

**MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO  
SOSTENIBLE**  
Dirección de Gestión Integral del Recurso Hídrico

**ANEXO 1**  
**GUÍA METODOLÓGICA PARA LA  
FORMULACIÓN DE LOS PLANES DE MANEJO  
AMBIENTAL DE MICROCUENCAS - PMAM**

**Bogotá D.C., 2017**

# CONTENIDO

---

<b>INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>5</b>
<b>1 ASPECTOS GENERALES.....</b>	<b>6</b>
1.1 OBJETIVO DE LA GUÍA.....	6
1.2 MARCO CONCEPTUAL.....	6
1.2.1 La Microcuenca como unidad de análisis.....	6
1.2.2 Partes y componentes de una Microcuenca.....	6
1.2.3 Criterios de priorización para el desarrollo de Planes de Manejo Ambiental de Microcuencas.....	7
1.2.3.1. Problemática 1.Conflictos por el uso de los recursos naturales renovables	8
1.2.3.2. Problemática 2. Conflicto por la disponibilidad del recurso hídrico: Oferta y Demanda.....	8
1.2.3.3. Problemática 3. Conflictos por ocupación del territorio asociadas a los riesgos.....	9
1.2.3.4. Problemática 4: Contaminación de las fuentes de abastecimiento de acueductos.....	9
1.2.4 Objeto del Plan de Manejo Ambiental de Microcuencas.....	9
1.2.5 Marco Metodológico.....	9
<b>2 FASE DE APRESTAMIENTO.....</b>	<b>10</b>
2.1 CONFORMACIÓN DEL EQUIPO TÉCNICO Y DESARROLLO DE ACTIVIDADES PRELIMINARES.....	11
2.2 IDENTIFICACIÓN, CARACTERIZACIÓN, PRIORIZACIÓN DE ACTORES Y DISEÑO DE ESTRATEGIAS DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN.....	11
2.2.1 Identificación, caracterización y priorización de actores.....	12
2.2.2 Estrategia de socialización y participación.....	15
2.3 IDENTIFICACIÓN PRELIMINAR DE PROBLEMAS CRÍTICOS EN LA MICROCUENCA.....	16
2.3.1 Recopilación y análisis de información secundaria existente.....	16
2.4 PLAN DE TRABAJO.....	19
<b>3 FASE DE DIAGNÓSTICO.....</b>	<b>19</b>
3.1 IDENTIFICACIÓN DEFINITIVA Y PRIORIZACIÓN DE PROBLEMÁTICAS A EVALUAR.....	20
3.2 LÍNEA BASE.....	21
3.2.1 Cartografía Base.....	22
3.2.2 Socio-Cultural y Económico.....	22
3.2.3 Componente Físico-Biótico.....	23

3.3	SÍNTESIS AMBIENTAL .....	30
4	FASE DE FORMULACIÓN .....	30
5	FASE DE EJECUCIÓN .....	32
6	FASE DE SEGUIMIENTO Y EVALUACIÓN.....	32
	ESTUDIO DE CASO MICROCUENCA RÍO MUECHE .....	34
	BIBLIOGRAFÍA.....	49
	SIGLAS Y ACRÓNIMOS.....	52

# ÍNDICE DE TABLAS

---

Tabla 1. Matriz preliminar para la identificación de actores .....	12
Tabla 2. Aproximación conceptual a la caracterización de actores según rol o tipo de actor .....	13
Tabla 3. Tipos de relaciones para el mapeo de actores sociales .....	13
Tabla 4. Interés e influencia (poder) de cada actor en relación con las problemáticas ambientales identificadas.....	14
Tabla 5. Identificación y caracterización de actores del PMAM.....	15
Tabla 6. Descripción General de trabajo para recopilación y análisis de información secundaria.....	16
Tabla 7. Criterios de evaluación de información del Documento.....	17
Tabla 8. Criterios de evaluación de información del Contenido.....	18
Tabla 9. Ejemplo para establecer valoración de criterios .....	18
Tabla 10. Descripción General de la Estructura de la Matriz de Evaluación de Información Secundaria .....	19
Tabla 11. Calificación de los desequilibrios físicos, químicos o ecológicos derivados del aprovechamiento de la fauna y la flora .....	34
Tabla 12. Calificación de la degradación de aguas o de los suelos en su calidad y cantidad .....	35
Tabla 13. Calificación por amenazas, vulnerabilidad y riesgos en la microcuenca del río Mueche.....	35
Tabla 14. Afectación de la fuente de agua para consumo humano por fenómenos antrópicos o naturales.....	35
Tabla 15. Unidad de análisis para determinación de problemáticas.....	38
Tabla 16. Actividades económicas identificadas en la microcuenca del río Mueche. ....	39
Tabla 17. Calificación asignada a cada nivel de incidencia.....	40
Tabla 18. Incidencia de la problemática No 1 en la microcuenca del río Mueche.....	40
Tabla 19. Incidencia de la problemática No 2 en la microcuenca del río Mueche.....	42
Tabla 20. Incidencia de la Problemática No 3 en la microcuenca del río Mueche .....	44
Tabla 21. Incidencia de la Problemática No 4 en la microcuenca del río Mueche .....	44
Tabla 22. Calificación de los niveles de incidencia evaluados.....	45
Tabla 23. Resultados obtenidos en la evaluación de condiciones presentes en la microcuenca del río Mueche.....	45
Tabla 24. Resumen de los resultados obtenidos en la identificación de la problemática de la microcuenca del río Mueche. ....	48

# ÍNDICE DE FIGURAS

---

Figura 1. Partes de una microcuenca .....	7
Figura 2. Esquema Conceptual para priorización de microcuencas objeto de plan de manejo ambiental .....	7
Figura 3. Criterios de priorización de microcuencas.....	8
Figura 4. Fases Plan de Manejo Ambiental para Microcuenca (PMAM).....	10
Figura 5. Actividades de la fase de Aprestamiento del PMAM .....	11
Figura 6. Pasos metodológicos para la identificación, caracterización, mapeo y priorización de actores.....	12
Figura 7. Mapa de relaciones entre actores sociales .....	15
Figura 8. Actividades para el desarrollo de la Fase de diagnóstico para un PMAM .....	20
Figura 9. Información general de Línea base para el desarrollo de un Plan de Manejo de microcuenca .....	22
Figura 10. Actividades para la descripción de la Problemática 1.....	24
Figura 11. Actividades para la descripción de las Problemáticas 2 y 4 .....	25
Figura 12. Esquema metodológico Problemática 3 .....	26
Figura 13. Fase de Formulación .....	31
Figura 14. Fase de seguimiento y evaluación .....	33
Figura 15. Mapa de división política de la cuenca del río Lengupá .....	37
Figura 16. Zonificación de la microcuenca del río Mueche.....	38

## INTRODUCCIÓN

En el marco de implementación de la Política Nacional para la Gestión Integral del Recurso Hídrico y en cumplimiento de lo dispuesto en el artículo 2.2.3.1.10.5 del Decreto 1076 de 2015, se elaboró el presente documento: Guía metodológica para la formulación del Plan de Manejo Ambiental de Microcuencas -PMAM-.

Para la elaboración de la presente guía se utilizó como insumo, entre otros, el documento suministrado por el IDEAM “Insumos técnicos para elaborar la Guía Metodológica para la Formulación los Planes de Manejo Ambiental de Microcuencas- PMAM-, el cual fue elaborado en el año 2014 con base en la información recogida en talleres con las Corporaciones Autónomas Regionales y de Desarrollo Sostenible; de igual forma la guía fue complementada con los resultados obtenidos con el proyecto piloto (2015-2016) desarrollado en la Microcuenca Mueche, localizada en los municipios de Zetaquirá, Rondón, Siachoque y Pesca, departamento de Boyacá, jurisdicción de la Corporación Autónoma Regional de Boyacá – CORPOBOYACA-.

La Guía incluye seis (6) capítulos: El primero se refiere a los aspectos generales, como el objetivo, campo de aplicación de la guía y el marco normativo, institucional y conceptual en relación con el manejo ambiental de microcuencas; el segundo capítulo corresponde a la fase de Aprestamiento que comprende , entre otras actividades, la conformación del equipo técnico, actividades previas a la formulación del PMAM y la identificación de actores; el tercer capítulo aborda la fase de Diagnóstico, donde se describen los elementos a considerar para la caracterización de línea base; el cuarto capítulo de la Formulación, incluye la definición de los proyectos y actividades a desarrollar en la Implementación del PMAM, las estrategias de desarrollo, los costos, los responsables, metas e indicadores y posibles fuentes de financiación; el quinto capítulo corresponde a la Ejecución, donde se efectuará lo establecido en la formulación y finalmente en el capítulo sexto se desarrolla el Seguimiento y Evaluación, aspecto clave para determinar a corto, mediano y largo plazo, la efectividad de las acciones implementadas.

# 1 ASPECTOS GENERALES

## 1.1 OBJETIVO DE LA GUÍA

Establecer los criterios técnicos y metodologías para la formulación del **Plan de Manejo ambiental de Microcuenca –PMAM**.

## 1.2 MARCO CONCEPTUAL

### 1.2.1 La Microcuenca como unidad de análisis

*“Una microcuenca es aquella cuenca que está dentro de una Subzona hidrográfica o su nivel subsiguiente, cuya área de drenaje es inferior a 500Km<sup>2</sup>”. (MADS, 2012), 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; la microcuenca está delimitada por la línea del divorcio de las aguas.*

El manejo ambiental de una microcuenca se debe concebir con un enfoque sistémico, dado que una microcuenca al igual que una cuenca, se comporta como un sistema, complejo y abierto, el cual presenta interacciones entre los componentes sociales, económicos y ecológicos que inciden en la disponibilidad de sus recursos naturales y por tanto en el bienestar de las poblaciones que habitan la microcuenca.

### 1.2.2 Partes y componentes de una microcuenca

Para un manejo ambiental adecuado de una microcuenca, esta se analiza de arriba hacia abajo, en lo que se denomina clasificación vertical, bajo este criterio la microcuenca presenta las siguientes partes (Figura 1).

1. Área de captación o zona productora de agua: conformada por las partes altas, es decir los sistemas montañosos que rodean las microcuencas, los cuales son de vital importancia para la conservación por las coberturas vegetales existentes que tiene como función la regulación hídrica.
2. Área de vertientes: la conforman las partes medias de las montañas, cerros o colinas que rodean la microcuenca. En este sector afloran las aguas subterráneas filtradas a través del suelo y se pueden apreciar quebradas y arroyos bien conformados y de mayor caudal.
3. Área de confluencia o zona receptora de agua: está conformada por las partes bajas de las montañas y las vegas de los ríos. En este sector se unen todas las quebradas, arroyos, riachuelos, en torno al río principal. Éste último sigue su camino uniéndose a otro río o llegando directamente al mar.

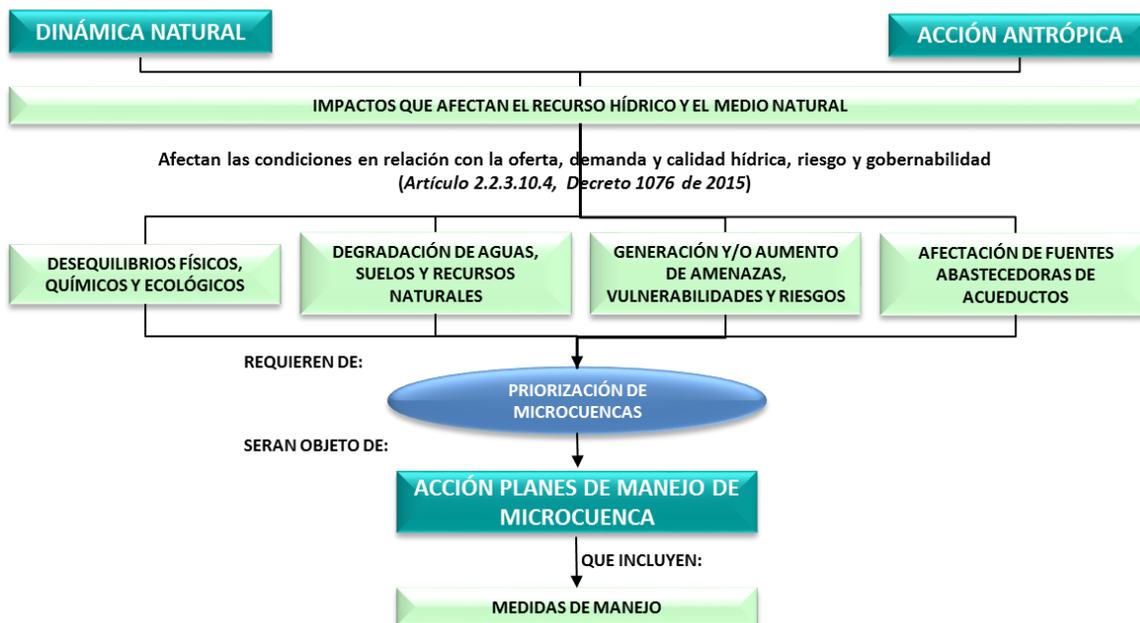


Fuente: MADS. 2016

Figura 1. Partes de una microcuenca

### 1.2.3 Criterios de priorización para el desarrollo de Planes de Manejo Ambiental de Microcuencas

La Autoridad Ambiental Competente (AAC) priorizará las microcuencas objeto de Plan de Manejo Ambiental con base en lo establecido en el artículo 2.2.3.1.10.4 del Decreto 1076 de 2016, siempre y cuando dichas microcuencas no hayan sido incluidas en un POMCA aprobado o en proceso de formulación (ver Artículo 2.2.3.1.10.2.) (Figura 2).



Fuente: MADS. 2017

Figura 2. Esquema conceptual para priorización de microcuencas objeto de plan de manejo ambiental

En la Figura 3, se presentan las problemáticas identificadas a partir de las condiciones establecidas en el artículo 2.2.3.1.10.4., del Decreto 1076 de 2015. Es claro que ninguna de las problemáticas es independiente de las otras y que seguramente todas ellas pueden afectar a una microcuenca en particular.



Fuente: MADS. 2017.

**Figura 3. Criterios de priorización de microcuencas**

### **1.2.3.1. Problemática 1. Conflictos por el uso de los recursos naturales renovables**

Hace referencia a los posibles desequilibrios que se presentan en la microcuenca derivados del aprovechamiento de los recursos naturales renovables por parte del ser humano que generan degradación o pérdida de los mismos. Desde esta perspectiva es posible asociar a las actividades que hacen aprovechamiento de los recursos naturales en la microcuenca, las perturbaciones o desequilibrios físicos, químicos o ecológicos que pueden generar sobre estos recursos.

Para identificar los desequilibrios generados por las actividades que implican el aprovechamiento de los recursos naturales, se tendrá en cuenta el estado actual ambiental del medio natural obtenido del análisis de la Autoridad Ambiental Competente (AAC). El efecto preponderante asociado a esta situación se ha definido como: “Conflictos por el uso de los recursos naturales renovables”. Es necesario aclarar que el conflicto se refiere específicamente al producto de variables básicamente de orden técnico, el cual se desarrollará en la Fase de Diagnóstico.

### **1.2.3.2. Problemática 2. Conflicto por la disponibilidad del recurso hídrico: Oferta y Demanda**

Hace referencia a la pérdida o minimización de los servicios ambientales que proveen los recursos naturales renovables, con énfasis en el agua y el suelo en relación a la disponibilidad de estos recursos, en términos de calidad y cantidad, que permita el desarrollo sostenible de la microcuenca para el beneficio de la comunidad.

La disponibilidad del recurso hídrico en condiciones de calidad y cantidad adecuadas en una microcuenca está asociado a la conservación y manejo sostenible de los suelos, al uso racional del agua y al control a los factores de contaminación.

### **1.2.3.3. Problemática 3. Conflictos por ocupación del territorio asociadas a los riesgos**

Esta problemática contempla la probabilidad de ocurrencia de fenómenos amenazantes en la microcuenca, se incluyen los riesgos derivados de aquellas amenazas que han sido clasificadas como naturales o socio naturales y que pueden afectar los recursos naturales renovables y sus servicios ecosistémicos, los asentamientos humanos, la infraestructura estratégica y las áreas donde se desarrollan actividades productivas.

### **1.2.3.4. Problemática 4: Contaminación de las fuentes de abastecimiento de acueductos.**

Hace referencia a la microcuenca en la cual se localiza una fuente de agua superficial de la que se abastece la población, que evidencien afectaciones o posibles afectaciones a la calidad y cantidad de dicha fuente que limita la disponibilidad del recurso hídrico.

