



UNIVERSITY OF LEEDS

This is a repository copy of *Desarrollo de un enfoque para el análisis multidimensional de riesgos relacionados con la inseguridad hídrica en las subcuencas hidrográficas del municipio de Cajibío – Colombia. Informe final de resultados de proyecto – Enfoque MUISKA.*

White Rose Research Online URL for this paper:

<https://eprints.whiterose.ac.uk/217301/>

Version: Accepted Version

Monograph:

Montoya Pachongo, C. orcid.org/0000-0003-3061-5164, Bayona Valderrama, Á. orcid.org/0009-0000-1303-6123, Camargo-Valero, M.A. orcid.org/0000-0003-2962-1698 et al. (1 more author) (2024) *Desarrollo de un enfoque para el análisis multidimensional de riesgos relacionados con la inseguridad hídrica en las subcuencas hidrográficas del municipio de Cajibío – Colombia. Informe final de resultados de proyecto – Enfoque MUISKA.* Report. University of Leeds , Leeds, United Kingdom.

<https://doi.org/10.48785/100/284>

Made available with permission from the copyright holder.

Reuse

Items deposited in White Rose Research Online are protected by copyright, with all rights reserved unless indicated otherwise. They may be downloaded and/or printed for private study, or other acts as permitted by national copyright laws. The publisher or other rights holders may allow further reproduction and re-use of the full text version. This is indicated by the licence information on the White Rose Research Online record for the item.

Takedown

If you consider content in White Rose Research Online to be in breach of UK law, please notify us by emailing eprints@whiterose.ac.uk including the URL of the record and the reason for the withdrawal request.



eprints@whiterose.ac.uk
<https://eprints.whiterose.ac.uk/>

Proyecto “Desarrollo de un enfoque para el análisis multidimensional de riesgos relacionados con la inseguridad hídrica en las subcuencas hidrográficas del municipio de Cajibío – Colombia”

Informe final



Autores:

Carolina Montoya Pachongo

Ángela María Bayona Valderrama

Miller Alonso Camargo-Valero

Barbara Evans

Agradecimientos:

Gracias especiales a Alexandra Victoria por su apoyo durante la organización del trabajo de campo en Cajibío y su asistencia profesional en todas las actividades realizadas.

A todos los participantes en el proyecto por compartir sus conocimientos y experiencias sobre el agua y el territorio.

Al Grupo de Estudios Ambientales de la Universidad del Cauca por su apoyo con el suministro de información primaria, la cual fue fundamental para la evaluación del riesgo por escasez de agua. Gracias también por toda su ayuda en la logística de las actividades realizadas en Cajibío. Agradecimiento especial al profesor Apolinar Figueroa, Diana Marcela Ruiz Ordóñez y Fernando Felipe Muñoz Muñoz.

A la Universidad de Leeds y a la Escuela de Ingeniería Civil por facilitar todas las actividades de investigación y administrativas.

Al Water Security and Sustainable Development Hub y a los financiadores, incluyendo a Cheney Fellowship, por otorgar los recursos económicos para el desarrollo de este proyecto de investigación.

Portada:

Fotos del equipo de investigación tomadas en Cajibío durante el desarrollo del proyecto.

Desarrollo de un enfoque para el análisis multidimensional de riesgos relacionados con la inseguridad hídrica en las subcuencas hidrográficas del municipio de Cajibío – Colombia

Informe final de resultados de proyecto – Enfoque MUISKA

Leeds, United Kingdom

Septiembre de 2024

TABLA DE CONTENIDO

1	RESUMEN	1
2	INTRODUCCIÓN	2
3	METODOLOGÍA GENERAL	3
3.1	Área de estudio	3
3.1.1	Caracterización territorial	3
3.1.2	Relaciones y conflictos en el territorio	5
3.1.3	Características socioeconómicas	5
3.1.4	Seguridad hídrica y gestión de riesgos por desastres	7
3.2	Enfoque MUISKA	8
4	PASO 0 – ANÁLISIS PROFUNDO DE ACTORES EN SEGURIDAD HÍDRICA	13
4.1	Metodología del paso 0	13
4.2	Resultados y Discusión del paso 0	14
4.3	Conclusión del paso 0	18
5	PASO 1- IDENTIFICACIÓN DE AMENAZAS Y SUS CONSECUENCIAS RELACIONADAS CON LA INSEGURIDAD HÍDRICA	20
5.1	Metodología del paso 1	20
5.2	Resultados y Discusión del paso 1	22
5.2.1	Usos del agua y problemas relacionados	25
5.2.2	Red de amenazas y consecuencias	26
5.3	Conclusión del paso 1	28
6	PASO 2 – CLASIFICAR LAS CONSECUENCIAS SEGÚN LAS ESCALAS Y DIMENSIONES DE MUISKA	31
6.1	Metodología del paso 2	31
6.1.1	Generalidades	31
6.1.2	Análisis temático reflexivo (ATR)	33
6.2	Resultados y discusión del paso 2	34
6.2.1	Problemas de inseguridad hídrica clasificados por escalas y dimensiones de MUISKA	34
6.2.2	Análisis temático reflexivo (ATR)	36
6.3	Conclusión del paso 2	52
7	PASO 3 – PRIORIZACIÓN DE LAS CONSECUENCIAS CUYOS RIESGOS SERÁN EVALUADOS	55

7.1 Metodología del paso 3	55
7.2 Resultados y Discusión del paso 3	56
7.3 Conclusión del paso 3	59
8 PASO 4 – EVALUACIÓN COMPLETA DEL RIESGO	60
8.1 Metodología del paso 4	60
8.1.1 Fase 1 – Taller en Cajibío	60
8.1.2 Fase 2 – Evaluación del riesgo	62
8.1.2.1 Amenaza	63
8.1.2.2 Exposición	70
8.1.2.3 Vulnerabilidad	72
8.1.2.4 Consideraciones temporales	78
8.1.2.5 Incertidumbres y solidez y profundidad del conocimiento	78
8.1.2.6 Evaluación del riesgo	79
8.2 Resultados y Discusión del paso 4	80
8.2.1 Fase 1 – Taller en Cajibío	80
8.2.1.1 Análisis de vulnerabilidades	80
8.2.1.2 Análisis de aspectos de resiliencia	82
8.2.2 Fase 2 – Evaluación del riesgo	87
8.2.2.1 Amenaza	87
8.2.2.2 Exposición	97
8.2.2.3 Vulnerabilidad	99
8.2.2.4 Incertidumbres y solidez y profundidad del conocimiento	105
8.2.2.5 Evaluación del riesgo por escasez de agua en Cajibío	110
8.3 Conclusiones del paso 4	110
9 PASO 5 – COMUNICACIÓN DEL RIESGO	113
9.1 Metodología del paso 5	113
9.2 Resultados y Discusión del paso 5	115
9.3 Conclusión del paso 5	119
10 PASO 6 – ESBOZO DE UN PLAN PARA EL MANEJO DE RIESGOS DE INSEGURIDAD HÍDRICA	120
10.1 Metodología del paso 6	120
10.2 Resultados y Discusión del paso 6	121
10.3 Esbozo de un plan de gestión para el riesgo de escasez de agua para consumo humano en Cajibío	128

10.3.1	Acciones propuestas para manejar las amenazas _____	128
10.3.1.1	Escasez física de agua en las fuentes de abastecimiento _____	128
10.3.1.2	Infraestructura disponible en los sistemas de abastecimiento de agua para consumo humano _____	130
10.3.2	Acciones propuestas para manejar la exposición _____	132
10.3.3	Acciones propuestas para manejar las vulnerabilidades _____	132
10.3.4	Acciones propuestas para manejar las incertidumbres y para incrementar la solidez y profundidad del conocimiento _____	133
10.4	Conclusión del paso 6 _____	134
11	Importancia de la investigación _____	136
12	BIBLIOGRAFÍA _____	137
13	ANEXOS _____	140
13.1	Anexo A _____	141
13.2	Anexo B _____	142
13.3	Anexo C _____	143
13.4	Anexo D _____	144
13.5	Anexo E _____	145
13.6	Anexo F _____	146
13.7	Anexo G _____	147
13.8	Anexo H _____	148

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 3-1. Corregimientos de Cajibío.....	3
Tabla 3-2. Población en Cajibío.....	6
Tabla 3-3. Factores socioeconómicos en Cajibío y otras zonas de Colombia.....	6
Tabla 3-4. Subcuencas en el municipio de Cajibío.....	7
Tabla 3-5. Asistencia a los talleres por grupo de participantes y paso de MUISKA.....	11
Tabla 3-6. Métodos aplicados en cada paso del enfoque MUISKA.....	11
Tabla 4-1. Descripción del interés, influencia e impacto de los actores en el proyecto MUISKA	17
Tabla 5-1. Resumen de los usos del agua, problemas relacionados, causas, raíces y consecuencias últimas en Cajibío.....	28
Tabla 6-1. Cantidad de problemas de MUISKA por tema identificado en el ATR.....	48
Tabla 7-1. Consecuencias priorizadas luego de la aplicación de tres filtros.....	56
Tabla 8-1. Cuatro formas de entender la escasez de agua.....	63
Tabla 8-2. Fuentes de abastecimiento de algunos de los sistemas de abastecimiento de agua de Cajibío.....	64
Tabla 8-3. Proyecciones de población abastecida por seis sistemas de abastecimiento de agua de Cajibío.....	68
Tabla 8-4. Criterios, puntajes y cualificación de la amenaza asociada a la escasez de agua para consumo humano.....	70
Tabla 8-5. Criterios, puntajes y cualificación de la exposición a la escasez de agua para consumo humano.....	71
Tabla 8-6. Criterios de vulnerabilidad de tres categorías para su análisis en Cajibío.....	73
Tabla 8-7. Criterios de resiliencia ante eventos sorpresa en el contexto institucional.....	73
Tabla 8-8. Criterios de vulnerabilidad relacionada con la percepción local del riesgo.....	75
Tabla 8-9. Criterios de vulnerabilidad relacionada con factores socioeconómicos.....	76
Tabla 8-10. Cálculo de la vulnerabilidad total Cajibío ante el riesgo por escasez de agua.....	77
Tabla 8-11. Consideraciones temporales por componente de la evaluación del riesgo.....	78
Tabla 8-12. Criterios para juzgar la solidez y profundidad del conocimiento que soportan esta evaluación del riesgo.....	79
Tabla 8-13. Matriz base para la evaluación cualitativa del riesgo.....	80
Tabla 8-14. Identificación de vulnerabilidades – Grupo JAC / Ciudadanos.....	81
Tabla 8-15. Identificación de vulnerabilidades – Grupo Entidades municipales y departamentales.....	81
Tabla 8-16. Análisis de resiliencia en la seguridad hídrica por elementos constitutivos.....	84
Tabla 8-17. Datos iniciales para calcular el índice de escasez de agua en el río El Cofre.....	87
Tabla 8-18. Índice de escasez de agua para tres sistemas de abastecimiento de agua potable	89
Tabla 8-19. Descripción de seis sistemas de abastecimiento del municipio de Cajibío.....	90

Tabla 8-20. Demandas de agua y caudales de diseño actuales y futuras para tres sistemas de abastecimiento – Parte 1	93
Tabla 8-21. Demandas de agua y caudales de diseño actuales y futuras para tres sistemas de abastecimiento – Parte 2	94
Tabla 8-22. Resultados del análisis de las amenazas relacionadas con la escasez de agua para consumo humano	96
Tabla 8-23. Descripción de las condiciones de continuidad del servicio de abastecimiento de agua en seis sistemas de Cajibío	97
Tabla 8-24. Resultados del análisis de exposición a la escasez de agua para consumo humano	98
Tabla 8-25. Evaluación de la vulnerabilidad por resiliencia ante eventos sorpresa en el contexto institucional	100
Tabla 8-26. Evaluación de la vulnerabilidad relacionada con la percepción local del riesgo....	101
Tabla 8-27. Evaluación de la vulnerabilidad relacionada con factores socioeconómicos.....	104
Tabla 8-28. Vulnerabilidad total de Cajibío ante el riesgo por escasez de agua	105
Tabla 8-29. Incertidumbres en la evaluación del riesgo	106
Tabla 8-30. Valoración de la solidez y profundidad del conocimiento que soportan la evaluación del riesgo por escasez de agua	108
Tabla 8-31. Evaluación cualitativa del riesgo por escasez de agua para consumo humano....	110
Tabla 10-1. Análisis individual de barreras – JAC / Ciudadanos – A. Problema considerado: Pérdida del atractivo turístico	124
Tabla 10-2. Análisis individual de barreras – JAC / Ciudadanos – B. Problema considerado: Contaminación de fuentes de agua.....	125
Tabla 10-3. Análisis individual de barreras – Grupo Servicio de acueducto. Problema considerado: Necesidad de mayor cantidad de agua en captación y almacenamiento	126

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 3-1. Localización general de Cajibío	4
Figura 3-2. Escalas y dimensiones de MUISKA.....	8
Figura 3-3. Pasos para la implementación del enfoque MUISKA.....	9
Figura 4-1. Interés de los actores en el proyecto MUISKA.....	15
Figura 4-2. Análisis de influencia de los actores sobre el proyecto MUISKA.....	15
Figura 4-3. Análisis de impacto del proyecto MUISKA sobre los actores	16
Figura 4-4. Clasificación de los actores según nivel de interés influencia	16
Figura 5-1. Cinco definiciones básicas para desarrollar el paso 1 del enfoque MUISKA.....	21
Figura 5-2. Mapas sociales elaborados por los participantes	25
Figura 6-1. Escalas y dimensiones para clasificar los impactos según el enfoque MUISKA.....	32
Figura 6-2. Aspectos por considerar para clasificar las consecuencias según las dimensiones de MUISKA.....	32
Figura 6-3. Seis etapas para realizar un análisis temático reflexivo	34
Figura 6-4. Clasificación de amenazas y consecuencias según las escalas y dimensiones del enfoque MUISKA – Grupo JAC / Ciudadanos.....	35
Figura 6-5. Clasificación de amenazas y consecuencias según las escalas y dimensiones del enfoque MUISKA – Grupo Servicio de acueducto.....	35
Figura 6-6. Clasificación de amenazas y consecuencias según las escalas y dimensiones del enfoque MUISKA –Entidades municipales y departamentales.....	36
Figura 6-7. Temas más recurrentes en el grupo “JAC/Ciudadanos”.....	50
Figura 6-8. Temas más recurrentes en el grupo Servicio de acueducto.....	50
Figura 6-9. Temas más recurrentes en el grupo “Entidades municipales y departamentales” ...	51
Figura 6-10. Mapa temático del ART para Cajibío	53
Figura 7-1. Criterios por filtros para priorizar consecuencias que serán sometidas a evaluación del riesgo en el paso 4 de MUISKA	56
Figura 7-2. Cantidad de problemas priorizados según los tres filtros del paso 3 de MUISKA....	58
Figura 8-1. Conceptos de vulnerabilidad y resiliencia adoptados en el enfoque MUISKA	61
Figura 8-2. Definición de riesgo adoptada en el enfoque MUISKA.....	63
Figura 8-4. Cuencas hidrográficas, fuentes de abastecimiento estudiadas y algunas veredas de Cajibío	92
Figura 8-5. Expresiones de la escasez de agua en Cajibío según la disponibilidad física de agua y de infraestructura y otros aspectos manifestados por los participantes en el proyecto. La interpretación de los resultados cuantitativos se complementa con la información cualitativa de los participantes quienes tienen un conocimiento sólido de las condiciones de inseguridad hídrica en su territorio.....	109

Figura 8-6. Representación gráfica de la evaluación del riesgo de escasez de agua para consumo humano en Cajibío. Riesgo medio con incertidumbres relacionadas con datos cuantitativos y solidez y profundidad del conocimiento débil y fuerte.	112
Figura 9-1. Tres componentes de la comunicación: fuente, mensaje, y audiencia	114
Figura 9-2. Formas de pensar: sistemas 1 (experiencial) y 2 (analítico).....	114
Figura 9-3. El arte de contar historias: inicio, intermedio y fin.....	115
Figura 9-4. Discurso sobre necesidades en el municipio – Grupo JAC / Ciudadanos - A.....	116
Figura 9-5. Poema – Grupo JAC Ciudadanos - B.....	117
Figura 9-6. Cuento sobre Juan Robles Aguas del municipio de Cajibío – Grupo Servicio de acueducto	118
Figura 9-7. Canción – Grupo Entidades	119
Figura 10-1. Esquema de corbatín simple para el análisis de riesgos	120
Figura 10-2. Esquema corbatín doble para el análisis de riesgos	121
Figura 10-3. Esquema corbatín simple – Grupo JAC / Ciudadanos – A	121
Figura 10-4. Esquema corbatín simple – Grupo JAC / Ciudadanos – B	122
Figura 10-5. Esquema corbatín simple – Grupo JAC / Ciudadanos – C	122
Figura 10-6. Esquema corbatín simple - Grupo Servicio de acueducto	123

ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

Fotografía 3-1. Cuerpos de agua en las cuencas de estudio visitadas en el municipio de Cajibío	10
Fotografía 4-1. Análisis de actores relevantes en seguridad hídrica en Cajibío y la región	14
Fotografía 5-1. Cartografía social y elaboración de redes de amenazas y consecuencias.....	21
Fotografía 6-1. Participantes en el proyecto clasifican los problemas según las escalas y dimensiones de MUISKA	31
Fotografía 7-1. Participantes en el proyecto priorizaron los según criterios por filtros	55
Fotografía 8-1. Participantes en el proyecto analizaron vulnerabilidades y aspectos de resiliencia	62
Fotografía 9-1. Participantes en el proyecto en dos de las actividades de los talleres de los pasos 5 y 6 realizados el mismo día.....	113

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 6-1. Pregunta de investigación del paso 2 de MUISKA	33
Cuadro 8-1. Riesgo priorizado por los participantes en el paso 3	60

ABREVIATURAS

APC	Administración Pública Cooperativa de Cajibío
ARD	Aguas Residuales Domésticas
ATR	Análisis Temático Reflexivo
CRC	Corporación Autónoma Regional del Cauca
DANE	Departamento Administrativo Nacional de Estadística
DBO	Demanda Biológica de Oxígeno
EPS	Entidad Prestadora de Salud
FARC	Fuerzas Armadas Revolucionarias de Colombia
IDEAM	Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales
IGAC	Instituto Geográfico Agustín Codazzi
IPM	Índice de Pobreza Multidimensional
JAC	Junta de Acción Comunal
PDET	Programas de Desarrollo con Enfoque Territorial
PBOT	Plan Básico de Ordenamiento Territorial
PTAR	Planta de Tratamiento de Aguas Residuales
Qmd	Caudal medio diario
QMD	Caudal Máximo Diario
QMH	Caudal Máximo Horario
MUISKA	Multidimensional Risk Analysis for Water Security
SISBEN	Sistema de Identificación de Potenciales Beneficiarios de Programas Sociales
SUI	Sistema Único de Información
SWAT	Soil and Water Assessment Tool

La inseguridad hídrica en países de ingresos bajos y medianos, comúnmente localizados en zonas neotropicales, tiende a empeorar debido a la alta vulnerabilidad medioambiental y socioeconómica frente a eventos climáticos extremos. Por esto es necesario desarrollar e implementar metodologías de análisis de riesgos asociados a la inseguridad hídrica, que reconozcan la complejidad de los sistemas hídricos, para identificar adecuadamente poblaciones, ecosistemas e infraestructuras afectadas por diversas condiciones de inseguridad hídrica. El enfoque MUISKA (por sus siglas en inglés: **M**Ultidimensional **r**ISK **A**nalysis for Water Security) es un marco conceptual para analizar los múltiples riesgos relacionados con el agua a nivel de cuenca hidrográfica. Este enfoque se compone de siete pasos secuenciales que siguen el orden lógico del análisis de riesgos e incluye la descripción cualitativa y clasificación de los riesgos en cuatro escalas y cinco dimensiones. Para que el análisis de riesgos realizado a través de la implementación de MUISKA sea válido y para que este enfoque sea una herramienta útil para los actores involucrados, incluyendo a los tomadores de decisiones, nosotros proponemos que su desarrollo se haga a través de la investigación participativa (1).

Por lo anterior, el enfoque MUISKA se desarrolló en el municipio de Cajibío, Colombia, a través de visitas a ríos y lagos en este municipio, en compañía de algunos representantes de entidades departamentales y de los ciudadanos. El desarrollo de MUISKA también incluyó siete talleres con cada uno de los tres grupos de actores que aceptaron participar en este proyecto de investigación. De acuerdo con las políticas de investigación de la Universidad de Leeds, las condiciones éticas de este proyecto de investigación fueron aprobadas por el Comité de Ética con el código MEEC 22-004. Posterior a los recorridos y talleres en Cajibío, el equipo de investigación de este proyecto revisó, procesó y analizó los datos recolectados para producir información sobre el análisis de riesgos, paso por paso de MUISKA y de manera general al ver todo el panorama de seguridad hídrica en este municipio.

Este documento contiene el informe final del proyecto. En total, los participantes identificaron las causas raíz de los problemas relacionados con la inseguridad hídrica en el municipio, sus consecuencias primarias, secundarias y últimas, las interconexiones sistémicas entre estos problemas, los bucles en el sistema. Los participantes y el grupo de investigación priorizaron el riesgo de escasez de agua debido a la urbanización rápida y a la deforestación. Este riesgo fue entonces evaluado cuantitativa y cualitativamente, desde el punto de vista de la escasez física de agua en las subcuencas y escasez debido a infraestructura adecuada para llevar el agua hasta los usuarios finales. Los participantes también crearon cuatro formas de comunicar e identificaron acciones preliminares para manejar un riesgo. Esto último fue insumo para esbozar un plan de gestión de riesgos para aquel priorizado previamente. Al final, en este documento reflexionamos sobre la importancia de diseñar y aplicar metodologías interdisciplinarias, participativas y plurales en el análisis de riesgos relacionados con la inseguridad hídrica que les permitan a los actores tener conversaciones más horizontales sobre la gestión de riesgos y que motive a los ciudadanos a involucrarse más activamente en la elaboración de tales planes.

El municipio de Cajibío se destaca por poseer características geográficas de localización, clima, relieve, recursos naturales y una compleja red hidrográfica, que en conjunto aportan a las actividades agropecuarias y de consumo de la región. Cajibío juega un papel fundamental en el desarrollo económico de la región, por lo que toma importancia el desarrollo de una evaluación de riesgos a la seguridad hídrica en este territorio. Los factores geográficos y biofísicos son determinantes para plantear un buen análisis y esquema de la seguridad hídrica en el municipio. El estudio de las interrelaciones entre componentes climáticos, geológicos, geomorfológicos, edáficos, hidrológicos, amenazas, cobertura y uso actual del suelo, conflicto por uso del suelo, así como de los factores sociales, ambientales y económicos, son fundamentales para desarrollar políticas y proyectos de desarrollo asociados a los usos y manejo del agua.

El enfoque MUISKA es un marco conceptual para evaluar y comparar los múltiples riesgos relacionados con el agua a nivel de cuenca. Permite analizar los riesgos de forma sencilla sin perder los matices de interdependencia e interrelación entre los distintos componentes de una cuenca hidrográfica. Por su carácter participativo, el enfoque MUISKA facilita además espacios de diálogo interdisciplinar y plural, para identificar y acordar las áreas prioritarias de actuación. El enfoque MUISKA incorpora la hidrocomplejidad (2), el pensamiento sistémico (3) y adopta la definición de riesgo de desastres (4) para identificar los riesgos de inseguridad hídrica en términos de amenazas, poblaciones o bienes expuestos, vulnerabilidades, incertidumbres y juicios de la solidez y profundidad del conocimiento (5).

El presente documento tiene como objetivo presentar los resultados de la implementación del enfoque MUISKA en el municipio de Cajibío, departamento del Cauca, Colombia. Esta implementación se dio gracias a la alianza de investigación entre el Grupo de Estudios Ambientales (GEA) de la Universidad del Cauca y el BioResource Systems Research Group de la Universidad de Leeds (Reino Unido), a través de la financiación otorgada al proyecto internacional Water Security and Sustainable Development Hub por el Global Challenges Research Fund y el United Kingdom Research and Innovation del Reino Unido.

Este documento contiene el informe final del proyecto y está estructurado en 13 capítulos: el capítulo 3 describe la metodología general del trabajo de campo en el municipio de Cajibío. Los capítulos del 4 al 10 incluyen la metodología, resultados y conclusiones del desarrollo y posterior análisis de información primaria. El capítulo 11 discute brevemente la importancia del estudio MUISKA como proyecto de investigación. La bibliografía completa se incluye en el capítulo 12 y el capítulo 13 corresponde a los ocho anexos que complementan a este informe.

3.1 ÁREA DE ESTUDIO

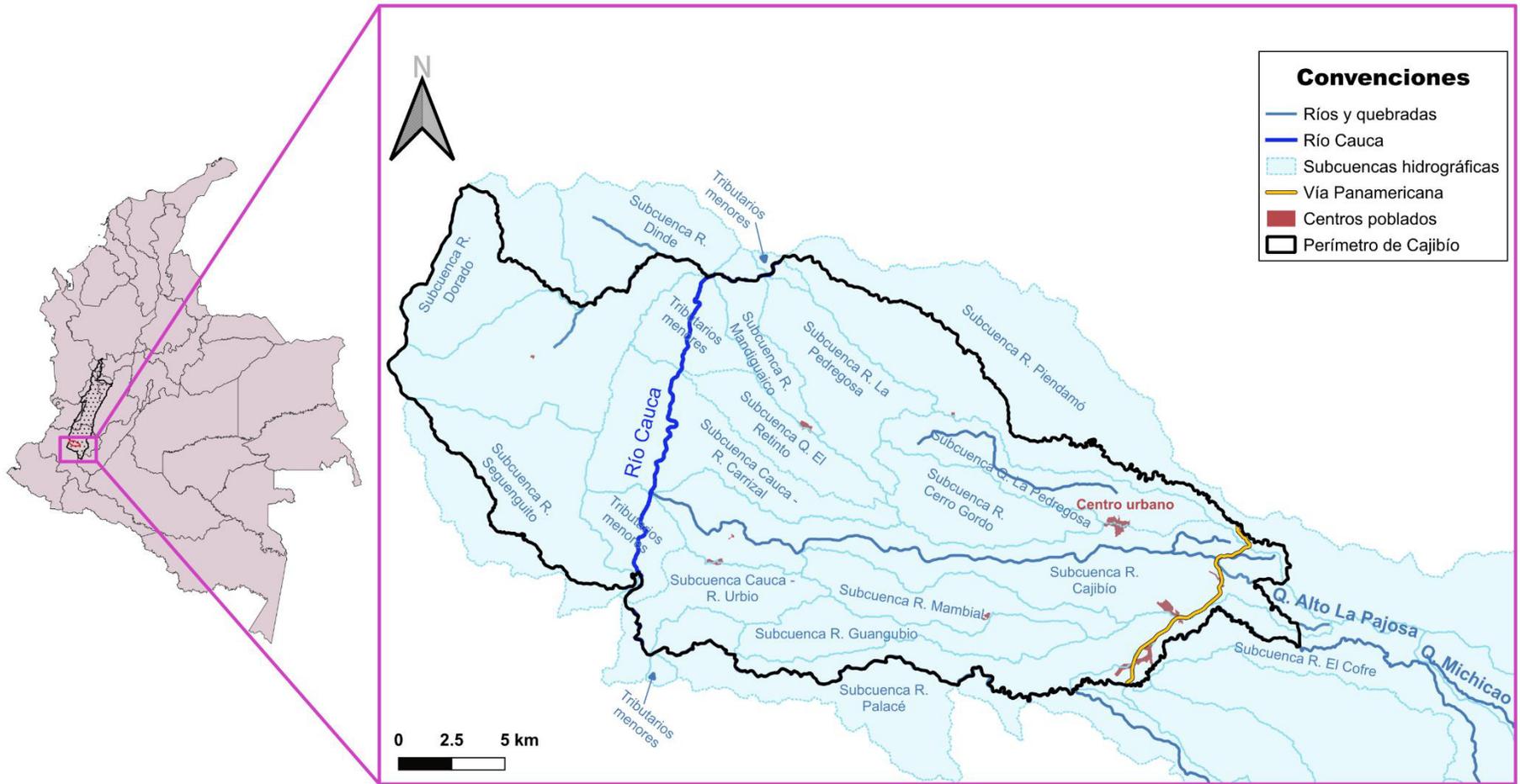
3.1.1 Caracterización territorial

Cajibío es un municipio del departamento del Cauca, de categoría 6 según el sistema de clasificación del Departamento Nacional de Planeación. Está ubicado entre las cordilleras central y occidental, tiene una extensión de 55.361 Ha, su territorio está atravesado por la vía Panamericana y está a 28 Km de Popayán, la capital del departamento (a 45 minutos en carro; desde el centro urbano del municipio hasta el centro histórico de Popayán) (Figura 3-1). La división administrativa de Cajibío incluye 13 corregimientos (Tabla 3-1) y 128 veredas (6), aunque la cartografía disponible en el IGAC incluye sólo 45 veredas.

Tabla 3-1. Corregimientos de Cajibío

Corregimientos
1. Ortega
2. Dinde
3. Chaux
4. El Recuerdo
5. El Carmelo
6. Casas Bajas
7. El Rosario
8. Campoalegre
9. La Pedregosa
10. La Cohetera (incluye al centro urbano)
11. La Capilla
12. El Túnel
13. La Venta

A la llegada de los españoles al territorio de los indígenas Cajíbios, pertenecientes a la etnia Páez, estos ocupaban la margen del río del mismo nombre, los cuales tenían conocimiento sobre cerámica y orfebrería. En referencia a su organización social los indígenas eran dependientes del cacique Paniquita y a la vez todos reconocían al cacique Puben que residía en Popayán (7). Así pues, Cajibío está ubicado en el Valle de Pubenza y su nombre se deriva de dos toponímicos del dialecto Páez: CAJI, que significa caja y BIO que significa viento, cuyo nombre compuesto es caja de viento. Cajibío también tiene una tradición cultural musical reconocida debido a la trayectoria de ilustres músicos y compositores del folclor, reconocidos a nivel nacional e internacional como lo fueron Efraín Orozco y Leonardo Pazos (7–10).



a) Cuenca alta del río Cauca en el suroccidente de Colombia

b) Subcuencas hidrográficas en Cajibío

Figura 3-1. Localización general de Cajibío

3.1.2 Relaciones y conflictos en el territorio

Colombia es un país magadiverso debido a la confluencia de diversas condiciones climáticas y geográficas que dan origen a diferentes tipos de ecosistemas, los cuales albergan diversas especies de flora y fauna. Esta biodiversidad también incluye la etnicidad y la cultura. Si bien todos estos elementos podrían ser un motor de desarrollo y bienestar para los ecosistemas y los ciudadanos, la convivencia de diferentes grupos étnicos (indígenas, afrocolombianos y mestizos rurales) ha sido conflictiva en Cajibío, principalmente por disputas en la tenencia de la tierra (predominio del microfundio y de la falta de formalización de la tierra) y la segregación poblacional; esto data de las décadas 1960 – 1970 (7,8). Las disputas por la tenencia de la tierra también se han presentado con la agroindustria, la cual realiza sus actividades económicas en la zona plana del municipio (8).

