. ¿Considera importante proteger y conservar la Quebrada María Ramos, sus afluentes y entorno?

Si contesta SI diríjase a la pregunta 36, si contesta NO continúe a la pregunta 37.

☐ Si ☐ No

36. ¿Cómo cree que se pueda proteger y conservar la quebrada? ¿Por qué?

_____

37. ¿Participaría en procesos de protección y conservación de la quebrada?

Si contesta SI diríjase a la pregunta 38, si contesta NO de por terminada la encuesta.

☐ Si ☐ No

38. ¿Cómo participaría en estos procesos?

_____

GRACIAS POR SU PARTICIPACIÓN

2. Cartografía Temática
    1. Mapa Base.
    2. Mapa Geología.
    3. Mapa Geomorfología.
    4. Mapa Paisaje.
    5. Mapa Pendientes.
    6. Mapa Erosionabilidad.
    7. Mapa Erodabilidad.
    8. Mapa Asociación de Suelos.
    9. Mapa Clases Agrológicas.
    10. Mapa Humedad del Suelo.
    11. Mapa Textura del Suelo.
    12. Mapa Densidad Aparente.
    13. Mapa Amenaza de Inundación.
    14. Mapa Amenaza de Incendio.
    15. Mapa Amenaza de Remoción en masa.
    16. Mapa Climatológico.
    17. Mapa Coberturas Vegetales.
    18. Mapa Hidrología.
    19. Mapa División Predial.
    20. Mapa Uso Actual.
    21. Mapa Infraestructura.
    22. Mapa Lugares Culturales.
    23. Mapa Valoración de Predios.