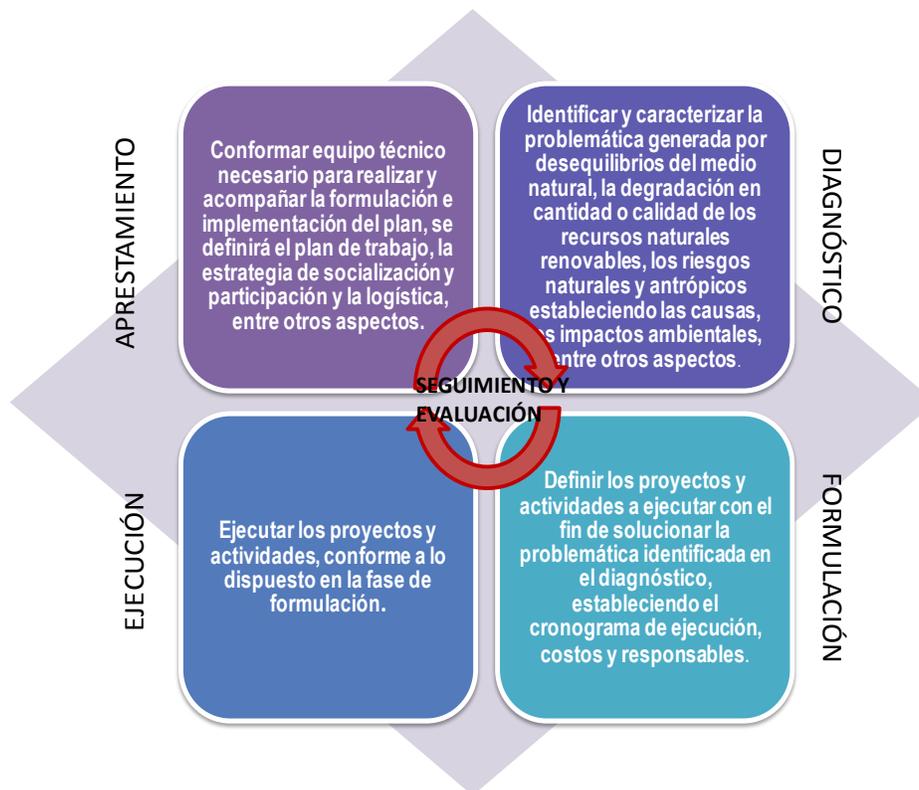
## **1.2.4 Objeto del Plan de Manejo Ambiental de Microcuencas**

De acuerdo con el artículo 2.2.3.1.10.1 del Decreto 1076 de 2015, la planificación y administración de los recursos naturales renovables de la microcuenca, se ejecuta mediante proyectos y actividades para la preservación, restauración y uso sostenible, entendidas como:

- a) **Preservación:** *Mantener la composición, estructura y función de la biodiversidad, conforme su dinámica natural y evitando al máximo la intervención humana y sus efectos”.*
- b) **Restauración:** *Restablecimiento parcial o total de la composición, estructura y función de la biodiversidad, que hayan sido alterados o degradados.*
- c) **Uso sostenible:** *Es utilizar los componentes de la biodiversidad de un modo y a un ritmo que no ocasione su disminución o degradación a largo plazo alterando los atributos básicos de composición, estructura y función, con lo cual se mantienen las posibilidades de esta de satisfacer las necesidades y las aspiraciones de las generaciones actuales y futuras (MAVDT, 2010).*

## **1.2.5 Marco Metodológico**

En la Figura 4, se presentan en forma esquemática las fases del PMAM.



Fuente: MADS. 2017

**Figura 4. Fases Plan de Manejo Ambiental para Microcuenca (PMAM)**

A continuación, se describe de manera detallada las actividades a desarrollar en cada una de las fases de formulación del PMAM.

## 2 FASE DE APRESTAMIENTO

La Autoridad Ambiental Competente (AAC), seleccionará y priorizará las microcuencas objeto de PMAM.

Una vez definidas las microcuencas objeto de PMAM, se establecen los lineamientos administrativos y técnicos necesarios para su desarrollo, entre los que se encuentran: la conformación del equipo técnico, la recopilación y consolidación de la información secundaria sobre la microcuenca, la identificación y caracterización de actores, la conformación de las instancias de participación, la elaboración de la estrategia de socialización, identificación preliminar de problemáticas en la microcuenca y la elaboración del plan operativo de trabajo para cada fase del Plan. En la Figura 5, se presenta las actividades para el desarrollo de esta fase.



Fuente: MADS. 2017

**Figura 5. Actividades de la fase de Aprestamiento del PMAM**

## 2.1 CONFORMACIÓN DEL EQUIPO TÉCNICO Y DESARROLLO DE ACTIVIDADES PRELIMINARES

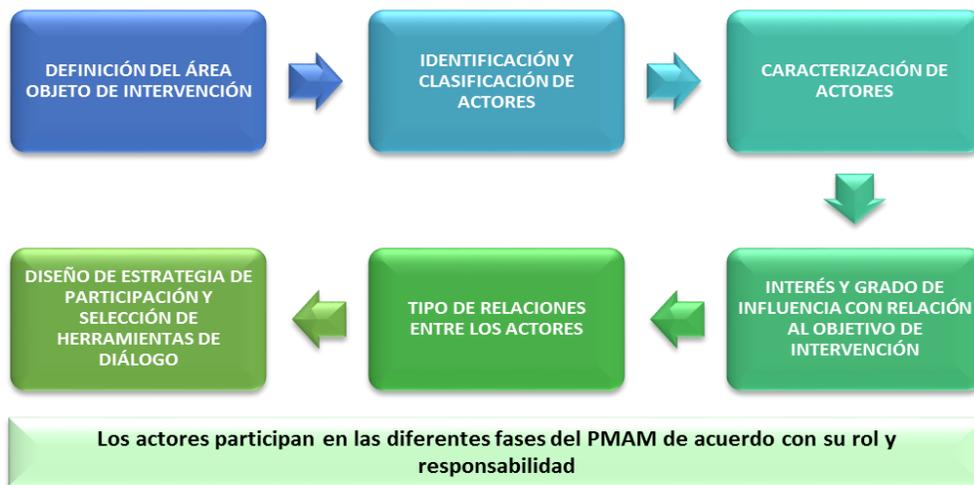
La AAC definirá cómo va a estar conformado el equipo técnico responsable de realizar y acompañar la formulación e implementación del Plan. Es recomendable que el equipo técnico sea integrado por profesionales y técnicos con conocimientos en los aspectos físicos, bióticos, socioculturales y económicos. En todo caso, estos perfiles dependerán de las problemáticas identificadas.

## 2.2 IDENTIFICACIÓN, CARACTERIZACIÓN, PRIORIZACIÓN DE ACTORES Y DISEÑO DE ESTRATEGIAS DE SOCIALIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN

Los actores claves son generalmente aquellos que tiene un nivel de influencia significativo (positivo o negativo) sobre la microcuenca o que son relevantes para que el PMAM pueda ser llevado a cabo y por tanto su participación es relevante para el logro de los objetivos del proyecto.

La identificación, caracterización y priorización de los actores, es el ejercicio a través del cual se conoce el lugar o ámbito de actuación del actor, sus intereses, la disposición a participar, los recursos, el poder de influir, la información que poseen en relación al PMAM y las relaciones entre los actores y otros aspectos que contribuyan a tener bases para la construcción de la estrategia de socialización y participación del PMAM.

En la Figura 6, se presentan los pasos metodológicos para la identificación, caracterización, mapeo y priorización de actores.



Fuente: JAM 2016, para MADS. Adaptado MADS. 2017

**Figura 6. Pasos metodológicos para la identificación, caracterización, mapeo y priorización de actores**

### 2.2.1 Identificación, caracterización y priorización de actores

El proceso de reconocimiento de actores que incluye los grupos étnicos, permite entender su distribución y rol dentro del área que comprende la microcuenca; la identificación de actores se realizará con base en información secundaria (ya sea directorios, bases de datos que posean entidades como: Ministerio del Interior, departamentos, municipios, entre otros, existentes en la microcuenca) e información primaria que permita extraer información básica de los actores.

La identificación implicará realizar un listado de actores, el cual es importante se realice teniendo en cuenta las siguientes preguntas orientadoras:

- ¿Están siendo o podrán verse afectados por las problemáticas ambientales existentes en la microcuenca?
- ¿Qué actividades que desarrollan pueden verse afectados por las medidas de manejo que proponga el PMAM?
- ¿Posee información del PMAM?
- ¿Posee experiencia en la cuenca?
- ¿Existe intereses en relación al PMAM?
- ¿Son necesarios para la implementación del PMAM?

A partir de la delimitación del área de la microcuenca se identificarán los municipios presentes en el área de la misma, con el fin de adelantar reuniones para recoger información secundaria, hacer una identificación preliminar de actores y efectuar un acercamiento que permita establecer las problemáticas ambientales de la microcuenca.

Como herramienta preliminar para definir el listado de actores, se presenta un ejemplo en la Tabla 1.

**Tabla 1. Matriz preliminar para la identificación de actores**

#	Actor (Nombre de la organización)	Persona contacto y cargo	Correo electrónico	Teléfono	Orden (Ámbito geográfico)	Sector (Ámbito contextual)	Actividad que desarrolla	Medios de comunicación	Sitios / Días de reunión
					Local, regional, nacional.	Institucional, académico, productivo, social o servicios		Utilizados por la organización para comunicar o informar.	Reuniones de la organización

Fuente: JAM 2016, para MADS. Adaptado MADS. 2017

Se deben incluir los actores identificados relevantes para la identificación de las problemáticas y el manejo de la microcuenca, este tipo de actor puede corresponder a un actor de tipo público o privado de orden local, departamental, regional o nacional.

Una vez identificados los actores se procede a su caracterización, que consiste en describir algunas particularidades como por ejemplo: sector, actividades que realiza, debilidades, fortalezas, influencia, intereses, poder frente al proyecto. La caracterización permite clasificar a los actores según variables definidas por la entidad que realiza el ejercicio, entre las cuales resaltamos aquellas relacionadas con su rol en relación con el objetivo de la intervención y su ámbito o cobertura geográfica.

Para la tipología de actores, y teniendo en cuenta los diferentes sistemas de clasificación y retomando categorías y conceptos asociados, se puede usar la tipología de actores que aparece en la Tabla 2, la cual se discriminará según el ámbito geográfico de su intervención.

**Tabla 2. Aproximación conceptual a la caracterización de actores según rol o tipo de actor**

TIPO DE ACTOR	APROXIMACIÓN CONCEPTUAL
<b>Competencia</b>	Aquellos que cumplen funciones específicas o relacionadas con el desarrollo sostenible (por ejemplo, manejo de los recursos naturales renovables, ordenación y uso del suelo) y la gestión del riesgo.
<b>Incidencia</b>	Aquellos que por sus funciones específicas controlan, orientan o definen acciones que están relacionadas con el uso y el manejo del territorio (por ejemplo, entidades responsables de la titulación minera, licencias ambientales, impulso a actividades agropecuarias, etc.)
<b>Poder</b>	Aquellos con capacidad de mantener, modificar, alterar o transformar el territorio. (Por ejemplo: propietarios, empresarios, etc.)
<b>Afectación</b>	Aquellos que se prevé podrán ser afectados por eventos amenazantes en relación con la oferta hídrica (calidad, cantidad), riesgos naturales o antrópicos, entre otros.
<b>Apoyo</b>	Aquellos con capacidad de liderazgo, técnica, conocimiento, experiencia en la identificación, y/o implementación de alternativas para enfrentar las problemáticas críticas identificadas.

Fuente: JAM 2016, para MADS. Adaptado MADS. 2017

**Mapeo de actores:** Para mapear los actores sociales, se parte de identificar, de cada uno, cuáles pueden ser sus intereses y/o su capacidad de incidir en relación con las actividades para formular el PMAM. Para facilitar el ejercicio se establecen rangos de clasificación que permiten ubicarlos posteriormente en un mapa de relaciones, como se presenta en la Tabla 3.

**Tabla 3. Tipos de relaciones para el mapeo de actores sociales**

AUTOR	VARIABLES	RANGOS	DESCRIPCIÓN
(Tapella, 2007) (Pozo Solis, 2007)	Relaciones Predominantes	A favor	Predominan las relaciones de confianza y colaboración mutua.
		Indeciso / indiferente	Predomina las relaciones de afinidad pero existe una mayor incidencia de las relaciones antagónicas
		En contra	El predominio de relaciones es de conflicto
	Jerarquización de poder	Alto	Predomina una alta influencia sobre los demás
Medio		La influencia es medianamente aceptada	

AUTOR	VARIABLES	RANGOS	DESCRIPCIÓN
		Bajo	No hay influencia sobre los demás actores
<i>Proyecto Ciudadano</i> (Fundación Presencia, SD)	Posición	Desconocida, oposición activa, oposición pasiva, indeciso, apoyo pasivo, apoyo activo.	
	Interés	Desconocido, ningún interés, interés moderado, mucho interés, el más interesado.	
	Influencia	Desconocida, poca o ninguna influencia, alguna influencia, influencia moderada, mucha influencia, el más influyente.	

Fuente: JAM 2016, para MADS. Adaptado MADS. 2017

Para establecer la relación de poder del actor con la problemática identificada, se puede tomar como ejemplo la información de la Tabla 4, definidos así:

- **Interés:** Valor que le da el actor a la resolución de una problemática según su nivel de conveniencia, beneficio, provecho, utilidad o ganancia.
- **Influencia o nivel de poder:** Capacidad del actor de incidir en la definición y/o implementación de las acciones para resolver las problemáticas ambientales de la microcuenca.

**Tabla 4. Interés e influencia (poder) de cada actor en relación con las problemáticas ambientales identificadas**

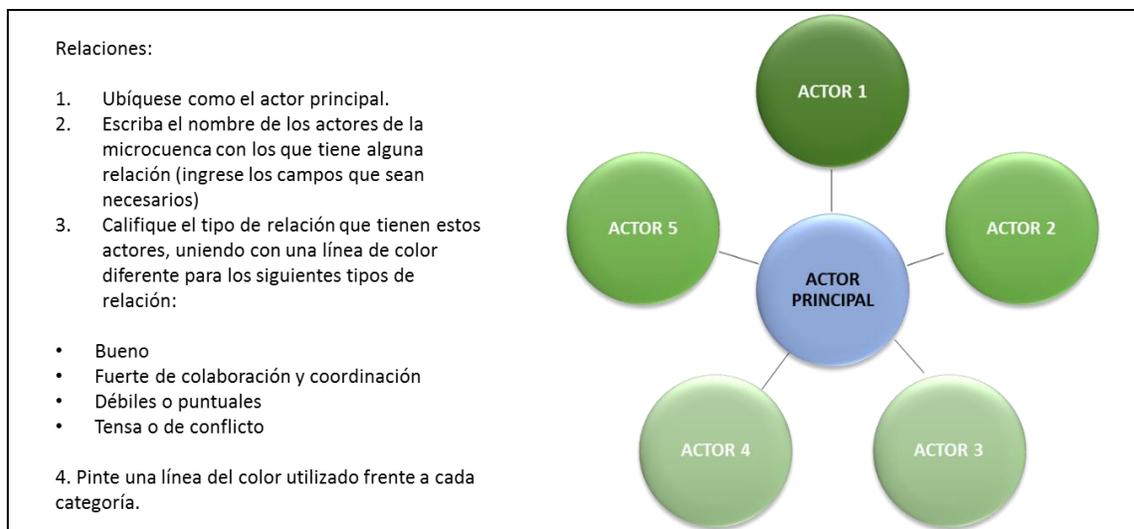
No.	PROBLEMÁTICA	INTERÉS				INFLUENCIA			
		Ninguno	Bajo	Medio	Alto	Ninguna	Baja	Media	Alta

Fuente: JAM 2016, para MADS. Adaptado MADS. 2017

El mapeo de actores (Figura 7) permite, además de tipificar relaciones, diseñar la estrategia de participación y seleccionar las herramientas de diálogo que aseguren la colaboración de los diferentes actores, que se han definido como *clave* entorno al objetivo de la intervención.

Como primer producto, que se obtiene es un listado de actores, ya sea porque tienen presencia territorial en la microcuenca o porque su competencia o interés están relacionados con lo que se establecerá en el Plan. El listado preliminar será complementado con la información suministrada por los actores sociales que se asientan en la microcuenca.

Esto permite establecer una tipología de relación entre un actor y los demás con los que éste tiene alguna relación, valoradas según las siguientes opciones: buenas o fuertes de colaboración y coordinación, débiles o puntuales y tensa o de conflicto.



Fuente: JAM 2016, para MADS. Adaptado MADS. 2017

**Figura 7. Mapa de relaciones entre actores sociales**

Teniendo en cuenta su rol por competencia, incidencia, impacto, afectación o apoyo (según la clasificación definida en la Tabla 5) y la escala de intervención o ámbito geográfico, se identifica y caracteriza los actores sociales.

**Tabla 5. Identificación y caracterización de actores del PMAM**

TIPO DE ACTOR	COMPETENCIA	INCIDENCIA	IMPACTO	AFECTACIÓN	APOYO

Fuente: JAM 2016, para MADS. Adaptado MADS. 2017

### 2.2.2 Estrategia de socialización y participación

La AAC, debe establecer una estrategia que promueva e incentive una participación activa, sostenible en el tiempo y representativa de todos los actores involucrados en el proceso de elaboración y ejecución del PMAM.

Esta estrategia reconoce que las instancias de participación de cada municipio se definirán de manera diferencial teniendo en cuenta el área territorial de su jurisdicción comprendida por el área de la microcuenca así como los actores sectoriales y demás actores.

La estrategia de participación, para cada fase de elaboración del PMAM, incluye entre otros: objetivos, metodología, actores, medios, mensajes y herramientas para el diálogo, seguimiento y cronograma.

La socialización consistirá en la selección e identificación de las herramientas de diálogo adecuadas para presentar a los actores de la microcuenca, los resultados del PMAM, entre otros: reuniones, talleres y medios de comunicación que la AAC, de acuerdo a las particularidades sociales y culturales de la microcuenca, considere pertinentes y lograr una efectiva retroalimentación por parte de los actores.

Es importante contar con las evidencias y soportes tanto de la participación como de la socialización, con registros documentales, fotográficos y/o videos. Esto permitirá documentar las lecciones aprendidas en el proceso de elaboración del PMAM.

Si las determinaciones que se profieran en el proceso del PMAM inciden de manera directa y específica sobre comunidades étnicas, se deberá realizar de manera integral y completa la consulta previa específica exigida por el bloque de constitucionalidad, de conformidad con las pautas trazadas para ello por la doctrina constitucional.