A estos conflictos sociales se le suma el conflicto armado que ha afectado a Colombia y especialmente al departamento del Cauca, ocasionando devastación moral y material para las víctimas, el tejido social y el territorio. Este departamento se ubica en el puesto No. 5 en cuanto a la cantidad de niños y adolescentes reclutados forzosamente por guerrillas y paramilitares, entre 1990 y 2017 (11). Igualmente, el Cauca es el cuarto departamento con la mayor cantidad de víctimas de homicidios en el marco de este conflicto, con 19.473 víctimas de un total de 450.664 (4,3%), en el periodo 1985 – 2018 (11). En la década del 2000, este conflicto se recrudece en la región y, a partir de la firma del acuerdo de paz en 2016, Cajibío empieza a ser parte de los 170 municipios PDET (Programas de Desarrollo con Enfoque Territorial), los cuales están priorizados, a través de una asignación presupuestal especial, para desarrollar proyectos de desarrollo que contribuyan a reducir la pobreza en el territorio. Sin embargo, el presupuesto y la voluntad política no han sido suficientes para impulsar los PDET y lograr avances significativos en el desarrollo de Cajibío en estos ocho años. Esto se refleja en la clasificación del SISBEN IV del 2023, la cual muestra que, de 32.289 personas registradas en este sistema, el 58,6% está en pobreza extrema, el 32,8% está en pobreza moderada, el 7,4% es población vulnerable y sólo el 1,2% es población no pobre y no vulnerable (9).

Así pues, los cultivos de uso ilícito y las disidencias de las FARC siguen consolidándose en los corregimientos de Dinde, Chaux y Ortega (margen izquierda del río Cauca). Los campesinos cultivadores han solicitado proyectos de sustitución de cultivos e inversión social (8). Un fallo de tutela suspendió la erradicación forzada en 2021, pero aún no se han implementado programas de sustitución voluntaria (8). La violencia también ha regresado al territorio, pues dos masacres y seis víctimas en total ocurrieron en octubre de 2021 y noviembre de 2022 (12).

3.1.3 Características socioeconómicas

Según los resultados de los censos del 2005 y 2018, la población total disminuyó en ese periodo; dicha disminución se debió principalmente a la reducción de la población en la zona rural (Tabla 3-2). Según las proyecciones de población del DANE, al año 2024 la población total se incrementó a 45.019 habitantes, de los cuales 1.615 residen en la cabecera municipal o centro urbano y 43.404 en la zona rural; lo cual evidencia el dominio de la ruralidad en el territorio. La población desagregada por sexo indica que el 51% corresponde a hombres y el 49% a mujeres. Debido a

las dinámicas sociales históricas en Cajibío, en su territorio conviven, a veces conflictivamente, múltiples de las territorialidades agrarias del país: la campesina, indígena, afrodescendiente y la explotación agroforestal a gran escala. En Cajibío también habitan territorios colectivos titulados correspondientes a dos resguardos indígenas Nasa Páez: el Cxayu'Ce Fiw y el Pathyu y el Consejo Comunitario Palenque Raíces Africanas (8). De acuerdo con el censo del 2018, la población étnica en Cajibío fue de 3.233 habitantes indígenas (7,2%) y 1.450 habitantes afrocolombianos (3,2%) (13).

Tabla 3-2. Población en Cajibío

Fuente de información	Población (Habitantes)		
	Total	Centro urbano	Centros poblados y rural disperso (zona rural)
Censo 2005	34.706	1.586	33.120
Censo 2018	32.237	1.958	30.279
Población proyectada al 2024	45.019	1.615	43.404

Fuente: Censos de población y proyecciones en Colombia (14,15)

El acceso a la vía Panamericana ayuda mover la economía en el municipio, pero es un área de desarrollo lento, donde predomina la pequeña propiedad y se cultiva café, caña panelera, plátano, maíz, frijol, zapallo, arveja, flores, marihuana, chontaduro, cítricos y cacao. Dicho desarrollo lento y los conflictos sociales y armados descritos previamente producen pobreza en el territorio (Tabla 3-3). Los indicadores de proporción de personas en miseria y dependencia económica muestran que una proporción baja de la población en el año 2018 se encontraba en estas circunstancias (Tabla 3-3), encontrándose una brecha entre lo rural y urbano, siendo la primera el área con peores condiciones socioeconómicas. En comparación con los municipios con los valores más bajos y más altos, Cajibío se encuentra más cerca de los valores más bajos (Tabla 3-3).

Tabla 3-3. Factores socioeconómicos en Cajibío y otras zonas de Colombia

Indicador	Total	Centro urbano	Centros poblados y rural disperso (zona rural)
Índice de pobreza multidimensional - Censo del 2018			
Cajibío	56,9%	19,8%	59,3%
Sabaneta, Cundinamarca (IPM total más bajo)	4,5%	3,4%	11,1%
Pana Pana, Guainía (IMP total más alto)	98,5%	--	98,5%
Toda Colombia	19,6%	12,1%	37,6%
Proporción de personas en miseria - Censo del 2018			
Cajibío	4,11%	0,66%	4,34%
Envigado, Antioquia (proporción total más baja)	0,06% ¹	0,05%	0,12%
Pacoa, Vaupés (proporción total más alta)	82,02%	--	82,02%
Toda Colombia	3,8%	9,53%	10,64%
Dependencia económica - Censo del 2018			

¹ Dos municipios resultaron con proporción de personas en miseria en total igual 0,00%.

Indicador	Total	Centro urbano	Centros poblados y rural disperso (zona rural)
Cajibío	8,48%	3,06%	8,83%
Providencia, San Andrés (total más baja)	0,09%	0,19%	0,00%
Uribe, La Guajira (total más alta)	37,65%	11,55%	38,85%
Toda Colombia	4,44%	2,66%	10,51%

Sin embargo, el IPM del 2018, el cual combina subindicadores de salud, empleo, educación y primera infancia, muestra que Cajibío es pobre multidimensionalmente, con un IPM para todo el territorio alrededor del 57%; esto representa 37 puntos porcentuales más que el IPM nacional total (Tabla 3-3). El municipio colombiano con menor pobreza multidimensional en el 2018 fue Sabaneta (IPM = 4,5%) y el de mayor pobreza multidimensional fue Pana Pana (IPM = 98,5%) (Tabla 3-3).

3.1.4 Seguridad hídrica y gestión de riesgos por desastres

Cajibío está ubicado en la cuenta alta del río Cauca y todas las 17 subcuencas que atraviesan su territorio drenan a este río (Tabla 3-4 y Figura 3-1). Con relación a agua y saneamiento, en el 2018, sólo el 34,6% de la población de Cajibío tenía acceso a agua potable y el 8% a alcantarillado (13). A pesar de la alta vocación agrícola de Cajibío, no existe un distrito de riego para los cultivadores, particularmente para continuar con una producción normal en temporadas secas. En cuanto a los riesgos por desastres, el Índice Municipal de Riesgo ajustado por capacidades indica que el 74,2% del área municipal está amenazada a movimientos en masa, inundaciones o avenidas torrenciales (16). De acuerdo con la caracterización general de escenarios de riesgos en Cajibío 2012, los escenarios priorizados para ser gestionados son vendaval y granizada, movimientos en masa y sismos (6).

Tabla 3-4. Subcuencas en el municipio de Cajibío

Quebradas	Ríos	Ríos
1. El Retinto	3. Cajibío	11. Mandiguaico
2. La Pedregosa ²	4. Carrizal	12. Mambial
	5. Cerro Gordo	13. Palacé
	6. Cofre	14. Piendamó
	7. Dinde	15. Seguenguito
	8. Dorado	16. Tributarios menores
	9. Guangubio	17. Urbio
	10. La Pedregosa	

² Es el mismo cuerpo de agua que el río La Pedregosa, pero se distingue esta quebrada ya que en su cuenca alta alta es un cuerpo de agua pequeño.

3.2 Enfoque MUISKA

El enfoque MUISKA fue creado para analizar riesgos relacionados con la inseguridad hídrica, en cinco dimensiones y cuatro escalas, a nivel de cuenca hidrográfica (Montoya-Pachongo et al, 2023). Las cinco dimensiones en las que pueden producirse impactos son salud y bienestar, infraestructuras y servicios asociados, economía y productividad, servicios ecosistémicos y cultura, justicia y paz. El alcance de los riesgos en estas dimensiones se estudia en cuatro escalas generales de riesgo: país, cuenca, comunidad e individuo/hogar (Figura 3-2).

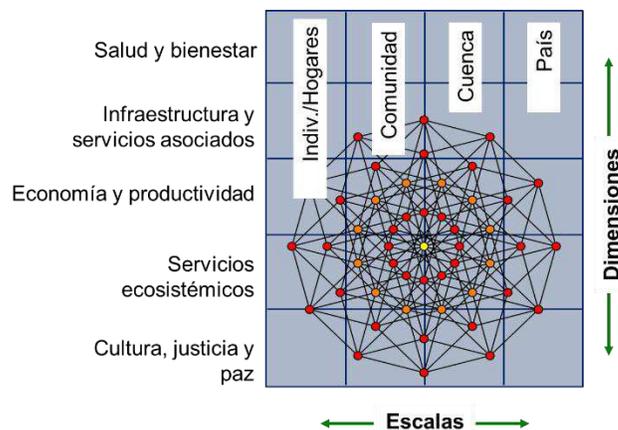


Figura 3-2. Escalas y dimensiones de MUISKA

Esta metodología sigue siete pasos secuenciales. El paso 0 analiza los actores de la cuenca, el paso 1 identifica las amenazas a la seguridad hídrica, el paso 2 clasifica las consecuencias de dichas amenazas en las escalas y dimensiones mencionadas en la Figura 3-2, el paso 3 prioriza las consecuencias, el paso 4 evalúa completamente aquellos riesgos priorizados, el paso 5 explora formas de comunicar el riesgo y el paso 6 esboza un plan para el manejo de riesgos (Figura 3-3).

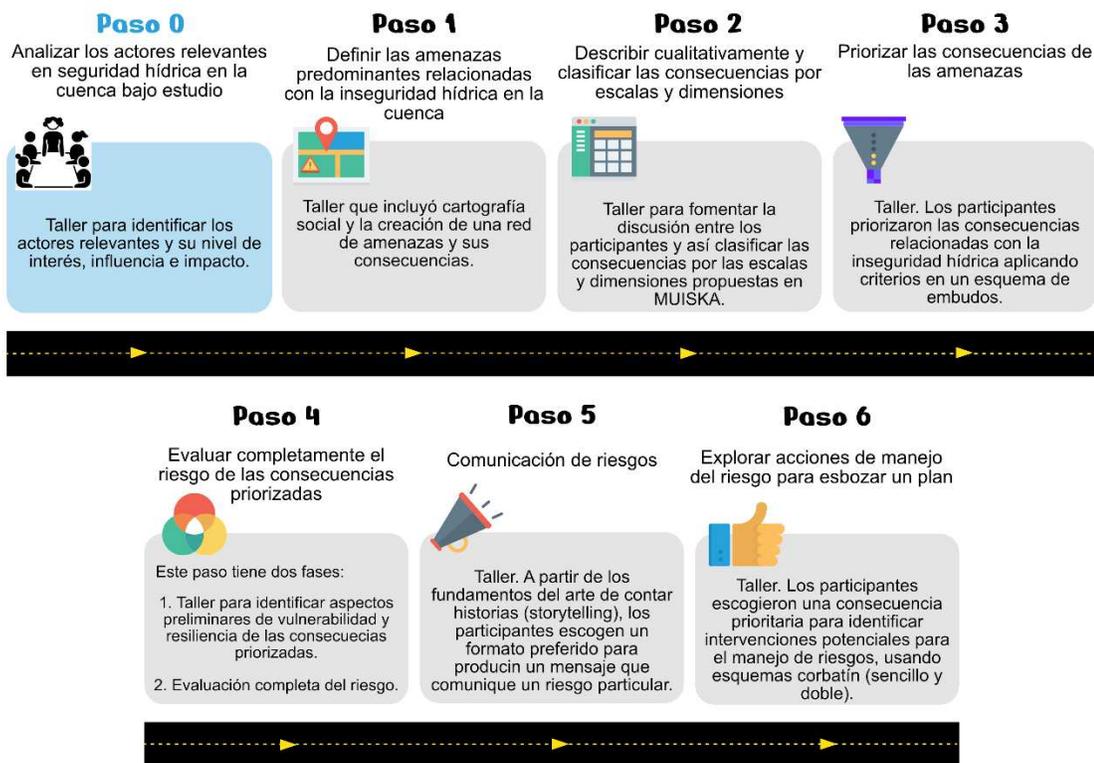


Figura 3-3. Pasos para la implementación del enfoque MUISKA

La implementación del enfoque MUISKA en el municipio de Cajibío se desarrolló en junio y julio de 2023. Inició con la visita o recorridos por cinco ríos y dos lagos, en compañía de representantes de los ciudadanos y algunas instituciones de la región (Fotografía 3-1).



Río Piendamó



Río La Pedregosa



Río Cajibío



Lago La Lomita



Río Mambial



Río El Cofre



Lago El Bolsón

Fotografía 3-1. Cuerpos de agua en las cuencas de estudio visitadas en el municipio de Cajibío

Posteriormente, se desarrolló un taller para cada paso denotado en la Figura 3-3 con tres grupos de participantes. En la Tabla 3-5 se detalla la cantidad de participantes de cada taller y en la Tabla

3-6 se describen los métodos aplicados y los resultados obtenidos en cada paso de MUISKA. Las actividades de cada taller están descritas en el Anexo A.

Tabla 3-5. Asistencia a los talleres por grupo de participantes y paso de MUISKA

Grupos de participantes	Número de participantes por taller					
	Paso 1	Paso 2	Paso 3	Paso 4	Paso 5 *	Paso 6 *
Juntas de acción comunal y ciudadanos en general	11	8	7	6	10	8
Acueductos comunitarios	5	5	4	3	6	6
Entidades municipales y departamentales	1	5	6	3	3	0

* Los pasos 5 y 6 se desarrollaron el mismo día.

Tabla 3-6. Métodos aplicados en cada paso del enfoque MUISKA

Paso del enfoque MUISKA	Método de trabajo y tipo de datos colectados	Resultados
Paso 0 – Análisis de actores en cuencas hidrográficas	Método: taller participativo usando el análisis de interés, influencia e impacto. Tipo de datos: cualitativos, secundarios y primarios.	Identificación de actores y clasificación según interés, influencia, e impacto.
Paso 1 – Identificación de amenazas a la seguridad hídrica en subcuencas hidrográficas	Método: taller participativo. Tipo de datos: cualitativos y primarios.	Identificación de usos y problemas relacionados con el agua. Desarrollo de redes de amenazas y consecuencias.
Paso 2 – Clasificar las consecuencias según las escalas y dimensiones de MUISKA	Método: taller participativo. Tipo de datos: cualitativos y primarios	Clasificación de amenazas y consecuencias en matrices de cinco dimensiones y cuatro escalas.
Paso 3 – Priorización de las consecuencias cuyos riesgos serán evaluados	Método: taller participativo. Tipo de datos: cualitativos y primarios	Priorización de amenazas y consecuencias a través de cuatro filtros.
Paso 4 – Evaluación completa del riesgo	Método en fase de campo: taller participativo. Método en fase de escritorio: evaluación cualitativa y cuantitativa del riesgo usando la información primaria recolectada durante los talleres y análisis cuantitativos de información secundaria en la región donde se encuentra Cajibío. Tipo de datos: cualitativos, cuantitativos, primarios y secundarios.	Fase de campo: identificación de vulnerabilidades y aspectos de resiliencia para eventos sorpresa. Fase de escritorio: evaluación del riesgo de escasez de agua integrando datos cualitativos y cuantitativos.
Paso 5 – Comunicación del riesgo	Método: taller participativo aplicando el arte de contar historias. Tipo de datos: cualitativos y primarios.	Cuatro formas de comunicar el riesgo: un poema, un cuento, un discurso y un jingle.
Paso 6 – Esbozo de un plan para el manejo de riesgos a la seguridad hídrica	Método: taller participativo, diagramas corbatín simple y doble. Tipo de datos: cualitativos y primarios	Fase de campo: identificación de barreras para manejar un riesgo. Fase de escritorio: esbozo de un plan de manejo del riesgo por escasez de agua.

Los siguientes capítulos presentan el desarrollo de cada uno de los siete pasos de MUISKA en Cajibío, Colombia. Cada capítulo contiene la descripción detallada de la metodología de cada paso, los resultados obtenidos, la discusión de los mismos y las conclusiones que fueron insumo para el paso siguiente.

4 PASO 0 – ANÁLISIS PROFUNDO DE ACTORES EN SEGURIDAD HÍDRICA

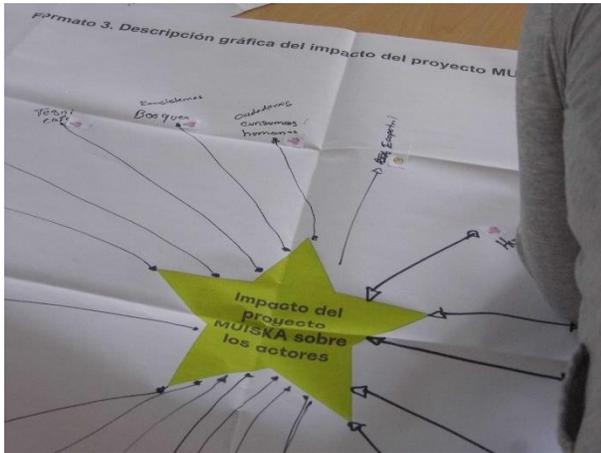
4.1 METODOLOGÍA DEL PASO 0

Para iniciar el trabajo de implementación de la metodología MUISKA, se desarrolló un primer taller cuyo objetivo fue el de identificar los actores de las subcuencas hídricas del municipio de Cajibío que estarían interesados o no en el desarrollo del enfoque MUISKA, así como aquellos actores que podrían facilitar o bloquear el potencial impacto y los actores que podrían beneficiarse o resultar perjudicados de su participación en este proyecto.

El presente análisis de actores está basado en la metodología reportada por Jensen (17) y se desarrolló a partir de dos fuentes de información. En primera instancia se contó con datos secundarios provenientes de la investigación participativa que el Grupo de Estudios Ambientales de la Universidad del Cauca realiza en la región. Así pues, distinguimos seis grupos principales de actores: organizaciones ciudadanas, prestadores del servicio de acueducto, instituciones públicas, el sector productivo, la academia y entidades sin ánimo de lucro. Con base en esta información, invitamos a 20 representantes de los ciudadanos e instituciones públicas locales y regionales; 13 personas aceptaron participar en el taller y asistieron dos representantes de los ciudadanos.

En este taller, los participantes clasificaron los actores de interés de acuerdo con su interés, influencia e impacto (Fotografía 4-1).

- 1- **Interés:** considera los intereses y preferencias manifestados por aquellos que están interesados o desinteresados en esta investigación. Por lo tanto, considera una articulación profunda de los valores, creencias y normas subyacentes que respaldan tales intereses o desintereses.
- 2- **Influencia:** considera explícitamente formas jerárquicas de influencia (control, instrumentalización e interés propio) y formas más implícitas de empoderamiento personal y transpersonal (diálogo, inclusión, negociación, poder y poder compartido). En ambos casos esta influencia puede facilitar o bloquear un cambio.
- 3- **Impacto:** considera a aquellos que posiblemente se beneficien directamente de participar en esta investigación o pueden ser impactados negativamente. Este análisis ayuda a asegurar que los grupos difíciles de alcanzar no sean marginalizados nuevamente y también se identifica y mitigan los riesgos de consecuencias negativas no intencionales para los actores de las subcuencas hídricas.



Fotografía 4-1. Análisis de actores relevantes en seguridad hídrica en Cajibío y la región

4.2 RESULTADOS Y DISCUSIÓN DEL PASO 0

A partir del análisis de los actores relevantes en las subcuencas del municipio de Cajibío, se identificaron en total 28 actores. De estos, 18 actores no estaban identificados en nuestro análisis preliminar. Luego de este taller, tratamos de conseguir los datos de contacto de los actores nuevos, obteniendo información de cinco de ellos. Posteriormente invitamos a participar en el estudio a estos cinco actores. Finalmente, un nuevo actor aceptó nuestra invitación y se unió al proyecto de investigación.

La Figura 4-1 muestra los resultados del ejercicio de clasificar los actores según dos grados de interés (con o sin). Adicionalmente, se presenta la clasificación según el ámbito de acción de cada actor (local, regional, nacional, e internacional). De los 23 actores reportados en este análisis³, tres actores podrían no estar interesados en este proyecto. Lo anterior representa una oportunidad para atraer a más participantes en este estudio.

³ La Corporación Autónoma Regional del Cauca (CRC) aparece reportada dos veces con dos tipos de interés, pero se contabilizó sólo una vez y se consideró como institución interesada.

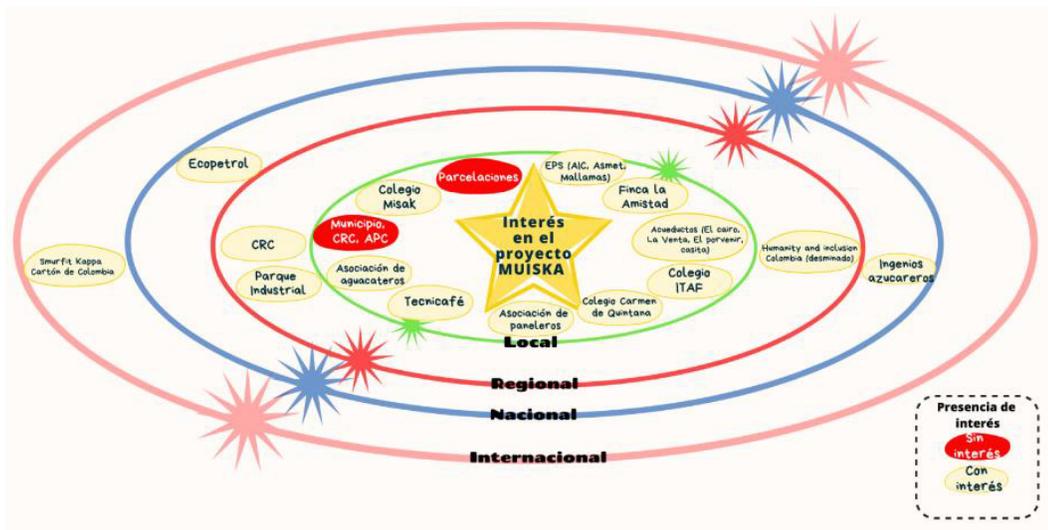


Figura 4-1. Interés de los actores en el proyecto MUISKA

La Figura 4-2 muestra el análisis de influencia que podrían tener los actores sobre el desarrollo del proyecto MUISKA. Se presentan en verde aquellas relaciones de impacto positivo y en rojo las de impacto negativo. De 22 actores considerados en este análisis, sólo uno podría impactar negativamente y dos no tendrían ningún tipo de influencia sobre el desarrollo del proyecto. Esto significa que el desarrollo del proyecto podría desarrollarse exitosamente y sin mayores obstáculos.

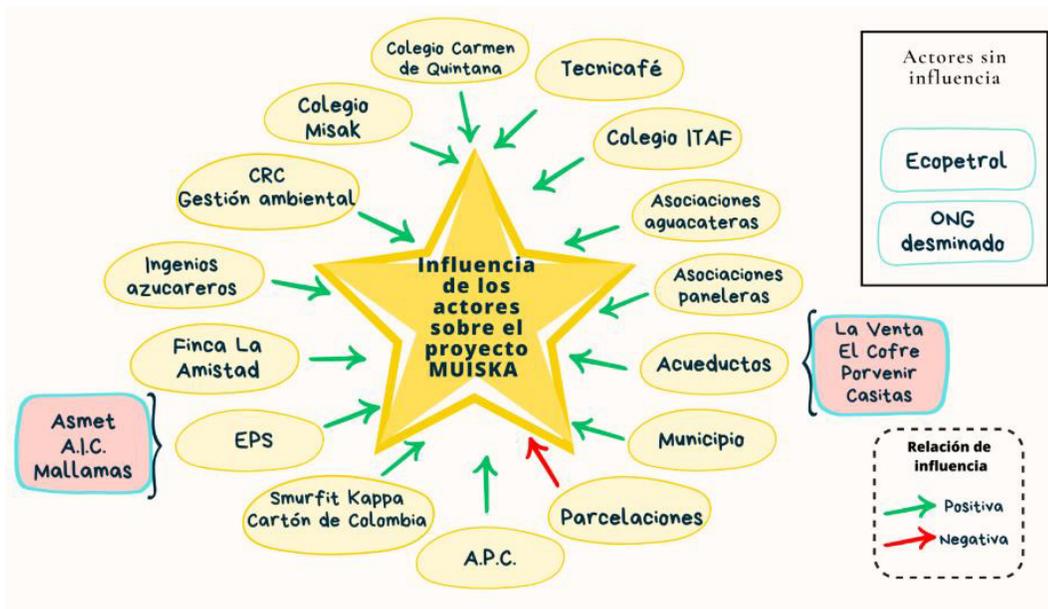


Figura 4-2. Análisis de influencia de los actores sobre el proyecto MUISKA

La Figura 4-3 indica los resultados del análisis de impacto del proyecto MUISKA sobre los actores. Se presentan en verde aquellas relaciones de impacto positivo y en rojo las de impacto negativo.

De 25⁴ actores reportados en este análisis, sólo dos podrían verse impactados negativamente por el proyecto. Esto representa que la herramienta MUISKA podría ser recibida positivamente por los actores relevantes en seguridad hídrica en la región.

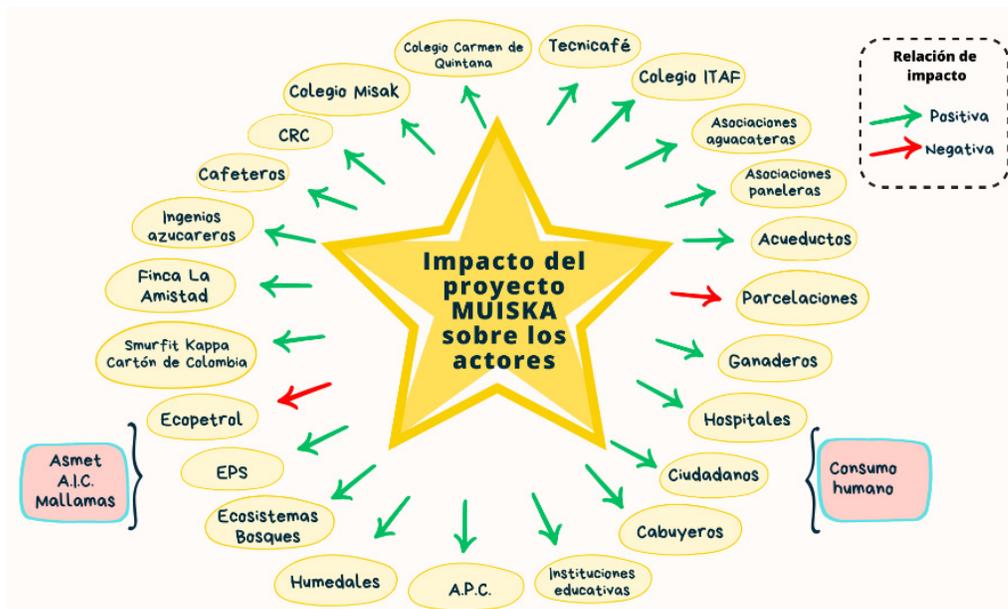


Figura 4-3. Análisis de impacto del proyecto MUISKA sobre los actores

La Figura 4-4 muestra los resultados del ejercicio de clasificación de los actores según tres niveles de interés, influencia e impacto (alta, media, y baja). De los 19 actores considerados en este análisis, 10 están en el nivel alto de interés, influencia e impacto, cuatro actores están en el nivel bajo de estos tres aspectos. Los restantes cinco actores están distribuidos en diversas combinaciones de niveles en estos tres aspectos.

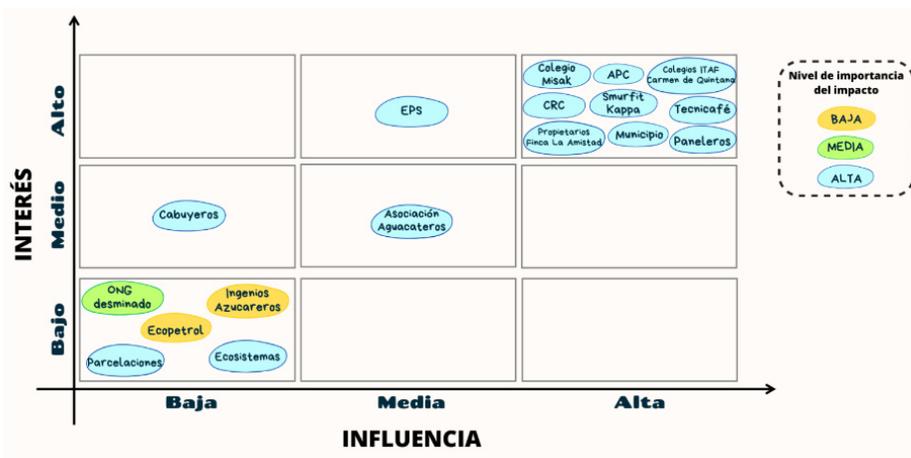


Figura 4-4. Clasificación de los actores según nivel de interés influencia

⁴ Los actores “humedales” y “ecosistemas” no fueron contabilizados como actores independientes, sino que se consideraron representados por la CRC como la entidad ambiental del Cauca. El actor “instituciones educativas” incluye a tres colegios que ya fueron mencionados individualmente.

La Tabla 4-1 muestra los nombres y la descripción del interés, influencia e impacto manifestados por los actores en el desarrollo del proyecto MUISKA. Según los participantes, el interés o desinterés de los actores en el proyecto está relacionado con sus actividades misionales. La influencia está asociada con facilitar el proyecto brindando información y prestando sitios para reuniones. El impacto positivo del proyecto sobre los participantes está relacionado con potenciales beneficios que estos podrían obtener al participar de este, tales como adquirir conocimientos, mejorar acceso y uso del agua, reforzar la educación ambiental y aumentar la cohesión social.

Tabla 4-1. Descripción del interés, influencia e impacto de los actores en el proyecto MUISKA

No.	Nombre del actor	Interés	Influencia	Impacto
		<i>¿Por qué los actores estarían interesados o desinteresados en el proyecto MUISKA? (reflexiones sobre las creencias, valores y asunciones de cada acto)</i>	<i>Describe aquí con el paquete de palabras claves cómo los actores ejercen dicha influencia (jerarquía o empoderamiento)</i>	<i>¿Cómo se benefician o perjudican los actores con su participación en el proyecto MUISKA? Considera impactos a corto o largo plazo, a escala local, regional o nacional</i>
1	Humanity and Inclusion Colombia (desminado)	Por que ellos ayudan al medio ambiente.	Con proyectos.	Ellos están más tiempo en Cajibío.
2	Colegio Misak	A ellos les interesa para la educación de los niños.	Facilitarían con la institución.	Poder enseñar a los niños y jóvenes en cuidar y proteger el agua.
3	Asociación de paneleros	Interesados para poder avanzar en conocimiento.	Con su participación e información en el proyecto.	Tener un buen manejo en la producción panelera.
4	Asociación Tecnicafé	Interesados en seguir avanzando en aprendizaje.	Prestando las instalaciones.	Tener agua más potable en las instalaciones.
5	APC Municipio Cajibío	A la APC le interesa ya que estamos luchando para el vertimiento del agua.	Dando información.	Mejorar el análisis de riesgos del sistema de abastecimiento administrado por ellos. Intervenciones en la calidad de agua.
6	Humedales en Cajibío	Proteger los humedales, eso lo debemos hacer toda la comunidad.	No influencia ni facilitan el proyecto.	Garantizar el agua en el futuro en buena calidad y cantidad para su existencia.
7	Parcelaciones en Cajibío	A ellos no les interesa porque les afecta los proyectos.	Ellos no responden a la invitación a reuniones para dialogar sobre el agua.	Mayor cohesión de la comunidad para evitar más parcelaciones.
8	Hospitales y centros de salud	Les interesa ya que ayudaría con el mejoramiento al medio ambiente.	A largo plazo garantiza agua para sus funciones. Suministrando información de salud pública.	Resalta sus necesidades de agua para desarrollar sus funciones.

No.	Nombre del actor	Interés	Influencia	Impacto
		<i>¿Por qué los actores estarían interesados o desinteresados en el proyecto MUISKA? (reflexiones sobre las creencias, valores y asunciones de cada acto)</i>	<i>Describe aquí con el paquete de palabras claves cómo los actores ejercen dicha influencia (jerarquía o empoderamiento)</i>	<i>¿Cómo se benefician o perjudican los actores con su participación en el proyecto MUISKA? Considera impactos a corto o largo plazo, a escala local, regional o nacional</i>
9	Smurfit Kappa – Cartón de Colombia	Les interesa el proyecto para seguir aportando a la comunidad.	Suministrando información de los cultivos y demanda de agua del municipio.	Encontrar el equilibrio para usar el agua para sus cultivos. Compartir espacios de reconciliación con la comunidad de Cajibío.
10	Finca de La amistad - vereda San José de la Laguna	Se está luchando para conservar los humedales y los animales. Nos interesa, ya que se está luchando para que la finca sea turística.	Permite visitar el humedal y suministra información del humedal.	A largo plazo garantiza el agua con fines turísticos conservar el humedal y la fauna que hay en la finca.
11	Ecopetrol	No les interesa, ya que es una multinacional ajena a las comunidades.	Ni facilita, ni influencia.	La comunidad tiene mayor sensibilidad hacia la protección al agua.
12	Habitantes del municipio	A largo plazo garantiza el agua las 24 horas para los habitantes de Cajibío.	Participan en el proyecto, comparten conocimientos y experiencias.	A largo plazo garantizan el agua para los diversos usos, mayor unidad de la comunidad.

4.3 CONCLUSIÓN DEL PASO 0

Los siguientes son los actores identificados en este análisis:

- | | | |
|-----------------------------|---|---|
| 1. Acueducto Casitas | 11. Colegio Carmen de Quintana | 21. Hospital de Cajibío |
| 2. Acueducto El Cofre | 12. Colegio ITAF | 22. Humanity and Inclusion Colombia (ONG para el desminado) |
| 3. Acueducto El Porvenir | 13. Colegio Misak | 23. Ingenios azucareros |
| 4. Acueducto La Venta | 14. CRC (humedales, ecosistemas, bosques) | 24. Municipio de Cajibío |
| 5. APC Cajibío | 15. Ecopetrol | 25. Parcelaciones |
| 6. Asociaciones aguacateras | 16. EPS AIC – Asociación Indígena del Cauca | 26. Parque Industrial |
| 7. Asociaciones paneleras | 17. EPS Asmet | 27. Smurfit Kappa Cartón de Colombia |
| 8. Cabuyeros | 18. EPS Mallamas | 28. Tecnicafé |
| 9. Cafeteros | 19. Finca La Amistad | |
| 10. Ciudadanos | 20. Ganaderos | |

Entre el análisis preliminar que hicimos previo a la fase de campo en Cajibío y el taller con dos representantes de estos grupos identificados, los actores invitados que aceptaron participar del proyecto fueron los siguientes:

- 1- JAC / Ciudadanos: veredas Alto La Pajosa, El Porvenir – La Buitrera (Dinde), Cimarrona, Dinde, El Arado, El Lago, El Porvenir y El Túnel.
- 2- Entidades públicas locales, regionales y nacionales: Proyectos PDET del municipio de Cajibío, CRC y Secretaría de Agricultura de la Gobernación del Cauca.
- 3- Entidades sin ánimo de lucro: Cruz Roja – Seccional Cauca
- 4- Organizaciones comunitarias prestadoras del servicio de acueducto: El Porvenir, El Cedro, , veredas alrededor del lago El Bolsón (corregimiento La Capilla), La Venta – El Cofre y El Cairo.

Como se indicó en la Tabla 3-5, la participación de estos actores no fue constante durante los seis talleres restantes, por lo cual la asistencia varió en cada taller. Algunos actores sólo participaron en el primer taller (por ejemplo, la Cruz Roja como único representante de las entidades sin ánimo de lucro). Por esto, en las siguientes secciones mencionamos tres grupos de participantes: **JAC / Ciudadanos**, **Servicio de acueducto** y **Entidades municipales y departamentales**.

5 PASO 1- IDENTIFICACIÓN DE AMENAZAS Y SUS CONSECUENCIAS RELACIONADAS CON LA INSEGURIDAD HÍDRICA

5.1 METODOLOGÍA DEL PASO 1

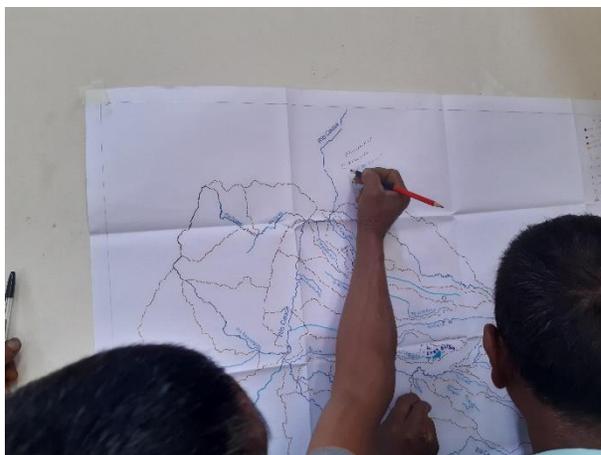
Los talleres para la identificación de amenazas se realizaron con los siguientes objetivos:

1. Desarrollar una rápida comprensión de las amenazas a la seguridad hídrica en las subcuencas hídricas del municipio de Cajibío, relacionadas con el uso y manejo de los recursos hídricos en dichas subcuencas.
2. Crear una red de amenazas y sus consecuencias e identificar cómo se interrelacionan los subsistemas relacionados con la seguridad hídrica en el municipio de Cajibío (ej. economía, agricultura, servicios públicos, transporte, etc.), relacionadas con el uso y manejo de los recursos hídricos en dichas subcuencas.
3. Promover el pensamiento sistémico.

Para realizar este paso del enfoque MUISKA fue necesario establecer las subcuencas hidrográficas que abarca este estudio en el municipio de Cajibío y definir los conceptos sistema, usos del agua, valores relacionados con el agua y amenazas (Figura 5-1). Durante los talleres del paso 1, los participantes identificaron los usos predominantes del agua y conflictos o problemas asociados a dichos usos del agua a través de la cartografía social. Al final, cada grupo de participantes creó una red de interrelaciones entre amenazas a la seguridad hídrica y sus consecuencias (Fotografía 5-1).



Figura 5-1. Cinco definiciones básicas para desarrollar el paso 1 del enfoque MUISKA



a) Cartografía social

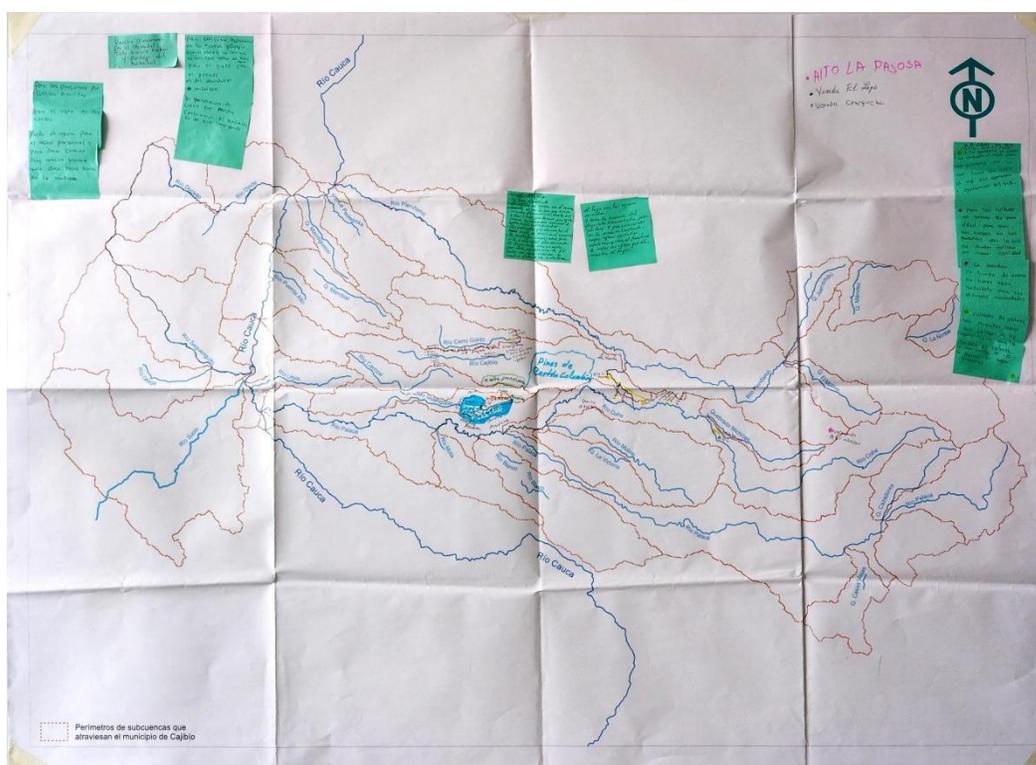


b) Red de amenazas y consecuencias

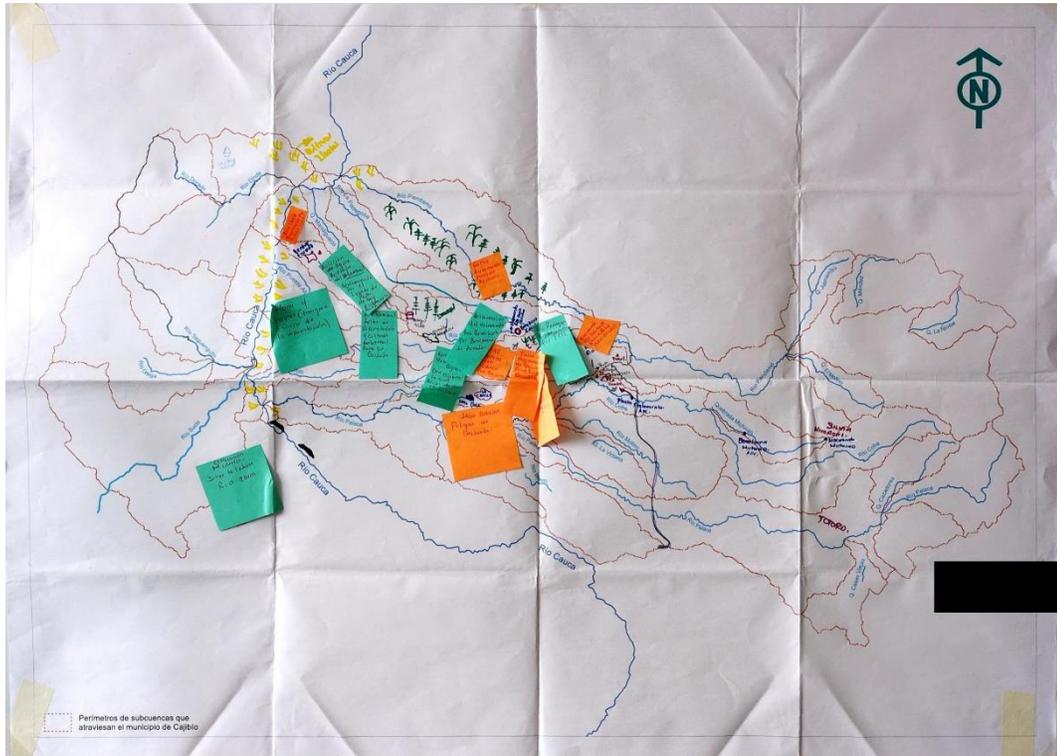
Fotografía 5-1. Cartografía social y elaboración de redes de amenazas y consecuencias

5.2 RESULTADOS Y DISCUSIÓN DEL PASO 1

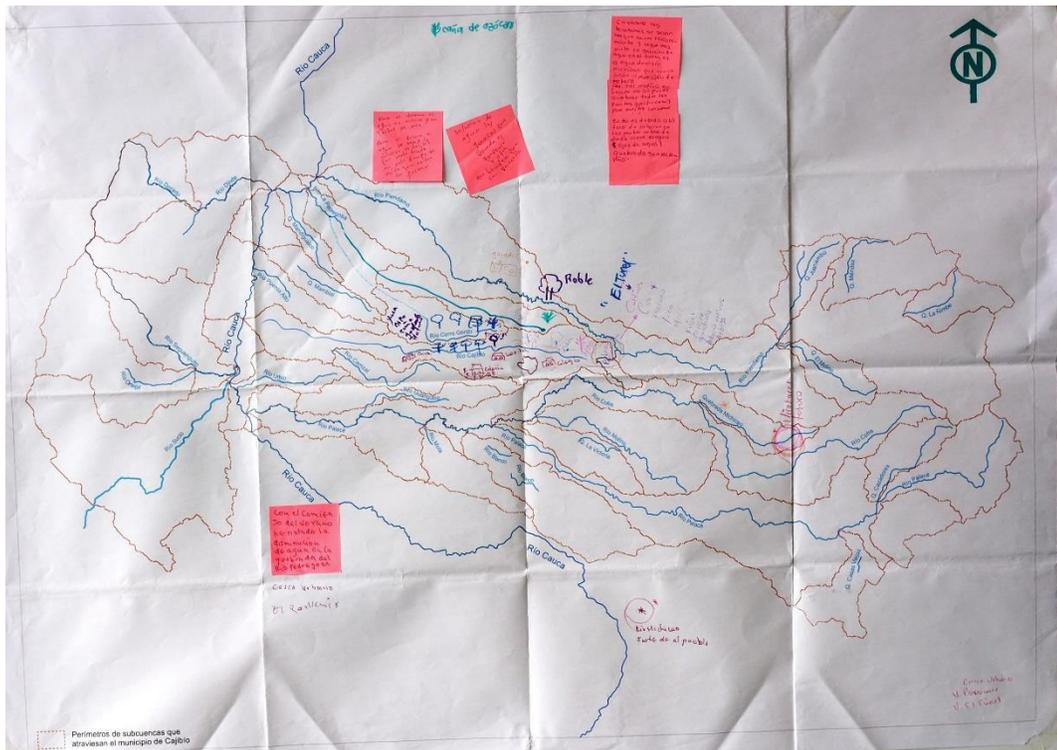
En el Anexo B se presentan los usos y problemas relacionados con el agua en Cajibío. Los representantes de las Juntas de Acción Comunal (JAC / Ciudadanos) fueron divididos en cuatro grupos dada la alta afluencia de participantes. En total, el grupo JAC / Ciudadanos identificó 24 usos del agua (con relación a los usos dados por JAC) y 28 problemas asociados a dichos usos. Por su parte, los representantes de los acueductos identificaron 12 usos y 27 problemas asociados a dichos usos. Mientras que los representantes de entidades municipales y departamentales identificaron nueve usos comunes del recurso hídrico y 13 problemas asociados a dichos usos. En la Figura 5-2 se muestran los tres mapas sociales obtenidos en el taller de paso 1 como producto de la actividad de cartografía social.



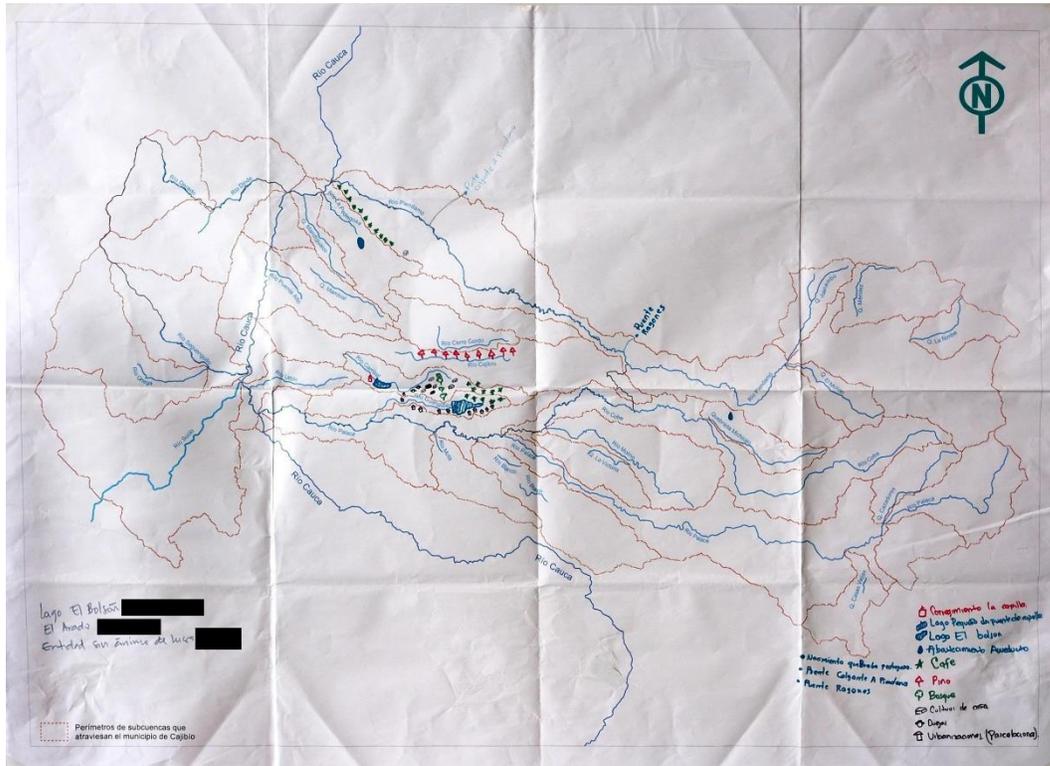
a) Grupo JAC / Ciudadanos - A



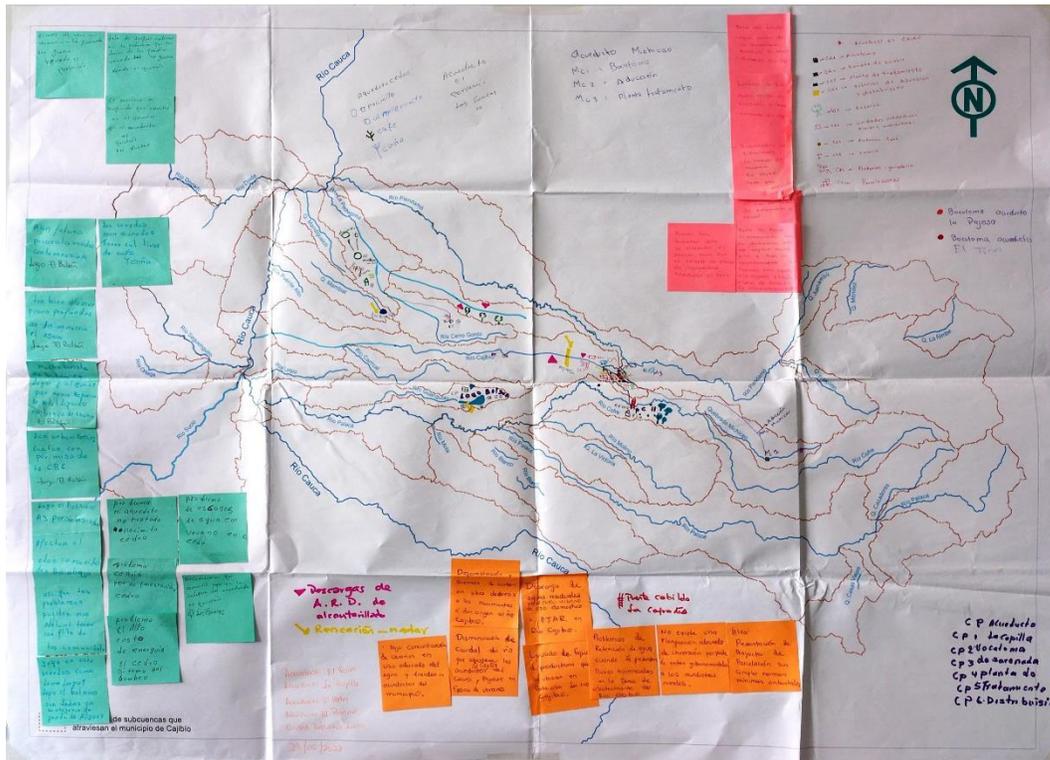
b) Grupo JAC / Ciudadanos - B



c) Grupo JAC / Ciudadanos - C



d) Grupo JAC / Ciudadanos - D



e) Grupo Servicio de acueducto



f) Grupo Entidades municipales y departamentales

Figura 5-2. Mapas sociales elaborados por los participantes

5.2.1 Usos del agua y problemas relacionados

Los usos del agua reportados por los participantes están asociados principalmente al consumo humano, riego de cultivos, ganadería, turismo y recreación, servicios de salud en hospitales, educación, comercio, agroforestería, agricultura, lavado de cabuya, piscicultura, recepción de vertimientos de aguas residuales domésticas (ARD) y minería ilegal de oro.

Los problemas relacionados con estos usos del agua incluyen bajo caudal en las fuentes en verano, contaminación por vertimientos de ARD y de otras actividades productivas, consumo alto de agua en monocultivos, dificultades para hidratar al ganado cuando hay escasez de agua, dificultades en los centros educativos cuando hay escasez de agua, potencial incremento de la contaminación y la demanda de agua por parcelaciones en las veredas aledañas al lago El Bolsón, altos sedimentos y turbiedad en época de lluvias, contaminación de los ríos por parte del ganado ya que no hay aislamientos, choques culturales y sociales entre las comunidades, impactos negativos sobre los ecosistemas que dependen del agua que ha sido contaminada.

De acuerdo con los resultados del ejercicio de cartografía social realizado durante los talleres, todos los usos del agua se dan dentro del perímetro del municipio de Cajibío, pero hay una especial excepción. El sistema de abastecimiento de agua potable más grande del municipio, administrado y operado por APC Cajibío, tiene su captación en los límites entre los municipios de Totoró y Silvia, sobre la quebrada Michicao de la subcuenca del río El Cofre. En general, los mapas elaborados muestran que los usos del agua y actividades relacionadas están dispersos

por el territorio con algunas concentraciones de la agroforestería y actividades ilícitas. Estas últimas parecen estar presentes en cercanías al cauce principal del río Cauca.

5.2.2 Red de amenazas y consecuencias

Luego de la identificación de usos del agua y problemas, los participantes recibieron orientación para organizar dichos usos y problemas en redes de amenazas y consecuencias. Estas redes se organizaron de tal manera que los participantes identificaron las relaciones entre distintos usos del recurso hídrico, los problemas que comúnmente surgen en relación con dichos usos y las relaciones entre distintos problemas. Finalmente, los participantes identificaron aquellas consecuencias que frecuentemente se manifiestan en las subcuencas de análisis y las posibles relaciones entre las consecuencias y nuevos problemas de uso del agua. Las redes de amenazas y consecuencias desarrolladas para los grupos de JAC / Ciudadanos, Servicio de acueducto y Entidades municipales y departamentales se encuentran en el Anexo C.

En el caso del grupo JAC / Ciudadanos, los problemas raíz están relacionados con aspectos económicos que desencadenan actividades que perjudican a los ecosistemas y la disponibilidad de agua en verano, tales como los altos costos de la energía eléctrica y la deforestación. Otro aspecto económico mencionado por los participantes son los incentivos económicos para parcelar terrenos para construcción de vivienda campestre. Esto también se ve favorecido por una débil regulación en un PBOT desactualizado. La ausencia de un sistema de recolección de basuras y los cultivos ilícitos también fueron mencionados como problemas raíz. Estos problemas desencadenan muchos otros más entre los que se encuentran crecimiento de la población, mayor demanda de agua, mayor cantidad de aguas residuales vertidas a las fuentes superficiales, mayor contaminación, escasez física de agua, alteración de las actividades domésticas y productivas. Estos dos últimos problemas traen como consecuencia incremento de los costos familiares y de producción agropecuaria. Otras consecuencias últimas están relacionadas con enfermedades y mayor esfuerzo físico para conseguir agua. La contaminación de los cuerpos de agua produce un bucle que refuerza la escasez de agua y pérdida del atractivo turístico de Cajibío. Este último es un segundo bucle que refuerza el problema de limitados recursos económicos en el municipio.

El grupo Servicio de acueducto encontró que las causas raíz de los problemas de inseguridad hídrica en el municipio son los incendios forestales originados por actividades recreativas, desperdicio de agua por parte de los usuarios y coyunturas globales como el cambio climático y la pandemia COVID-19. El cambio climático y los incendios forestales desencadenan problemas como eventos climáticos extremos y la deforestación. Estos originan eventos de escasez de agua ya sea por el bajo caudal en los ríos, quebradas y nacimientos o por la incapacidad de las plantas de potabilización de tratar agua con alta turbiedad. En cuanto a la pandemia COVID-19, esta desencadenó que personas o familias migraran de zonas urbanas a las rurales en Cajibío, incrementándose así la población en el casco urbano y veredas El Túnel, La Capilla, El Lago y El Cairo. Esto a su vez causa mayor demanda de servicios básicos e infraestructura e incrementa la producción de ARD.

Otros problemas raíz identificados en la red por este grupo de participantes incluyen las limitaciones tecnológicas y de cantidad de agua que tienen los sistemas de abastecimiento de agua para consumo humano, la desconfianza de comunidades por el temor de la privatización de

este servicio, bajo sentido de pertenencia de los usuarios hacia la junta administradora del sistema y obsolescencia de las plantas de potabilización y redes de distribución. Estos problemas raíz desencadenan otros relacionados con dificultades en la potabilización del agua, daños y fugas de agua en las tuberías, interrupciones del servicio, deterioro de la calidad del servicio, tanto en los aspectos técnicos como en la relación con los usuarios finales. Las consecuencias últimas de esta red incluyen efectos negativos sobre la salud humana, mayor dificultad para operar el sistema de abastecimiento y efectos negativos sobre la estabilidad financiera del sistema. La red elaborada por este grupo identificó tres bucles donde el problema de interrupción del suministro de agua es reforzado por el deterioro de la calidad del servicio de acueducto, mayores pérdidas de agua incrementa la demanda y el asentamiento de nuevas comunidades aumentaría las conexiones ilegales a la red de distribución.

El grupo Entidades municipales y departamentales identificó problemas raíz asociados con el apoyo estatal para financiar proyectos orientados a la producción sostenible de cabuya lo que ocasiona la contaminación del río Cajibío por el lavado de este producto directamente en los cauces; la ubicación geográfica estratégica de Cajibío y su atractivo turístico, la débil regulación a través del PBOT y el no seguimiento de las normas por parte de urbanizadores, todo esto fomenta la parcelación y construcción de viviendas campestres en las veredas La Capilla, El Lago, La Venta, El Túnel y el centro urbano. La parcelación entonces conlleva a un incremento de la población y de la demanda de servicios básicos e infraestructura, incluyendo agua potable y saneamiento básico. Igualmente, a mayor población mayor producción de ARD.

Otros problemas raíz incluyen las necesidades económicas de las familias que los impulsan a aprovechar las rondas hídricas que deberían tener un uso de conservación del suelo y agua. Este grupo también mencionó la presencia de personas externas a la región y el lucro que se puede obtener del oro, lo cual conduce a la minería ilegal. Adicionalmente, actitudes y comportamientos de los usuarios sobre el pago de la factura de los servicios de acueducto y alcantarillado, dificultades en la administración, operación y mantenimiento de las PTARs del centro urbano de Cajibío y obsolescencia de esa infraestructura conllevan a un funcionamiento deficiente de estos sistemas de tratamiento.