### **2.3 IDENTIFICACIÓN PRELIMINAR DE PROBLEMAS CRÍTICOS EN LA MICROCUENCA**

Para este propósito y como apoyo a la AAC se presentan como referentes algunas técnicas o herramientas que se complementarán con la información generada en el trabajo efectuado con los actores, como son: visión de futuro; juego de actores mapeo contextual; matriz de decisión; proyecciones; árboles de decisión; análisis DOFA o método IAP (IGAC, 2013). Su empleo depende del enfoque metodológico escogido y de la fase del proceso.

Es importante aclarar que para el desarrollo de la primera evaluación de la problemática a partir de la participación de actores, el ejercicio de la AAC deberá ser como observador, esto con el fin de no direccionar directa o indirectamente los resultados arrojados por el análisis, ya que en la fase de diagnóstico tendrá participación directa en la definición de la problemática.

La AAC decidirá cuál es la mejor estrategia para definir la percepción respecto de las principales problemáticas que afectan la microcuencas, información que posteriormente será contrastada con la evaluación técnica desarrollada en la fase inicial del Diagnóstico que llevará a la definición final de la problemática a abordar en el Plan de Manejo Ambiental de la Microcuenca.

#### **2.3.1 Recopilación y análisis de información secundaria existente**

Se recopilará la información secundaria sobre las condiciones físico-bióticas, económicas, sociales y ambientales de la microcuenca objeto de PMAM que esté disponible y haya sido producida por las entidades públicas, privadas y las comunidades y la información disponible en las páginas oficiales. La consulta se realiza con el fin de conocer el estado de la microcuenca en cuanto a las condiciones físico-bióticas, económicas, sociales y ambientales.

En el desarrollo de la fase de aprestamiento se establece el reconocimiento inicial del área de estudio a partir del análisis de información secundaria existente; la recopilación, revisión y evaluación de esta, se podrá realizar con base en el ejemplo que se presenta en la Tabla 6 (JAM, 2016).

**Tabla 6. Descripción General de trabajo para recopilación y análisis de información secundaria**

ACTIVIDAD	DESCRIPCIÓN
Solicitud de Información	Solicitar a las entidades de orden local, departamental, regional y nacional los estudios realizados referentes a los aspectos físicos, bióticos, sociales, económicos, culturales y de amenazas, vulnerabilidad y riesgos en los que se contemple el área o parte de la microcuenca.
Registro de revisión de información	Para el control de revisión de la información, se establece el formato “ficha de revisión de información secundaria” en el cual se registrará de manera específica el contenido de cada uno de los documentos consultados para la formulación del PMAM. Esta ficha técnica contiene cada uno de los criterios de registro necesarios para consolidar la matriz de análisis de información secundaria, por lo tanto, cada profesional describe los datos básicos del documento, como también la evaluación de la información.
Análisis de información	En el documento principal se analiza la información contenida en cada uno de los documentos recopilados de acuerdo a los aspectos que se requieren con el fin de definir la aplicabilidad de la información en la formulación del plan
Evaluación de la información	Luego de realizar una revisión y análisis de cada uno de los documentos obtenidos, se ejecuta la evaluación de los mismos, calificando la información suministrada de acuerdo a la pertinencia, fiabilidad, actualidad y calidad que el profesional defina según su criterio.

Fuente: JAM 2016, para MADS. Adaptado MADS. 2017

Como medida de control en la revisión documental, se deberá establecer el diligenciamiento de un formato que resume a manera de ficha, la información contenida en el documento, así como la información cartográfica, fotografías aéreas e imágenes satelitales consultadas. El registro de la información permite controlar la revisión de la totalidad de los documentos, como también soporta el diligenciamiento de la matriz de análisis de información secundaria.

El análisis de la información secundaria aporta los datos de la microcuenca y esta permite caracterizarla. Con este análisis de información existente, el equipo técnico podrá reconocer desde cada uno de los aspectos la dinámica física, biótica, ambiental, social y económica del área de estudio, que serán insumos para la elaboración del PMAM.

Sin importar la problemática identificada, se debe verificar como mínimo la existencia de cartografía base a la escala requerida (mayor o igual a 1:10.000) e información de imágenes o fotografías que cubran el área de la microcuenca.

Con el objetivo de evaluar la información secundaria, esta se realiza de manera independiente para cada uno de los documentos, mapas, fotografías aéreas e imágenes consultadas, y se establecen parámetros de calificación de la información, la actualidad, la pertinencia, la calidad y la fiabilidad de cada uno de los componentes temáticos, definidos por los criterios y los grados que se presentan en la Tabla 7 y Tabla 8.

La AAC, debe establecer una ponderación para cada uno de los parámetros, con el fin de homogenizar la calificación dada a los mismos. Es importante anotar que las valoraciones dadas a cada uno de los parámetros van en función del nivel de importancia dado por dicha autoridad es decir, puede darse mayor nivel de importancia a la calidad que a la pertinencia. En la Tabla 9, se presenta una propuesta que puede ser usada para el tipo de valoración que se use.

**Tabla 7. Criterios de evaluación de información del Documento**

CRITERIO	GRADO	
<b>FIABILIDAD (Parámetro)</b>		
Se refiere a la funcionalidad del documento para las condiciones actuales dadas	CONFIABLE	Valoración
	POCO CONFIABLE	Valoración
	NO CONFIABLE	Valoración
<b>ACTUALIDAD (Parámetro)</b>		
Se refiere al tiempo en el cual fue desarrollado lo cual le da aplicabilidad al mismo	<5 AÑOS	Valoración
	5-15 AÑOS	Valoración
	>15 AÑOS	Valoración

Fuente: JAM 2016, para MADS. Adaptado MADS. 2017

**Tabla 8. Criterios de evaluación de información del Contenido**

CRITERIO	CALIFICACIÓN	
<b>PERTINENCIA (Parámetro)</b>		
Se refiere a que lo que se desarrolla en el documento se relacione con la temática en evaluación	MUY PERTINENTE	Valoración
	PERTINENTE	Valoración
	POCO PERTINENTE	Valoración
<b>CALIDAD (Parámetro)</b>		
La Norma ISO 9000 (2015) define a la calidad como el grado en el que un conjunto de características inherentes cumple con los requisitos.	ALTA	Valoración
	MEDIA	Valoración
	BAJA	Valoración

Fuente: JAM 2016, para MADS. Adaptado MADS. 2017

**Tabla 9. Ejemplo para establecer valoración de criterios**

CRITERIO	CALIFICACIÓN	VALOR TOTAL MÁXIMO	VALOR TOTAL MÍNIMO
Fiabilidad	Entre 1 y 5	30	4
Actualidad	Entre 1 -10		
Pertinencia	Entre 1 y 5		
Calidad	Entre 1 y 10		

*Nota: El valor menor será dado al menor nivel de importancia y el valor máximo al mayor nivel de importancia.*

Fuente: MADS. 2016

Los profesionales encargados de la revisión de información de acuerdo a su componente, registrarán los resultados de la evaluación en una “ficha de revisión de información secundaria” diseñada con base en las necesidades de información mediante trabajo multidisciplinario, considerando los criterios establecidos para el proceso de evaluación documental, los cuales se plantean en forma descriptiva.

Los resultados de la evaluación de la información, serán insumo importante para estimar los costos relacionados con la generación de información requerida para la formulación del Plan, así como para definir el cronograma.

La información registrada en las fichas de registro de información, se consolida en la propuesta de matriz, como se describe a continuación:

La consolidación se realiza a partir del nivel de Importancia, el cual se definió de acuerdo a los parámetros de evaluación, previamente descritos. Por tanto, la matriz de información secundaria se organiza teniendo en cuenta los componentes temáticos que hacen parte del PMAM, estableciendo el nivel de importancia de cada uno de los documentos relacionados, dando así un orden de mayor a menor importancia.

- **Título:** Relaciona el nombre del documento, cartografía, fotografía aérea, imagen, reporte, artículo, etc.
- **Tipo de Documento:** Describe si es: Informe técnico, Instrumento de planificación, Normatividad, base de datos, reporte, cartografía.
- **Tema/Disciplina:** Se refiere al componente o tema a la cual se puede aplicar la información dada en el documento
- **Año:** Fecha de publicación del estudio
- **Municipio:** A qué municipio referencia los temas.

Realizada la revisión, registro y evaluación documental, se consolida la matriz de evaluación de la información secundaria, conforme la siguiente tabla propuesta (Tabla 10).

**Tabla 10. Descripción General de la Estructura de la Matriz de Evaluación de Información Secundaria**

CÓDIGO DOC	TÍTULO	AUTOR	TIPO	DISCIPLINA	AÑO	MUNICIPIO	CRITERIOS DE CALIFICACIÓN				NIVEL FINAL DE IMPORTANCIA
							FIABILIDAD	ACTUALIDAD	PERTIENENCIA	CALIDAD	

Fuente: JAM 2016, para MADS. Adaptado MADS. 2017

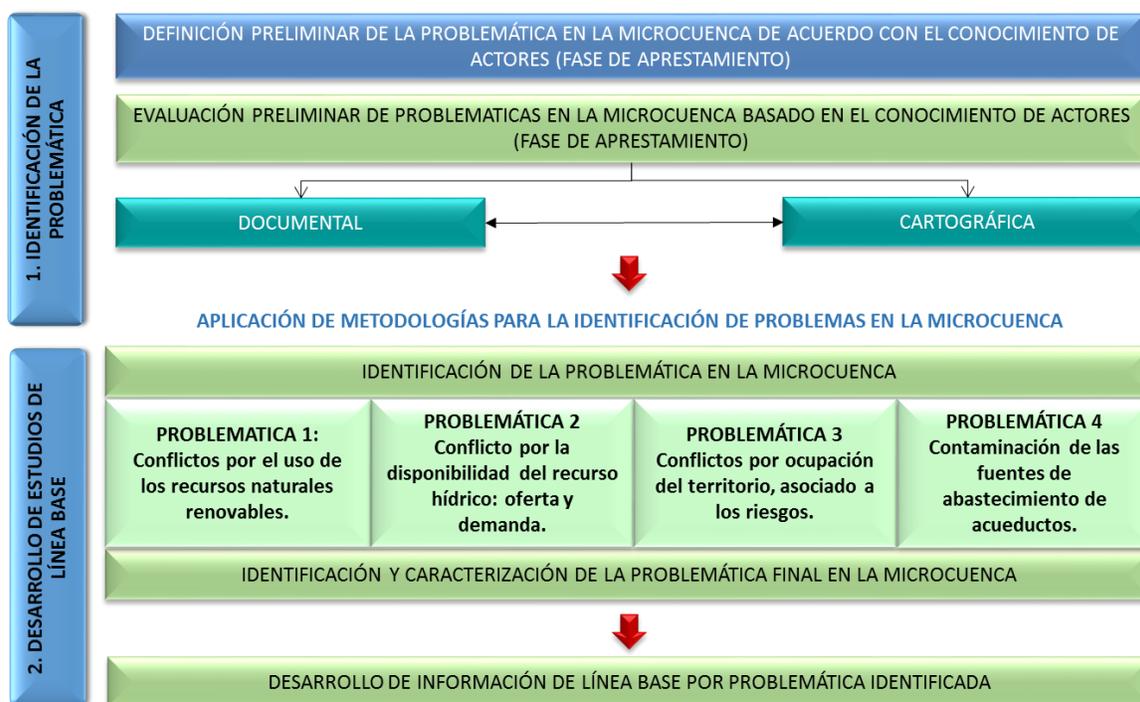
## 2.4 PLAN DE TRABAJO

Una vez se identifica en forma preliminar el problema crítico presente en la microcuenca, se hace necesario proyectar el Plan de trabajo para todas las fases del PMAM, se establecen los objetivos, actividades, productos y cronograma, el cual contiene todas las actividades que se proyectan ejecutar. Así mismo, se establecerán la logística, personal, comunicaciones y recursos.

## 3 FASE DE DIAGNÓSTICO

El diagnóstico constituye la segunda fase del PMAM en la cual la Autoridad Ambiental Competente (AAC), realiza la caracterización del estado ambiental de la microcuenca a partir del conocimiento y análisis de las condiciones físico-bióticas y socio-ambientales, con el propósito de establecer la situación actual de la misma, a través de la identificación de las causas, efectos y soluciones de sus problemáticas en relación con la disponibilidad de los servicios ecosistémicos y el grado de deterioro de los recursos naturales renovables.

Con base en la percepción de los actores que permitió la identificación preliminar de la problemática y con el análisis del equipo técnico de la AAC, definirá la problemática final que se abordará para la formulación del plan (Figura 8).



Fuente: MADS. 2017

**Figura 8. Actividades para el desarrollo de la Fase de diagnóstico para un PMAM**

Como se observa en la Figura 8, la fase de diagnóstico se divide en dos partes:

- Identificación de la problemática.** Con base en la identificación preliminar de la problemática efectuada en la Fase de Aprestamiento, se efectuará una evaluación integral para definir la problemática final que abordará el PMAM, de ser necesario, se ajusta el Plan de Trabajo.
- Caracterización y análisis de línea base.** Para esta actividad se tendrá en cuenta la información sobre condiciones físico - bióticas, socio ambientales, político administrativas y funcionales, que presenta la microcuenca, dirigidas al diseño de las medidas de manejo que se incluirán en el Plan.

A continuación, se desarrollan cada una de estas actividades preliminares al desarrollo de la línea base del proyecto.

### 3.1 IDENTIFICACIÓN DEFINITIVA Y PRIORIZACIÓN DE PROBLEMÁTICAS A EVALUAR

Como referencia para el desarrollo de esta actividad, a continuación se presenta la información obtenida del *Estudio de Caso en la Microcuenca del Río Mueche en el Departamento de Boyacá* (JAM, 2016 – Ver ejemplo estudio de caso Microcuenca río Mueche).

Se define en forma específica, con base en datos de cartografía base de hidrografía, la unidad geográfica de análisis (límites de la microcuenca), así como a las características de drenaje del sistema hidrológico; posteriormente se contextualiza y caracteriza cada una de

las pequeñas cuencas que hacen parte de la microcuenca, describiendo la situación actual a partir de la información secundaria y el conocimiento de cada área.

De forma seguida se contextualiza el área de la microcuenca describiendo a partir de información secundaria, primordialmente de los instrumentos de planificación territorial existente y con cubrimiento de la microcuenca, así como de la información técnica disponible, las actividades económicas, sociales, productivas y sus relaciones funcionales que se llevan a cabo en cada área o zona de análisis.

Por último, se califican los aspectos técnicos establecidos para cada una de las problemáticas de acuerdo con la evaluación realizada a juicio del equipo técnico de la AAC. Este ejercicio requiere de una discusión técnica interdisciplinaria en la que se deben tener en cuenta las actividades económicas, las características físicas y geográficas de cada zona, entre otros aspectos. De esta manera se logra obtener un total ponderado por cada problemática, resultado que permite priorizar y evidenciar la importancia de cada problemática en la microcuenca.

En el estudio de caso para la microcuenca del río Mueche (Boyacá), se encuentra en detalle el ejercicio aplicado (Ver estudio de caso Microcuenca río Mueche).

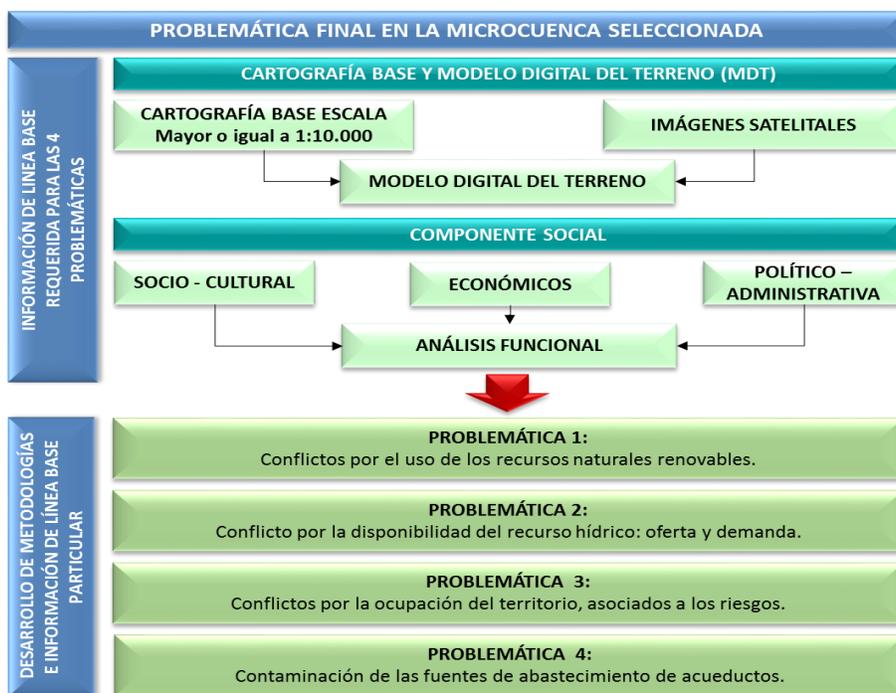
### **3.2 LÍNEA BASE**

El desarrollo de la línea base obedece a las necesidad de información específica para cada problemática y en el entendido que el Plan de Manejo Ambiental para una Microcuenca (PMAM) atenderá dicha problemática mediante la formulación y ejecución de medidas de manejo aplicables para la preservación, restauración y uso sostenible de la microcuenca, según sea el caso.