Otros problemas raíz relacionados con actitudes y comportamientos de las personas son poca conciencia ambiental de los ganaderos para proteger las fuentes de agua de los animales y la falta de entrenamiento para el adecuado uso de agroquímicos. Todos estos problemas raíz desencadenan otros más que se reflejan en la contaminación de los cuerpos de agua, afectación de los ecosistemas e incremento de costos en el sector agropecuario. Otros problemas causados por el incremento de la demanda de servicios públicos e infraestructura y de la producción de ARD son daños en las redes de distribución por conexiones ilegales, conflictos entre los ciudadanos y las juntas administradoras de los acueductos, protestas sociales, pérdida de la confianza de los usuarios hacia los prestadores del servicio y debilitamiento de la estabilidad financiera del sistema. Este grupo también identificó como aspecto positivo que los ingresos económicos del municipio se pueden incrementar cuando más personas viven en éste debido al pago de impuestos.

Entre las consecuencias últimas establecidas por este grupo de participantes en la red de amenazas y consecuencias se encuentran el deterioro de la calidad del servicio de acueducto,

necesidad de buscar otras fuentes de abastecimiento para los humanos y el ganado, incremento de los costos familiares y de la demanda de los servicios de salud por enfermedades transmitidas por el agua, afectación de la economía familiar de pescadores y aislamiento y desarraigo del territorio.

5.3 CONCLUSIÓN DEL PASO 1

Los usos del agua, problemas relacionados, ubicación dentro del municipio, causas raíz, y consecuencias últimas en Cajibío se resumen en la Tabla 5-1.

Tabla 5-1. Resumen de los usos del agua, problemas relacionados, causas, raíces y consecuencias últimas en Cajibío

Ítem	Descripción	Localización
Usos del agua	Consumo humano: vivienda tradicional del municipio y parcelaciones.	Todo el municipio de Cajibío Municipio de Totoró
	Servicios de salud	Centro urbano
	Educación	Centro urbano y disperso por el municipio
	Comercio: almacenes variados, galería (plaza de mercado).	Centro urbano y disperso por el municipio
	Agricultura: actividades comerciales y científicas (Tecnicafé) alrededor del café, caña panelera, plátano, maíz, frijol, zapallo, arveja, flores, marihuana, chontaduro, cítricos y cacao.	Disperso por el municipio
	Agroforestería: pinos y eucaliptos para la producción de pulpa de papel.	El Carmelo, La Venta y La Capilla
	Piscicultura	No determinado
	Agropecuario: lácteos y carne.	Disperso por el municipio: La Capilla, La Cohetera, El Túnel y La Venta.
	Turismo: visitantes externos e internos.	Lago El Bolsón Centro Recreativo Isabela Eco-aldea Atlántida Finca La Claudia
	Dilución de aguas residuales: lavado de cabuya, ARD tratadas y no tratadas, beneficio del ganado	Disperso por el municipio. Río Cajibío y La Pedregosa reciben ARD tratadas en el centro urbano. Aguas residuales no tratadas como subproducto del beneficio del ganado se descargan en el río Cerro Gordo. El lavado de cabuya se presenta en la cuenca alta del río Cajibío.
Actividades ilegales: minería de oro y cultivos ilícitos	Vereda Betania Alrededores de las márgenes izquierda y derecha del río Cauca	
Problemas relacionados	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Bajo caudal en las fuentes en verano. ▪ Contaminación por vertimientos de ARD y de otras actividades productivas. ▪ Consumo alto de agua en monocultivos. 	

Ítem	Descripción	Localización
	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Dificultades para hidratar al ganado cuando hay escasez de agua. ▪ Dificultades en los centros educativos cuando hay escasez de agua. ▪ Potencial incremento de la contaminación y la demanda de agua por parcelaciones en las veredas aledañas al Lago El Bolsón. ▪ Alto contenido de sedimentos y turbiedad en los ríos en época de lluvias. ▪ Contaminación de los ríos por parte del ganado ya que no hay aislamientos. ▪ Choques culturales y sociales entre las comunidades. ▪ Impactos negativos sobre los ecosistemas que dependen del agua que ha sido contaminada. 	
Causas raíz	<p><u>Grupo JAC / Ciudadanos</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Limitaciones económicas de las personas e impactos derivados de estas sobre los ecosistemas. ▪ Disponibilidad de agua en épocas secas. ▪ Incentivos económicos y una regulación débil a través del PBOT conllevan a la parcelación de terrenos grandes. ▪ Ausencia de un sistema de recolección de basuras. ▪ Cultivos ilícitos. 	
	<p><u>Grupo Servicio de acueducto</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Coyunturas globales: cambio climático y pandemia COVID-19. ▪ Comportamientos y actitudes de los usuarios finales: desperdicio de agua, desconfianza de comunidades, bajo sentido de pertenencia de los usuarios hacia la junta administradora del sistema. ▪ Infraestructura: limitaciones de tratamiento de la tecnología instalada y obsolescencia de plantas de potabilización y redes de distribución. 	
	<p><u>Grupo Entidades municipales y departamentales</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Poco apoyo estatal para desarrollar sosteniblemente la producción de cabuya en la cuenca alta del río Cajibío. ▪ Ubicación estratégica y atractivo turístico de Cajibío. ▪ Débil regulación del uso del suelo y falta de cumplimiento de esta. ▪ Necesidades económicas de las familias. ▪ Presencia de personas externas al municipio y el lucro que se obtiene de la minería ilegal. ▪ Dificultades en la administración, operación y mantenimiento de las PTARs. ▪ Obsolescencia de la infraestructura en las PTARs. 	
Consecuencias últimas	<p><u>Grupo JAC / Ciudadanos</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Incremento de los costos familiares y de producción agropecuaria. ▪ Enfermedades en las personas. ▪ Mayor esfuerzo físico para conseguir agua. 	
	<p><u>Grupo Servicio de acueducto</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Deterioro de la calidad del servicio de acueducto. ▪ Efectos negativos sobre la salud humana. ▪ Mayor dificultad para operar el sistema de abastecimiento. ▪ Efectos negativos sobre la estabilidad financiera del sistema. 	
	<p><u>Grupo Entidades municipales y departamentales</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Deterioro de la calidad del servicio de acueducto. ▪ Necesidad de buscar otras fuentes de abastecimiento para los humanos y el ganado. ▪ Incremento de los costos familiares y de la demanda de los servicios de salud por enfermedades transmitidas por el agua. ▪ Afectación de la economía familiar de pescadores. ▪ Aislamiento y desarraigo del territorio. 	

Ítem	Descripción	Localización
Cantidad de bucles que refuerzan problemas	<u>Grupo JAC / Ciudadanos</u> Dos: Escasez de agua y pérdida del atractivo turístico, producidos por la contaminación de los cuerpos de agua, y que refuerzan los impactos sobre la salud, el bienestar y la economía de las personas.	
	<u>Grupo Servicio de acueducto</u> Tres: el deterioro de la calidad del servicio de acueducto refuerza el problema de interrupciones del servicio, mayores pérdidas de agua incrementa la demanda en la captación y el almacenamiento lo que incrementa la demanda global de agua, la presencia de nuevos asentamientos de comunidades en el territorio sin acceso al servicio de acueducto podría conducir al incremento de las conexiones fraudulentas.	
	<u>Grupo Entidades municipales y departamentales</u> La red elaborada por este grupo no incluye bucles.	

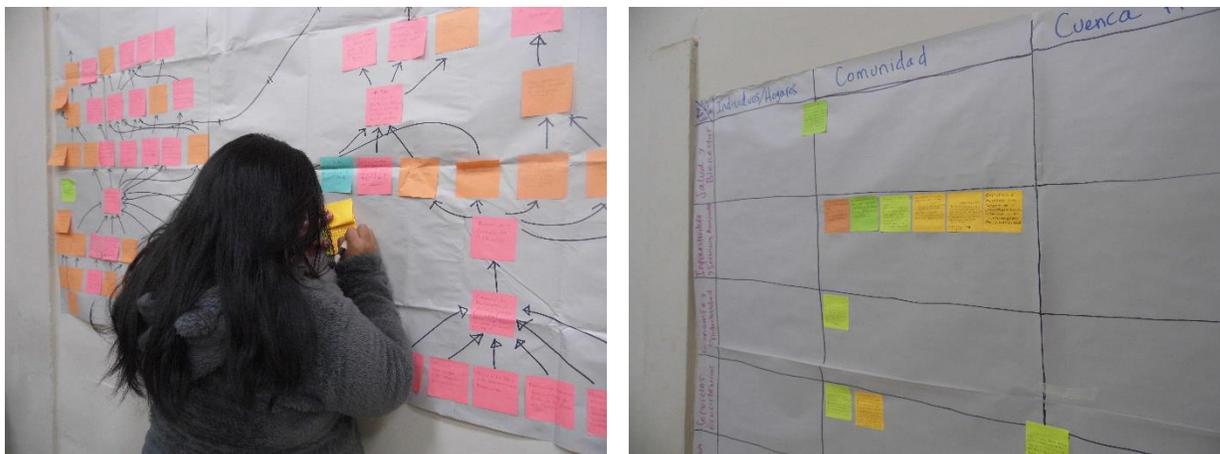
6 PASO 2 – CLASIFICAR LAS CONSECUENCIAS SEGÚN LAS ESCALAS Y DIMENSIONES DE MUISKA

6.1 METODOLOGÍA DEL PASO 2

En este paso se construyeron las matrices de riesgo según las escalas y dimensiones de MUISKA. Estas matrices se desarrollaron a partir de las redes de amenazas y consecuencias elaboradas en el paso 1. Las matrices resultantes compilan el conocimiento local de individuos y representantes de instituciones relacionadas con el uso y manejo de los recursos hídricos en dichas subcuencas.

6.1.1 Generalidades

El paso 2 de MUISKA incluyó la realización del taller con cada uno de los tres grupos participantes en el proyecto, en los que ellos describieron y clasificaron los problemas identificados en el paso 1 según las cuatro escalas y cinco dimensiones propuestas por este enfoque (Fotografía 6-1). Posteriormente, hicimos un análisis temático reflexivo (ATR) realizado a partir de dicha descripción. En la Figura 6-1 se describen las escalas y dimensiones propuestas para clasificar las consecuencias de las amenazas a la seguridad hídrica identificadas previamente.



Fotografía 6-1. Participantes en el proyecto clasifican los problemas según las escalas y dimensiones de MUISKA

1.	Escalas	<p>El concepto de seguridad hídrica opera a todos los niveles, desde el individual, el doméstico y el comunitario, hasta el local, regional, nacional, regional e internacional [1]. Por esto, el enfoque MUISKA considera cuatro escalas para analizar los riesgos a la seguridad hídrica:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Individuos / hogares 2. Comunidad 3. Cuenca hidrográfica 4. País
2.	Dimensiones	<p>El enfoque MUISKA establece cinco dimensiones para analizar los riesgos a la seguridad hídrica para tener en cuenta la mayoría de factores que intervienen en esta [1] [2]. Tales dimensiones son:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Salud y bienestar 2. Infraestructura y servicios asociados 3. Economía y productividad 4. Servicios ecosistémicos 5. Cultura, justicia y paz

Figura 6-1. Escalas y dimensiones para clasificar los impactos según el enfoque MUISKA

Durante el ejercicio de clasificación los participantes recibieron orientación sobre los aspectos a considerar para escoger las dimensiones y escalas que fuesen apropiadas para el contexto de cada uno de los grupos de interés. Estas consideraciones se resumen en la Figura 6-2.

- 1

Salud y bienestar
Tenga en cuenta aspectos como la salud mental, incremento de enfermedades, aparición de nuevas enfermedades, lesiones físicas, muertes, interrupción del acceso a servicios de salud, aislamiento, entre otros.
- 2

Infraestructura y servicios asociados
Considere los impactos sobre carreteras de todo tipo; puentes; sistemas de transporte, gas, telefonía, internet; edificios de instituciones estatales o privadas; edificios de uso residencial; casas; redes de acueductos y de alcantarillado; plantas de potabilización y de tratamiento de aguas residuales y lodos; bocatomas y pozos profundos para abastecimiento de agua; represas; sistemas de riego; puertos fluviales y marítimos; aeropuertos; ferrocarril; entre otros.
- 3

Economía y productividad
Considere aspectos de la economía individual y del hogar, actividades que generan empleos, costos de los seguros, variación de ingresos, producción y suministro de alimentos, actividades de pesca y producción agrícola, cadenas de suministro, actividades económicas en los hogares, acceso a la educación en todos los niveles, turismo, costos de los alimentos y la electricidad, recuperación económica luego del(os) evento(s), tarifas del servicio de acueducto, costos de tratamiento de aguas, entre otros.
- 4

Servicios ecosistémicos
Considere los impactos sobre cuerpos de agua como ríos, lagos, quebradas, nacimientos (ojos), mar, aguas subterráneas; biodiversidad de animales y plantas; existencia de plantas medicinales; actividades recreativas y rituales que las personas realizan en o alrededor del agua; presencia de sustancias químicas sintéticas, metales pesados, nutrientes, materia orgánica, algas y otros microorganismos; incendios; calidad del aire; entre otros.
- 5

Cultura, justicia y paz
Tenga en cuenta aspectos como violencia; conflictos; cohesión familiar y comunitaria; desplazamientos de personas y animales; orden público, confianza en el Estado y los gobiernos; cuidadores de niños, adultos mayores y personas en situación de discapacidad; entre otros.

Figura 6-2. Aspectos por considerar para clasificar las consecuencias según las dimensiones de MUISKA

6.1.2 Análisis temático reflexivo (ATR)

El ATR es un método de análisis cualitativo propuesto por Braun y Clark (18) y ha sido aplicado por muchos investigadores sociales en el mundo. En el caso particular del departamento del Cauca en Colombia, este método fue usado por Maysels y coautores (19) para establecer los temas relevantes de los participantes en su estudio sobre redes alternativas de alimentos en los Andes colombianos. De acuerdo con Braun y Clarke (18), el ATR es un enfoque de fácil acceso y flexible para analizar datos cualitativos que facilita la identificación, interpretación y análisis de patrones o temas en un conjunto de datos determinado.

El ATR incluye unas asunciones teóricas por parte de los que desarrollan el análisis (20). A continuación, explicamos nuestras asunciones. En este caso particular, nuestro ATR es esencialista ya que el lenguaje usado para describir los problemas en la matriz de MUISKA (Anexo D) fue interpretado como una reflexión directa y simple de las experiencias de los participantes. Nuestro ATR también está orientado hacia la experiencia porque intenta entender los problemas asociados a la inseguridad hídrica que los participantes conocen o enfrentan como individuos o representantes de comunidades u organizaciones.

El ATR presentado aquí también es predominantemente un análisis deductivo ya que MUISKA está enmarcado conceptualmente en seis fundamentos específicos y cada paso fue diseñado metodológicamente previo a la realización de los talleres con los participantes. Además, el ATR parte de la información brindada por los participantes al describir cualitativamente los problemas de inseguridad hídrica clasificados por escalas y dimensiones de MUISKA. Sin embargo, este ATR también es en cierto grado inductivo ya que todos los problemas fueron codificados, lo que permitió identificar temas, los cuales son diferentes a las dimensiones preestablecidas en MUISKA. Finalmente, este ATR usó una codificación semántica porque se basó en lo que los participantes escribieron explícitamente durante los talleres del paso 2 y los investigadores no examinamos más allá del texto para entender asunciones o ideas de los participantes.

De forma práctica, el ATR parte de una pregunta de investigación. Así pues, identificamos los temas por su capacidad de ofrecer información clave para responder a dicha pregunta. Esto lo realizamos en seis etapas según lo recomendado por Byrne (20). La pregunta de investigación del paso 2 de MUISKA está en el Cuadro 6-1 y las seis etapas seguidas para realizar nuestro ATR se describen en la Figura 6-3. Todos los problemas fueron codificados usando el programa NVIVO v. 14.23.21. Los temas que identificamos no son excluyentes, es decir, un problema de la matriz MUISKA puede tratar de dos o hasta tres temas simultáneamente.

Cuadro 6-1. Pregunta de investigación del paso 2 de MUISKA

¿Cuáles son las principales problemáticas de inseguridad hídrica en Cajibío, según el conocimiento y la experiencia de los participantes en este estudio?



Figura 6-3. Seis etapas para realizar un análisis temático reflexivo

Fuente: Adaptada de [NO_PRINTED_FORM] (20)

6.2 RESULTADOS Y DISCUSIÓN DEL PASO 2

6.2.1 Problemas de inseguridad hídrica clasificados por escalas y dimensiones de MUISKA

En el Anexo D se incluyen las matrices de resultados de clasificar los componentes de las redes de amenazas y consecuencias, según las escalas y dimensiones del enfoque MUISKA para los grupos de JAC / Ciudadanos, Servicio de acueducto y Entidades municipales y departamentales, respectivamente. La mayoría de las amenazas y consecuencias fueron clasificadas en la escala “comunidad”, y en las dimensiones “infraestructura” y “servicios ecosistémicos”. La escala “país” y la dimensión “salud y bienestar” tienen la menor cantidad de amenazas y consecuencias.

En cuanto a las escalas, lo anterior refleja que, según los participantes, los problemas asociados a la inseguridad hídrica en Cajibío quedan contenidos en las comunidades que habitan el municipio y sus consecuencias no afectan escalas mayores como el país. Esto podría explicar por qué las necesidades de los ciudadanos de este municipio han sido ignoradas históricamente.

La mayoría de las clasificaciones se ubicaron en al menos tres de las cuatro escalas de análisis, mientras que la dimensión “economía y productividad” fue la única en la que los participantes clasificaron amenazas y consecuencias a nivel de individuo, comunidad, cuenca y país. La dimensión “servicios ecosistémicos” fue usada preferentemente por los grupos JAC / Ciudadanos y Entidades municipales y departamentales, mientras que el grupo Servicio de acueducto clasificó la mayoría de amenazas y consecuencias en la dimensión “Infraestructura y servicios asociados” (Figura 6-4, Figura 6-5 y Figura 6-6). Esto refleja que cada grupo domina cierta área del conocimiento acorde a sus experiencias como ciudadanos y representantes de instituciones.

Dado que el grupo Entidades municipales y departamentales incluyó a representantes de la CRC, estos pudieron identificar consecuencias que afectan al medio ambiente. Igualmente, los participantes del grupo Servicio de acueducto tienen conocimiento de primera mano de los problemas administrativos, operativos y de mantenimiento que afectan a sus sistemas de abastecimiento de agua.

JAC / Ciudadanos

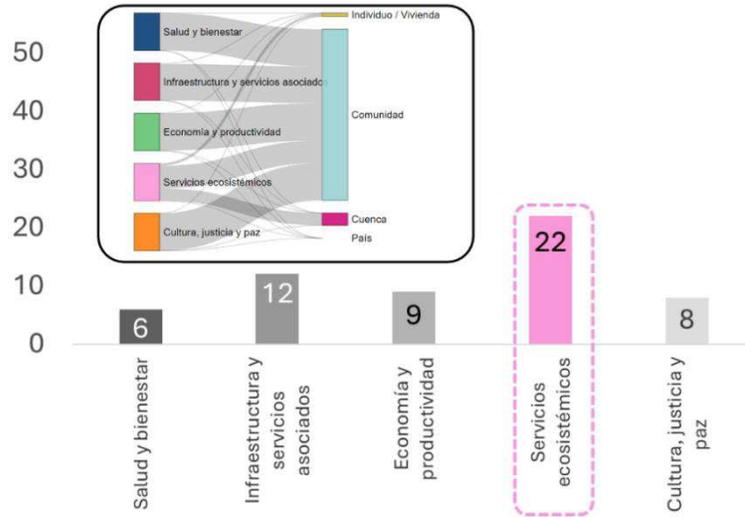


Figura 6-4. Clasificación de amenazas y consecuencias según las escalas y dimensiones del enfoque MUISKA – Grupo JAC / Ciudadanos

Servicio de acueducto

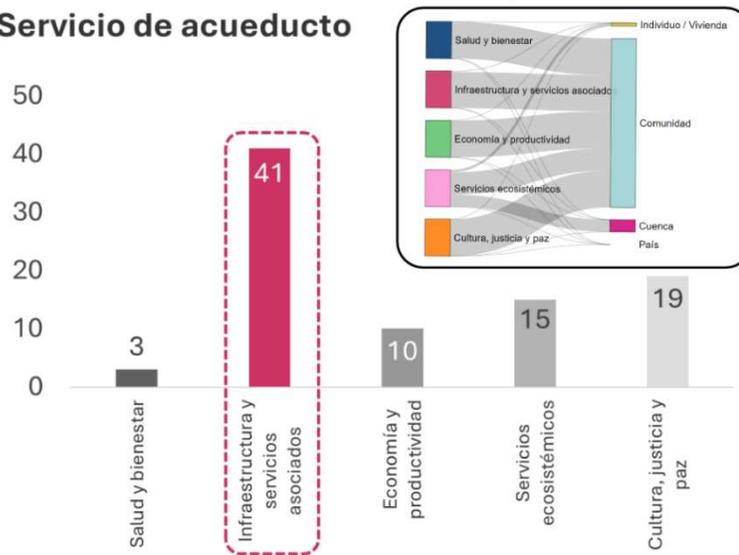


Figura 6-5. Clasificación de amenazas y consecuencias según las escalas y dimensiones del enfoque MUISKA – Grupo Servicio de acueducto

Entidades mpales. y deptales.

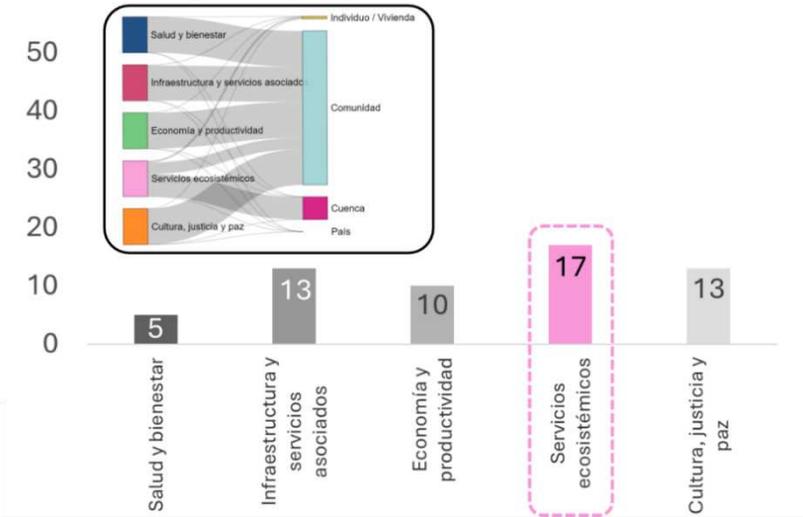


Figura 6-6. Clasificación de amenazas y consecuencias según las escalas y dimensiones del enfoque MUISKA –Entidades municipales y departamentales

6.2.2 Análisis temático reflexivo (ATR)

En total se identificaron 15 temas principales. De estos, 10 temas fueron organizados con subtemas ya que fue necesario desagregar estas categorías más amplias para entender los aspectos específicos de inseguridad hídrica en Cajibío. A continuación, explicamos en qué consiste cada tema.

- 1. Acceso a otras fuentes de agua.** Este tema se refiere a la necesidad de acceder a fuentes alternas de agua cuando los usuarios en Cajibío no cuentan con el servicio en sus viviendas. Tales fuentes son aljibes, nacimientos de agua, quebradas y ríos. Los participantes del grupo JAC/Ciudadanos expresaron *“En las zonas del municipio de Cajibío, hay aljibes. El agua no es tratada, pero la consumimos ya que necesitamos el líquido”* y *“Compra de agua embotellada porque el agua que consumimos no es bien tratada por necesidad”*. Esto refleja la necesidad de acceder a dos fuentes distintas de agua como aljibes y agua embotellada debido a la ausencia o insuficiencia de agua en la vivienda o la posible contaminación del agua tratada que llega a los consumidores.
- 2. Aumento de la población, creación de parcelas o nuevas comunidades.** El aumento de viviendas en forma de parcelas y de la población y el asentamiento de comunidades en lugares no esperados como la Hacienda Santa Marta fueron identificados como situaciones que incrementan la demanda de servicios públicos domiciliarios y la contaminación de los ríos. En el caso de nuevas comunidades en dicha hacienda, esto estaría contaminando el agua cruda captada del río El Cofre para posterior potabilización. Los participantes del grupo Servicio de acueducto expresaron *“Incremento de la población: Centro, El Túnel, La Capilla, El Lago, El Bolsón, El Cairo”*. Estas localidades corresponden a veredas y corregimientos

cercanos o atravesados por la vía Panamericana y con la aparente capacidad de ofrecer servicios básicos como agua potable. Por otra parte, el problema descrito como *“Presencia de comunidades nuevas que no están incluidas en el inventario inicial de usuarios en la zona de influencia del canal de agua tubería de conducción del acueducto El Cofre, Hacienda Santa Marta”* hace referencia a comunidad específica que se asentó en ese lugar inesperadamente.

- 3. Baja calidad del servicio de agua para consumo humano.** Este tema agrupa cinco-subtemas relacionados con el deterioro del servicio de agua para consumo humano en el municipio tales como el incremento de quejas, ausencia de infraestructura necesaria para prestar el servicio (por ejemplo, plantas de potabilización), la capacidad limitada de los sistemas, el aumento de la demanda de más personal requerido para la operación y mantenimiento de los sistemas y la decisión de negar más conexiones domiciliarias a personas que solicitan la prestación del servicio de agua potable.

Los participantes del grupo Servicio de acueducto expresaron *“Acueductos rurales tienen capacidad rural y no urbana. La capacidad que tienen los acueductos rurales está destinada a un número de usuarios a muy poca escala debido a que la población en la ruralidad es dispersa y al haber un incremento en las veredas de pobladores, el acueducto rural no está adecuado para surtir o suministrar agua a tanta población.”* Esto muestra que, desde el punto de vista de los prestadores del servicio de agua, ellos no tienen la capacidad para responder oportunamente a los cambios rápidos que se están dando en los cambios de uso del suelo en ciertas veredas y corregimientos al incrementarse la construcción de vivienda y la población.

Por otra parte, en la mayoría del territorio de Cajibío, los sistemas de abastecimiento se componen de una infraestructura básica para transportar agua cruda desde las fuentes de abastecimiento hasta los consumidores. Para el caso de la vereda El Cedro, los participantes describieron lo siguiente: *“La represa de El Cedro no tiene planta de tratamiento coma por lo tanto no hay filtros. Esta represa se llena de lodos cuando el agua tiene alta turbiedad”*. Así pues, si bien la construcción apropiada de la infraestructura requerida para abastecer de agua potable es crucial para el desarrollo del municipio, otros factores deben ser considerados para que el sistema sea bien administrado, operado y mantenido para garantizar una buena calidad en el servicio. Un factor crítico es la preservación de las fuentes de abastecimiento, tanto para el bienestar de los ecosistemas como para las actividades humanas. Contar con agua cruda de buena calidad en términos de baja concentración de sólidos, patógenas y sustancias químicas perjudiciales facilita la operación y mantenimiento de los sistemas de abastecimiento, lo cual se refleja al final en menores costos para los usuarios y menor probabilidad de riesgos a la salud humana debido a errores humanos.

Los participantes de este grupo son conscientes de la influencia de múltiples factores sobre la calidad del servicio de agua: *“La calidad del servicio de acueducto se deteriora por múltiples causas técnicas, financieras y de falta de personal ...”*. La falta de personal también fue identificada como un aspecto que afecta negativamente la prestación del servicio de agua: *“hay tres personas para reparaciones de daños y otras actividades externas. Por ahora, tres personas son suficientes para atender daños y fugas, particularmente cuando el sistema*

opera normalmente y tranquilo. Cuando en un día hay ocho o más daños, este personal no alcanza a atender la demanda de mantenimiento". Este tema agrupa problemas que están ocurriendo actualmente, lo que refleja que los prestadores del servicio se encuentran en una espiral de deterioro del servicio. Por esto, ellos necesitan ayuda externa para construir nueva infraestructura, reparar o ajustar la infraestructura existente y recibir entrenamiento administrativo y técnico.

De esta forma, los sistemas pueden ampliar su capacidad e incrementar la cobertura a los habitantes del municipio. Los participantes también explicaron *"Por falta de capacidad de los acueductos rurales y debido al aumento de usuarios inesperados, se niega el servicio a nuevos usuarios"*. Estos usuarios inesperados se refieren a aquellos habitantes que llegan al municipio a través de nuevos desarrollos urbanísticos como las parcelas. En este caso particular, las autoridades locales y departamentales deben analizar si el municipio tiene la capacidad de ofrecer agua y otros servicios a escala urbana o si deben estructurar su plan de ordenamiento territorial alrededor del uso del suelo y del agua que corresponda a sus reales capacidades financieras y administrativas. En este sentido, el Plan Nacional de Desarrollo 2022 – 2026 (21) incluye el ordenamiento alrededor del agua como uno de sus tres elementos constitutivos, lo cual representa una oportunidad para que los municipios que no han actualizado sus planes territoriales de desarrollo lo hagan en este periodo bajo este nuevo enfoque que les permita vivir en el presente y futuro de la mano de los recursos hídricos y sus ciclos para la salud y bienestar de los ecosistemas y las personas.

- 4. Bajos ingresos y más gastos económicos.** Seis subtemas hacen parte de este tema, cuatro de los cuales están relacionados con aspectos económicos de los prestadores del servicio de agua potable. Estos subtemas están relacionados con incrementos de los costos de mantenimiento, personal, potabilización por eventos pico de contaminación de las fuentes de abastecimiento y daños en la red de distribución. Esto es un factor común en los prestadores del servicio de agua representados por los participantes: *"Incremento de los costos de mantenimiento del acueducto La Venta - El Cofre", "Para el tratamiento se necesita más coagulante para poner para poder tener agua de buena calidad en el acueducto El Cairo", "Mayor mantenimiento en la represa de El Cedro. Cuando esta represa se llena de lodos, se incrementa la mano de obra y costos por un buen servicio."*

Como se mencionó en el tema anterior, esto hace parte de la espiral de deterioro del servicio pues mayor de demanda de personas e insumos incrementa los costos de operación y mantenimiento. Si los prestadores no tienen cómo cubrir esos costos, no se pueden solucionar daños oportunamente o tratar adecuadamente el agua. Así pues, se afectaría negativamente la disposición a pagar por parte de los consumidores reduciendo más el ingreso de dinero a los prestadores. Este es otro subtema en este grupo. En el caso de la vereda El Porvenir - La Buitrera que transporta sólo agua cruda, los participantes describieron su problema como *"En este momento hay pocos usuarios conectados y ninguno paga tarifa"* y *"Reserva El Porvenir-La Buitrea. La junta del acueducto trabaja de manera voluntaria. En este momento no hay ingreso de ningún tipo. Para mejorar el servicio, se necesita ayuda del municipio y otras entidades. La comunidad también contribuye con la reserva. Se debe dialogar con la gente sobre la prestación del servicio que no puede ser gratis para que el*

sistema funcione bien". Esto muestra que el sistema no es sostenible financieramente y que se sostiene gracias a la mano de obra que regalan los habitantes de esta vereda para mantener esa fuente de agua que sostiene su existencia en el territorio.

Otro subtema está relacionado con el incremento de los costos familiares por acceder a fuentes alternas de agua y atender las enfermedades producidas por consumir agua contaminada. Participantes del grupo JAC / Ciudadanos explicaron *"El agua al no tratarse debidamente o estar contaminada genera que no se puede consumir. Dado los riesgos físicos y demás que genera, al igual que a altos gastos económicos de agua para consumo y medicamentos para tratar enfermedades"*. Esto muestra las implicaciones sobre la economía familiar de no contar con un suministro continuo de agua potable en el municipio.

El sexto subtema hace referencia a la necesidad de incrementar los ingresos económicos individuales, familiares o municipales por la pérdida de fuentes de ingresos o por la falta de inversión local. La necesidad de obtener más recursos económicos fue mencionada como una explicación a la tala de árboles y a la parcelación de grandes terrenos para construcción de viviendas nuevas. En cuanto a individuos, los participantes del grupo Entidades municipales y departamentales expresaron que algunas personas tienen la *"Necesidad de sacar provecho económico de las zonas de rondas hídricas"*; esto ocurre en los terrenos privados dedicados a la agricultura y que son atravesados por nacimientos de agua o quebradas.

A escala familiar, participantes del grupo JAC / Ciudadanos explicaron el proceso de parcelar terrenos: *"Incentivos económicos para parcelar terrenos. Los propietarios de grandes terrenos en las veredas como La Venta, El Cairo, El Bolsón, entre otras hoy ven rentable dividir sus terrenos en pequeñas parcelas para venderlas a varias personas y así generar mayores ingresos económicos"*. De acuerdo con los participantes, la parcelación se origina por una oportunidad de negocio en el municipio.

En cuanto a los bajos ingresos del municipio, los participantes mencionaron *"Hace falta inversión e implementación de proyectos debido a que no hay gestión para atraer recursos al municipio y no se aprovechan las oportunidades que tiene el municipio por ser o estar en PDET"* como una referencia a la necesidad de ser estratégico en la forma como se administra el municipio para incrementar los recursos económicos.

- 5. Características atractivas de Cajibío.** Los participantes describieron algunas características atractivas del municipio que pueden jugar a favor o en contra del bien común de sus habitantes, según se maneje la situación. Por ejemplo, el atractivo físico del municipio y su ubicación estratégica motiva a personas externas a construir viviendas nuevas y vivir ahí, lo cual podría incrementar la recaudación de impuestos, pero demanda más infraestructura y servicios públicos domiciliarios. Los participantes del grupo Entidades municipales y departamentales describieron este problema así: *"Cercanía del municipio a la vía Panamericana. Esta particularidad genera que se vea una opción para empresas y/o personas para establecerse en el municipio de Cajibío"* y *"Representa un atractivo turístico por el tema costo beneficio y sumado a la tranquilidad. El municipio de Cajibío debido a su topografía y cercanía a la vía Panamericana y ciudad capital hace que sea atractivo para vivir"*

tranquilamente". Igualmente, participantes del grupo JAC / Ciudadanos explicaron que *"Paisaje que atrae a visitantes y negocios de parcelas. El paisaje del municipio de Cajibío y su topografía hacen de este un punto focal para la construcción de parcelas y desarrollo de negocios por cercanía a la Panamericana y a ciudad capital"*. La ubicación estratégica de Cajibío puede atraer oportunidades de negocios y desarrollo que, si se manejan apropiadamente según la capacidad de ofrecer adecuados servicios públicos y domiciliarios y demás infraestructura, estas oportunidades podrían beneficiar a todos los habitantes del municipio.

Dicho atractivo también podría aprovecharse para desarrollar proyectos productivos, pero este atractivo se está perdiendo por la contaminación ambiental, particularmente por el manejo inadecuado de las basuras. Participantes del grupo Entidades municipales y departamentales mencionaron que *"La comunidad del municipio se abstiene de visitar ciertos sectores por la proliferación de vectores, malos olores y presentación poco estética de sitios como de interés turístico municipal o aquellos que años atrás considerábamos atractivos"*. Es decir, el atractivo paisajístico de Cajibío es una cualidad que sus habitantes y líderes deben cuidar a través de la protección y saneamiento ambiental para que sea duradero en el tiempo.

- 6. Contaminación o producción de agua contaminada.** Este tema agrupa aspectos relacionados con la mayor producción de aguas residuales no tratadas y tratadas inadecuadamente que son vertidas a los ríos. Participantes del grupo Entidades municipales y departamentales hicieron referencia a la contaminación generada por el inadecuado funcionamiento de las plantas de tratamiento de ARD construidas para tratar las aguas producidas en el caso urbano del municipio y las únicas existentes: *"El mantenimiento de las PTARs ubicadas en la cabecera municipal por su mal mantenimiento genera contaminación hídrica, ambiental, los olores son extremadamente fuertes generando vectores. Enfermedades en la piel"*. El grupo Servicio de acueducto mencionó el potencial deterioro de la calidad de agua en los ríos por el incremento en la producción de aguas residuales domésticas cuando aumenta la población en el municipio: *"Mayor producción de aguas residuales domésticas, incremento de descargas hacia ríos generando contaminación. El incremento de la población aumenta la demanda de servicios para aguas residuales domésticas, lo cual afecta a las fuentes hídricas ya que no se cuenta con suficiente cobertura de alcantarillado en el municipio"*.

El grupo JAC / Ciudadanos también describió el problema del incremento en la producción de aguas residuales específicamente relacionado con la parcelación de terrenos para construcción de vivienda nueva: *"Debido a la expansión urbanística o parcelaciones que benefician a particulares, no se respeta el POT⁵ como permisos para construcción, no hay permisos para surtimiento de acueducto y no se cuenta con PTAR para el vertimiento de aguas residuales residenciales. Esto genera contaminación de las fuentes hídricas, deterioro del paisaje. Se debe contar con diseños completos donde se les garantice a los propietarios*

⁵ Los participantes se refirieron al plan de ordenamiento territorio como POT, pero por el tamaño de Cajibío, cuenta con un plan básico de ordenamiento territorial (PBOT).

de las parcelas agua potable y PTAR o pozos sépticos adecuados para mitigar el impacto positivo negativo en los recursos naturales”.

Lo anterior también está relacionado con la ausencia o mal funcionamiento de sistemas de saneamiento básico en el municipio. Los participantes mencionaron la ausencia de sistemas de saneamiento básico (alcantarillado o plantas de tratamiento de aguas residuales) en el municipio y en el caso específico del lago El Bolsón, ya que es un parador turístico reconocido: *“La mayoría de las veredas no cuentan con alcantarillado – PTARs, sólo las zonas centro y estas son tratadas esporádicamente”* [grupo Entidades municipales y departamentales], *“Actualmente la gente nada en el lago El Bolsón, pero si no se hace una red de alcantarillado el freático contaminado llegará al lago y proliferarán los patógenos: hongos y bacterias y las gentes aficionadas a la natación se enfermarán”* [grupo JAC / Ciudadanos].

La contaminación del agua generada por cultivos ilícitos y la proliferación de vectores en las fuentes contaminadas también fueron mencionadas. Con relación al primero, el grupo JAC / Ciudadanos explicó: *“La siembra de cultivos ilícitos genera contaminación a los cuerpos de agua por uso de agroquímicos contaminantes. Debido a la siembra de cultivos ilícitos se genera contaminación a las fuentes hídricas por el alto uso de agroquímicos implementados en el cultivo y estos por escorrentía caen a una fuente importante del municipio que es la cuenca del río Cauca y también se genera contaminación ambiental por los olores fuertes cargados de agroquímicos”*. Esto refleja que los participantes conocen las implicaciones del uso de agroquímicos sobre el ambiente. El problema *“Proliferación de vectores alrededor de las fuentes contaminadas”* [grupo Entidades municipales y departamentales] también fue mencionado una vez como referencia a otra consecuencia provocada por la contaminación de los ríos en Cajibío.

La contaminación en las cuencas también genera dificultades para potabilizar el agua debido a los sedimentos, alta turbiedad y subproductos del lavado de cabuya directamente en los ríos de las cuencas El Cofre y Cajibío. Sobre esto último, los participantes explicaron que *“Las comunidades asentadas en las márgenes de la quebrada Michicao y el río El Cofre realizan el lavado de la cabuya directo en la fuente, afectando los acueductos APC y La Venta-El Cofre”* [grupo Entidades municipales y departamentales]. Este problema está focalizado principalmente en áreas puntuales de las cuencas mencionadas, lo cual facilitaría una posible intervención para mejorar el uso del agua en la producción de cabuya.

- 7. Impactos sobre / del sector agropecuario en Cajibío.** Dada la vocación agropecuaria de Cajibío, los participantes resaltaron los problemas generados en y por este sector. Dichos problemas incluyen la escasez de agua para irrigar cultivos y alimentar a los animales. Dado que la agricultura es la actividad económica más importante en el municipio, los participantes expresaron que *“consecuencia de la escasez de agua no podemos regar nuestros cultivos. En nuestro municipio es mucha la escasez de agua ya que nosotros como campesinos en nuestros cultivos no podemos hacer riegos de agua en tiempos de verano”* [grupo JAC / Ciudadanos]. Adicionalmente, ellos también expresaron que el ganado adquiere enfermedades gastrointestinales cuando bebe agua contaminada: *“El ganado se enferma cuando bebe agua contaminada (enfermedades gastrointestinales)”* [grupo Entidades

municipales y departamentales]. Los participantes del grupo Entidades municipales y departamentales también hicieron referencia a la contaminación que produce la agricultura en el suelo y en el agua por el uso de pesticidas: *“Disminuir la cantidad de pesticidas, seleccionar productos de menor toxicidad. Capacitarse mejor en buenas prácticas agrícolas”*.

8. Incumplimiento de la normatividad vigente. Este tema trata principalmente sobre los problemas de uso del suelo generados por el incumplimiento de normas como el Plan Básico de Ordenamiento Territorial (PBOT) de Cajibío y de las normas ambientales que aplican a los proyectos urbanísticos. Los participantes expresaron *“Parcelaciones ilegales ya que no tienen permisos para construir. No se cumple o no se respeta el POT para construcción de parcelas o urbanizaciones generando expansión urbanística y demanda de servicios con los que no se cuentan”* [grupo JAC / Ciudadanos]. Esto refleja su preocupación por el crecimiento urbanístico y de población sin una solución a la vista a la provisión continua de servicios públicos domiciliarios para todos los habitantes. Este tema también incluyó un problema relacionado con la no renovación a tiempo de las concesiones de agua ante la entidad responsable: *“Concesiones vencidas limita el acceso a nuevos usuarios (JACs El Túnel, Michinchal, Crucero La Estrella, Azogue, El Diamante, Cidal, Potrerito, Arroyuela, Malastrera)”* [grupo Entidades municipales y departamentales].

9. Interrupciones del servicio de agua. Este tema incluye ocho aspectos principales que conducen a que los habitantes de Cajibío no cuenten con agua continuamente en sus viviendas, tanto para aquellos que tienen un sistema de abastecimiento de agua potable como para aquellos que sólo tienen agua cruda. Estos aspectos abarcan problemas presentes en las fuentes de agua y captaciones, en las redes de distribución y en los consumidores.

En cuanto a las fuentes de abastecimiento, los problemas pueden ser sobre ausencia o escasez física de agua *“En verano el caudal se reduce drásticamente debido a que no tenemos áreas que cumplan la función de retención de agua, especialmente cuando se presenta el fenómeno El Niño”* [grupo Servicio de acueducto] o falta de energía eléctrica para usar las motobombas que impulsan el agua cruda, particularmente en la población aledaña al lago El Bolsón *“En el lago El Bolsón dependen de la línea de energía que alimenta a Cajibío para sacar agua con motobombas. Cuando se va la energía, los habitantes recogen el agua manualmente en las cuencas”* [grupo JAC / Ciudadanos].

Los participantes mencionaron problemas relacionados con la obsolescencia o deterioro de la infraestructura en las plantas de potabilización o redes de distribución. El sistema de abastecimiento de El Porvenir – La Buitrera se encuentra en una situación crítica: *“El Porvenir – La Buitrera. Cuando construyeron el acueducto no concientizaron sobre la prestación del servicio a la comunidad. Esto causó que el acueducto se deteriorara por falta de mantenimiento. En este momento hay pocos usuarios conectados y ninguno paga tarifa”* [grupo Servicio de acueducto]. Las redes de distribución de los sistemas de abastecimiento El Cairo y La Venta – El Cofre ya cumplieron su vida útil *“Las redes de distribución del acueducto El Cairo ya cumplieron su vida útil, aunque están siendo reparadas no han sido reemplazadas. Ya tienen más de 30 años y no se cuenta con el presupuesto para la compra”*

y *“Las redes de distribución en el acueducto El Cofre - La Venta están viejas, se tienen más de 13 Km de PVC y hay unas que tienen hasta 25 años”* [grupo Servicio de acueducto]. La planta de potabilización del sistema de abastecimiento El Cairo también necesita actualización: *“La planta de potabilización del acueducto La Venta – El Cofre cuenta con sistemas de tratamiento obsoletos”* [grupo Servicio de acueducto].

Los daños también fueron mencionados ya que las lluvias fuertes han afectado la captación de agua cruda en dos sistemas de abastecimiento de Cajibío *“Las lluvias causan daños en la bocatoma con lodo y palos, obstrucción del acueducto El Cairo”* y en La Venta – El Cofre *“En el invierno, las avalanchas han dañado bocatoma y se ha reducido la capacidad de captación”* [grupo Servicio de acueducto].

Las conexiones fraudulentas fueron mencionadas como un problema que se presenta actualmente en los sistemas de abastecimiento representados por los participantes *“Conexiones ilegales a la red de agua potable”* [grupo Servicio de acueducto] y como una situación que podría agravarse en el futuro si se le sigue negando el servicio a potenciales nuevos usuarios: *“En el futuro es posible que nuevas comunidades se conecten fraudulentamente al sistema”* [grupo Servicio de acueducto]. Esto porque, al no contar con el servicio oficial, los pobladores se conectarían de forma irregular a la red para poder tener agua en sus viviendas. Los participantes del grupo Servicio de acueducto también mencionaron las fugas como una consecuencia de la cantidad de daños que tenían en el 2023 en la red de distribución del acueducto La Venta – El Cofre *“Se incrementan las aguas visibles e invisibles”*.

Con relación a los consumidores, factores hidráulicos en las redes como la presencia de aire en las tuberías por la suspensión del servicio produce percepciones en los usuarios como lo explicaron los participantes del grupo Servicio de acueducto: *“Cuando las tuberías no contienen agua, ingresa aire, por lo tanto, el usuario tiene la percepción de que se presenta una medición falsa por el paso de aire, piensa que paga por agua no consumida”*. La baja presión también fue mencionada como una condición generalizada en dos sistemas de abastecimiento *“Se baja la presión de agua. Los usuarios no cuentan con suficiente presión en sus viviendas. Debido a la baja presión en el servicio este ha desmejorado en el acueducto La Venta – El Cofre y El Cedro”* o como una situación puntual cuando hay daños en la red de distribución *“Se tienen cuatro manómetros se mide todos los lunes y han notado la reducción de la presión cuando hay daños”*.

- 10. Necesidad de más y mejores conocimientos.** Los participantes incluyeron en su análisis la falta de mayores conocimientos técnicos sobre cómo funcionan los sistemas de abastecimiento de agua, particularmente en cuanto a la complejidad del servicio y la necesidad de cobrar por él, el contenido de aire en las tuberías y el cuidado de los consumidores hacia la infraestructura: *“No hay consciencia de cuidado de la infraestructura - tubos madre rotos, llaves dañadas (El Porvenir - La Buitrera)”* [grupo Servicio de acueducto]. Esto muestra la necesidad que tienen los prestadores del servicio en encontrar en los usuarios aliados para el cuidado común del sistema de abastecimiento.

La conciencia ambiental también hace parte de este tema y se refiere a la necesidad de que los habitantes del territorio conozcan del impacto ambiental de sus actividades humanas, tales como la cría de ganado, tala de árboles, producción de ARD, disposición de las basuras a cielo abierto y desperdicio del agua. Con relación a esto último, participantes del grupo Servicio de acueducto mencionaron *“Desperdicio de agua por los usuarios, en la zona rural no se le da relevancia al buen uso del agua porque es un recurso disponible desde diferentes fuentes como ríos, pozos, aljibes, nacimientos, lluvias, en Cajibío”*, lo cual podría aparecer como contradictorio pues en el tema sobre interrupciones del servicio, se hizo amplia referencia a la ausencia o escasez física del agua en las fuentes de abastecimiento. Sin embargo, este problema del desperdicio de agua merece mayor atención pues los usuarios podrían ser aliados fundamentales para una mejor operación y mantenimiento de los sistemas de abastecimiento. Así pues, entender la magnitud del desperdicio del agua y por qué ocurre podría ayudar a implementar acciones hacia una actitud más responsable con el uso del agua.

Los participantes también identificaron problemas con la falta de conocimientos administrativos de los sistemas de abastecimiento de agua potable, lo cual condujo a la insostenibilidad del sistema como está ocurriendo en la vereda El Porvenir – La Buitrera: *“El acueducto se construyó en el año 2000 (hace 23 años). Cuando construyeron no pusieron tarifa. Esto trajo problemas pues no había recursos para mantener la prestación del servicio”* [grupo Servicio de acueducto]. Otras necesidades de entrenamiento técnico están relacionadas con el aprovechamiento de los subproductos de la producción de cabuya, el entrenamiento de los operadores de las PTARs y adecuadas prácticas agrícolas para evitar la deforestación. Con relación a la cabuya, los participantes expresaron *“Falta de tecnologías y programas que impacten al 100% a la comunidad cultivadora de cabuya que se ubican en las márgenes de las cuencas de la cordillera central”* [grupo Entidades municipales y departamentales] como una causa de la contaminación que produce esta actividad en las cuencas de los ríos Cajibío y El Cofre y que afecta la potabilización del agua de los sistemas de abastecimiento ubicados aguas abajo.

- 11. Otro tipo de contaminación ambiental.** Los participantes identificaron otros impactos negativos sobre el suelo y los ecosistemas en Cajibío y otras problemáticas ambientales tales como los incendios forestales, la deforestación y el inadecuado manejo de las basuras. La deforestación resultó ser un subtema recurrente entre los participantes y fue mencionado como una explicación a la escasez física de agua en el municipio. La deforestación se puede dar por actividades de subsistencia económica: *“Deforestación: En el área donde nace el río Cajibío se realizan quemas de carbón para subsistencia, cultivos de yuca, maíz, potreros, parcelaciones, asentamientos ilegales, extracción de leña”* [grupo Servicio de acueducto], puede ocasionar efectos negativos en el suelo: *“Mayor erosión de los suelos de las cuencas debido a la deforestación”* [grupo Entidades municipales y departamentales] y parece ser un problema general en el municipio: *“Tala de bosques en la quebrada La Pedregosa. Nosotros como comunidad de la vereda El Arado donde tenemos nacimiento de agua Pedregosa necesitamos ayuda económica ya que el municipio no cuenta con el recurso para ayudarnos a mejorar este nacimiento de agua. Nos colaboren con árboles para fortalecer donde está el nacimiento de agua”* y *“Sequía de ojos de agua o nacimientos ríos Pedregosa, Cerro*

gordo y Mambial. En verano los nacimientos de los ríos Pedregosa, Cerro Gordo, Mambial y ojos de agua en Alto La Pajosa huyen por la causa de falta de árboles en las áreas donde se encuentran las cuencas y por las talas de árboles en aguas arriba [grupo JAC / Ciudadanos].

12. Otros. Este tema agrupa situaciones o condiciones puntuales que complementaron la discusión de amenazas y consecuencias, tales como la complejización de los problemas que ya enfrentan los prestadores del servicio de agua, problemas globales como el cambio climático y la pandemia COVID-19, una iniciativa de conservación ambiental en la vereda La Buitrera, ausencia escolar como consecuencia de enfermedades, concesiones de agua, inadecuado diseño del sistema de abastecimiento, lluvias torrenciales y minería en la cuenca alta del río Cauca. Particularmente resaltamos este aspecto de conservación ambiental: *“En la finca Alto Jardín de la Vereda Buitrera se realiza cuidado de las rondas hídricas mediante el aislamiento de la fuente, se prohíbe la caza y la tala de bosques naturales”* [grupo Servicio de acueducto]. Conocer estas acciones puede ayudar a que otras personas se animen a realizar algo similar para cuidar el medio ambiente.

13. Problemas y necesidades en otro tipo de infraestructura. Los participantes señalaron problemas puntuales, según sus experiencias particulares, en otro tipo de infraestructura que incluye la electricidad (costos y continuidad del servicio) *“En la vereda El Lago se va frecuentemente la luz debido a que la red atraviesa los bosques de Cartón de Colombia y se caen árboles sobre la red. Cada que cae un rayo sobre la red se suspende el servicio. Motivo eólico, atmosférico. Considerando un periodo de unos 10 años, una vez duramos siete días sin luz. La última vez se demoró tres días. Paro con mucha frecuencia se va desde unos días a unas horas”* [grupo JAC / Ciudadanos], un matadero municipal *“Cajibío no tiene matadero afectando la cuenca del río Cerro Gordo contaminando esta fuente”* [grupo JAC / Ciudadanos], distritos de riego *“Aquí en Cajibío se necesita un distrito de riego para poder cultivar en tiempo de sequía”* [grupo JAC / Ciudadanos] y el incremento de la demanda de servicios públicos domiciliarios cuando se incrementa la población por nuevos desarrollos urbanísticos *“Incremento en solicitud de servicios públicos agua, luz, internet, transporte y vías. La población nueva asentada en las zonas rurales del municipio de Cajibío se les hace necesario contar con servicios públicos adecuados para su bienestar”* [grupo Servicio de acueducto].

14. Relaciones interpersonales. La discusión sobre los problemas de inseguridad hídrica en Cajibío también condujo a identificar el tipo de relaciones que existen entre los actores. Uno de estos son los conflictos producidos por la necesidad de acceder a otras fuentes de agua ubicadas en terrenos privados: *“Se generan conflictos entre vecinos del municipio ya que los dueños del predio donde están las fuentes alternas de agua no dejan que otros ajenos entren a su predio”* [grupo Servicio de acueducto]; la negación del servicio de agua a nuevos solicitantes *“Teniendo en cuenta que hay alta demanda por servicio de agua, se genera conflicto por solicitudes rechazadas entre juntas de acueducto y solicitantes”* [grupo Servicio de acueducto]; la manifestación del descontento de las personas en eventos públicos institucionales *“Las personas manifiestan sus inconformidades en las reuniones públicas,*

campañas políticas, intervenciones públicas del alcalde de turno [grupo Entidades municipales y departamentales] e incremento de protestas sociales por las necesidades insatisfechas *“Incremento de las protestas sociales. Debido a las necesidades insatisfechas que generan inconformidad en pobladores de Cajibío”* [grupo Entidades municipales y departamentales]. Los conflictos étnicos por la invasión de tierras también fueron mencionados en este tema.

Otras relaciones interpersonales se basan en la desconfianza por lo que algunos sistemas rurales de abastecimiento de agua en el municipio no están conformados según los requerimientos de la normatividad vigente: *“Hay soluciones colectivas de agua que no quieren establecerse legalmente y no pueden acceder a recursos públicos”* [grupo Servicio de acueducto]. Las interrupciones del servicio de agua en las viviendas también generan que los usuarios empiecen a desconfiar del prestador del servicio: *“Desvinculación o suspensión de servicios. Debido a la discontinuidad del servicio de agua, se genera inconformidad y por ende se pierde confianza en el servicio que se presta”* [grupo Entidades municipales y departamentales].

Los participantes del grupo Servicio de acueducto también manifestaron solidaridad al no negar la conexión al sistema de la vereda El Cedro *“Vereda El Cedro: mayor demanda hace que se busque aumentar la capacidad de almacenamiento del acueducto. Se incrementa la labor de los operarios del acueducto rural El Cedro para lograr darle servicio a los nuevos pobladores y se hace necesario más almacenamiento de agua en los tanques dispuestos para este uso”*. Esto refleja los principios que guían la prestación del servicio de agua en las juntas o grupos comunitarios rurales que administran y operan el sistema. Sin embargo, es necesario tener en cuenta que la infraestructura física del sistema tiene una capacidad determinada, la cual debe ser ampliada oportunamente según el crecimiento de la población.

La solidaridad también es una característica del involucramiento de la comunidad en la conservación del sistema El Porvenir – La Buitrera: *“La junta del acueducto trabaja de manera voluntaria. En este momento no hay ingreso de ningún tipo. Para mejorar el servicio, se necesita ayuda del municipio y otras entidades. La comunidad también contribuye con la reserva. Se debe dialogar con la gente sobre la prestación del servicio que no puede ser gratis para que el sistema funcione bien”* [grupo Servicio de acueducto]. Otros participantes expresaron la necesidad de asistencia técnica para reforestar su territorio: *“Tala de bosques en la quebrada La Pedregosa. Nosotros como comunidad de la vereda El Arado donde tenemos nacimiento de agua Pedregosa necesitamos ayuda económica ya que el municipio no cuenta con el recurso para ayudarnos a mejorar este nacimiento de agua. Nos colaboren con árboles para fortalecer donde está el nacimiento de agua”* [grupo JAC / Ciudadanos].

15. Salud y bienestar de las personas. Este tema cubre las consecuencias últimas de las condiciones de inseguridad hídrica en Cajibío y que están relacionadas con enfermedades de la piel *“Actualmente la gente nada en el lago El Bolsón, pero si no se hace una red de alcantarillado el freático contaminado llegará al lago y proliferarán los patógenos: hongos y bacterias y las gentes aficionadas a la natación se enfermarán”* [grupo JAC / Ciudadanos]; enfermedades gastrointestinales debido a la contaminación del agua *“Por no tratarse*

adecuadamente las aguas o al ser contaminadas se generan enfermedades como Helicobacter pylori llegando a generar cáncer de estómago y otros problemas gástricos y enfermedades diarreicas agudas” [grupo Entidades municipales y departamentales] y enfermedades por el aire contaminado por la quema de basuras “Las personas se enferman por la mala calidad del aire. Al no existir una buena disposición de las basuras, el aire no tiene las condiciones adecuadas y por ende genera enfermedades respiratorias en las comunidades rurales” [grupo JAC / Ciudadanos].

En cuanto al bienestar, los participantes describieron el mayor esfuerzo físico que implica recoger agua en fuentes alternas de agua cuando no se cuenta con el servicio en las viviendas *“Mayor esfuerzo físico en la familia para cargar el agua hacia el hogar. Muchas personas que viven en las zonas rurales no cuentan con el servicio de acueducto, por esta razón deben ir hasta el río o quebrada más cercana y recoger el agua para llevarla hasta sus hogares, lo cual indica una un gran esfuerzo físico diariamente” [grupo JAC / Ciudadanos] y cómo se altera la rutina diaria de las personas cuando no se suspende el servicio de agua en sus viviendas “Cuando no hay agua, los usuarios no pueden desarrollar sus actividades domésticas normales” [grupo Servicio de acueducto].*

El bienestar de las personas también hace referencia a los beneficios que ofrece la ruralidad por lo cual Cajibío resulta atractivo para la construcción de vivienda nueva para personas externas al territorio: *“Tendencia de la migración de lo urbano a lo rural, el campo ofrece mejor calidad de vida y por costos. El ambiente natural que ofrece el campo o la ruralidad permitió que habitantes de las ciudades migraran hacia estos espacios donde se encuentra tranquilidad y espacio suficientes para desligarse del encierro al que fuimos sometidos por causa de la pandemia. La ruralidad ofrece salud mental y física” [grupo Servicio de acueducto].*

En la Tabla 6-1 se presenta el listado de todos los temas (celdas de color azul) y subtemas (celdas de color amarillo) identificados en el ATR y la cantidad de problemas de MUISKA por cada uno. En la mayoría de los casos, la cantidad de problemas por cada subtema suma el total de problemas en el tema respectivo. Sin embargo, hay dos excepciones a esto. Los temas “Baja calidad del servicio de agua potable” y “Contaminación o producción de agua contaminada” contienen uno y dos problemas asignados al tema principal y no a ningún subtema. Por eso la suma de los problemas de todos los subtemas es menor que al total del tema. La cantidad y tipo de temas resultantes de este ATR refleja la complejidad de las condiciones de inseguridad hídrica en Cajibío discutidas por los participantes en los talleres de los pasos 1 y 2. Así pues, el análisis de los problemas relacionados con la inseguridad hídrica en Cajibío por cinco dimensiones propuestas en MUISKA resultó en 15 temas principales. Dicha complejidad también se puede observar en las redes de interrelaciones entre amenazas y consecuencias en el Anexo C.