Se hace necesario el desarrollo de los siguientes aspectos: a) Caracterización básica transversal: cartografía base de la microcuenca, incluyendo el modelo digital de elevación (DTM) y la caracterización socioeconómica y cultural (Figura 9); y b) La caracterización específica para cada problemática, donde se incluye el análisis de los componentes abiótico y biótico (Figura 10, Figura 11 y Figura 12).

Para el desarrollo de la línea base, se utilizarán metodologías validadas técnica y científicamente, las cuales serán aplicadas de acuerdo a las condiciones ambientales de la microcuenca, para su descripción, espacialización y caracterización.

De esta manera y conforme a las condiciones establecidas para seleccionar y priorizar microcuencas y una vez identifica la problemática, a continuación se presentan como referentes, las actividades y esquemas metodológicos a ejecutar para la caracterización y análisis, a partir de información primaria y secundaria (Figura 9).



Fuente: MADS. 2017.

**Figura 9. Información general de Línea base para el desarrollo de un Plan de Manejo de microcuenca**

### 3.2.1 Cartografía Base

- a) Se deberá contar con la cartografía base a escala mayor o igual a 1:10.000.
- b) Sobre la cartografía base se delimitarán las unidades político-administrativas que hacen parte de la microcuenca.
- c) Desarrollar el DTM para el PMAM, el cual deberá realizarse a una escala mínima ráster equivalente a la resolución vectorial (mayor o igual 1:10.000).
- d) Se requiere contar con imágenes satelitales de diferentes épocas y con el mayor cubrimiento posible de toda el área de la microcuenca, con el fin de mejorar el modelo digital de elevación y de utilidad para realizar interpretación a nivel de diferentes temáticas en la microcuenca.

### 3.2.2 Socio-Cultural y Económico

#### Socio - cultural

La caracterización del sistema social de la microcuenca, tendrá en cuenta los siguientes aspectos: dinámica poblacional (población actual, densidad, tasas de crecimiento, migraciones, morbilidad y mortalidad), dinámicas de ocupación y apropiación del territorio, estado de los servicios sociales básicos (educación, salud, vivienda, servicios públicos, recreación y medios de comunicación), análisis de la seguridad alimentaria, análisis de pobreza y desigualdad y el análisis de seguridad, convivencia y análisis demográfico.

Adicionalmente, a partir de información catastral disponible, se realizará el análisis de tenencia de la tierra y su distribución municipal y veredal por el tamaño de los predios.

Para caracterizar el sistema cultural en el área de la microcuenca, se identificarán las prácticas culturales presentes, desde una perspectiva ambiental (valores, creencias, costumbres, entre otros); en caso de existir grupos étnicos se describirán sus prácticas culturales, organización, territorio y extensión y se identificarán los sitios de interés cultural, religioso y arqueológico.

De los resultados de este ejercicio se obtendrá el análisis de los aspectos relacionados anteriormente, incluyendo mapas sociales a la escala de trabajo, que permitan identificar cada tópico que aborda la caracterización social y cultural.

### **Aspectos económicos**

Esta caracterización se realizará a través del análisis de las actividades productivas que configuran la base del desarrollo productivo, así como la identificación de proyectos que se desarrollarán a futuro en la microcuenca, en función de la preservación, restauración y uso sostenible de los recursos naturales renovables. A partir de esta información se deberá obtener un análisis técnico, que contenga mapas donde se haga la identificación de las actividades productivas y las zonas donde se tengan contemplado el desarrollo de proyectos. Adicionalmente, se deben describir las principales relaciones socioeconómicas que se dan al interior de la microcuenca y los ejes de desarrollo con sus consiguientes relaciones predominantes (empleo, servicios, recreación, negocios, entre otras).

### **Político - administrativo**

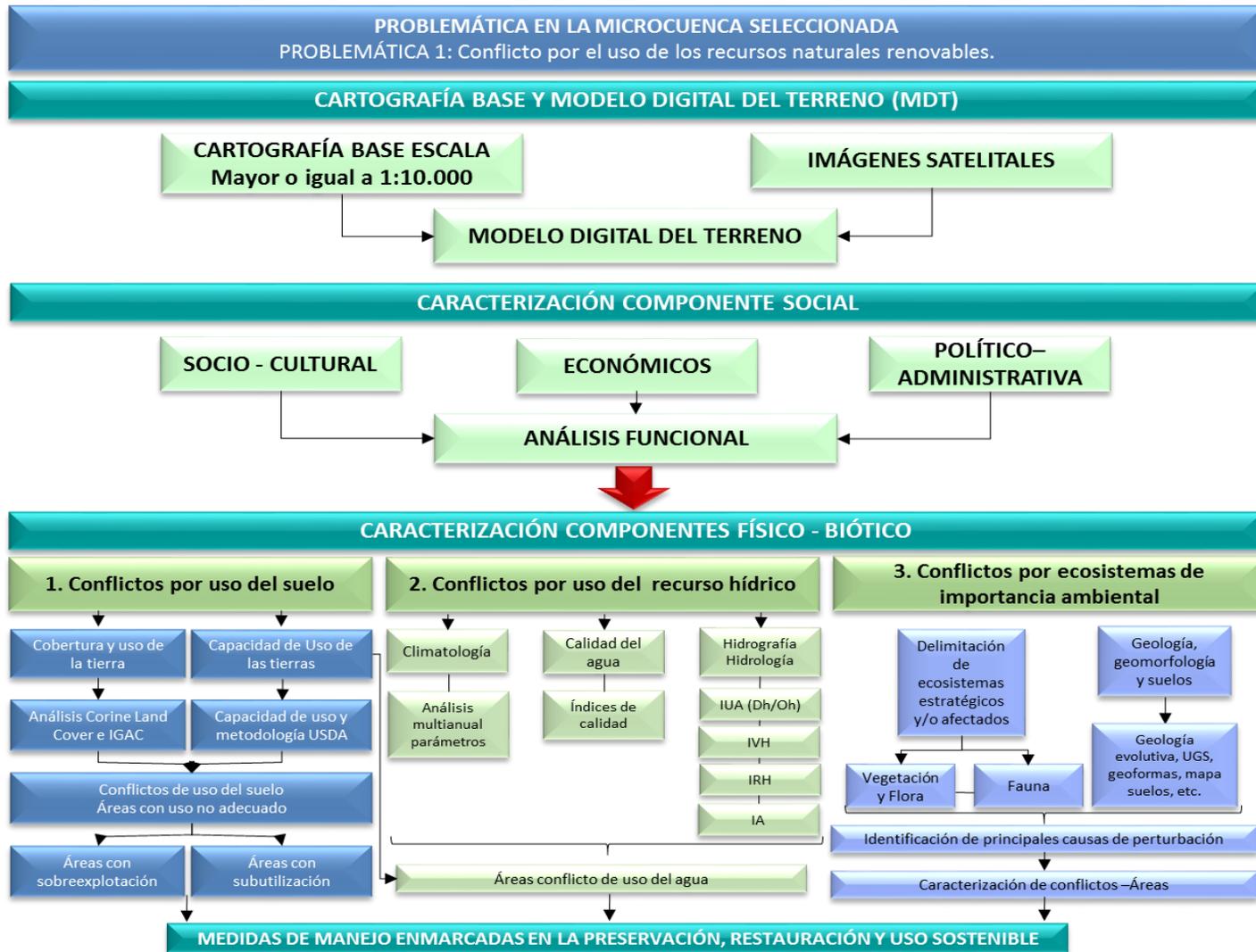
Identificar y describir las principales entidades de nivel nacional, departamental, regional y local que ejercen funciones administrativas en materia ambiental (Corporaciones Autónomas regionales y de Desarrollo Sostenible, Autoridades Ambientales urbanas, Áreas Metropolitanas, Parques Nacionales), así como la infraestructura existente para el desarrollo de sus funciones y la prestación de los servicios. Igualmente, se debe describir y analizar la forma en que las entidades territoriales intervienen en el ámbito ambiental, esto implica ver cómo está incluida dentro de los planes de desarrollo, la intervención de éste mediante la implementación de políticas, instrumentos de planeación que contribuyen a una buena gestión ambiental en la microcuenca y administración de los recursos naturales, articulación o alianzas con otros municipios para el manejo, administración y gestión de recursos compartidos.

### **3.2.3 Componente Físico-Biótico**

Cada una de las problemáticas a evaluar exige una información específica, con el fin de concentrar los estudios a un mayor nivel de detalle y definir las medidas de manejo ambiental a implementar en la microcuenca.

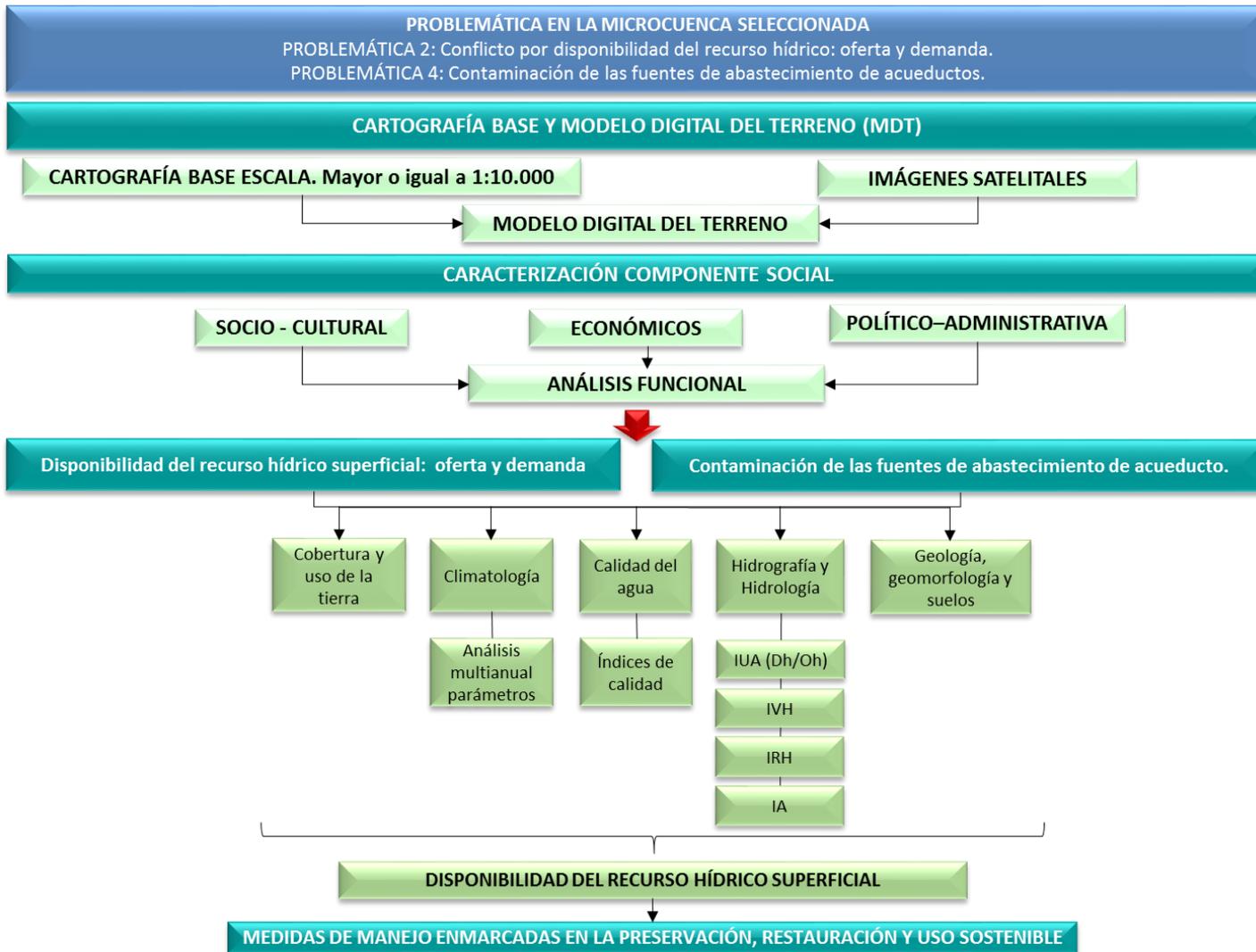
De la Figura 10 a la Figura 12, se presentan como ejemplo, las actividades mínimas a desarrollar para las cuatro problemáticas que se derivan de las condiciones establecidas para la selección y priorización de las microcuencas, seguido de una descripción general de los contenidos básicos de la información temática de línea base, siendo el equipo técnico el que seleccione la información requerida para este PMAM.

Con la información colectada en el diagnóstico se identificaran los indicadores a utilizar en el seguimiento y evaluación de las medidas de manejo a implementar con el PMAM.



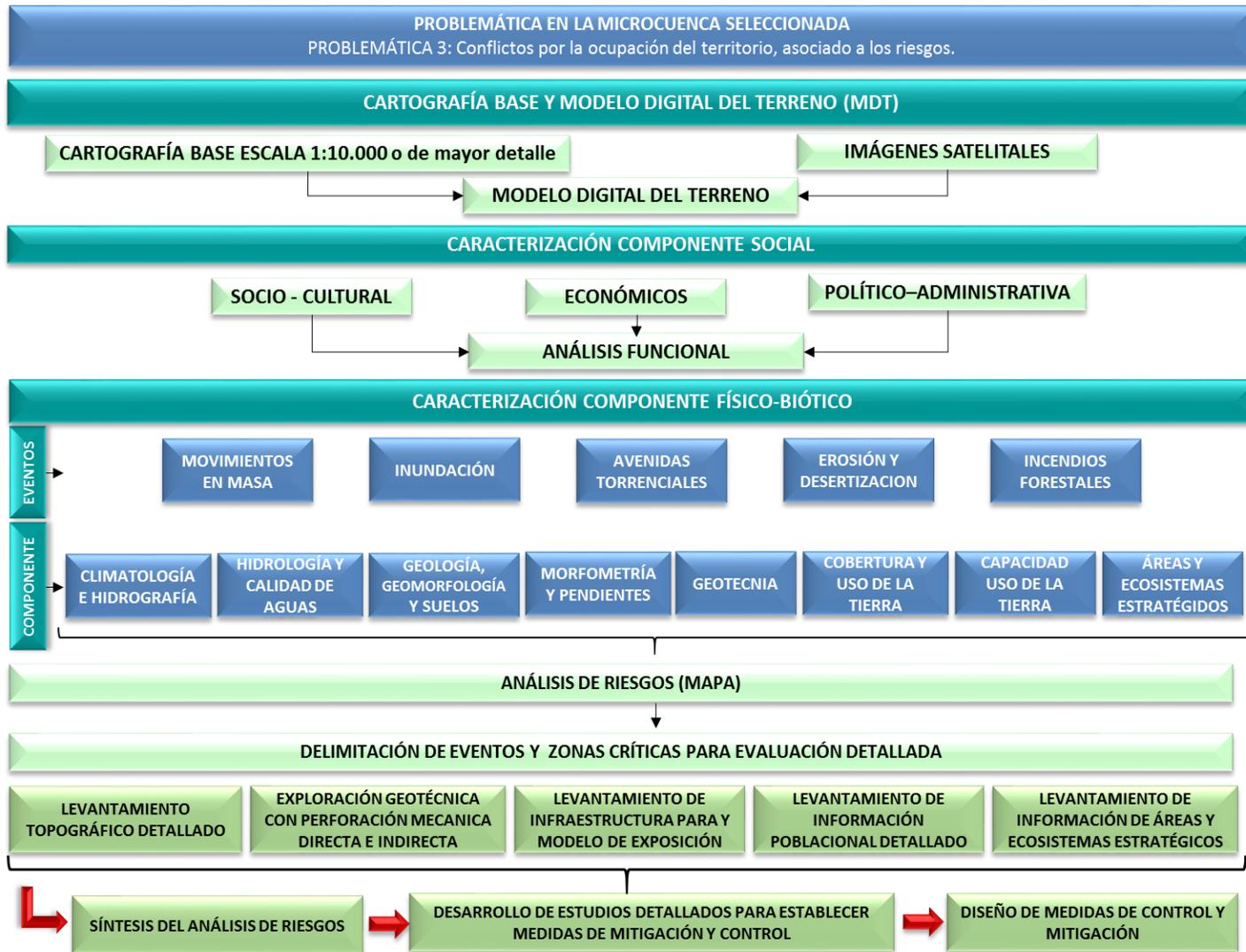
Fuente: MADS. 2017

Figura 10. Actividades para la descripción de la Problemática 1



Fuente: MADS. 2017

Figura 11. Actividades para la descripción de las Problemáticas 2 y 4



Fuente: MADS. 2017

Figura 12. Esquema metodológico Problemática 3

A continuación, se describen los temas mínimos a incluir por componente:

### **Climatología**

El componente clima incluirá un análisis espacial y temporal multianual de las principales variables: temperatura (incluyendo isoterma multianual), precipitación (incorporando isoyetas multianual), humedad relativa, dirección y velocidad del viento (rosa de los vientos), nubosidad y brillo/radiación solar. Con el análisis de los parámetros anteriores se deberá determinar índice de aridez, zonificación climática de la microcuenca con su respectivo mapa y el balance hídrico. Es de alta importancia la caracterización y localización geográfica de la red meteorológica existente en el área de influencia de la microcuenca, así como la localización de las redes de alerta temprana asociadas a los fenómenos climáticos (de no existir redes, se utilizarán la información de las redes cercanas). Cabe resaltar que la información de las estaciones meteorológicas es de fácil acceso por medio de las solicitudes gratuitas en la página web del IDEAM.