Tabla 6-1. Cantidad de problemas de MUISKA por tema identificado en el ATR

Tema	Cantidad de problemas de MUISKA por tema			
	JAC / Ciudadanos	Servicio de acueducto	Entidades municipales y departamentales	Total
1. Acceso a otras fuentes de agua	5	3	0	8
2. Aumento de la población, creación de parcelas o nuevas comunidades	7	7	3	17
3. Baja calidad del servicio de agua para consumo humano	2	22	3	27 ^(a)
3.1 Aumento de quejas	0	2	0	2
3.2 Ausencia de infraestructura	1	2	0	3
3.3 Capacidad limitada de sistemas pequeños	1	8	2	11
3.4 Demanda de más personal para operación y mantenimiento del sistema	0	6	0	6
3.5 Negar el servicio a nuevos usuarios	0	3	1	4
4. Bajos ingresos y más gastos económicos	8	15	6	29
4.1 Incremento de los costos de mantenimiento del sistema de abastecimiento de agua	0	2	0	2
4.2 Incremento de los costos del personal del prestador del servicio de agua	0	2	0	2
4.3 Incremento de los costos de potabilización de agua	0	3	0	3
4.4 Incremento de los costos familiares	2	0	2	4
4.5 Necesidad de incrementar los ingresos económicos	5	0	1	6
4.6 Reducción de ingresos económico para el prestador del servicio de agua y otros	1	3	8	12
5. Características atractivas de Cajibío	4	0	6	10
5.1 Con impactos negativos	2	0	2	4
5.2 Con impactos positivos	2	0	4	6
6. Contaminación o producción de agua contaminada	13	12	16	41 ^(a)
6.1 Ausencia o mal funcionamiento de los sistemas de saneamiento básico	7	1	7	15
6.2 Contaminación producida por cultivos ilícitos	1	0	0	1
6.3 Dificultades para potabilizar el agua	0	7	2	9
6.4 Incremento en la producción y vertimiento de aguas residuales tratadas y no tratadas	4	4	5	13
6.5 Proliferación de vectores	0	0	1	1
7. Impactos sobre / del sector agropecuario en Cajibío	7	0	3	10
7.1 Acceso al agua para este sector	6	0	0	6
7.2 Contaminación producida por este sector	1	0	1	2
7.3 Efectos negativos sobre la salud animal	0	0	2	2
8. Incumplimiento de la normatividad vigente	2	0	4	6
9. Interrupciones del servicio de agua	14	22	4	40
9.1 Aire en las tuberías	0	3	0	3
9.2 Ausencia o escasez física del agua	12	3	3	18

Tema	Cantidad de problemas de MUISKA por tema			
	JAC / Ciudadanos	Servicio de acueducto	Entidades municipales y departamentales	Total
9.3 Baja presión hidráulica	0	2	0	2
9.4 Conexiones fraudulentas	1	3	1	5
9.5 Daños en la infraestructura	0	6	0	6
9.6 Falta de energía eléctrica	1	0	0	1
9.7 Fugas de agua	0	1	0	1
9.8 Obsolescencia o deterioro de la infraestructura	0	4	0	4
10. Necesidad de más y mejores conocimientos	4	10	7	21
10.1 Funcionamiento de los sistemas de abastecimiento de agua	0	6	0	6
10.2 Incrementar la conciencia ambiental	3	3	1	7
10.3 Más entrenamiento técnico (pasado y presente)	1	5	1	7
10.4 Nuevas tecnologías para aprovechar subproductos	0	0	1	1
11. Otro tipo de contaminación ambiental	14	5	9	28
11.1 Contaminación del suelo	0	1	3	4
11.2 Deforestación	8	1	2	11
11.3 Efectivos negativos sobre los ecosistemas	1	0	4	5
11.4 Inadecuada disposición de las basuras	5	2	0	7
11.5 Incendios forestales	0	1	0	1
12. Otros	1	7	5	13
13. Problemas y necesidades en otro tipo de infraestructura	9	1	0	10
14. Relaciones interpersonales	1	7	6	14
14.1 Conflictos entre actores	0	2	3	5
14.2 Desconfianza entre actores	0	2	3	5
14.3 Pedir ayuda	1	1	0	2
14.4 Solidaridad	0	2	0	2
15. Salud y bienestar de las personas	6	5	3	14
15.1 Bienestar de las personas	1	4	0	5
15.2 Efectos negativos sobre la salud humana	5	1	3	9

^(a) Este tema raíz contiene un problema que pertenece sólo a éste y no a los subtemas.

Para entender los resultados del ATR desde el punto de vista de los participantes, en la Figura 6-7, Figura 6-8 y Figura 6-9 se muestran los 20 temas o subtemas más recurrentes en cada uno de los grupos participantes. En general, al analizar el top tres de los temas más recurrentes en cada grupo, se observa en la Figura 6-7 que los problemas considerados por el grupo JAC / Ciudadanos están relacionados con la interrupción del servicio de agua, la contaminación del agua y la escasez física de agua en las fuentes abastecedoras. Para el grupo Servicio de acueducto, los problemas considerados por ellos incluyen la interrupción del servicio de agua, baja calidad del servicio de agua y bajos ingresos para el prestador y más gastos económicos para operar y mantener el sistema (Figura 6-8). Estos problemas se asocian con su rol doble en el territorio al ser prestador del servicio y usuario al mismo tiempo. En cuanto al grupo Entidades municipales

y departamentales (Figura 6-9), los problemas discutidos por los participantes están relacionados con la contaminación o producción de agua contaminada, la necesidad de tener más y mejor conocimiento y la ausencia o mal funcionamiento de los sistemas de saneamiento básico.

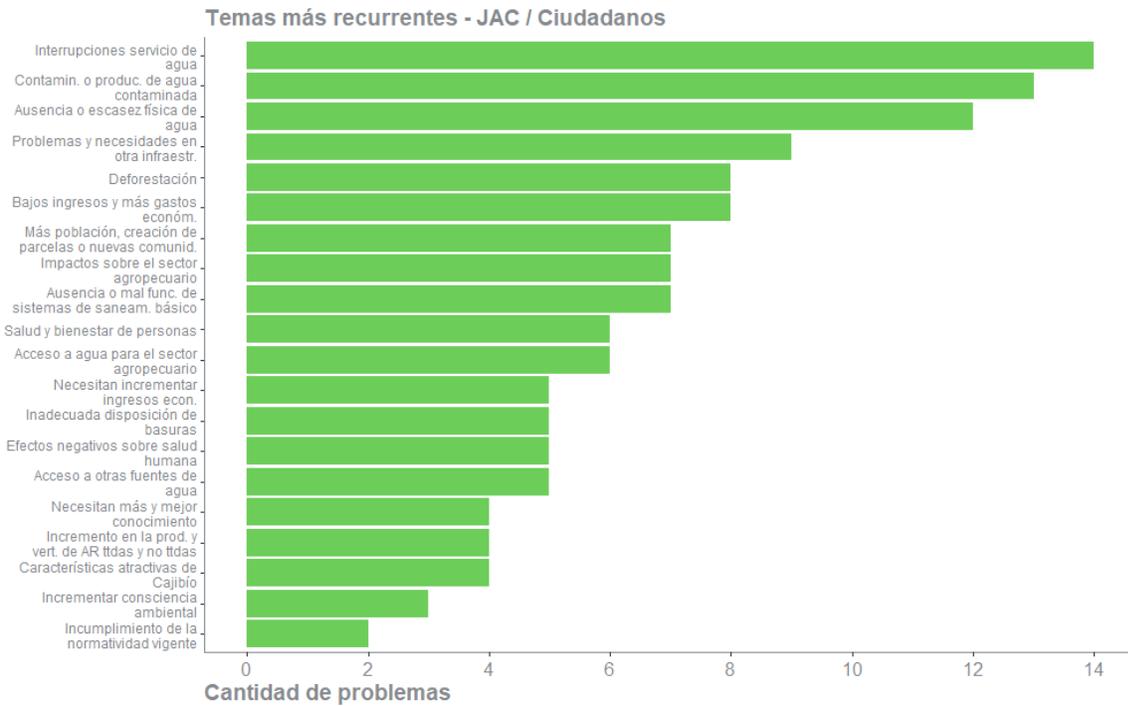


Figura 6-7. Temas más recurrentes en el grupo JAC / Ciudadanos

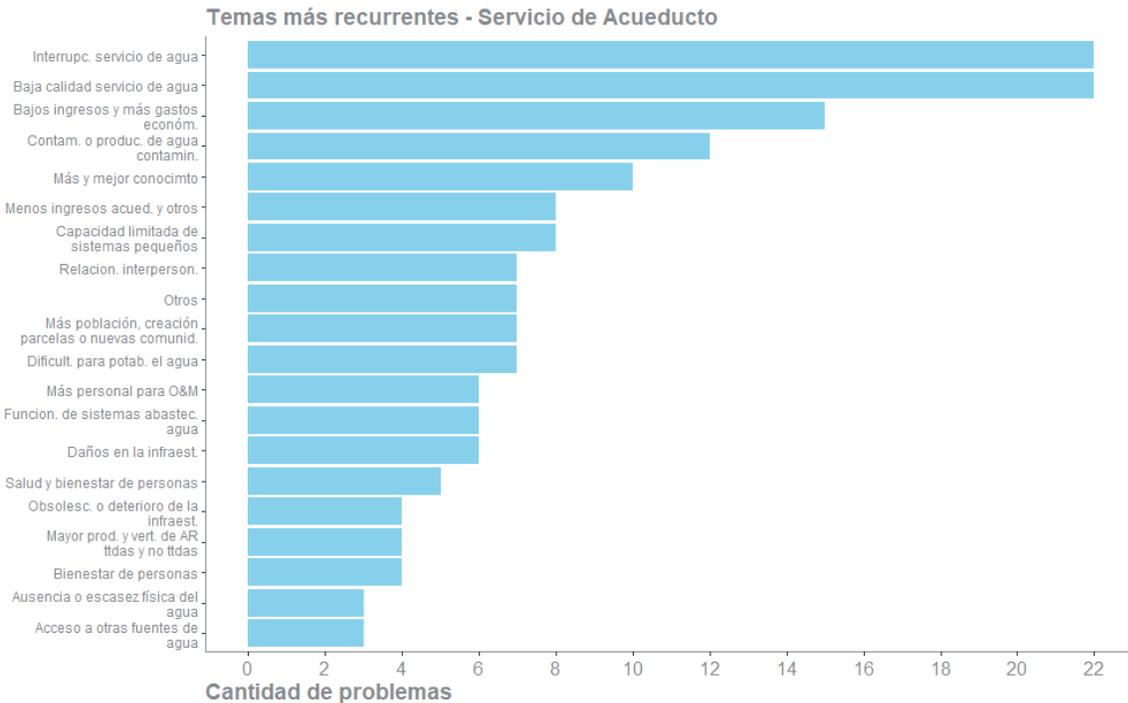


Figura 6-8. Temas más recurrentes en el grupo Servicio de acueducto

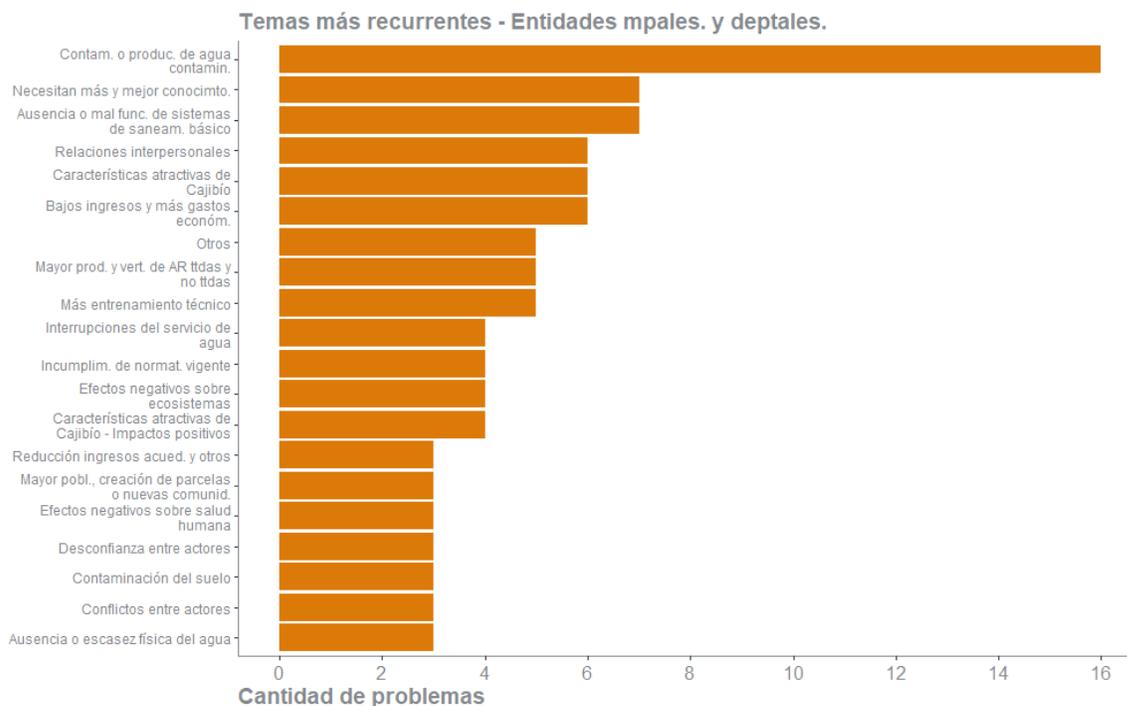


Figura 6-9. Temas más recurrentes en el grupo Entidades municipales y departamentales

También observamos que el tema “Interrupciones del servicio de agua” es el tema más recurrente para los grupos de participantes que incluyen a individuos que habitan el territorio (JAC / Ciudadanos y Servicio de acueducto). Esto es lógico pues cada grupo representa una cara del mismo problema: el prestador del servicio y el consumidor y los participantes de cada grupo enfrentan este problema diariamente en su municipio. En el caso del grupo Entidades municipales y departamentales, el tema más recurrente fue “Contaminación o producción de agua contaminada”. Esto también es razonable si se tiene en cuenta que algunos participantes de este grupo eran representantes de la autoridad ambiental regional, institución que es responsable del control de vertimientos de aguas residuales en el departamento del Cauca. Este tema es el segundo más recurrente en el grupo JAC / Ciudadanos y el cuarto en el grupo Servicio de acueducto.

Por lo anterior, es claro que los aspectos relacionados con el acceso a agua limpia, tanto en la vivienda como en los ríos que atraviesan a Cajibío y representados por los temas “Interrupciones del servicio de agua” y “Contaminación o producción de agua contaminada”, son los asuntos más reiterados por los participantes en este estudio. Adicionalmente, los temas más recurrentes graficados en la Figura 6-7, Figura 6-8 y Figura 6-9 también son un reflejo del rol que los participantes en el estudio desempeñan en el territorio.

6.3 CONCLUSIÓN DEL PASO 2

Para resumir el ATR del paso 2 de MUISKA desarrollado en Cajibío, la Figura 6-10 muestra un mapa temático entre 14 de los 15 temas identificados en este análisis; el tema “Otros” no fue incluido en el mapa. Es importante destacar que, dado que los participantes crearon la matriz de escalas y dimensiones con la descripción de cada problema identificado en el paso 1 en las redes de amenazas y consecuencias, es lógico encontrar que los temas resultantes del ATR se interrelacionan de forma similar que en dichas redes. Sin embargo, la Figura 6-10 no muestra relaciones causa-efecto literalmente, sino que reflejan la interpretación de los autores de este informe sobre potenciales interrelaciones entre los temas para explicar el contexto de las condiciones de inseguridad hídrica en Cajibío.

El mapa temático nos muestra que hay tres temas principales que agrupan problemas o situaciones de fondo que generan los demás problemas discutidos (Figura 6-10). Tales situaciones o problemas de fondo son las características atractivas del municipio, el incumplimiento de la normatividad vigente y los bajos ingresos y más gastos familiares para individuos y organizaciones. Luego, el aumento de la población y la carencia de infraestructura conllevan a la contaminación del agua, el aire, el suelo y la deforestación. Esto afecta también a los ecosistemas, dificulta la potabilización de agua e interrumpe la prestación continua del servicio. Esto último reduce la calidad del servicio, por lo que los consumidores deben acceder a otras fuentes de agua, afectando su salud y bienestar. El sector agropecuario también se ve afectado por la contaminación del agua. A su vez, los efectos negativos sobre la salud y bienestar de los pobladores de Cajibío y el acceso a fuentes alternas de agua incrementan los gastos familiares.

Estas interrelaciones entre temas están enmarcadas en otros dos temas fundamentales para comprender las condiciones de inseguridad hídrica en Cajibío. El marco interno se refiere al tema “Necesidad de más y mejores conocimientos” ya que esto contribuiría a contar con sistemas de abastecimiento diseñados, operados y mantenidos adecuadamente (Figura 6-10). Igualmente, el conocimiento relacionado sobre el funcionamiento de estos sistemas en manos de los consumidores también ayudaría a que estos valoren más el servicio que los sistemas y sus administradores ofrecen para mejorar la calidad de vida de todos y fomentaría una actitud más positiva hacia el pago oportuno del servicio y uso racional del agua. También más y mejores conocimientos técnicos sobre cómo aprovechar subproductos de actividades productivas como la elaboración de cabuya contribuiría a manejar mejor estas actividades para reducir el impacto ambiental sobre las fuentes abastecedoras de agua (Figura 6-10).

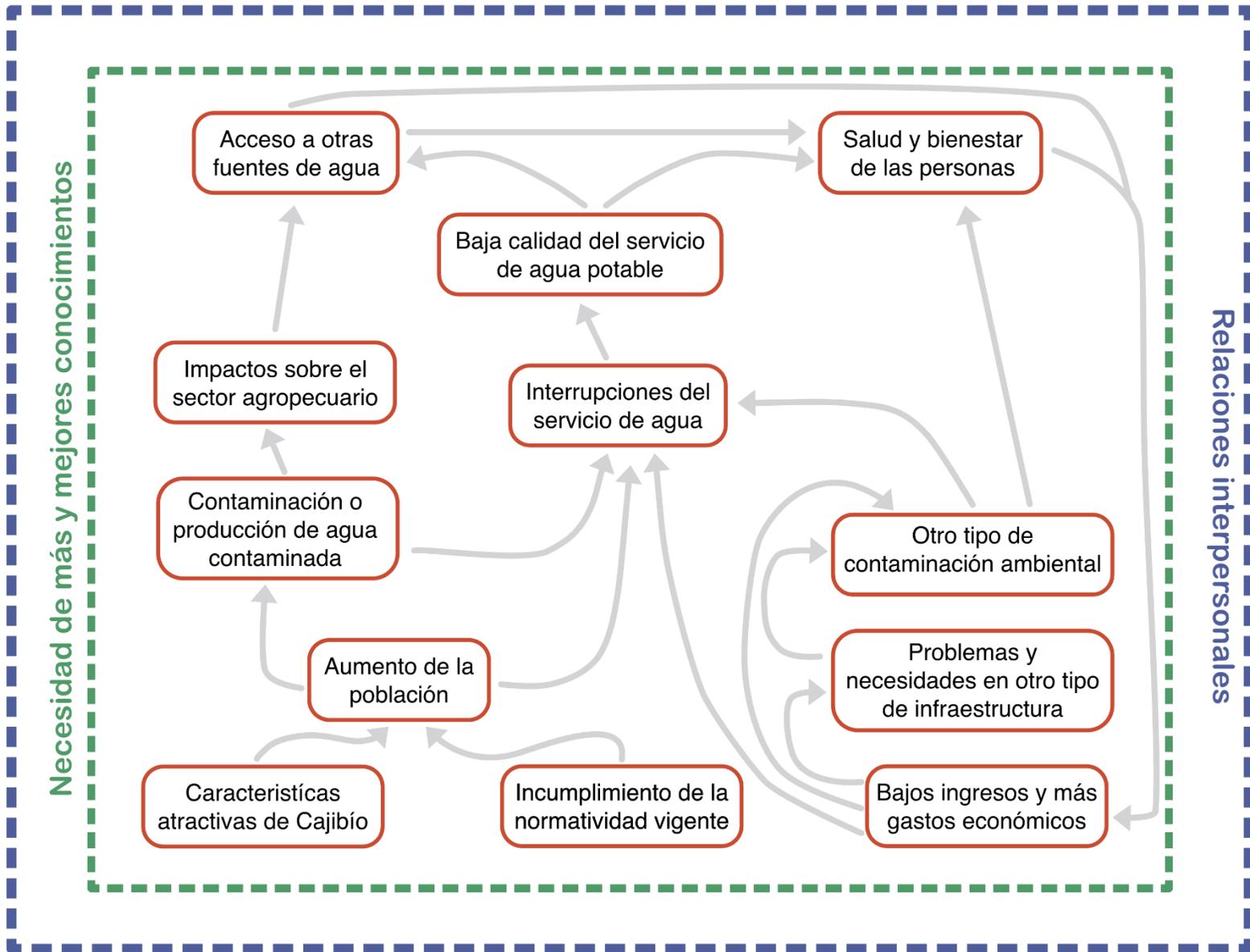


Figura 6-10. Mapa temático del ART para Cajibío

Tanto los problemas de inseguridad hídrica como las potenciales intervenciones para mejorar estas condiciones pasan necesariamente por las relaciones interpersonales entre individuos y organizaciones (marco externo en la Figura 6-10). Por esto, la resolución pacífica de conflictos y una comunicación transparente y continua entre los prestadores del servicio de agua, los consumidores y las autoridades ambientales podrían favorecer la construcción de relaciones basadas en la confianza que resulten en impactos positivos sobre las personas y los ecosistemas. Esto sería la base para procesos de largo plazo para trabajar a favor de la seguridad hídrica en la región. Igualmente, expresiones puntuales de solidaridad y de pedir ayuda son oportunidades que actualmente hay en Cajibío para trabajar de la mano con los ciudadanos de manera articulada en objetivos de bienestar común.

En términos de la metodología propuesta por MUISKA, el ATR presentado aquí muestra la concordancia y utilidad entre las herramientas redes de amenazas y consecuencias y matriz de dimensiones y escalas para mapear los problemas relacionados con la inseguridad hídrica en Cajibío. El ATR por su parte permitió profundizar, a partir de los datos cualitativos producidos por los participantes en el proyecto, los temas sobre inseguridad hídrica. En este sentido, la matriz de cuatro escalas y cinco dimensiones de MUISKA es útil para distinguir los problemas en estos grandes grupos en formato taller participativos y el ATR permitió identificar grupos de problemas más precisos para el contexto específico de este municipio. Es decir, ambos enfoques son complementarios.

7 PASO 3 – PRIORIZACIÓN DE LAS CONSECUENCIAS CUYOS RIESGOS SERÁN EVALUADOS

7.1 METODOLOGÍA DEL PASO 3

En el paso 3, los participantes priorizaron los problemas que ellos consideraron más relevantes para ser objeto de una evaluación completa del riesgo (a desarrollar en el paso 4). Los objetivos generales del paso 3 fueron priorizar los impactos según diversos criterios y reconocer relaciones de poder preliminares que influyen en la priorización. En el caso del grupo Servicio de acueducto, fue necesario realizar un taller adicional (cuatro en total para este paso) ya que sus integrantes identificaron una gran cantidad de problemas y necesitó más tiempo para deliberar y establecer sus prioridades en cada filtro. La Fotografía 7-1 muestra a los participantes priorizando sus problemas relacionados con la inseguridad hídrica para ser objeto de evaluación del riesgo.



Fotografía 7-1. Participantes en el proyecto priorizaron los según criterios por filtros

La metodología de esta priorización se basa en la aplicación de cuatro filtros para descartar una cierta cantidad de consecuencias incluidas en la red elaborada en el paso 1 (Figura 7-1). Estos filtros corresponden a los criterios que sirven para descartar (o no) algunas de las consecuencias previamente identificadas. El filtro 1 se refiere a la magnitud de las consecuencias determinadas en el paso 1 según las conexiones directas de cada problema en la red de amenazas y consecuencias. El filtro 2 se aplica a las consecuencias que pasaron el filtro anterior y, según las escalas y dimensiones de MUISKA para entender quiénes y en qué escala sufren esas consecuencias, los participantes seleccionaron las consecuencias que pasan a la etapa siguiente. El filtro 3 usa criterios de gobernanza del agua para determinar las capacidades de incidencia en el diseño, asignación de recursos económicos, y el poder de implementación que tienen los participantes para dar manejo a las consecuencias que pasaron el filtro 2. Con base en esto, los participantes eligen el bloque final de problemas prioritarios para ellos. Posteriormente, el equipo de investigación aplica el filtro 4 para elegir uno o varios riesgos a evaluar, según los recursos disponibles. La decisión final se acordó con los participantes en el proyecto.

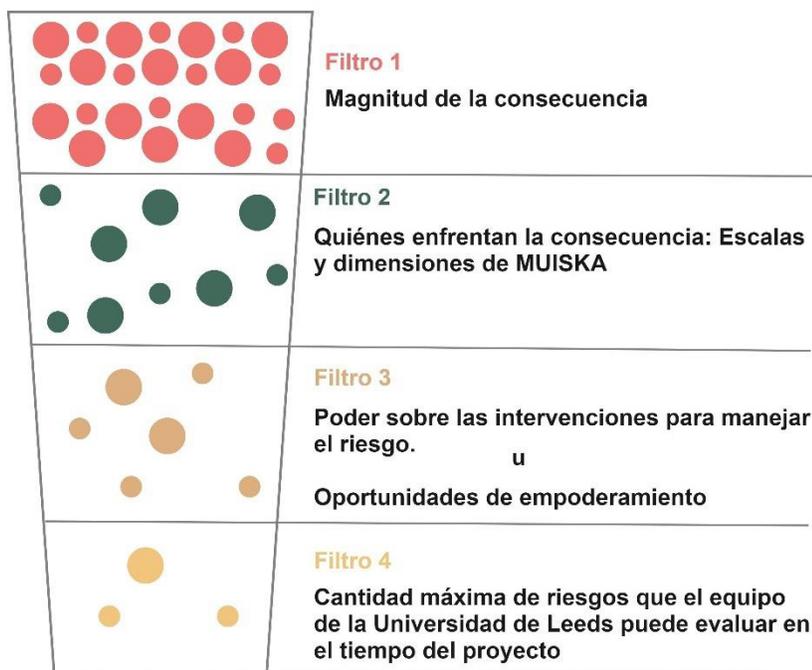


Figura 7-1. Criterios por filtros para priorizar consecuencias que serán sometidas a evaluación del riesgo en el paso 4 de MUISKA

7.2 RESULTADOS Y DISCUSIÓN DEL PASO 3

En la Tabla 7-1 se presentan los listados de las consecuencias priorizadas y la Figura 7-2 muestra la disminución de problemas priorizados a medida que cada grupo aplicaba los filtros. Cada grupo empezó el proceso con un total de 52 a 77 problemas y terminó con de 3 a 21 problemas priorizados. El Anexo E incluye la aplicación de cada filtro y las consecuencias priorizadas hasta que cada grupo de participantes obtuvieron un listado final de consecuencias prioritarias para ellos.

Tabla 7-1. Consecuencias priorizadas luego de la aplicación de tres filtros

Nombre de la consecuencia		
Grupo JAC / Ciudadanos - B	Grupo Servicio de acueducto	Grupo Entidades municipales y departamentales
1. Altos costos de diseño y construcción de acueductos	1. Deforestación	1. PBOT desactualizado. Conflictos de uso del suelo sin planificación
2. Limitados recursos económicos	2. Desperdicio de agua por parte del usuario	2. Baja cobertura en acceso a saneamiento y agua potable
3. Beneficios económicos de los atractivos turísticos	3. Mayor producción de ARD / Incremento de descargas de ARD	3. Deforestación

Nombre de la consecuencia		
Grupo JAC / Ciudadanos - B	Grupo Servicio de acueducto	Grupo Entidades municipales y departamentales
4. No se respeta el PBOT de Cajibío	4. La planta de potabilización no tiene capacidad de tratar agua con alta turbiedad	
5. Mucha tala de árboles cerca de los ríos y nacimientos de agua y siembra de cultivos cerca de las quebradas	5. La represa en la captación de la v. El Cedro se llena de lodos en época de lluvias. Esta vereda no tiene planta de potabilización	
6. Incremento de población y demanda de agua	6. Sistema de tratamiento para potabilizar agua es obsoleto	
7. Contaminación de las fuentes de agua	7. El acueducto tiene una capacidad determinada	
8. Incremento de los costos en la economía familiar	8. Incremento del consumo de coagulante cuando el agua cruda tiene alta turbiedad	
	9. Algunas fuentes alternas para el abastecimiento de agua se encuentran en terrenos privados	
	10. Aumento en la frecuencia de mantenimiento de la represa v. El Cedro	
	11. Se necesita mayor cantidad de agua: captación y almacenamiento	
	12. Producción de agua sin tratamiento	
	13. Mayor demanda de trabajo de los operadores del acueducto	
	14. Se niega el servicio a nuevos usuarios	
	15. Presencia de enfermedades transmitidas por el agua en la población abastecida	
	16. Incremento de los costos del mantenimiento del sistema	
	17. Tratamiento deficiente del agua en los acueductos El Cofre y La Venta - El Cairo	
	18. V. El Cedro: mayor demanda de agua genera mayor capacidad de almacenamiento. Se hace el esfuerzo de no negar el servicio a usuarios nuevos.	
	19. Incremento de costos de tratamiento del agua para potabilización	
	20. Afecta negativamente la estabilidad financiera de la junta administradora del acueducto	
	21. V. El Cedro: incremento de reportes de enfermedades.	

Nombre de la consecuencia		
Grupo JAC / Ciudadanos - B	Grupo Servicio de acueducto	Grupo Entidades municipales y departamentales
	Recomiendan el hervir el agua cuando esto pasa.	