### **Hidrografía**

Se realizará una caracterización de la red de drenaje de la microcuencas abastecedoras de centros urbanos y centros poblados, tomando entre otros insumos el Modelo Digital del Terreno. Los sistemas de drenaje deberán ser caracterizados a través de la jerarquización, patrón de alineamiento, índice de drenaje y densidad de drenaje (con sus respectivos mapas). Además de la determinación del índice de vulnerabilidad a eventos torrenciales a nivel de afluentes principales de la microcuenca.

### **Hidrología**

El análisis deberá permitir la obtención balances hídricos a nivel de microcuenca, estimación de caudales característicos, análisis de valores medios y extremos a partir de registros históricos de caudales (análisis multianual), determinación de caudales máximos para diferentes periodos de retorno (2.33, 5, 25, 50 y 100 años) y cálculo del índice de retención y regulación hídrica (IRH), índice de uso del agua superficial (IUA) e índice de vulnerabilidad por desabastecimiento hídrico (IVH), entre otros que la Autoridad Ambiental considere pertinentes.

Estimación de la demanda hídrica potencial y real a nivel de la microcuenca, teniendo en cuenta la identificación de los diferente sectores (industrial, comercial, agrícola, consumo humano, etc).

### **Calidad del agua**

Se identificará y evaluará las redes de monitoreo existentes en la microcuenca o cercanas a ella, así como la información de calidad del recurso hídrico. Se determinarán los índices de calidad que la autoridad ambiental considere pertinentes (ejemplo índice de calidad del agua (ICA)) para las corrientes principales de la microcuenca definida y considerando como mínimo el monitoreo de los siguiente parámetros: oxígeno disuelto (OD - % saturación), coliformes fecales (ECOLI – NMP/1000), sólidos suspendidos (SST – mg/l), demanda química de oxígeno (DQO – mg/l), demanda bioquímica de oxígeno (DBO – mg/l), caudal (L/s), conductividad eléctrica (C.E. -  $\mu$ S/cm) y pH total (unidades de pH). Como justificación a los resultados de los análisis de calidad del agua, se debe identificar las fuentes de

contaminación. Además de las cargas contaminantes vertidas a las corrientes principales a partir de la información que se tenga disponible.

Para este componente, se aclara que la Autoridad Ambiental Competente (AAC) puede utilizar otros índices como el Índice de Calidad Ecológica (ICE), dada su importancia en relación con un análisis de las particularidades del área de estudio puesto *“que permite establecer cuantitativamente para los géneros, valores de tolerancia ante condiciones adversas; estos valores son identificados de acuerdo con el análisis integrado de las variables ambientales locales junto con la composición y abundancia de los organismos”* (Forero Laura Cristina y otros, 2013).

### **Geología, geomorfología y suelos**

Se efectuará una caracterización geológica evolutiva desde un marco regional a partir del ambiente de formación de cada una de las unidades litoestratigráficas obtenidas por información secundaria y los fenómenos tectono-estructurales que las afecten, hasta la elaboración de una salida cartográfica geológica y otra de las unidades geológicas superficiales (UGS), ambas a escala mayor o igual a 1:10.000. Se debe definir, jerarquizar y describir las geoformas, teniendo en cuenta su origen y estado de evolución (tiempo). El trabajo para el componente geología requiere de fotointerpretación de imágenes y trabajos de control de campo.

Identificar y caracterizar las unidades y subunidades geomorfológicas, teniendo en cuenta la morfogénesis, morfografía, morfodinámica (amenazas naturales, susceptibilidad de las geoformas y procesos erosivos) y morfoestructura. Identificación y descripción de geoformas teniendo en cuenta su origen, estado de evolución (tiempo) y caracterización por medio de agentes geomorfológicos imperantes.

Este análisis debe ser plasmado en mapas geomorfológicos multipropósito, donde se pueda determinar una diferenciación de unidades geomorfológicas. Por lo tanto, es importante aclarar que en todos los casos, los resultados obtenidos deberán partir de fotointerpretación multitemporal de imágenes, con el fin evaluar las condiciones evolutivas en la microcuenca, así como controles de campo al nivel que lo exige la escala de trabajo.

Por otro lado, se deberá delimitar las unidades de roca de acuerdo con su comportamiento geomecánico (consistencia, fracturación y meteorización) y se realizará un análisis de eventos volcánicos con información generada por el Servicio Geológico Colombiano y las demás fuentes que la Autoridad Ambiental Competente considere pertinentes.

Finalmente, el muestreo y análisis de suelos permitirá la generación del respectivo mapa de suelos.

### **Morfometría y pendientes**

Esta caracterización se realizará, tomando entre otros insumos, el Modelo Digital del Terreno, para determinar el cálculo de parámetros como: área, perímetro, longitud y perfil del cauce principal, curva hipsométrica, elevación media, pendiente del cauce y de la microcuenca y tiempos de concentración e índices morfométricos.

## **Geotecnia**

Con base en la información geológica y geomorfológica en la microcuenca se establecerá a partir de exploración directa e indirecta, muestreo de campo y ensayos de laboratorio en los sitios críticos identificados, que permitan establecer una caracterización geomecánica de los materiales y conocer su respuesta en resistencia y deformación ante diferentes situaciones.

## **Cobertura y uso de la tierra**

Se requiere, a partir de información secundaria y trabajo de campo, identificar, interpretar y determinar las coberturas y usos actuales de la tierra a escala mayor o igual a 1:10.000, para la totalidad del área de la microcuenca; cobertura de acuerdo con la metodología Corine Land Cover adaptada para Colombia (leyenda IDEAM - 2010) y uso de la tierra con base en la metodología IGAC (2002). Además, se realizará un análisis multitemporal de la cobertura de la tierra (indicador de tasa de cambio, presión de la población sobre las coberturas, índice de ambiente crítico y estado actual de las coberturas naturales) y a partir de los resultados anteriores, se deberá calcular y analizar los indicadores de vegetación remanente y densidad de la población, tasa de cambio, índice de fragmentación, índice ambiente crítico e índice de estado actual de coberturas naturales.

## **Capacidad de uso de la tierra**

Con el fin de determinar posibles conflictos asociados al suelo, se requiere la evaluación de las tierras del área que comprende la microcuenca a partir de su capacidad de uso y con base en la metodología de la USDA (*Soil Survey Program* - Departamento de Agricultura de los Estados Unidos) empleada y modificada por el IGAC. En todos los casos este trabajo requiere de fotointerpretación de imágenes, control de campo y en los sitios específicos establecidos muestreo de campo y ensayos de laboratorio.

En el área de la microcuenca, se deberá realizar una interpretación geomorfopedológica a partir de los mapas de suelos y geomorfológico.

## **Fauna**

Para la caracterización de la fauna terrestre y acuática, se realizará a partir de información secundaria disponible e información de actores sociales de la microcuenca, debidamente validada, avistamientos, inventarios en parcelas definidas u otro tipo de metodología, en todo caso, conforme las características ecológicas del área de estudio. La importancia de la fauna, deberá enfocarse en aquellas especies dispersoras de semillas, dado su función como regeneradores naturales de especies vegetales y su impacto en incremento de la cobertura vegetal. Se identificarán especies que se encuentren en algún grado de amenaza o peligro y aquellas que sean endémicas.

## **Vegetación y Flora**

Se retomarán inventarios existentes y aplicar evaluación ecológica rápida en sitios que se consideren de importancia para la conservación (vegetación terrestre y acuática) y de manera especial a la cobertura asociada a la regulación hídrica. Además, de la identificación de especies que se encuentran en algún grado de amenaza, peligro de extinción o sea endémica.

## Áreas y ecosistemas estratégicos

Se identificarán en la microcuenca:

- Áreas protegidas declaradas, de orden nacional y regional, públicas o privadas.
- Áreas complementarias para conservación:
  - De distinción internacional: Sitios RAMSAR, reservas de biósfera, AICAS, patrimonio de la humanidad, entre otros.
  - Áreas de distinción nacional: zonas de reserva forestal de la Ley 2 de 1959, otras que hacen parte del SINAP, áreas metropolitanas, departamentales, distritales y municipales.
  - Suelos de protección que hacen parte de los planes y esquemas de ordenamiento territorial debidamente adoptadas.
- Áreas de reglamentación especial: territorios étnicos y áreas de patrimonio cultural e interés arqueológico.
- Y otras ecosistemas que por su importancia para la regulación hídrica, se requiera un manejo especial.

## Gestión del riesgo

En el análisis de riesgos comprenderá el conocimiento y la reducción en relación con los siguientes eventos: movimientos en masa, inundaciones, avenidas torrenciales, erosión, desertización e incendios forestales.

### 3.3 SÍNTESIS AMBIENTAL

A partir del análisis de la información obtenida en el diagnóstico, donde se caracterizó la problemática ambiental, se estructura la síntesis ambiental que soporta el análisis integral de la situación actual de la microcuenca, conforme a los resultados de la caracterización de los componentes físico, biótico, sociocultural y económico.

## 4 FASE DE FORMULACIÓN

Basados en los resultados obtenidos en la fase de diagnóstico que permitió la identificación y caracterización de la problemática generada por las condiciones ambientales propias de la microcuenca, la AAC con el fin de atender dicha problemática, definirá los proyectos y actividades a desarrollar en la ejecución del PMAM, es decir las medidas de manejo ambiental para preservar, restaurar y hacer un uso sostenible de la microcuenca.

Los proyectos y actividades a ejecutar en el PMAM serán coordinados por la Autoridad Ambiental con las demás entidades competentes. En esta fase se deben definir los acuerdos o alianzas, costos, responsables y cronograma de ejecución. (Ver Figura 13).



Fuente: MADS. 2017

**Figura 13. Fase de Formulación**

Por cada proyecto y actividad se definen las metas que se quieren alcanzar y sus respectivos indicadores, con el fin de conocer el estado de avance del plan de manejo ambiental de la microcuenca en fase de ejecución; así mismo, estos serán aplicados en la fase de seguimiento y evaluación.

Es importante mencionar que las metas corresponden a la cuantificación de los objetivos de cada proyecto o actividad de acuerdo con los recursos disponibles y el tiempo establecido para su logro.

El seguimiento al PMAM, se realizará utilizando los siguientes tipos de indicadores:

- Indicadores de producto: cuantifican los bienes y servicios producidos a partir de una determinada intervención. Este tipo de indicador está orientado a medir la meta de cada una de las actividades o proyectos del PMAM.
- Indicadores de gestión: miden la cantidad de acciones, procesos, procedimientos y operaciones realizadas durante la implementación del PMAM.
- Indicadores de impacto: miden los efectos de la implementación del PMAM al mediano o largo plazo

Se debe definir la frecuencia de medición de cada indicador, la cual estará en concordancia con la duración de cada programa y proyecto, a fin de programar adecuadamente las fases de ejecución y seguimiento y evaluación.

Para mayor información y detalle sobre la estructuración de los indicadores, se podrá consultar la guía metodológica para la elaboración de proyectos a ser presentados al Fondo de Compensación Ambiental (MADS, 2013), la guía metodológica para la formulación de indicadores (DNP, 2009), y el documento "Introducción al diseño, construcción e interpretación de indicadores" (DANE, 2012).

Las fuentes de financiación para la implementación del PMAM se establecen en el artículo 2.2.3.1.7.1 del Decreto 1076 de 2015.

## 5 FASE DE EJECUCIÓN

En esta fase se ejecutarán los proyectos y actividades conforme a la priorización establecida en la Formulación, para lo cual se deberá tener en cuenta, además de la capacidad técnica y financiera de la AAC, entre otros los siguientes aspectos, los cuales no guardan un orden de jerarquía:

- La sostenibilidad de ecosistemas clave para la regulación hídrica.
- Amenaza, vulnerabilidad y riesgos para prevenir afectación de los servicios ecosistémicos de la microcuenca.
- El abastecimiento de agua de la población.

La AAC, expedirá el acto administrativo por medio del cual se aprueba el PMAM (artículo 2.2.3.1.10.6. del Decreto 1076 de 2015) el cual deberá ser publicado en el diario oficial y página web de la AAC, sin perjuicio de los demás mecanismos de socialización establecidos en la Estrategia de Socialización.

Una vez aprobado el plan, se ejecutarán los proyectos y actividades definidos en la fase de formulación conforme al plan operativo.

## 6 FASE DE SEGUIMIENTO Y EVALUACIÓN

Para el seguimiento y evaluación del PMAM se tendrá en cuenta lo siguiente:

- Los indicadores definidos en la fase de Formulación.
- Metodología para la recolección y sistematización de información generada por los indicadores.
- Análisis y evaluación de la información sistematizada.
- Con la información obtenida de la evaluación, verificar el cumplimiento de las metas establecidas en el PMAM.
- Si se verifica que no se cumplen las metas definidas conforme el plan de trabajo, Identificar las causas de dicho incumplimiento y proponer las acciones de mejora.
- Diseño de una estrategia que permita implementar las acciones de mejora para el logro de las metas propuestas en el plan operativo.
- Sistematización y difusión de lecciones aprendidas en la ejecución del PMAM.

En la Figura 14, se presentan las actividades para la fase de seguimiento y evaluación.



Fuente: MADS. 2017

**Figura 14. Fase de seguimiento y evaluación**

La utilización de los indicadores definidos en el PMAM, además de facilitar la evaluación de las actividades realizadas en desarrollo del Plan, proporciona información clave que guiará al equipo técnico de la AAC a cargo del seguimiento y de la evaluación, sobre la forma en que debe continuar la tarea o si es el caso, realizar los ajustes a que haya lugar para el cumplimiento de las metas.

En las acciones locales de seguimiento y evaluación de los proyectos y actividades con respecto a la microcuenca, podrán participar las mesas de trabajo que hayan sido conformadas como apoyo para el desarrollo de las diferentes fases del plan, para evaluar el cumplimiento de metas, roles y responsabilidades de todos los actores.

**Reporte de avance de la gestión de PMAM:** El avance en relación con las fases para la elaboración del PMAM serán reportadas por la AAC al Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, conforme a la hoja metodológica de que trata el artículo 8 de la Resolución 667 de 2016 o la norma que la modifique o la sustituya.

## ESTUDIO DE CASO MICROCUENCA RÍO MUECHE

El proyecto piloto se formuló entre los años 2015 y 2016, en convenio entre el MADS y la consultora JAM INGENIERÍA Y MEDIO AMBIENTE S.A.S., en la microcuenca del río Mueche, la cual tiene una extensión de 25.035,25 Ha y abarca los municipios de Zetaquirá, Rondón, Siachoque y Pesca, en el departamento de Boyacá (JAM, 2016). En este documento se desarrollaron las fases de aprestamiento y diagnóstico del Plan de Manejo Ambiental de la Microcuenca (PMAM).

A continuación, se presenta una síntesis extractada del trabajo desarrollado para la microcuenca estudio de caso (JAM, 2016).

### ➤ FASE DE APRESTAMIENTO

#### • Identificación del problema crítico a solucionar en la microcuenca del río Mueche

Para la identificación de las condiciones en relación con la oferta, demanda y calidad hídrica, riesgo y gobernabilidad, de las que se hablan en el Artículo 2.2.3.1.10.4., del Decreto 1076 de 2015, se desarrolló la siguiente aproximación técnica por condición.

- *Desequilibrios físicos, químicos o ecológicos del medio natural derivados del aprovechamiento de sus recursos naturales renovables.*

Se propone la matriz que se presenta en la Tabla 11, para identificar y calificar los desequilibrios físicos, químicos o ecológicos debidos de las principales actividades económicas, sociales o productivas (entre otras), que se estén desarrollando en la cuenca.

**Tabla 11. Calificación de los desequilibrios físicos, químicos o ecológicos derivados del aprovechamiento de la fauna y la flora**

ACTIVIDADES ECONÓMICAS, SOCIALES O PRODUCTIVAS	DESEQUILIBRIOS FÍSICOS, QUÍMICOS O ECOLÓGICOS DERIVADOS DEL APROVECHAMIENTO DE LA FAUNA Y FLORA				
	Introducción especies foráneas/ invasoras	Sobre explotación de especies de fauna	Deforestación	Incendios forestales	Deterioro de los ecosistemas protegidos

Fuente: JAM Ingeniería y Medio Ambiente S.A.S. 2016

- *Degradación de las aguas o de los suelos y en general de los recursos naturales renovables, en su calidad y cantidad, que pueda hacerlos inadecuados para satisfacer los requerimientos del desarrollo sostenible de la comunidad asentada en la microcuenca.*

Se propone calificar la degradación de las aguas o de los suelos en la microcuenca de acuerdo con la siguiente matriz (Tabla 12).

**Tabla 12. Calificación de la degradación de aguas o de los suelos en su calidad y cantidad**

ACTIVIDADES ECONÓMICAS, SOCIALES O PRODUCTIVAS	DEGRADACIÓN DE LAS AGUAS O DE LOS SUELOS EN SU CALIDAD Y CANTIDAD						
	Suelos			Agua			
	Procesos erosivos y de remoción en masa	Deterioro por uso excesivo de fertilizantes o pesticidas	Alteración de las propiedades físicas por el cambio de uso y cobertura vegetal	Vertimientos	Sedimentación	Reducción de caudal por captaciones	Derrames

Fuente: JAM Ingeniería y Medio Ambiente S.A.S. 2016

- Amenazas, vulnerabilidad y riesgos ambientales que puedan afectar los servicios ecosistémicos de la microcuenca y la calidad de vida de sus habitantes.

La calificación para esta condición, contempla como referencia lo expuesto en la Tabla 13.