Cantidad de problemas

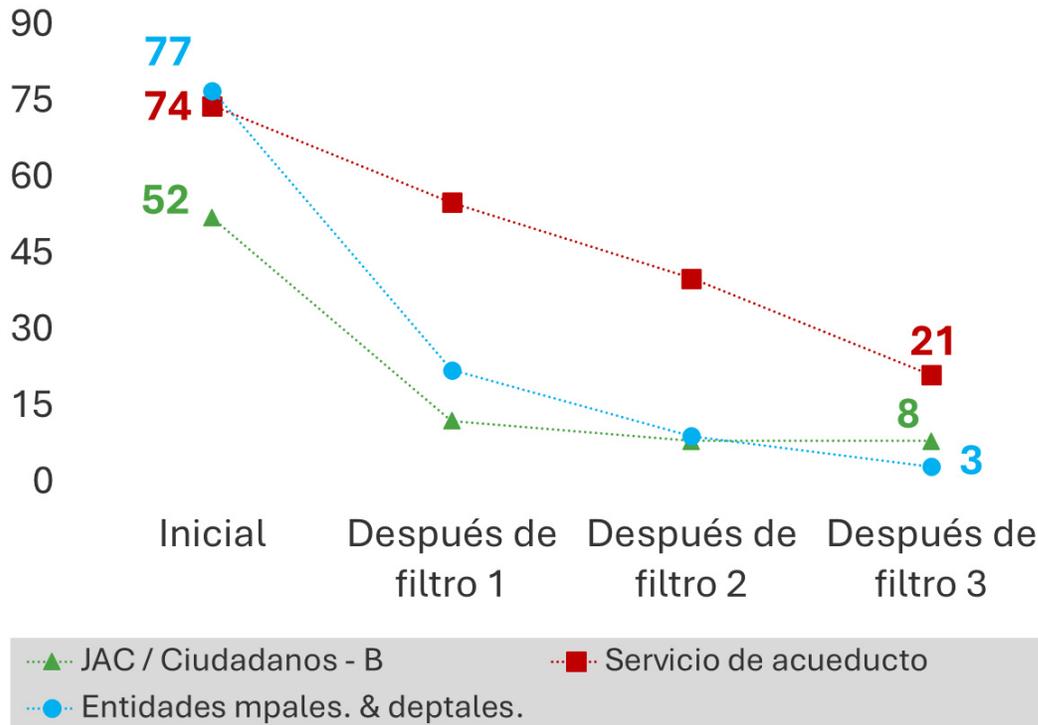


Figura 7-2. Cantidad de problemas priorizados según los tres filtros del paso 3 de MUISKA

Luego de la aplicación del filtro 4 y teniendo en cuenta las prioridades de los participantes en el estudio, se propuso entonces la evaluación del siguiente riesgo:

Riesgo de escasez de agua para los habitantes de Cajibío causada por cambios en el uso del suelo en las cuencas (deforestación y urbanización acelerada) debido a la débil regulación del uso del suelo y a los incentivos para fragmentar tierras inicialmente destinadas a uso agrícola y ganadero.

Para llegar a esta priorización final, el equipo de investigación revisó las prioridades finales establecidas por los participantes, cuáles eran comunes y cuál es suposición en la red de amenazas y consecuencias (causas raíz o intermedias o consecuencias últimas). También cabe destacar que, tanto la deforestación como la urbanización rápida, son riesgos combinados. En la ciencia de riesgos de desastres se les llaman “*compound risks*” (riesgos compuestos). Es decir que, cuando estos dos riesgos ocurren simultáneamente, generan condiciones catastróficas o devastadoras.

Ambos problemas limitan la cantidad de agua disponible para todos los usos: mantenimiento de los ecosistemas, consumo humano, saneamiento, agropecuario, etc. Si estos se consolidaran en el mediano o largo plazo simultáneamente, se esperarían consecuencias más severas sobre la disminución de la cantidad y calidad de agua en las fuentes hídricas que sirven al municipio.

Por otra parte, los grupos JAC / Ciudadanos y Entidades municipales y departamentales coinciden en estos dos problemas priorizados. Por su parte, el grupo Servicio de acueducto priorizó una consecuencia del problema relacionado con el crecimiento de la población: incremento en la producción de ARD.

Una tercera razón para priorizar este riesgo tiene que ver con que el grupo Servicio de acueducto priorizó 21 problemas en total. 15 de estos están cubiertos por el problema “deforestación” y otros dos por el problema “crecimiento de la población”. Este decir, 17 problemas de los 21 priorizados en total por este grupo son consecuencias de la deforestación y el crecimiento no planificado de la población en el municipio.

Finalmente, los grupos JAC / Ciudadanos y Entidades municipales y departamentales priorizaron problemas relacionados con la carencia de infraestructura para abastecerse de agua potable y para el saneamiento básico. Los dos riesgos propuestos incluyen la consecuencia sobre la disponibilidad de agua para consumo humano, lo cual es un requisito para ampliar la cobertura en agua potable y saneamiento básico para los habitantes del municipio existentes como para los potenciales nuevos que puedan llegar debido a la urbanización rápida.

7.3 CONCLUSIÓN DEL PASO 3

Riesgo a evaluar en el paso 4: Riesgo de escasez de agua para consumo humano en los habitantes de Cajibío causada por cambios en el uso del suelo en las cuencas (deforestación y urbanización acelerada) debido a la débil regulación del uso del suelo y a los incentivos para fragmentar tierras inicialmente destinadas a uso agrícola y ganadero. De acuerdo con el Anexo C, las consecuencias de la escasez de agua en Cajibío se reflejan en la carencia de agua para el consumo humano y la incapacidad de irrigar cultivos, hidratar al ganado, cerdos y otros animales de granja y emprender nuevos proyectos agropecuarios. Esto a su vez genera que las personas deban acudir a fuentes alternas de agua que podrían ser no seguras para la salud humana y animal o comprar agua embotellada. Finalmente, esto podría generar enfermedades e incrementar los costos familiares y el esfuerzo físico requerido para conseguir agua.

Desde el punto de vista de infraestructura y prestación del servicio de agua potable, la escasez de agua en las fuentes de abastecimiento ocasiona interrupciones en la prestación del servicio y dificultades técnicas en la red de distribución por la presencia de aire y baja presión hidráulica. Por lo tanto, genera malestar entre los usuarios porque sus actividades cotidianas se alteran y disminuye la facturación de agua. Esto último debilita la estabilidad financiera de los prestadores del servicio, arriesgando la calidad del agua potable y causando finalmente un bucle asociado a la baja calidad del servicio.

8 PASO 4 – EVALUACIÓN COMPLETA DEL RIESGO

8.1 METODOLOGÍA DEL PASO 4

El desarrollo del paso 4 del enfoque MUISKA incluyó dos fases. La primera corresponde al taller presencial realizado en Cajibío con los participantes en el proyecto. La segunda es el trabajo de escritorio para evaluar el riesgo priorizado en el paso anterior (Cuadro 8-1). En las siguientes secciones se describen cómo y qué se obtuvo en cada una de estas fases. Los objetivos del taller del paso 4 fueron:

- Evaluar los riesgos de las consecuencias priorizadas, cuantitativamente, cualitativamente o una mezcla de ambos.
- Explicar conceptos básicos de la ciencia de riesgos con enfoque en seguridad hídrica y sobre la comunicación de riesgos.
- Identificar preliminarmente vulnerabilidades relacionadas con las consecuencias priorizadas en el paso 3.
- Comprender el estado de resiliencia del sistema y cómo esta actuaría en caso de presentarse un evento no conocido en el municipio.

Cuadro 8-1. Riesgo priorizado por los participantes en el paso 3

Riesgo de escasez de agua para el consumo humano de los habitantes de Cajibío por cambios en el uso del suelo en las cuencas (deforestación y urbanización acelerada) debido a la débil regulación del uso del suelo y a los incentivos para fragmentar tierras inicialmente destinadas a uso agrícola y ganadero.

8.1.1 Fase 1 – Taller en Cajibío

Durante los talleres participativos se hizo una introducción breve sobre conceptos clave de la ciencia de riesgos, enfocándose en las definiciones de vulnerabilidad y resiliencia adoptadas en la metodología MUISKA (Figura 8-1).

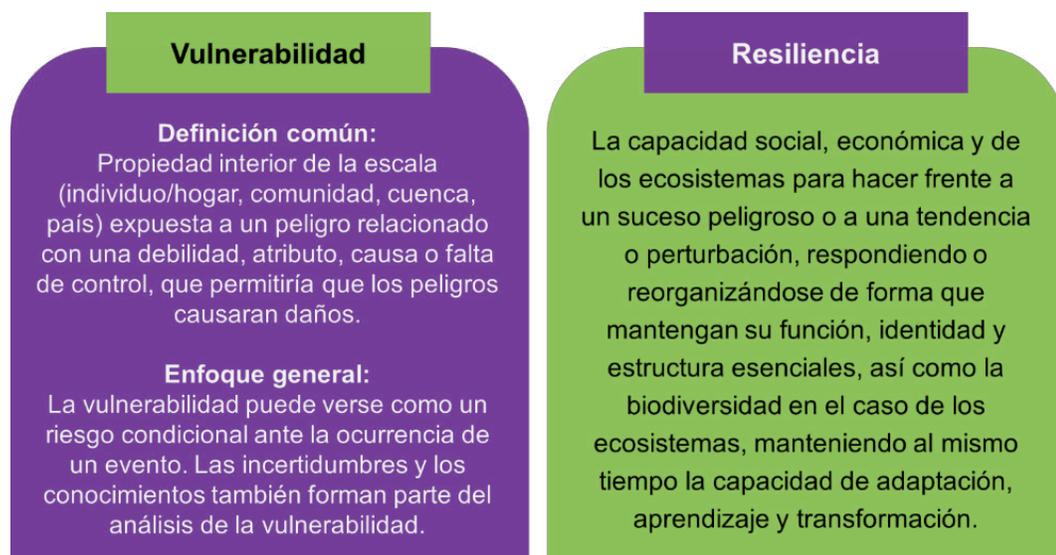


Figura 8-1. Conceptos de vulnerabilidad y resiliencia adoptados en el enfoque MUISKA

La identificación preliminar de vulnerabilidades y resiliencia se basó en la red de amenazas y consecuencias. Para las primeras, los participantes identificaron a) aquellas amenazas y consecuencias que ocurren por sí solas y b) aquellas que necesitan de “elementos adicionales” para ocurrir. Estos “elementos adicionales” se clasificaron como vulnerabilidades, cuando los participantes del taller así lo consideraron. En cuanto a la resiliencia, los participantes eligieron un evento sorpresa y, según el tipo de grupo de participantes, diligenciaron un formato adaptado de la guía de Water Aid⁶ para el elemento constitutivo correspondiente. La Fotografía 8-1 muestra a los participantes en los talleres del paso 4.

- * Grupo JAC / Ciudadanos:
 - Inclusión de género y social
 - Medioambiente y recursos hídricos
 - Evento sorpresa considerado: Afectaciones a la calidad del agua cruda en la bocatoma sobre la quebrada Michicao por incumplimiento de acuerdos entre las partes involucradas.
- * Grupo Servicio de acueducto: este grupo no pudo analizar aspectos de resiliencia ya que el tiempo no fue suficiente para esta actividad.
- * Grupo Entidades municipales y departamentales:
 - Políticas, estrategias y planificación
 - Disposiciones institucionales y capacidad
 - Coordinación e integración
 - Financiamiento
 - Evento sorpresa considerado: agente microbiológico no mapeado

⁶ Australia Aid, Water for Women and Water Aid 2021. Integración de la resiliencia climática con el fortalecimiento del sistema WASH [Online]. Available from: [https://washmatters.wateraid.org/sites/g/files/jkxooof256/files/2021-11/Integracion de la resiliencia climática con el fortalecimiento del sistema WASH.pdf](https://washmatters.wateraid.org/sites/g/files/jkxooof256/files/2021-11/Integracion%20de%20la%20resiliencia%20clim%C3%A1tica%20con%20el%20fortalecimiento%20del%20sistema%20WASH.pdf).



Fotografía 8-1. Participantes en el proyecto analizaron vulnerabilidades y aspectos de resiliencia

8.1.2 Fase 2 – Evaluación del riesgo

Para evaluar el riesgo priorizado en el paso 3, partimos de la definición de riesgo adoptada en el enfoque MUISKA, la cual se describe en la Figura 8-2. El riesgo se define entonces como la intersección entre una amenaza, exposición y vulnerabilidad, limitado por las incertidumbres, la solidez y profundidad del conocimiento y las consideraciones temporales. Así pues, la evaluación del riesgo incluye tales seis elementos e integra información cualitativa suministrada por los participantes durante los talleres e información cuantitativa secundaria. Es necesario resaltar que, como se describió en la sección 7.3, las consecuencias directas e indirectas de la escasez de agua no sólo afectan el consumo humano, sino también las actividades agropecuarias, ocasionan problemas de salud e incrementan los costos familiares y el esfuerzo físico que deben hacer las personas cuando acceden a fuentes alternas de agua. En las siguientes secciones se explica la metodología para describir cada uno de los componentes de la definición de riesgo adoptada en este estudio.

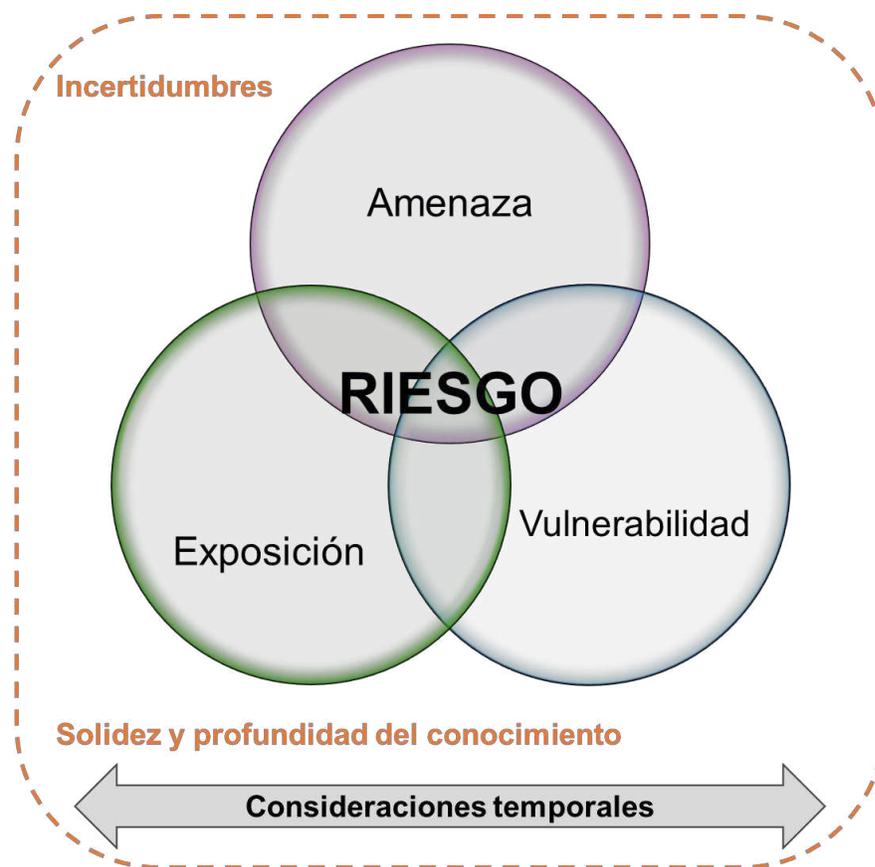


Figura 8-2. Definición de riesgo adoptada en el enfoque MUISKA

8.1.2.1 Amenaza

Esta está constituida por la escasez de agua en el punto de uso, es decir la vivienda o unidad productiva. Esta escasez puede deberse a dos factores en el caso de Cajibío. El primero es una escasez física en las fuentes de abastecimiento de los seis sistemas que participaron en el proyecto y el segundo es la falta de infraestructura que permita transportar agua tratada potable o cruda hasta el usuario final. Sin embargo, es necesario mencionar que existen otras dos clases de escasez de agua que no son consideradas a profundidad en este estudio, pero que se deben tener en cuenta a la hora de analizar integralmente el riesgo de escasez de agua en Cajibío. En la Tabla 8-1. se incluye un resumen de los cuatro tipos de escasez de agua, según Mehta (22) y Mdee (23).

Tabla 8-1. Cuatro formas de entender la escasez de agua

	1er orden – Escasez física	2º orden – Escasez económica	3er orden – Capacidad adaptativa	4º orden – Escasez originada a través de procesos sociopolíticos
Características	Volumen de agua; crecimiento demográfico; proyección de la	Desarrollo inadecuado de la infraestructura hídricas; gestión y disposiciones	Contexto social, político y económico de la gestión del agua.	La escasez como producto de procesos discursivos y sociopolíticos.

	1er orden – Escasez física	2º orden – Escasez económica	3er orden – Capacidad adaptativa	4º orden – Escasez originada a través de procesos sociopolíticos
	demanda futura; crecimiento industrial.	institucionales deficientes.		
Solución a través del manejo del agua	Mejora del abastecimiento mediante el almacenamiento (por ejemplo, debate entre pequeñas y grandes represas); desalinización; transferencia entre cuencas.	Reasignación del agua mediante mercados de agua, reforma del agua, soluciones tecnológicas, fijación de precios, aumento de la eficiencia.	Capacidad de adaptación social mediante la educación, el cambio cultural y el cambio de estilo de vida.	Deliberación; procesos de toma de decisiones; equidad y reasignación.
Solución de acceso	Objetivos globales (por ejemplo: objetivos del milenio y luego sostenibles); líneas de vida.	El agua como bien económico; fijación de precios; privatización; gestión comunitaria / APP (alianzas público-privadas).	Capacidad de adaptación social a través de la educación, el cambio cultural y el cambio de estilo de vida; toma de decisiones.	Redistribución / mejora de la equidad; institución de derechos al agua (por ejemplo: el derecho humano al agua).

Fuente: Adaptada de Mehta (2014) (22)

La Tabla 8-2. muestra el listado de las fuentes abastecedoras consideradas para este análisis y los sistemas de abastecimiento de agua de Cajibío respectivos. Todas las subcuencas pertenecen a la cuenca alta del río Cauca.

Tabla 8-2. Fuentes de abastecimiento de algunos de los sistemas de abastecimiento de agua de Cajibío

Fuente de abastecimiento	Subcuenca	Sistema de abastecimiento de agua	Área abastecida
Quebrada Alto La Pajosa	Río Cajibío	El Cairo	Vereda El Cairo
Río El Cofre	Río Palacé	La Venta – El Cofre	Vereda La Venta
		La Unión - La Capilla	13 veredas del corregimiento La Capilla
Quebrada Michicao	Río El Cofre	APC Cajibío	Centro urbano Veredas: El Porvenir, San José La Laguna, Potrerito, Pedregosa, La Palma, La Granja, Guayabal, El Túnel, El Arado, Cohetera, Cimarrona, La Aurelia, La Meseta, Santa Catalina, Cenegueta, Vilal Hermosa.
Nacimientos de agua	Río La Pedregosa	El Cedro	Vereda El Cedro
		El Porvenir	Vereda El Porvenir

Cabe destacar que las fuentes de abastecimiento y sistemas de abastecimiento de agua considerados en esta evaluación de riesgo corresponde a las veredas, corregimientos y sistemas

de acueducto representados por los participantes en los seis talleres de MUISKA. Reconocemos que existen otros sistemas de acueducto veredales que no están considerados en esta evaluación del riesgo, pero confiamos en que esta metodología pueda replicarse en aquellos casos donde haya interés de extender este análisis. De acuerdo con la Tabla 8-1., los dos tipos de escasez que vamos a evaluar a profundidad en este proyecto son los de primer y segundo orden. A continuación, describimos la metodología seguida para esto.

1. Disponibilidad física de agua

Dada la información limitada que existe en general en el departamento del Cauca sobre recursos hídricos, el análisis de la amenaza por escasez física de agua se realizó para la subcuenca del río Palacé ya que existe un modelo hidrológico realizado con el software SWAT, el cual fue compartido por el Grupo de Estudios Ambientales de la Universidad del Cauca. Desafortunadamente información similar no existe para las subcuencas de los ríos Cajibío y La Pedregosa, de las cuales se surten otros sistemas de abastecimiento de agua para consumo humano en Cajibío, tanto participantes como no participantes en este proyecto. Con base en el modelo hidrológico SWAT de la subcuenca del río Palacé, se calculó un índice de escasez de agua (24) para las microcuencas del río El Cofre y la quebrada Michicao de donde se abastecen los acueductos La Venta – El Cofre y APC Cajibío; los habitantes del corregimiento La Capilla podrían abastecerse en un futuro del río El Cofre según un proyecto de responsabilidad social para apoyarlos y así mejorar su acceso al agua potable.

Las redes de amenazas y consecuencias elaboradas por los participantes en el paso 1 indicó que los cambios de usos de suelo en Cajibío relacionados con la pérdida de cobertura vegetal⁷ y la parcelación de terrenos para construcción de vivienda campestre causan escasez de agua por la pérdida de retención de agua en el suelo, incremento de escorrentía y sólidos suspendidos, aumento de la demanda de agua para consumo humano y más cantidad de aguas residuales vertidas a las fuentes de agua del municipio.

De acuerdo con lo anterior, además de la línea base de análisis según datos del 01/01/2001 al 31/12/2022, incorporamos tres escenarios en el modelo SWAT. La metodología y resultados detallados de la elaboración del modelo hidrológico está en el Anexo F y la metodología de cálculo de las tasas de pérdida de vegetación y urbanización están en el Anexo G.

- Escenario 1. Pérdida de vegetación igual a 4,90% anual en un periodo de 25 años (2023 – 2048).

⁷ En los talleres, los participantes usaron el término “deforestación”. A partir de este punto en el presente informe, usaremos el término “pérdida de cobertura vegetal”. La FAO define técnicamente que la deforestación es la pérdida de bosques. Los bosques a su vez son “tierras que se extienden por más de 0,5 hectáreas dotadas de árboles de una altura superior a 5 metros y una cobertura de copa superior al 10 por ciento, o de árboles capaces de alcanzar esta altura in situ. No incluye la tierra sometida a un uso predominantemente agrícola o urbano.” La metodología empleada aquí no consideró la definición técnica de bosque de la FAO ya que sólo usamos el índice de vegetación por diferencia normalizada para clasificar las coberturas del suelo, incluyendo vegetación densa y media.

Fuente FAO: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, 2020. Evaluación de los recursos forestales mundiales 2020. Términos y Definiciones FRA 2020. Disponible en: <https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/5d9b2107-2b32-4026-baca-f6de4e843cf4/content> [citada el 08/07/2024].

- Escenario 2. Urbanización en La Venta, El Cairo y La Capilla igual a 2,35% anual en un periodo de 25 años (2023 – 2048).
- Escenario 3. Escenarios 1 y 2 sucediendo simultáneamente en un periodo de 25 años (2023 – 2048).

* **Índice de escasez de agua**

Para evaluar el riesgo de escasez de agua para los habitantes de Cajibío, primero determinamos el índice de escasez de agua, basado en la disponibilidad física de agua en las cuencas de abastecimiento de las que se benefician los habitantes de Cajibío (Tabla 8-2.) y según el método propuesto por Zen y colaboradores (24).

$$I = I_{azul} + I_{gris} \quad \text{Ecuación 8-1}$$

Donde:

I_{azul} : Índice de escasez de agua por cantidad. Es la proporción de la extracción de agua (W , en $m^3/año$) de fuentes hídricas a oferta de dichas fuentes (Q , en $m^3/año$), en una región específica, durante un cierto periodo de tiempo. 0,4 es el número límite usado para indicar escasez de agua. I_{azul} superior a 0,4 indica que el área analizada región está altamente estresada por la escasez de agua.

$$I_{azul} = \frac{W}{Q} \quad \text{Ecuación 8-2}$$

I_{gris} : Índice de escasez de agua por calidad. I_{gris} es el índice para cuantificar la escasez de agua inducida por la polución. Es la proporción de la huella de agua gris (G , en $m^3/año$) a cantidad de agua en fuentes hídricas (Q , en $m^3/año$), en una región específica, durante un cierto periodo de tiempo.

$$I_{gris} = \frac{G}{Q} \quad \text{Ecuación 8-3}$$

Si I_{gris} es menor a 1, significa que, con base en el estándar local de calidad de agua, la oferta actual de agua en fuentes hídricas puede asimilar la carga existente de contaminantes. Por el contrario, si es mayor que 1, la disponibilidad de agua fresca no es suficiente para diluir el agua contaminada. El valor 1 se usa como límite para indicar la severidad de escasez de agua inducida por su polución.

G es el volumen de agua en las fuentes hídricas requerido para asimilar la carga contaminante (L , en $Kg/año$), según las concentraciones naturales de base en las fuentes (C_{nat} , mg/L) y los estándares ambientales existentes (C_{max} , en mg/L).

$$G = \frac{L}{C_{max} - C_{nat}} \quad \text{Ecuación 8-4}$$

Para el caso de contaminación difusa (por ejemplo, agricultura) por fertilizantes o pesticidas, G se calcula así:

$$G = \frac{\alpha A}{C_{max} - C_{nat}} \quad \text{Ecuación 8-5}$$

α es la fracción de escorrentía por lixiviación, definida como la fracción de productos químicos aplicados que llegan a los cuerpos de agua. A (Kg/año) es la aplicación de productos químicos en el suelo.

En caso de considerarse más de un sector (por ejemplo, industrias, agricultura y doméstico) y más de un contaminante (por ejemplo, nitrógeno y demanda química de oxígeno) para G, se elige el G de mayor valor. Esto porque el agua puede diluir nitrógeno y carbono al mismo tiempo. Para dos o más sectores que aportan el mismo contaminante, se suman los respectivos valores de G. En el caso de Cajibío, dado que no se tiene información detallada de las áreas destinadas a cada cultivo en la cuenca Palacé, no se consideró la contaminación difusa.

2. Infraestructura disponible en los sistemas de abastecimiento de agua potable de Cajibío

Para este tipo de escasez de agua, se caracterizaron los acueductos con datos cualitativos en cuanto a la infraestructura actual disponible, usuarios, caudales y algunos datos de su operación y mantenimiento, según lo expresado por los participantes en los talleres de MUISKA. Luego, se calcularon las demandas de agua actuales y futuras a 25 años, de acuerdo con las proyecciones de población del DANE para centros poblados y áreas rurales dispersas.

a) Proyecciones de población

Todos los cálculos de demandas futuras se hicieron proyectados a 25 años, a partir del 2023, es decir para el año 2048. Los detalles de los cálculos de población para el 2023 y 2028 se encuentran en la Tabla 8-3. El método empleado para proyectar las poblaciones al año 2048 fue el geométrico (Ecuación 8-6 y Ecuación 8-7) (25), ya que el crecimiento acelerado de la población por la parcelación de terrenos fue un tema recurrente durante los talleres de MUISKA (sección 6.2.2); esta urbanización se está presentando a pesar de que Cajibío todavía no es una zona de alto desarrollo económico y no está preparado para ofrecer servicios públicos domiciliarios fácilmente. La población proyectada al 2048 se calculó teniendo en cuenta las proyecciones entre 2023 y 2035 ajustadas por los efectos del COVID-19 (14).

Tabla 8-3. Proyecciones de población abastecida por seis sistemas de abastecimiento de agua de Cajibío

Sistema de abastecimiento	Población (Hab)		Detalles particulares de los cálculos
	2023	2048	
1. Vereda El Cedro	270	306	<ul style="list-style-type: none"> * Dato de población del 2023 obtenido directamente con representantes del sistema. * La tasa de crecimiento anual (r) para este sistema se asumió igual a 0.005 (0.5%) ya que tendría menos de 600 viviendas al 2048 (26).
2. Vereda El Porvenir	439	497	<ul style="list-style-type: none"> * Dato de población del 2023 obtenido directamente con representantes del sistema. * La tasa de crecimiento anual (r) para este sistema se asumió igual a 0.005 (0.5%) ya que tendría menos de 600 viviendas al 2048 (26).
3. 13 veredas del corregimiento La Capilla	Fase 1: 350 usuarios 1.750 habitantes	Fase 2: 1.350 usuarios 6.750 habitantes	<ul style="list-style-type: none"> * Dado que este sistema se trata de uno en proyección, los cálculos se hicieron teniendo en cuenta las dos fases establecidas para la construcción del sistema. * Dato de usuarios de las dos fases se obtuvo directamente con representantes del sistema. * Para el cálculo de la cantidad de habitantes correspondiente a los usuarios, se usó una relación de cinco habitantes por usuario o vivienda por ser zona rural (27).
4. El Cairo	2.540	2.877	<ul style="list-style-type: none"> * Para el cálculo de la cantidad de habitantes correspondiente a los usuarios del 2023, se usó una relación de 5 habitantes por usuario o vivienda por ser zona rural (27). * La tasa de crecimiento anual (r) para este sistema se asumió igual a 0.005 (0.5%) ya que tendría menos de 600 viviendas al 2048 (26).
5. La Venta – El Cofre	6.160	7.959	<ul style="list-style-type: none"> * Dato de usuarios de las dos fases se obtuvo directamente con representantes del sistema. * Para el cálculo de la cantidad de habitantes correspondiente a los usuarios, se usó una relación de 5 habitantes por usuario o vivienda por ser zona rural (27). * La tasa de crecimiento anual (r) calculada fue 0.0103.
6. APC Cajibío	3.356 Centro urbano 10.160 Zona rural	3.348 Centro urbano 13.127 Zona rural	<ul style="list-style-type: none"> * Dato de usuarios se obtuvo directamente con representantes del sistema. * Para el cálculo de la cantidad de habitantes correspondiente a los usuarios, se usó una relación de 5 habitantes por usuario o vivienda para la zona rural y de 4 habitantes por usuario para el centro urbano (27). * La tasa de crecimiento anual (r) para el centro urbano calculada fue 0.0036. Esta tasa calculó con datos del 2028 y 2035, ya que el comportamiento de las proyecciones del DANE hasta el 2027 muestran una tendencia de disminución de los habitantes en esta área de Cajibío. * La tasa de crecimiento anual (r) para la zona rural calculada fue 0.0103.

$$P_f = P_{uc}(1 + r)^{T_f - T_{uc}}$$

Ecuación 8-6

$$r = \left(\frac{P_{uc}}{P_{ci}} \right)^{\frac{1}{(T_{uc} - T_{ci})}} - 1$$

Ecuación 8-7

Donde:

r es la tasa de crecimiento anual en forma decimal. P_f es la población correspondiente al año para el que se quiere realizar la proyección (habitantes). P_{uc} es la población correspondiente a la proyección del DANE (habitantes). P_{ci} es la población correspondiente al censo inicial con información (habitantes). T_{uc} es el año correspondiente al último año proyectado por el DANE. T_f es el año al cual se quiere proyectar la información.

b) Proyecciones de demanda de agua

Los cálculos de demanda de agua y caudales de diseño de los diversos componentes de un sistema de abastecimiento de agua potable se realizaron según las guías del Título B del Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico (25) y de la Resolución 330 del 2017 (28). El porcentaje de pérdidas admisibles en el sistema se asumió igual al 25%.

El método en general inicial con la asignación de una dotación neta por habitante abastecido por el sistema según su nivel de complejidad y clima relacionado con la altitud. Luego se calcula la demanda bruta que incluye el porcentaje de pérdidas mencionado anteriormente. Posteriormente se calcula el caudal medio diario (Qmd) que corresponde al promedio de los consumos diarios de caudal en un año, proyectado al horizonte de diseño (25 años; año 2048).