**Tabla 13. Calificación por amenazas, vulnerabilidad y riesgos en la microcuenca del río Mueche**

UNIDAD GEOGRÁFICA DE ANÁLISIS	SISMO	INUNDACIÓN	AVENIDAS TORRENCIALES	MOVIMIENTOS EN MASA	INCENDIOS FORESTALES

Fuente: JAM Ingeniería y Medio Ambiente S.A.S. 2016

- Cuando la microcuenca sea fuerte abastecedora de acueductos y se prevea afectación de la fuente de fenómenos antrópicos o naturales.

La calificación para la identificación de la problemática que surja de esta condición, se realizó conforme a la Tabla 14.

**Tabla 14. Afectación de la fuente de agua para consumo humano por fenómenos antrópicos o naturales**

ACTIVIDADES ECONÓMICAS, SOCIALES O PRODUCTIVAS	CONTAMINACIÓN

Fuente: JAM Ingeniería y Medio Ambiente S.A.S. 2016

#### • Metodología de identificación y priorización de problemáticas

Una vez determinada la aproximación técnica y los alcances de cada una de las categorías definidas en la norma para la identificación y priorización de la problemática presente en la microcuenca, se realizó un taller multidisciplinario con el fin de evaluar y calificar cada aspecto de acuerdo al conocimiento de los profesionales sobre la situación actual de la zona de estudio. Los insumos principales para el desarrollo del taller fueron:

- Aproximación técnica a las problemáticas
- Información secundaria recopilada en la fase de aprestamiento.
- Salidas cartográficas por componente.
- Resultados de visitas de campo realizadas.
- Problemáticas identificadas en el taller socio-ambiental realizado con las comunidades presentes en la microcuenca.

En primera instancia, se determinó la unidad geográfica de análisis, para lo cual se propuso una zonificación de la microcuenca. Esta zonificación obedece a los criterios recomendados

por el IDEAM, así como a las características de drenaje del sistema hidrológico presente en el río.

Seguido de esto, se contextualizó y se caracterizó cada una de las subzonas de la microcuenca, describiendo la situación actual a partir de la información secundaria y el conocimiento de cada área. Para esto se tuvieron en cuenta las actividades económicas, sociales y productivas que se llevan a cabo en cada área o zona de análisis.

Luego se calificaron los aspectos establecidos para cada una de las problemáticas usando para ello un rango de Bajo, Medio o Alto. Este ejercicio requirió de una discusión técnica interdisciplinaria en la se tuvieron en cuenta las actividades económicas, las características físicas y geográficas de cada zona, entre otros aspectos.

Por último, se le asignó un valor a cada calificación con el fin de ponderar cada problemática según la evaluación realizada. De esta manera se logró obtener un total ponderado por cada problemática, resultado que permite priorizar y evidenciar la importancia de cada problemática en la microcuenca.

A continuación se detallan cada una de las etapas llevadas a cabo dentro del taller, así como los resultados obtenidos del mismo.

#### - **Unidades de Análisis**

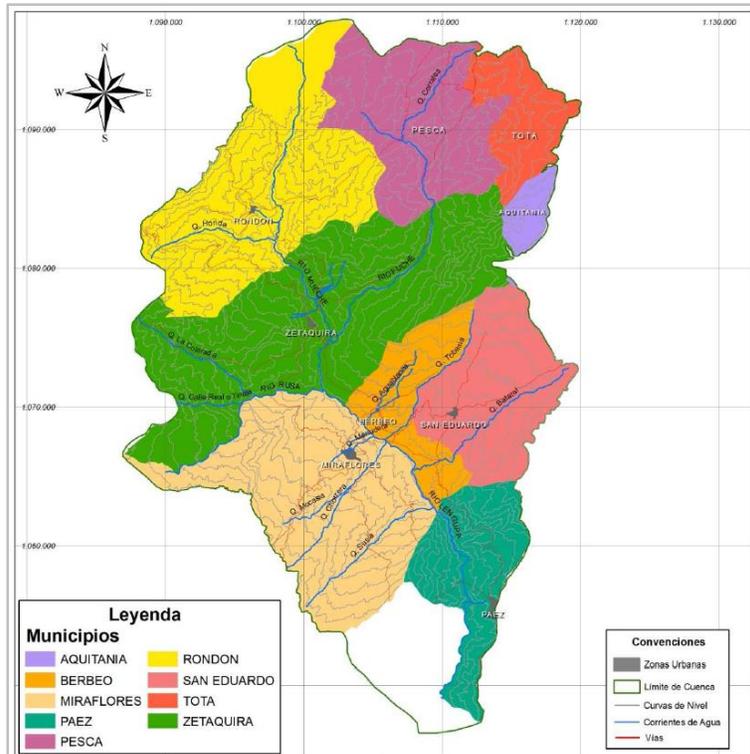
Para analizar cada uno de los aspectos contemplados y necesarios según la aproximación técnica de la problemática, se define el nivel de análisis sobre el territorio, determinando está de acuerdo con la *“Zonificación y Codificación de Unidades Hidrográficas e Hidrogeológicas de Colombia”* realizada por el IDEAM y presentada en el análisis hidrográfico del presente proyecto para lo cual se tiene en cuenta lo siguiente:

La microcuenca del río Mueche pertenece a la cuenca del río Lengupá, la cual es objeto de POMCA y su código es 3805.

Con el fin de establecer una codificación al interior de la microcuenca que permita el manejo de la misma desde el punto de vista hidrológico, se hizo necesario adicionar al código principal de la cuenca de Lengupá (3508) una serie de números que indiquen las unidades hidrográficas en el nivel I de desagregación de las subzonas de la microcuenca, a partir del punto de entrega y drenaje principal.

Teniendo en cuenta que el río Lengupá es formado de la confluencia del río Mueche y el río Fuche, y de acuerdo con los criterios planteados por el IDEAM, se establece el código 02 al río Mueche, dado el punto de entrega de sus aguas y su posición respecto al drenaje principal.

A partir del mapa de división política de la cuenca del río Lengupá, se estableció la codificación del nivel I de desagregación.



Fuente: Estudio, monitoreo y diagnóstico de calidad de la corriente principal de la cuenca del río Lengupá, Fundación Profesional para el Manejo del Agua, 2012.

**Figura 15. Mapa de división política de la cuenca del río Lengupá**

Una vez establecido el código del drenaje principal de la microcuenca del río Mueche, se clasifican zonas al interior de la microcuenca, de acuerdo con las siguientes consideraciones:

Orden de la codificación según IDEAM: El orden de entrega de los afluentes al río, desde la parte baja de la cuenca, siguiendo trayectoria en sentido anti horario. No se define un criterio técnico, se recomienda seguir esa condición; adicionalmente las corporaciones son autónomas de clasificar las subzonas de nivel II.

- Trazado de la cuenca para los afluentes más grandes al río Mueche: Quebrada las Minas, Quebrada El Uvo, Quebrada Honda, Quebrada el Rosario.
- Trazado de las áreas hidrológicas que cumplen como áreas de abastecimiento de los centros poblados de la microcuenca: en este caso el área 35080201, con la quebrada Agua Blanca y el área 35080206 para otro centro de abastecimiento.
- Trazado de las áreas hidrográficas: Se establece codificación para las demás áreas de la microcuenca del río Mueche.

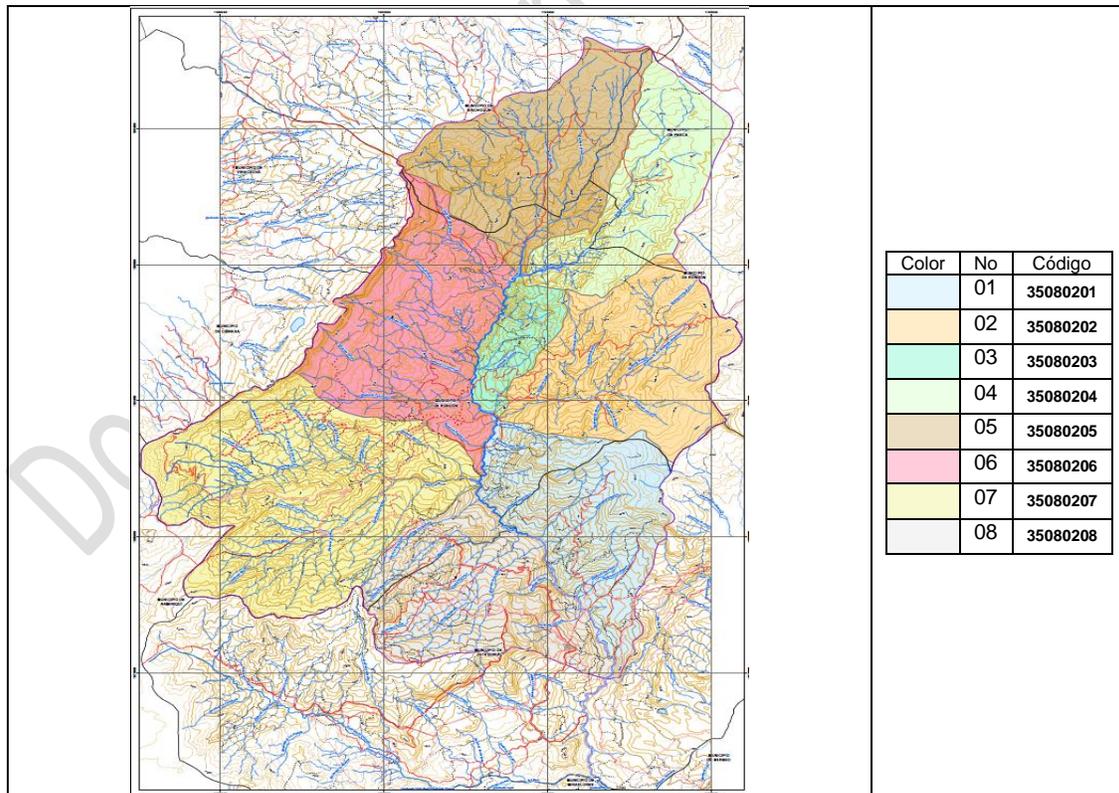
El resultado de clasificación para las zonas y microcuencas abastecedoras de centros poblados se presenta en la Tabla 15.

**Tabla 15. Unidad de análisis para determinación de problemáticas.**

#	CUENCA	CODIFICACIÓN	MUNICIPIO	VEREDAS
01	Afluentes menores, Quebradas La Robada, Platanillal, Retobanica, Potrerana, Santa Rosa, Agua Blanca, Pabellona	35080201	Rondón	Sucre / Bolívar / San Ignacio / Ricaurte / San José
			Zetaquirá	Juracambita / Patanoa / Centro / Gacal
02	Cuenca Quebrada Rosario	35080202	Rondón	Sucre / Nueva Granada
			Zetaquirá	Gacal
			Pesca	Carbonera
03	Afluentes Menores, Cuenca quebrada Cascajera	35080203	Rondón	Nueva Granada / San Junín Vásquez
04	Cuenca Quebrada las Minas	35080204	Rondón	Nueva Granada San Junín Vásquez
			Pesca	Carbonera / Butaga
05	Cuenca Quebrada el Uvo	35080205	Rondón	San Junín Vásquez
			Pesca	Butaga
			Siachoque	Páramo
06	Afluentes Menores, Quebradas Río Grande, El Espinal, La Peña, La Azufrada, Salinas, Nupasera	35080206	Rondón	Bolívar / San Junín Vásquez / Junín / San José / El Centro / San Antonio
			Siachoque	Páramo
07	Cuenca Quebrada Honda	35080207	Rondón	San Antonio / Bolívar / San Ignacio / Ricaurte / El Centro / Nariño / San Isidro
08	Afluentes Menores, Quebradas La Porquera, Juracambita, Calderona, Chorrera y Cañada La Laja	35080208	Rondón	San Ignacio / Ricaurte / Bolívar
			Zetaquirá	Juracambita / Patanoa / Centro / Gacal

Fuente: JAM Ingeniería y Medio Ambiente S.A.S. 2016

El mapa en donde se representa geográficamente la zonificación anteriormente descrita se presenta en la Figura 16.



Fuente: JAM Ingeniería y Medio Ambiente S.A.S. 2016. Adaptado MADS. 2017

**Figura 16. Zonificación de la microcuenca del río Mueche.**

- **Actividades Económicas**

Las actividades económicas se establecieron de acuerdo con la información secundaria obtenidas en el trabajo de campo realizado con actores y de los Esquemas de Ordenamiento de los municipios que tienen injerencia en la microcuenca. Estos esquemas tienen más de 10 de años de formulación, por lo que se consideró importante la validación de la información a través de las observaciones de las visitas de campo y talleres sociales realizados.

De acuerdo a lo anterior, la descripción de las actividades económicas, sociales o productivas que se desarrollan sobre la microcuenca se presenta en la Tabla 19.

**Tabla 16. Actividades económicas identificadas en la microcuenca del río Mueche.**

<b>ACTIVIDADES ECONÓMICAS, SOCIALES O PRODUCTIVAS</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>ZONAS DE LA MICROCUENCA</b>
<b>Minería</b>	Actividad desarrollada a pequeña escala en algunos sectores de la microcuenca, a diferencia de algunas zonas de Zetaquira en donde utilizan maquinaria pesada para la extracción de materiales de construcción que son usados como recebo para las vías de la zona. De la misma manera, en el municipio de Rondón (vereda Sucre) se realiza explotación de carbón en aproximadamente 310 Ha.	1 2 6 7 8
<b>Actividades Pecuarias</b>	Este sector se constituye, desde el punto vista económica, el más importante en la microcuenca. Se destaca la ganadería y en un nivel de importancia menor la explotación de especies menores entre las que encontramos la avicultura, la cunicultura, la porcicultura, la piscicultura y el ganado lanar. Se desarrolla de manera extensiva y con poca tecnología en el ámbito productivo.	<b>Toda la microcuenca</b>
<b>Actividades de Agricultura</b>	Al igual que la actividad anterior, este sector es muy importante para la economía de la zona. Dadas las condiciones climáticas se presenta una gran variedad agrícola, entre los que se encuentran: plátano, yuca, caña de azúcar, café, mora, lulo, frutas como naranja, guayaba, mandarina y aguacate.	<b>Toda la microcuenca</b>
<b>Actividades Urbanas</b>	En esta categoría se incluyen todas las actividades de tipo antrópico enfocadas al desarrollo urbano, entre las que encontramos principalmente la disposición de residuos sólidos, el acueducto y alcantarillado, el desarrollo comercial, la infraestructura vial, entre otros.	6 7
<b>Caza</b>	Esta actividad se desarrolla principalmente en la zona alta del Parque Natural Regional Cortadera, sin ningún tipo de control o restricción. Las especies mayormente cazadas son el venado y el Tinajo.	4 5
<b>Actividades Artesanales</b>	Esta actividad está relacionada al uso de recursos forestales con fines comerciales que en la región son conocidos como cuchareros.	2 4
<b>Turismo</b>	El principal atractivo turístico de la zona son las aguas termales ubicadas en el municipio de Zetaquira, actividad generadora de población flotante y residuos sólidos sin adecuada disposición.	1

Fuente: JAM Ingeniería y Medio Ambiente S.A.S. 2016

- **Desarrollo y resultados del taller**

Como se mencionó anteriormente, para realizar la identificación y priorización de la problemática presente en la microcuenca se desarrolló un taller interdisciplinario con los profesionales que hacen parte del equipo técnico.

Dada la naturaleza de las problemáticas a analizar, este taller se lleva a cabo con el fin de propiciar un ámbito de discusión desde el criterio de cada una de las áreas y del conocimiento de la microcuenca. Los principales insumos utilizados fueron:

- Mapa base de la cuenca.
- Delimitación del Parque Natural Regional Cortadera.
- Mapa de cobertura vegetal.
- Mapa de pendientes.
- Mapa Geológico.
- Información Secundaria.
- Matriz de eventos históricos amenazantes.
- Información recopilada en salidas de campo.

Teniendo en cuenta la estructura determinada en la aproximación técnica, la cual nos presenta los componentes objeto de análisis, y una vez establecidas las actividades económicas que llevan a cabo en las ocho (8) zonas delimitadas dentro de la microcuenca, los profesionales del equipo técnico, inician un ejercicio analítico del comportamiento socio-ecosistémico de la microcuenca.

Con base en el conocimiento que se tiene sobre el territorio, el equipo técnico consensuó la incidencia Bajo, Medio o Alto para cada uno de componentes y por condición. De este ejercicio se obtuvieron cuatro (4) matrices, sobre las cuales se priorizó la condición que tiene mayor relevancia en la microcuenca a través de una ponderación, la cual se muestra en la Tabla 17.

**Tabla 17. Calificación asignada a cada nivel de incidencia.**

INCIDENCIA	CALIFICACIÓN
Bajo	1
Medio	2
Alto	3

Fuente: JAM Ingeniería y Medio Ambiente S.A.S. 2016

En la Tabla 18, se presenta los resultados obtenidos de la evaluación de la primera condición “Desequilibrios físicos, químicos o ecológicos del medio natural derivados del aprovechamiento de sus recursos naturales renovables.”

**Tabla 18. Incidencia de la problemática No 1 en la microcuenca del río Mueche.**

Problemática No 1. Desequilibrios físicos, químicos o ecológicos del medio natural derivados del aprovechamiento de sus recursos naturales renovables”						
Zonas de la microcuenca	Actividades económicas, sociales o productivas	Introducción de especies foráneas/invasoras	Sobre explotación de especies de fauna	Deforestación	Incendios Forestales	Deterioro de los ecosistemas protegidos
35080201	Minería			Bajo		
	Actividades Pecuarias	Medio		Alto		
	Actividades de Agricultura	Medio		Alto		
	Actividades Urbanas					
	Caza					
	Actividades Artesanales					
	Turismo					Bajo
35080202	Minería			Medio		
	Actividades Pecuarias	Bajo		Bajo		

**Problemática No 1. Desequilibrios físicos, químicos o ecológicos del medio natural derivados del aprovechamiento de sus recursos naturales renovables”**

Zonas de la microcuencia	Actividades económicas, sociales o productivas	Introducción de especies foráneas/invasoras	Sobre explotación de especies de fauna	Deforestación	Incendios Forestales	Deterioro de los ecosistemas protegidos
	Actividades de Agricultura	Bajo		Bajo		
	Actividades Urbanas					
	Caza					
	Actividades Artesanales					
	Turismo					
35080203	Minería					
	Actividades Pecuarias	Medio		Medio		
	Actividades de Agricultura	Bajo		Bajo		
	Actividades Urbanas					
	Caza					
	Actividades Artesanales			Bajo		
35080204	Minería					
	Actividades Pecuarias	Bajo		Alto		Alto
	Actividades de Agricultura	Alto		Alto		Alto
	Actividades Urbanas					
	Caza		Alto			Alto
	Actividades Artesanales			Bajo		
35080205	Minería					
	Actividades Pecuarias	Bajo		Alto		Alto
	Actividades de Agricultura	Alto		Alto		Alto
	Actividades Urbanas					
	Caza		Alto			Alto
	Actividades Artesanales					
35080206	Minería			Bajo		
	Actividades Pecuarias	Bajo		Medio		Medio
	Actividades de Agricultura	Medio		Medio		Medio
	Actividades Urbanas	Bajo		Medio		Medio
	Caza		Bajo			Bajo
	Actividades Artesanales					
35080207	Minería			Medio		
	Actividades Pecuarias	Bajo		Bajo		
	Actividades de Agricultura	Bajo		Bajo		
	Actividades Urbanas	Bajo		Medio	Bajo	Medio
	Caza					
	Actividades Artesanales					
35080208	Minería			Bajo		
	Actividades Pecuarias	Medio		Alto		
	Actividades de Agricultura	Medio		Alto		
	Actividades Urbanas					
	Caza					
	Actividades Artesanales					
Turismo						

Fuente: JAM Ingeniería y Medio Ambiente S.A.S. 2016

En la Tabla 19, se presenta los resultados obtenidos de la evaluación de la segunda condición “Degradación de las aguas o de los suelos y en general de los recursos naturales renovables, en su calidad y cantidad, que pueda hacerlos inadecuados para satisfacer los requerimientos del desarrollo sostenible de la comunidad asentada en la microcuenca”.

**Tabla 19 Incidencia de la problemática No 2 en la microcuenca del río Mueche.**

Problemática No 2. “Degradación de las aguas o de los suelos y en general de los recursos naturales renovables, en su calidad y cantidad, que pueda hacerlos inadecuados para satisfacer los requerimientos del desarrollo sostenible de la comunidad asentada en la microcuenca”.								
Zonas de la microcuenca	Actividades económicas, sociales o productivas	SUELO				AGUA		
		Procesos erosivos y de remoción en masa	Deterioro por uso excesivo de fertilizantes o pesticidas	Alteración de las propiedades físicas por el cambio de uso y cobertura vegetal	Vertimientos	Sedimentación	Reducción de caudal por captaciones	Derrames
35080201	Minería	Bajo		Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	
	Actividades Pecuarias	Alto	Alto	Alto		Medio		
	Actividades de Agricultura	Alto	Alto	Alto	Bajo	Medio	Medio	
	Actividades Urbanas				Alto		Medio	
	Caza							
	Actividades Artesanales							
35080202	Turismo	Bajo		Alto	Medio		Medio	
	Minería	Alto		Alto	Alto	Alto	Alto	Alto
	Actividades Pecuarias	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	
	Actividades de Agricultura	Medio	Alto	Medio	Bajo	Medio	Medio	Bajo
	Actividades Urbanas							
	Caza							
35080203	Actividades Artesanales	Bajo	Bajo	Bajo				
	Turismo							
	Minería							
	Actividades Pecuarias	Alto	Medio	Alto	Bajo	Medio	Medio	Bajo
	Actividades de Agricultura	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo
	Actividades Urbanas							
35080204	Caza							
	Actividades Artesanales							
	Turismo							
	Minería							
	Actividades Pecuarias	Bajo	Medio	Alto	Bajo	Bajo	Bajo	
	Actividades de Agricultura	Alto	Alto	Alto	Bajo	Alto	Bajo	
35080205	Actividades Urbanas							
	Caza							
	Actividades Artesanales	Bajo						
	Turismo							
	Minería							
	Actividades Pecuarias	Bajo	Medio	Alto	Bajo	Bajo	Bajo	
35080206	Actividades de Agricultura	Alto	Alto	Alto	Bajo	Alto	Bajo	
	Actividades Urbanas							
	Caza							
	Actividades Artesanales	Bajo						
35080206	Minería	Bajo		Bajo	Medio	Bajo	Medio	
	Actividades Pecuarias	Alto	Medio	Alto	Bajo	Medio	Medio	Bajo
	Actividades de Agricultura	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo
	Actividades Urbanas				Medio			

**Problemática No 2. “Degradación de las aguas o de los suelos y en general de los recursos naturales renovables, en su calidad y cantidad, que pueda hacerlos inadecuados para satisfacer los requerimientos del desarrollo sostenible de la comunidad asentada en la microcuenca”.**

Zonas de la microcuenca	Actividades económicas, sociales o productivas	SUELO			AGUA			
		Procesos erosivos y de remoción en masa	Deterioro por uso excesivo de fertilizantes o pesticidas	Alteración de las propiedades físicas por el cambio de uso y cobertura vegetal	Vertimientos	Sedimentación	Reducción de caudal por captaciones	Derrames
	Caza							
	Actividades Artesanales							
	Turismo							
35080207	Minería	Medio		Medio	Bajo	Medio	Bajo	Bajo
	Actividades Pecuarias	Alto	Alto	Alto	Medio	Medio	Medio	
	Actividades de Agricultura	Alto	Alto	Alto	Medio	Medio	Medio	
	Actividades Urbanas				Bajo		Bajo	
	Caza							
	Actividades Artesanales							
	Turismo							
35080208	Minería	Medio		Medio	Bajo	Medio	Bajo	Bajo
	Actividades Pecuarias	Alto	Alto	Alto	Medio	Medio	Medio	
	Actividades de Agricultura	Alto	Alto	Alto	Medio	Medio	Medio	
	Actividades Urbanas				Medio		Medio	
	Caza							
	Actividades Artesanales							
	Turismo							

Fuente: JAM Ingeniería y Medio Ambiente S.A.S. 2016

La metodología usada para la evaluación de la problemática No. 3 difiere del análisis realizado para las otras problemáticas. A continuación, se describe la metodología nombrada anteriormente.

Esta evaluación de amenazas se realizó determinando la frecuencia de ocurrencia de cada tipo de evento, teniendo finalmente un rango de calificación entre uno (1) y cinco (5) donde el mayor valor identifica la amenaza más alta.

Para el caso específico de los eventos tipo procesos de remoción en masa, de los que se tiene información más precisa sobre su localización, y se cuenta con una recopilación de datos desde el año 1975 al 2015, se realizó un análisis en el cuál se determinó el periodo para el cual se espera ocurra un evento de ese tipo en la subcuenca.

De esta manera, se tiene que en los últimos 40 años de los cuales se tiene registro, se han presentado cierto número de eventos por zona. Por ejemplo:

- 1 evento en 40 años: 1/40. Es este caso se espera que el evento se presente cada 40 años. Por tanto, para una baja frecuencia se tiene una baja amenaza.
- 15 evento en 40 años: 15/40. Es este caso se espera que el evento se presente cada 3 años aproximadamente. Siendo amenaza media.
- 40 eventos en 40 años: 40/40. Es este caso se espera que el evento se presente cada año. Por tanto, para una alta frecuencia se tiene una alta amenaza.

Para los demás tipos de eventos, como inundaciones, incendios forestales y demás, se revisaron los registros de ocurrencia para la microcuenca en general, dado que no se contaba con la localización exacta de los mismos.

Finalmente, con base en el análisis anterior, se otorga una valoración de amenaza a cada tipo de evento, que al promediar da como resultado la categoría de amenaza de cada subcuenca. En la Tabla 20, se presenta los resultados obtenidos de la evaluación de la tercera condición *“Amenazas, vulnerabilidad y riesgos ambientales puedan afectar los servicios ecosistémicos de la microcuenca, y la calidad de vida de sus habitantes”*.

**Tabla 20. Incidencia de la Problemática No 3 en la microcuenca del río Mueche**

ZONAS DE LA MICROCUENCA	SISMO	INUNDACIÓN	AVENIDAS TORRENCIALES	MOVIMIENTOS EN MASA	INCENDIOS FORESTALES
35080201	Alto			Medio	Bajo
35080202	Alto			Medio	Bajo
35080203	Alto			Bajo	Bajo
35080204	Alto				Bajo
35080205	Alto				Bajo
35080206	Alto			Medio	Bajo
35080207	Alto	Bajo	Bajo	Alto	Bajo
35080208	Alto			Medio	Bajo

Fuente: JAM Ingeniería y Medio Ambiente S.A.S. 2016

En la Tabla 21, se presenta los resultados obtenidos de la evaluación de la cuarta condición *“Cuando la microcuenca sea fuente abastecedora de acueductos y se prevea afectación de la fuente por fenómenos antrópicos o naturales”*. Es importante aclarar que para esta condición solo se tuvieron en cuenta las zonas en las que se ubican las fuentes abastecedoras de los centros poblados de Rondón y Zetaquirá, estas zonas corresponden a los siguientes códigos: 35080201 y 35080206.

**Tabla 21. Incidencia de la Problemática No 4 en la microcuenca del río Mueche**

ZONAS DE LA MICROCUENCA	ACTIVIDADES ECONÓMICAS, SOCIALES O PRODUCTIVAS	CONTAMINACIÓN DE FUENTES ABASTECEDORAS
35080201	Minería	Medio
	Actividades Pecuarias	Bajo
	Actividades de Agricultura	Bajo
	Actividades Urbanas	Medio
	Caza	
	Actividades Artesanales	
	Turismo	Medio
35080206	Minería	Bajo
	Actividades Pecuarias	Bajo
	Actividades de Agricultura	Bajo
	Actividades Urbanas	Medio
	Caza	
	Actividades Artesanales	
	Turismo	

Fuente: JAM Ingeniería y Medio Ambiente S.A.S. 2016

Con el fin de poder priorizar las condiciones evaluadas dentro de la microcuenca, una vez se tienen calificadas las matrices de acuerdo con los niveles de incidencia establecidos, se procede a cuantificar de acuerdo a la calificación asignada a cada nivel (ver Tabla 17) y se

pondera el total obtenido de acuerdo con la cantidad de aspectos que se evaluaron en cada una de las condiciones.

Por ejemplo en la primera condición (Problemática No 1) la ponderación se realiza dividiendo el total de la incidencia sobre el total de aspectos evaluados, que para este caso se evaluaron cinco (5) aspectos, entre los que encontramos:

- Introducción de especies foráneas/invasoras.
- Sobre explotación de especies de fauna.
- Deforestación
- Incendios Forestales
- Deterioro de los ecosistemas protegidos

Esta calificación se realiza por cada una de las condiciones a evaluar, en la Tabla 22. Se explica el método utilizado para cuantificar y totalizar cada condición.

**Tabla 22. Calificación de los niveles de incidencia evaluados.**

ZONAS DE LA MICROCUENCA	INCIDENCIA A	ASPECTO 1	ASPECTO O (...)	CONDICIÓN X		TOTAL INCIDENCIA
				Sumatoria Incidencia	Incidencia Cuantificada	
35080201	Bajo			$\sum \text{Bajo}$	$B_1 = (\sum \text{Bajo} \times 1)$	$T_i = B_1 + M_1 + A_1$
	Medio			$\sum \text{Medio}$	$M_1 = (\sum \text{Medio} \times 2)$	
	Alto			$\sum \text{Alto}$	$A_1 = (\sum \text{Alto} \times 3)$	
35080202	...	...	...		...	
35080203	...	...	...		...	
...	...	...	...		...	
<b>Total Condición</b>						$\sum_{Zona=1}^n \text{Total Incidencia}$
<b>Total Ponderado</b>						Total Condición / No. de aspectos evaluados en cada condición

Fuente: JAM Ingeniería y Medio Ambiente S.A.S. 2016

En la Tabla 23, se presentan los resultados obtenidos en la evaluación de las condiciones requeridas por el Decreto mencionado.

**Tabla 23. Resultados obtenidos en la evaluación de condiciones presentes en la microcuenca del río Mueche.**

Problemática No 1									
Zonas de la microcuenca	Incidencia	Introducción de especies foráneas/invasoras	Sobre explotación de especies de fauna	Deforestación	Incendios Forestales	Deterioro de los ecosistemas protegidos	Sumatoria por incidencia	Incidencia Cuantificada	Total Incidencia
35080201	Bajo	0	0	1	1	0	2	2	12
	Medio	2	0	0	0	0	2	4	
	Alto	0	0	2	0	0	2	6	
35080202	Bajo	2	0	2	0	0	4	4	6
	Medio	0	0	1	0	0	1	2	
	Alto	0	0	0	0	0	0	0	
35080203	Bajo	1	0	2	0	0	3	3	7
	Medio	1	0	1	0	0	2	4	
	Alto	0	0	0	0	0	0	0	
35080204	Bajo	1	0	1	0	0	2	2	23
	Medio	0	0	0	0	0	0	0	
	Alto	1	1	2	0	3	7	21	
35080205	Bajo	1	0	0	0	0	1	1	22
	Medio	0	0	0	0	0	0	0	

Problemática No 1									
Zonas de la microcuenca	Incidencia	Introducción de especies foráneas/invasoras	Sobre explotación de especies de fauna	Deforestación	Incendios Forestales	Deterioro de los ecosistemas protegidos	Sumatoria por incidencia	Incidencia Cuantificada	Total Incidencia
35080206	Alto	1	1	2	0	3	7	21	20
	Bajo	2	1	1	1	1	6	6	
	Medio	1	0	3	0	3	7	14	
	Alto	0	0	0	0	0	0	0	
35080207	Bajo	3	0	2	1	0	6	6	12
	Medio	0	0	2	0	1	3	6	
	Alto	0	0	0	0	0	0	0	
35080208	Bajo	0	0	1	0	0	1	1	11
	Medio	2	0	0	0	0	2	4	
	Alto	0	0	2	0	0	2	6	
<b>Total Condición</b>									113
<b>Total Ponderado</b>									22

Fuente: JAM Ingeniería y Medio Ambiente S.A.S. 2016

Problemática No 2											
Zona de la microcuenca	Incidencia	SUELO			AGUA				Sumatoria por incidencia	Incidencia cuantificada	Total Incidencia
		Procesos erosivos y de remoción en masa	Deterioro por uso excesivo de fertilizantes o pesticidas	Alteración de las propiedades físicas por el cambio de uso y cobertura vegetal	Vertimientos	Sedimentación	Reducción de caudal por captaciones	Derrames			
35080201	Bajo	2	0	1	2	1	1	0	7	7	43
	Medio	0	0	0	1	2	3	0	6	12	
	Alto	2	2	3	1	0	0	0	8	24	
35080202	Bajo	2	2	2	2	1	1	1	11	11	40
	Medio	1	0	1	0	1	1	0	4	8	
	Alto	1	1	1	1	1	1	1	7	21	
35080203	Bajo	1	1	1	2	1	1	2	9	9	21
	Medio	0	1	0	0	1	1	0	3	6	
	Alto	1	0	1	0	0	0	0	2	6	
35080204	Bajo	2	0	0	2	1	2	0	7	7	24
	Medio	0	1	0	0	0	0	0	1	2	
	Alto	1	1	2	0	1	0	0	5	15	
35080205	Bajo	2	0	0	2	1	2	0	7	7	24
	Medio	0	1	0	0	0	0	0	1	2	
	Alto	1	1	2	0	1	0	0	5	15	
35080206	Bajo	2	1	2	2	2	1	1	11	11	33
	Medio	0	1	0	2	1	2	2	8	16	
	Alto	1	0	1	0	0	0	0	2	6	
35080207	Bajo	0	0	0	2	0	2	1	5	5	41
	Medio	1	0	1	2	3	2	0	9	18	
	Alto	2	2	2	0	0	0	0	6	18	
35080208	Bajo	0	0	0	1	0	1	1	3	3	43
	Medio	1	0	1	3	3	3	0	11	22	
	Alto	2	2	2	0	0	0	0	6	18	
<b>Total Condición</b>									269		
<b>Total Ponderado</b>									38		

Fuente: JAM Ingeniería y Medio Ambiente S.A.S. 2016

Problemática No 3									
Zona de la microcuena	Incidencia	Sismo	Inundación	Avenidas Torrenciales	Movimientos en masa	Incendios Forestales	Sumatoria por incidencia	Incidencia cuantificada	Total Incidencia
35080201	Bajo	0	0	0	0	1	1	1	6
	Medio	0	0	0	1	0	1	2	
	Alto	1	0	0	0	0	1	3	
35080202	Bajo	0	0	0	0	1	1	1	6
	Medio	0	0	0	1	0	1	2	
	Alto	1	0	0	0	0	1	3	
35080203	Bajo	0	0	0	1	1	2	2	5
	Medio	0	0	0	0	0	0	0	
	Alto	1	0	0	0	0	1	3	
35080204	Bajo	0	0	0	0	1	1	1	4
	Medio	0	0	0	0	0	0	0	
	Alto	1	0	0	0	0	1	3	
35080205	Bajo	0	0	0	0	1	1	1	4
	Medio	0	0	0	0	0	0	0	
	Alto	1	0	0	0	0	1	3	
35080206	Bajo	0	0	0	0	1	1	1	6
	Medio	0	0	0	1	0	1	2	
	Alto	1	0	0	0	0	1	3	
35080207	Bajo	0	1	1	0	1	3	3	9
	Medio	0	0	0	0	0	0	0	
	Alto	1	0	0	1	0	2	6	
35080208	Bajo	0	0	0	0	1	1	1	6
	Medio	0	0	0	1	0	1	2	
	Alto	1	0	0	0	0	1	3	
<b>Total Condición</b>									<b>46</b>
<b>Total Ponderado</b>									<b>9</b>

Fuente: JAM Ingeniería y Medio Ambiente S.A.S. 2016

Problemática No 4				
Zonas de la microcuena	Incidencia	Contaminación de fuentes abastecedoras	Incidencia cuantificada	Total Incidencia
35080201	Bajo	2	2	8
	Medio	3	6	
	Alto	0	0	
35080202	Bajo	3	3	5
	Medio	1	2	
	Alto	0	0	
<b>Total Condición</b>				<b>13</b>
<b>Total Ponderado</b>				<b>13</b>

Fuente: JAM Ingeniería y Medio Ambiente S.A.S. 2016

De acuerdo a los resultados obtenidos en la Tabla 24, se resume los valores ponderados por cada una de las problemáticas. Este análisis evidencia que las actividades económicas,

sociales o productivas que generan mayor incidencia negativa sobre el territorio de la microcuenca, corresponde a las actividades productivas: pecuaria y agrícola y actividades económicas: la minería. El deterioro de los recursos naturales por las malas prácticas de agricultura y ganadería extensiva demuestra que “*degradación de las aguas o de los suelos y en general de los recursos naturales renovables, en su calidad y cantidad, que pueda hacerlos inadecuados para satisfacer los requerimientos del desarrollo sostenible de la comunidad asentada en la microcuenca*” representan mayor conflicto en la situación actual de la microcuenca.

Por otro lado, la evaluación realizada permitió establecer las áreas más afectadas por la problemática identificada, demostrando que la zona baja de la microcuenca del río Mueche es el área crítica que concentra los efectos de las dinámicas socio-ecosistémicas de la parte alta de la microcuenca, que adicional a esto se agudiza por la presencia de los centros urbanos. Estas zonas corresponden a los códigos 35080201, 35080207 y 35080208.

**Tabla 24. Resumen de los resultados obtenidos en la identificación de la problemática de la microcuenca del río Mueche.**

ZONAS DE LA MICROCUENCA	PROBLEMÁTICA 1	PROBLEMÁTICA 2	PROBLEMÁTICA 3	PROBLEMÁTICA 4
	Desequilibrios físicos, químicos o ecológicos del medio natural derivados del aprovechamiento de sus recursos naturales renovables	Degradación de las aguas o de los suelos y en general de los recursos naturales renovables, en su calidad y cantidad, que pueda hacerlos inadecuados para satisfacer los requerimientos del desarrollo sostenible de la comunidad asentada en la microcuenca.	Amenazas, vulnerabilidad y riesgos ambientales puedan afectar los servicios ecosistémicos de la microcuenca, y la calidad de vida de sus habitantes	Cuando la microcuenca sea fuente abastecedora de acueductos y se prevea afectación de la fuente por fenómenos antrópicos o naturales.
35080201	12	43	6	8
35080202	6	40	6	
35080203	7	21	5	
35080204	23	24	4	
35080205	22	24	4	
35080206	20	30	6	5
35080207	12	41	9	
35080208	11	43	6	
<b>Total</b>	113	266	46	13
<b>Total Ponderado</b>	22	38	9	13

Fuente: JAM Ingeniería y Medio Ambiente S.A.S. 2016

## BIBLIOGRAFÍA

- BAEZA, C., and J. Corominas. (1996). Assessment of shallow landslide susceptibility by means of statistical techniques, ed. K. Senneset.
- BAEZA, C. y Corominas, J. (2001). Assessment of shallow landslide susceptibility by means of multivariate statistical techniques. *Earth Surface Processes and Landforms*. *Earth Surface Processes and Landforms*. 26: 1251-1263.
- BARRAGÁN RODRÍGUEZ, L.Y. (2008). Manual para el análisis sísmico de estabilidad de taludes usando método pseudoestáticos y métodos de desplazamiento. Universidad Industrial de Santander, Proyecto de Grado para optar al Título de Ingeniera Civil. 144 pp.
- BID, CEPAL e IDEA (UNAL). (2003). Indicadores para la medición del riesgo. Fundamentos Metodológicos. 15 p. Recuperado de: <http://idea.unalmzl.edu.co/documentos/02%20Fundamentos%20Metodologicos%20Indicadores%20BID-IDEA%20Fase%20I.pdf>. Manizales, Colombia.
- BREA, J. D. (2006). Flujos densos en la región andina argentina: Problemática, tratamiento, soluciones, Presentación oral en el I Encuentro Latinoamericano de Hidráulica, Construcción y Medio Ambiente, UPAO, 14 al 19 de agosto de 2006, Trujillo-Perú.
- BREA, J. D., Spalletti, L., Hopwood, H. J., & Spalletti, P. (2005). Conceptos y aplicaciones sobre flujos densos en la hidráulica de ríos. *Universidad Politécnica de Valencia. Ingeniería del Agua*, 12(3), 189-200. Recuperado de: <https://polipapers.upv.es/index.php/IA/article/view/2560/2542>
- CALDERÓN, et al. (2007). Metodología para la zonificación de amenaza por movimientos en masa de algunas laderas de los municipios de Bucaramanga, Floridablanca, Girón y Piedecuesta, departamento de Santander. INGEOMINAS y Alcaldías Municipales. Colombia.
- DANE. (2012). Introducción al diseño, construcción e interpretación de indicadores. Disponible en: [https://www.dane.gov.co/files/planificacion/fortalecimiento/cuadernillo/Guia\\_construccion\\_interpretacion\\_indicadores.pdf](https://www.dane.gov.co/files/planificacion/fortalecimiento/cuadernillo/Guia_construccion_interpretacion_indicadores.pdf). Colombia.
- DNP. (2009). Guía metodológica para la formulación de indicadores. Disponible en: <https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Inversiones%20y%20finanzas%20pblicas/Guia%20Metodologica%20Formulacion%20-%202010.pdf>. Bogotá D.C.
- IDEAM y PNUD. (2014). Piloto de asistencia técnica para incorporar la gestión integral de riesgos hidroclimáticos en el ordenamiento territorial municipal. Parte II. 188 pp. Colombia.
- CARRARA A. (1992). Landslide hazard assesment. Proc. Er. Primer Simposio Internacional sobre sensores remotos y sistema de Información Geográfica para el estudio de riesgos naturales. Bogotá, Colombia, 329-335 pp.
- CARVAJAL, H. (2012). Propuesta de estandarización de La cartografía Geomorfológica en Colombia. Instituto Colombiano de Geología y Minería (INGEOMINAS). 83 pp.
- CEPAL. (2003). Manual para la evaluación de impacto socioeconómico y ambiental de desastres, Chile. 13 pp. Recuperado de: [http://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/2781/S2003652\\_es.pdf;jsessionid=EFEC1623927C153BA088C1337687EDD9?sequence=5](http://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/2781/S2003652_es.pdf;jsessionid=EFEC1623927C153BA088C1337687EDD9?sequence=5)
- ERN. (2010). Evaluación de Riesgo. América Latina. Metodología de análisis Probabilista de Riesgos. Informe TRN – CAPRA – TR2. Recuperado de: [https://www.ecapra.org/sites/default/files/documents/ERN-CAPRA-R3-T3.2%20-%20Metodolog%C3%ADa%20de%20An%C3%A1lisis%20Probabilista%20de%20Riesgo\\_GUA.pdf](https://www.ecapra.org/sites/default/files/documents/ERN-CAPRA-R3-T3.2%20-%20Metodolog%C3%ADa%20de%20An%C3%A1lisis%20Probabilista%20de%20Riesgo_GUA.pdf).

- ERN. (2010). Evaluación de Riesgo. América Latina. Propuesta de funciones e indicadores de Vulnerabilidad. Informe ERN – CAPRA 2.2. 37 pp. Recuperado de: [https://www.ecapra.org/sites/default/files/documents/ERN-CAPRA-R3-T2.2%20-%20Propuesta%20de%20Indicadores%20y%20Funciones%20de%20Vulnerabilidad\\_GUA.pdf](https://www.ecapra.org/sites/default/files/documents/ERN-CAPRA-R3-T2.2%20-%20Propuesta%20de%20Indicadores%20y%20Funciones%20de%20Vulnerabilidad_GUA.pdf).
- ERN. (2010). Evaluación de Riesgo. América Latina. Caracterización, clasificación y valoración de elementos expuestos. Informe ERN – CAPRA T2.1. 94 pp. Recuperado de: [https://www.ecapra.org/sites/default/files/documents/ERN-CAPRA-R3-T2.1- Caracterizaci%C3%B3n%20Clasificaci%C3%B3n%20y%20Valoraci%C3%B3n%20de%20Elementos%20Expuestos\\_GUA.pdf](https://www.ecapra.org/sites/default/files/documents/ERN-CAPRA-R3-T2.1- Caracterizaci%C3%B3n%20Clasificaci%C3%B3n%20y%20Valoraci%C3%B3n%20de%20Elementos%20Expuestos_GUA.pdf).
- FONDO DRI (1992). Guía para la Gestión Ambiental Municipal.
- FORERO Laura Cristina, LONGO Magnolia, RAMÍREZ John Jairo y CHALAR Guillermo. (2014). Índice de calidad ecológica con base en macro invertebrados acuáticos para la cuenca del río Negro (ICE<sub>RN-MAE</sub>). Scielo: Revista de Biología Tropical. Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia. 62 (2). 1-6.
- IDEAM. (2013). Lineamientos conceptuales y metodológicos para la evaluación regional del agua-ERA. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. Bogotá D.C. 275 pp., ISBN: 978-958-8067-62-9.
- IDEAM. (2013). Zonificación y codificación de unidades hidrográficas e hidrogeológicas de Colombia. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. Bogotá D.C. Colombia. 47 pp. Recuperado de: [http://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/022655/MEMORIASMAPA\\_ZONIFICACIONHIDROGRAFICA.pdf](http://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/022655/MEMORIASMAPA_ZONIFICACIONHIDROGRAFICA.pdf).
- IDEAM. (2010). Índice de calidad del agua (ICA) en corrientes superficiales. 10 p. Recuperado de: [http://www.ideam.gov.co/documents/24155/125494/36-3.21\\_HM\\_Indice\\_calidad\\_agua\\_3\\_FI.pdf/9d28de9c-8b53-470e-82ab-daca2d0b0031](http://www.ideam.gov.co/documents/24155/125494/36-3.21_HM_Indice_calidad_agua_3_FI.pdf/9d28de9c-8b53-470e-82ab-daca2d0b0031).
- IDEAM. (2017). Solicitud de información estaciones hidroclimatológicas. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. Colombia. Recuperado de: <http://www.ideam.gov.co/solicitud-de-informacion>.
- IDEAM. (2014). Insumos Técnicos para la Guía Metodológica para la formulación de planes de Manejo Ambiental de Microcuencas.
- IDEAM y MADS. (2010). Sistemas Morfogénicos del Territorio Colombiano . Bogotá: Colombia. 16 pp. Recuperado de: [http://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/021769/Sistemas\\_morf\\_Territ\\_Col\\_Ideam\\_Contenido.pdf](http://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/021769/Sistemas_morf_Territ_Col_Ideam_Contenido.pdf).
- IGAC. (2005). Estudio general de suelos y zonificación de tierras del departamento de Boyacá. Bogotá. Colombia. Recuperado de: [ftp://gisweb.ciat.cgiar.org/DAPA/users/apantoja/london/Colombia/Suelos/00\\_shape\\_suelos/PROYECTO\\_DNP/MEMORIAS\\_SUELOS\\_OFICIALES/BOYACA/94864-Suelos%20Tomo%20II.pdf](ftp://gisweb.ciat.cgiar.org/DAPA/users/apantoja/london/Colombia/Suelos/00_shape_suelos/PROYECTO_DNP/MEMORIAS_SUELOS_OFICIALES/BOYACA/94864-Suelos%20Tomo%20II.pdf).
- ISDR. (2002). Living with risk: A global review of disaster reduction initiatives. UN Inter-Agency Secretariat for the International Strategy for Disaster Reduction. Geneva 10, Switzerland. 624 pp. Recuperado de: [http://www.unisdr.org/files/657\\_lwrs.pdf](http://www.unisdr.org/files/657_lwrs.pdf).
- ISO 9000, 2015. Norma Técnica Colombiana Sistemas de Gestión de Calidad.
- JAM. (2016). Ingeniería y Medio Ambiente, para Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS). Estudio de caso en la microcuenca del río Mueche en el departamento de Boyacá, para validación y ajuste de los lineamientos metodológicos para las fases de aprestamiento y fase inicial del diagnóstico para una de las problemáticas de que trata el artículo 2.2.3.1.10.4 del decreto 1076 de

- 2015 para la elaboración de la guía metodológica para la formulación de planes de manejo ambiental de microcuencas. 22 pp. Recuperado de: [http://acmineria.com.co/sites/default/files/regulations/anexo\\_1\\_-\\_ejercicio\\_de\\_caso\\_-\\_microcuenca\\_rio\\_mueche.pdf](http://acmineria.com.co/sites/default/files/regulations/anexo_1_-_ejercicio_de_caso_-_microcuenca_rio_mueche.pdf).
- JULIEN, P. Y., & LEON, C. (2000). Mud floods, mudflows and debris flows. Classification, rheology and structural design. Jornadas de Investigación JIFI. 15 pp. Recuperado de: [http://www.engr.colostate.edu/~pierre/ce\\_old/resume/Paperspdf/Julien-LeonCar00.PDF](http://www.engr.colostate.edu/~pierre/ce_old/resume/Paperspdf/Julien-LeonCar00.PDF).
- MADS. (2012). Decreto 1640 de 2012. Por medio del cual se reglamentan los instrumentos para la planificación, ordenación y manejo de las cuencas hidrográficas y se dictan otras disposiciones. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. Bogotá D.C., Colombia. Recuperado de: [http://www.minambiente.gov.co/images/normativa/decretos/2012/dec\\_1640\\_2012.pdf](http://www.minambiente.gov.co/images/normativa/decretos/2012/dec_1640_2012.pdf).
- MADS. (2013). Requisitos y guía metodológica del Fondo de Compensación Ambiental (FCA). Disponible en: <http://www.minambiente.gov.co/index.php/planeacion-y-seguimiento/gestion-de-proyectos-y-fondos-del-sector-ambiental/fondo-de-compensacion-ambiental-fca#guia-metodologica>. Bogotá.
- MADS. (2015). Decreto 1076 de 2015. Por medio del cual se expide el Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible. Bogotá D.C. Colombia.
- MAVDT. (2010). Decreto 2372 de 2010. Por medio del cual se reglamenta el Decreto-Ley 2811 de 1974, la Ley 99 de 1993, la Ley 165 de 1994 y el Decreto-ley 216 de 2003, en relación con el Sistema Nacional de Áreas Protegidas, las categorías de manejo que lo conforman y se dictan otras disposiciones. 23 p. Recuperado de: [http://www.minambiente.gov.co/images/normativa/decretos/2010/dec\\_2372\\_2010.pdf](http://www.minambiente.gov.co/images/normativa/decretos/2010/dec_2372_2010.pdf).
- MIJARES, F. J. (1992). Fundamentos de Hidrología de Superficie. Limusa.
- UNAL. (2013). Metodología para la evaluación del riesgo en los POMCA (Informe final inédito), Convenio UNAL-MADS.
- VAN ZUIDAM, Robert. (1985). Aerial Photo-Interpretation in Terrain Analysis and Geomorphologic Mapping. ITC-Holanda.

## SIGLAS Y ACRÓNIMOS

<b>AAC:</b>	Autoridad Ambiental Competente.
<b>AICAS:</b>	Áreas importantes para la conservación de las aves.
<b>CAR:</b>	Corporaciones Autónomas Regionales o de Desarrollo Sostenible.
<b>DOFA:</b>	Análisis de debilidades, oportunidades, fortalezas y amenazas.
<b>DTM:</b>	Modelo digital de elevación.
<b>FCA:</b>	Fondo de Compensación Ambiental.
<b>IAP:</b>	Método de investigación – acción participativa.
<b>ICA:</b>	Índice de calidad del agua.
<b>ICE:</b>	Índice de calidad ecológica.
<b>IDEAM:</b>	Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales.
<b>IGAC:</b>	Instituto Geográfico Agustín Codazzi.
<b>IRH:</b>	Índice de retención y regulación hídrica.
<b>IUA:</b>	Índice de uso del agua superficial.
<b>IVH:</b>	Índice de vulnerabilidad por desabastecimiento hídrico.
<b>MADS:</b>	Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible.
<b>MAVDT:</b>	Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (hoy MADS).
<b>ONG:</b>	Organización no gubernamental.
<b>PMAM:</b>	Plan de Manejo Ambiental para Microcuencas.
<b>POMCA:</b>	Plan de Ordenación y manejo de Cuencas Hidrográficas.
<b>SINAP:</b>	Sistema Nacional de Áreas Protegidas.
<b>UGS:</b>	Unidades geológicas superficiales.
<b>USDA:</b>	Soil Survey Program.