Con el Qmd y un coeficiente de consumo máximo diario (k1 = 1,3), calculamos el caudal máximo diario (QMD) que corresponde al consumo máximo registrado durante 24 horas a lo largo de un año. A partir del QMD y el coeficiente de consumo máximo horario (k2 = 1,5), calculamos el caudal máximo horario (QMH) que corresponde al consumo máximo registrado durante una hora en un período de un año sin tener en cuenta el caudal para atender incendios. Para el caso de APC Cajibío, no se consideraron en los cálculos la demanda de agua de grandes consumidores.

Finalmente, los cálculos del volumen requerido para el almacenamiento se hicieron teniendo en cuenta la recomendación de almacenar un tercio del volumen distribuido en un día de máximo consumo (QMD) (25). A este volumen de agua se le adicionó el 15% para atención de incendios ya que este evento es de riesgo bajo en Cajibío (6).

3. Análisis de la amenaza

La Tabla 8-4 contiene los criterios, puntajes y cualificación de la amenaza asociada a la escasez de agua para consumo humano en Cajibío, según la disponibilidad física de agua en las cuatro microcuencas de donde los seis sistemas de abastecimiento considerados en esta evaluación del riesgo captan el agua (Tabla 8-2) y de acuerdo con el análisis de demandas de agua y la capacidad instalada en el 2023 de dichos sistemas. Cabe destacar que no consideramos la

posibles deficiencias de infraestructura en el 2048 debido a que es difícil predecir si, en 25 años, la infraestructura actual sigue igual o es mejorada a través de la gestión de autoridades y ciudadanos.

Tabla 8-4. Criterios, puntajes y cualificación de la amenaza asociada a la escasez de agua para consumo humano

Criterios para analizar la amenaza	Calificación y cualificación del criterio	Asignación de puntajes a la amenaza	Cualificación de la amenaza (A)	
Escasez física en la fuente de captación (Índice de escasez -I-)	Se tuvo en cuenta el límite de $I = 0,4$ para establecer si hay condiciones de escasez de agua en las tres microcuencas consideradas en esta evaluación del riesgo (Tabla 8-2). Cuando $I > 0,4$, se considera que hay condiciones de alto estrés hídrico. En el caso de no existir información para una subcuenca, también se asignó un puntaje de amenaza debido a la incertidumbre generada por la falta de datos.	$I \leq 0,4$; Puntaje = 0 Sin información hidrológica para calcular el índice; Puntaje = 1 $I > 0,4$; Puntaje = 2	A = $\geq 0 - \leq 20$: Amenaza baja	
Caudal concesionado vs. Qmd	La comparación entre las demandas de agua presentes y la capacidad instalada actual (2023) de los seis sistemas de abastecimiento permitió establecer si dicha capacidad es suficiente o está en déficit y cuándo no hay información disponible para dicha comparación. En este caso, también se asignó un puntaje de amenaza debido a la incertidumbre generada por la falta de datos.	Q: Excedente o igual; Puntaje = 0		A = $> 20 - \leq 41$: Amenaza media
Caudal de diseño de la planta de potabilización vs. Qmd		Q: Sin información o en proyecto; Puntaje = 1		
Capacidad de almacenamiento vs. calculada	En el caso particular del corregimiento La Capilla, su sistema de abastecimiento es un proyecto; actualmente sus pobladores cuentan con soluciones individuales para captar agua cruda de aljibes. Estas condiciones actuales fueron las consideradas en el análisis de amenazas.	Q: Déficit; Puntaje = 2 Si el sistema no tiene planta de potabilización o concesión de aguas; Puntaje = 3	A = $> 41 - \leq 62$: Amenaza alta	

8.1.2.2 Exposición

En este estudio, la exposición a la escasez de agua se entiende como la cantidad de tiempo en un rango específico en la cual los habitantes de Cajibío no cuentan con el suministro de agua potable en sus viviendas para consumo humano. Para analizar la exposición desde este enfoque, es necesario contar con información específica de cada sistema de abastecimiento de agua cruda o potable sobre la cantidad de horas que abastecen a sus usuarios por áreas de abastecimiento.

Así pues, la primera fuente de información para determinar esto fue la Superintendencia de Servicios Públicos de Colombia, a través del Sistema Único de Información (SUI - reporte continuidad por municipio) (29) y el geovisor del Informe Sectorial de los Servicios Públicos Domiciliarios (30). Lamentablemente, ni el SUI ni el geovisor tienen información sobre la continuidad del servicio de agua potable en Cajibío para ningún periodo de tiempo.

Dada la falta de información detallada para las veredas de Cajibío, el análisis de exposición se realizó de forma generalizada teniendo en cuenta la presencia de exposición o no según el índice de escasez o el análisis de la capacidad instalada de la infraestructura actual en comparación con las demandas de agua y la cantidad de usuarios que cada sistema abastece, de acuerdo con los datos del 2023. El análisis de exposición se realizó para cada sistema de abastecimiento y su respectiva fuente de captación y luego se sumó el puntaje total.

La exposición a la amenaza se presenta ya sea porque no hay agua suficiente en la fuente de abastecimiento o porque la capacidad de algunos de los componentes del sistema de abastecimiento no es suficiente para abastecer la demanda actual de agua. Si el índice es menor o igual a 0,4 y todos los componentes del sistema de abastecimiento son suficientes para cubrir la demanda de agua, entonces no hay población expuesta a la amenaza. Si el índice es mayor a 0,4, hay alto estrés hídrico y se asigna el puntaje máximo ya que toda la población abastecida estaría expuesta sin importar la capacidad actual de la infraestructura. Si el índice es menor o igual a 0,4 y al menos un componente del sistema de abastecimiento es insuficiente para suplir la demanda de agua, se considera que todos los habitantes abastecidos por ese sistema están expuestos a la amenaza.

Luego de analizar esto en cada uno de los seis sistemas de abastecimiento, se suman los usuarios expuestos para obtener un valor total. Con base en ese valor total, se cualifica la exposición. La Tabla 8-5 explica los criterios considerados, los resultados cualitativos de estos, cómo asignar los puntajes y cómo cualificar la exposición.

Tabla 8-5. Criterios, puntajes y cualificación de la exposición a la escasez de agua para consumo humano

Crterios para analizar la exposicin	Calificacin y cualificacin del criterio	Asignacin de puntajes a la exposicin	Cualificacin de la exposicin (E)
ndice de escasez	Si hay escasez de agua ($I > 0,4$), entonces todos los usuarios del sistema abastecidos por esta fuente estn expuestos. Si no hay escasez de agua ($I \leq 0,4$), verificar la capacidad instalada de la infraestructura actual.	Sumar la cantidad de usuarios expuestos por cada condicin y sistema de abastecimiento y asignar un puntaje a la exposicin as: Cantidad de personas expuestas a la amenaza $\geq 0 - \leq 10.475$ habitantes; Puntaje = 1	$E = > 0 - \leq 1$: Exposicin baja
Capacidad instalada de la infraestructura actual	Si alguno de los componentes del sistema est en dficit, entonces todos los usuarios del sistema estn expuestos a la amenaza. Poblacin total abastecida por los seis sistemas considerados en este estudio = 31.425 habitantes.	Cantidad de personas expuestas a la amenaza $> 10.475 - \leq 20.950$ habitantes; Puntaje = 2 Cantidad de personas expuestas a la amenaza $> 20.950 - \leq 31.425$ habitantes; Puntaje = 3 <i>Nota: en el caso particular del corregimiento La Capilla, su sistema de abastecimiento es un proyecto. Su infraestructura actual son soluciones individuales para captar agua cruda de aljibes. Se considera entonces que toda la poblacin beneficiaria del proyecto est expuesta.</i>	$E = 2$: Exposicin media $E = 3$: Exposicin alta
Sin informacin	En caso de que uno o varios sistemas de abastecimiento considerados en la evaluacin del riesgo no cuente con informacin sobre la disponibilidad fsica de agua en la fuente de captacin ni de ningn componente de la infraestructura, se suman solamente los usuarios expuestos de los sistemas de los cuales s se tiene informacin. Sin embargo, se debe hacer nfasis en la descripcin de incertidumbres que la exposicin podra ser mayor si aquellos sistemas sin datos resultaran en poblacin expuesta al riesgo. Adicionalmente, en la descripcin de la solidez y profundidad del conocimiento, se debe enfatizar en la falta de datos para determinar con mayor precisin la exposicin al riesgo.		

8.1.2.3 Vulnerabilidad

Idealmente, el anlisis de vulnerabilidad debera realizarse desagregado por veredas y centro urbano para entender mejor la distribucin espacial del riesgo en Cajibío. Sin embargo, la informacin secundaria disponible, tanto de fuentes acadmicas como de instituciones regionales o nacionales, no tiene ese nivel de detalle. Por lo tanto, este anlisis se realiz con informacin existente para Cajibío como un todo o desagregada entre centro urbano y centros poblados y rural disperso.

La metodologa para analizar la vulnerabilidad al riesgo de escasez de agua para consumo humano en Cajibío se bas en los lineamientos de la Unidad Nacional para la Gestin del Riesgo de Desastres para analizar la vulnerabilidad social (31). Estos lineamientos estn basados en la asignacin de puntajes a las respuestas a las preguntas orientadoras, sumar dichos puntajes y luego clasificar cualitativamente la vulnerabilidad en tres categoras: baja, media y alta, segn el

valor de ese puntaje total. En la Tabla 8-6 se listan los criterios considerados para analizar la vulnerabilidad en Cajibío, divididos en las categorías resiliencia ante eventos sorpresa en el contexto institucional, percepción local del riesgo y factores socioeconómicos. En la Tabla 8-7, Tabla 8-8 y Tabla 8-9 se describen dichos criterios, se explican las razones de su escogencia, los puntajes asignados y la clasificación de la vulnerabilidad.

Tabla 8-6. Criterios de vulnerabilidad de tres categorías para su análisis en Cajibío

Resiliencia ante eventos sorpresa en el contexto institucional	Percepción local del riesgo	Factores socioeconómicos
<ul style="list-style-type: none"> ▪ 10 preguntas orientadoras tomadas del análisis de resiliencia (sección 8.2.1.2). <p>Fuente: Tabla 8-16 - resultados de los talleres del paso 4 de MUISKA.</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 30 criterios relacionados con la percepción del riesgo de escasez de agua de acuerdo al reconocimiento de estos por parte de los participantes en el estudio. <p>Fuente: resultados de los talleres de los seis pasos de MUISKA.</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Índice de pobreza multidimensional del censo del 2018 – Cabeceras y centros poblados y rural disperso Fuente: Censo 2018, DANE (32) ▪ Proporción de personas en miseria Fuente: Índice de necesidades básicas insatisfechas, Censo 2018, DANE (33) ▪ Dependencia económica Fuente: Índice de necesidades básicas insatisfechas, Censo 2018, DANE (33)

Tabla 8-7. Criterios de resiliencia ante eventos sorpresa en el contexto institucional

Criterios	<p>1. Políticas, estrategia y planificación</p> <p>1.1 ¿Las políticas y estrategias ambientales y de adaptación al cambio climático tienen en cuenta la identificación y manejo de eventos sorpresa en el análisis de riesgos?</p> <p>1.2 ¿En qué medida los planes relacionados con la seguridad hídrica (inundaciones, sequías, eventos extremos de lluvias, acueducto, alcantarillado, drenaje urbano, diversos usos del agua, etc.) se basan en un análisis del riesgo que incluya consideraciones sobre el cambio climático?</p> <p>1.3 ¿Las políticas, estrategias y planes para la seguridad hídrica y el cambio climático incluyen una visión sistémica y la interconexión de los elementos del sistema como por ejemplo la infraestructura?</p>
Criterios	<p>2. Disposiciones institucionales y capacidad</p> <p>2.1 ¿En qué medida se definen claramente los roles y responsabilidades institucionales en materia de seguridad hídrica (por ejemplo, entre actores de los sectores de agua y saneamiento, salud, planeación, riesgos por desastres, convivencia ciudadana, medio ambiente y cambio climático)?</p> <p>2.2 ¿En qué medida las instituciones que trabajan en seguridad hídrica tienen la capacidad de abordar la integración de la reducción del riesgo en las</p>

	dimensiones salud y bienestar, infraestructura y servicios asociados, economía y productividad, servicios ecosistémicos y cultura, justicia y paz?		
Criterios	<p>3. Coordinación e integración</p> <p>3.1 ¿Qué tipo de mecanismo de coordinación interministerial, interdepartamental e intermunicipal existe entre los departamentos responsables del cambio climático, el medio ambiente, la agricultura, la energía, el transporte, la salud, la convivencia ciudadana, los recursos hídricos y el abastecimiento de agua y el saneamiento?</p> <p>3.2 ¿Cómo se integran los análisis de riesgos a la seguridad hídrica en los diálogos sectoriales, las revisiones sectoriales conjuntas, el intercambio de información y las reuniones de coordinación, fortaleciendo así la colaboración entre departamentos, municipios y organismos y entre sectores de la sociedad?</p>		
Criterios	<p>4. Financiamiento</p> <p>4.1 ¿En qué medida se establecen las prioridades nacionales para la gestión de riesgos y adaptación respaldadas con mecanismos de financiamiento adecuados y fondos suficientes?</p> <p>4.2 ¿Existe un plan de financiamiento específico para incrementar la resiliencia del sistema a la inseguridad hídrica y el cambio climático?</p>		
Criterios	<p>5. Medio ambiente y recursos hídricos</p> <p>5.1 ¿Qué tipo de estrategias de gestión de sequías e inundaciones existen en el país (vinculadas a la alerta temprana y la planificación de contingencia) y cómo priorizan el uso del agua para el consumo humano sobre otros usos en caso de escasez?</p>		
Pertinencia de los indicadores en el estudio	<p>La existencia de políticas, estrategias y planes para afrontar el cambio climático y eventos sorpresa relacionados con la inseguridad hídrica, considerando las interconexiones sistémicas de diversos elementos, aumentan la resiliencia del sistema para enfrentar, responder, adaptarse y recuperarse ante los riesgos e incluso pueden ayudar a que el sistema retorne a un estado mejorado en comparación al inicial. Así pues, la resiliencia es un aspecto de la vulnerabilidad, reflejando la capacidad del sistema de sostener, restaurar o mejorar su funcionalidad normal (34). Desconocer si existen ciertas estrategias de resiliencia también es una vulnerabilidad porque significa que los ciudadanos o funcionarios públicos no han tenido acceso a este tipo de información o a procesos participativos de análisis de riesgos ambientales, los cuales deberían ser ampliamente socializada para que todos puedan usarlas.</p>		
Calificación y cualificación del criterio	<p>Los criterios de resiliencia ante eventos sorpresa en el contexto institucional se evaluaron de acuerdo a las repuestas de los participantes de los grupos JAC / Ciudadanos y Entidades departamentales y municipales obtenidas en los talleres del paso 4 para el análisis de resiliencia ante eventos sorpresa. De acuerdo con las repuestas en las columnas “Estado actual del elemento constitutivo en relación con la resiliencia a riesgos a la seguridad hídrica” y “¿Este elemento es resiliente frente a la ocurrencia de uno o más eventos sorpresa?”, se asignó un puntaje y se sumó el total para determinar el nivel de vulnerabilidad.</p>		
Puntajes⁸	<p>Estado actual: Deficiente = 3 Emergente = 2 Fortalecido = 1 Deseado = 0</p>	<p>¿Resiliente? No sé = 3 No = 3 Sí = 0</p>	<p>La asignación del puntaje es inversa: a menor desarrollo del estado actual del indicador, mayor vulnerabilidad. Si es resiliente, no es vulnerable.</p>

⁸ Los puntajes se asignan según las respuestas de los participantes en el estudio durante los talleres del paso 4. Los participantes son de dos grupos: JAC / Ciudadanos y Entidades mpales. y deptaes.

			Se suman los puntajes por estado actual y por la resiliencia para obtener el puntaje total y clasificar el grado de vulnerabilidad.
Clasificación de la vulnerabilidad por resiliencia ante eventos sorpresa en el contexto institucional (V_{RCI})	$V_{RCI} \geq 0 - \leq 20$		Baja
	$V_{RCI} > 20 - \leq 40$		Media
	$V_{RCI} > 40 - \leq 60$		Alta

Tabla 8-8. Criterios de vulnerabilidad relacionada con la percepción local del riesgo

Criterios	<ol style="list-style-type: none"> 1. Cambio climático y eventos climáticos extremos 2. Efectos de las temporadas climáticas normales 3. Deforestación 4. Consecuencias de la deforestación sobre el bienestar de los ecosistemas 5. Urbanización 6. Ocupación de rondas hídricas 7. Pérdidas de agua en sistemas de abastecimiento de agua 8. Consumo excesivo o no eficiente de agua en actividades agropecuarias 9. Consumo excesivo o no eficiente de agua en actividades domésticas 10. Contaminación de las fuentes superficiales de agua en Cajibío debido a las actividades humanas 11. Contaminación de las fuentes superficiales de agua en Cajibío debido a las actividades ilegales 12. Contaminación de las aguas subterráneas en Cajibío debido a las actividades humanas 13. Efectos sobre la salud humana de la contaminación del agua (fuentes de agua y agua suministrada por los acueductos) 14. Efectos sobre los ecosistemas de la contaminación de las fuentes de agua 15. Infraestructura existente limitada para abastecimiento de agua consumo humano 16. Falta de infraestructura para abastecimiento de agua consumo humano 17. Falta de infraestructura de saneamiento básico en la zona rural 18. Infraestructura deficiente para el tratamiento de ARD en el centro urbano 19. Los operadores de los sistemas de tratamiento de ARD deben estar adecuadamente entrenados 20. Los operadores de los sistemas de potabilización de agua deben estar adecuadamente entrenados 21. Los usuarios del agua son parte crucial del sistema de abastecimiento de agua 22. Es necesario pagar a tiempo la factura del agua para contribuir a la sostenibilidad financiera del sistema de abastecimiento de agua 23. Un marco regulatorio para el adecuado uso del suelo que sea sólido, bien socializado e implementado es fundamental para avanzar hacia la seguridad hídrica 24. La acción adecuada de las entidades territoriales es necesaria para reducir la inseguridad hídrica en sus diversas manifestaciones 25. La articulación de ciudadanos, organizaciones comunitarias, entidades territoriales y otras instituciones es necesaria para avanzar hacia un estado de seguridad hídrica en Cajibío 26. La salud y el bienestar de los ecosistemas beneficia al desarrollo económico del municipio 27. La salud y el bienestar de los ecosistemas favorece la salud humana 28. La conciencia ambiental es necesaria para favorecer actitudes, hábitos y comportamientos positivos hacia la conservación ambiental
------------------	---

	<p>29. Los conflictos en el territorio son un obstáculo para fortalecer el tejido social dentro de Cajibío y con la región vecina</p> <p>30. Los conflictos en el territorio son un obstáculo para el desarrollo económico en Cajibío</p>	
Pertinencia de los criterios en el estudio	<p>El conocimiento de las personas sobre la existencia de riesgos asociados a la inseguridad hídrica, ya sea porque están expuestos a ellos o porque su trabajo está relacionado con el control de estos, es indispensable para que las autoridades y entidades territoriales logren mejores resultados en la prevención y mitigación de tales riesgos o en la atención de desastres. Los criterios analizados aquí están relacionados con aquellos factores asociados a la escasez de agua, tales como el clima, cambios de uso del suelo, contaminación de las fuentes de agua, ausencia o inadecuada operación de infraestructura, pérdidas de agua en las redes de distribución para consumo humano, consumo excesivo de agua, el involucramiento de los usuarios con los prestadores del servicio de agua para trabajar juntos en la sostenibilidad del sistema, los beneficios que ofrecen los ecosistemas cuando estos están en buenas condiciones, la necesidad de cultivar la conciencia ambiental entre los ciudadanos y los efectos negativos de los conflictos sociales.</p>	
Calificación y cualificación del criterio	<p>Los criterios de vulnerabilidad asociada a la percepción local del riesgo de escasez de agua en Cajibío se analizaron teniendo en cuenta si estos fueron reconocidos al menos una vez, en al menos un taller de los seis pasos de MUISKA, por cada uno de los grupos de participantes. Los puntajes totales de cada grupo se sumaron para determinar el nivel de vulnerabilidad.</p>	
Puntajes⁹	<p>No fue reconocido = 1</p> <p>Sí fue reconocido = 0</p>	<p>La asignación del puntaje es inversa: a menor conocimiento de la existencia de riesgos relacionados con la escasez de agua, mayor vulnerabilidad.</p>
Clasificación de la vulnerabilidad relacionada con la percepción local del riesgo (V_{PLR})	V _{PLR} >= 0 – <=30	Baja
	V _{PLR} > 30 – <= 60	Media
	V _{PLR} > 60 - <= 90	Alta

Tabla 8-9. Criterios de vulnerabilidad relacionada con factores socioeconómicos

Criterios	<ol style="list-style-type: none"> Índice de pobreza multidimensional del censo del 2018 Proporción de personas en miseria Dependencia económica
Pertinencia de los criterios en el estudio	<ul style="list-style-type: none"> Índice de pobreza multidimensional. A partir de los resultados del censo del 2018, el DANE calculó el IPM para Cajibío. Este índice incluye 15 subindicadores relacionados con educación (bajo logro educativo, rezago escolar, inasistencia escolar y analfabetismo), acceso a servicios de salud (sin aseguramiento y barreras de acceso), infancia (trabajo infantil, barreras a servicios de cuidado a primera infancia), empleo (desempleo de larga duración, trabajo informal) y condiciones en / de la vivienda (hacinamiento crítico, material inadecuado de las paredes exteriores, material inadecuado de pisos, sin acceso a fuente de agua mejorada e inadecuada eliminación de excretas). <p>Este indicador combina varios aspectos de pobreza que nos permite identificar vulnerabilidades relacionadas con dichos subindicadores, los cuales afectan la forma como se comprenden los riesgos relacionados con la inseguridad hídrica</p>

⁹ Los puntajes se asignan según las respuestas de los participantes en el estudio durante los talleres del paso 4. Los participantes son de dos grupos: JAC / Ciudadanos y Entidades mpales. y deptales.

	<p>(educación), controlar los riesgos (educación, vivienda, empleo e infancia), mitigar sus impactos (acceso a salud).</p> <ul style="list-style-type: none"> Proporción de personas en miseria. La condición de miseria se define como la proporción de personas u hogares de una entidad territorial o área geográfica que carecen de dos o más de las características consideradas para calcular el índice de necesidades básicas insatisfechas. Dichas características son proporción de personas que residan en viviendas inadecuadas, con servicios básicos insuficientes, en condiciones de hacinamiento, que registren inasistencia escolar y con alta dependencia económica. <p>Este indicador permite identificar la vulnerabilidad del área geográfica según la cantidad de personas viviendo en condiciones de miseria, las cuales serían más vulnerables que las demás a la hora de gestionar o enfrentar los riesgos asociados con la inseguridad hídrica.</p> <ul style="list-style-type: none"> Dependencia económica. Este indicador se refiere a los hogares con más de tres personas por miembro ocupado y cuyo jefe ha aprobado, como máximo, dos años de educación primaria. <p>La dependencia económica representa la vulnerabilidad económica de un hogar ante el desempleo cuando sólo una persona con bajo nivel educativo es la principal proveedora de tres o más personas.</p>	
Calificación y cualificación del criterio	Los criterios de vulnerabilidad relacionada a factores socioeconómicos están calculados en porcentajes, en el rango 0-100%, según los datos disponibles en la página web del DANE. Se establecieron cuatro rangos o valores para los tres indicadores y así asignar un puntaje para determinar el nivel de vulnerabilidad diferenciado entre el centro urbano y los centros poblados y rural disperso.	
Puntajes¹⁰	<p>Indicador = 0%, Puntaje = 0 Indicador > 0% - <=33%, Puntaje = 1 Indicador > 33% - <=66%, Puntaje = 2 Indicador > 63% - <=100%, Puntaje = 3</p>	La asignación del puntaje es directa: a mayor pobreza multidimensional o mayor porcentaje de personas en condición de miseria o dependencia económica, mayor vulnerabilidad.
Clasificación de la vulnerabilidad relacionada con factores socioeconómicos (V_{FSE})	$V_{FSE} \geq 0 - \leq 3$	Baja
	$V_{FSE} > 3 - \leq 6$	Media
	$V_{FSE} > 6 - \leq 9$	Alta

La vulnerabilidad consolidada para el municipio, diferenciando el centro urbano y los centros poblados y rural disperso, se obtuvo sumando los puntajes totales de las vulnerabilidades, como se muestra en la Tabla 8-10.

Tabla 8-10. Cálculo de la vulnerabilidad total Cajibío ante el riesgo por escasez de agua

Vulnerabilidad de Cajibío	Valor final	Nivel de vulnerabilidad
$V_{Cajibío-centro\ urbano} = V_{RCI} + V_{PLR} + V_{FSE-centro\ urbano}$	$\geq 0 - \leq 53$ $> 53 - \leq 106$ $> 106 - \leq 159$	Baja
$V_{Cajibío-zona\ rural} = V_{RCI} + V_{PLR} + V_{FSE-zonal\ rural}$		Media
		Alta

¹⁰ Los puntajes se asignan según las respuestas de los participantes en el estudio durante los talleres del paso 4. Los participantes son de dos grupos: JAC / Ciudadanos y Entidades mpales. y deptales.

8.1.2.4 Consideraciones temporales

En la Tabla 8-11 se presenta un resumen de los periodos de tiempo considerados para analizar la amenaza, exposición y vulnerabilidad en la evaluación del riesgo.

Tabla 8-11. Consideraciones temporales por componente de la evaluación del riesgo

Componente de la evaluación del riesgo	Elemento específico	Escala temporal de análisis	Observaciones
Amenaza	Modelo hidrológico	01 de enero de 2010 al 31 de diciembre de 2022	El modelo hidrológico SWAT para la subcuenca del río Palacé fue construido y calibrado para este periodo.
	Demandas de agua - Disponibilidad de infraestructura	2023 – 2048	Para un análisis cualitativo general, las proyecciones de población y demandas de agua respectivas se realizaron para las condiciones en 2023 y 25 años en el futuro. Para cualificar la amenaza, se consideraron sólo las condiciones del año 2023 para no incorporar más incertidumbres ya que no hay forma de predecir el estado de las subcuencas y las posibles mejoras a los sistemas de abastecimiento que puedan cambiar las condiciones encontradas en el análisis general.
Exposición	Demandas de agua - Disponibilidad de infraestructura	2023	Para cualificar la exposición, se consideraron sólo las condiciones del año 2023 para no incorporar más incertidumbres ya que no hay forma de predecir el estado de las subcuencas y las posibles mejoras a los sistemas de abastecimiento que puedan cambiar las condiciones encontradas en el análisis general.
Vulnerabilidad	Resiliencia	2023	Basado en los resultados de los talleres del paso 4, realizados con los participantes en este estudio en julio de 2023.
	Percepción local del riesgo	2023	Basado en los resultados de los talleres del paso 4, realizados con los participantes en este estudio en julio de 2023.
	Factores socio-económicos	2018	Datos del Censo 2018 y posteriores cálculos de los tres indicadores propuestos. Estos datos están disponibles en la página web del DANE (www.dane.gov.co).

8.1.2.5 Incertidumbres y solidez y profundidad del conocimiento

La guía más clara para analizar las incertidumbres en evaluaciones del riesgo que hemos encontrado hasta ahora se encuentra en el libro “La Ciencia del análisis de riesgos. Fundamentos y práctica” (5). Sin embargo, estas orientaciones están enfocadas principalmente a evaluaciones basadas en las probabilidades de las consecuencias de un evento peligroso. Dado que el concepto de riesgo que adoptamos en MUISKA es la intersección de la amenaza, la exposición y la vulnerabilidad, el análisis de incertidumbres adaptó la guía ofrecía por Aven (5), basándolo

en la descripción cualitativa de las fuentes de incertidumbre en cada uno de los aspectos considerados en la amenaza, exposición y vulnerabilidad.

En cuanto a la solidez y profundidad del conocimiento que soportan esta evaluación del riesgo, se realizó cualitativamente con base en la orientación brindada por Aven (5), considerando los criterios listados en la Tabla 8-12 para determinar si la solidez y profundidad del conocimiento puede considerarse débil, fuerte o en un punto intermedio. Lo anterior aplicó para los datos cuantitativos disponibles en la evaluación del riesgo. La valoración de la solidez y profundidad del conocimiento también se hizo para la información cualitativa suministrada por los participantes en el estudio, la cual también fue considerada en la evaluación del riesgo.

Tabla 8-12. Criterios para juzgar la solidez y profundidad del conocimiento que soportan esta evaluación del riesgo

Solidez y profundidad del conocimiento débil	Solidez y profundidad del conocimiento fuerte	Solidez y profundidad del conocimiento medio
<p>Se considera que el conocimiento es débil si una o más de las siguientes condiciones son ciertas:</p> <ul style="list-style-type: none"> * Las suposiciones realizadas representan fuertes simplificaciones. * Los datos/información son inexistentes o muy poco fiables/irrelevantes. * Existe un gran desacuerdo entre los expertos. * Los fenómenos involucrados no se comprenden bien; no existen modelos o se sabe/se cree que dan malas predicciones. * No se han examinado los conocimientos (por ejemplo, con respecto a eventos desconocidos por el analista, pero conocidos por otras personas). 	<p>Si, por el contrario, se cumplen todas (siempre que sean pertinentes) las condiciones siguientes, el conocimiento se considera sólido:</p> <ul style="list-style-type: none"> * Las hipótesis formuladas se consideran muy razonables. * Se dispone de gran cantidad de datos/información fiable y pertinente. * Existe un amplio consenso entre los expertos. * Los fenómenos implicados se conocen bien; se sabe que los modelos utilizados ofrecen predicciones con la precisión requerida. * Los conocimientos se han examinado a fondo. 	<p>Casos con condiciones intermedias entre las descritas en las dos columnas anteriores pueden clasificarse como de solidez y profundidad del conocimiento medio.</p>

Fuente: Adaptada de Aven (5)

8.1.2.6 Evaluación del riesgo

Para la evaluación final del riesgo, se usó la matriz ejemplificada en la Tabla 8-13. Para conservar la consistencia con la metodología para analizar la amenaza, exposición y vulnerabilidad, se asignó un puntaje de 1 a 3 para los tres niveles considerados y el puntaje total del riesgo resulta de multiplicar los puntajes para amenaza, exposición y vulnerabilidad. Así pues, el riesgo se puede clasificar también como bajo, medio y alto. Adicionalmente, la evaluación del riesgo por escasez de agua para consumo humano en Cajibío también incluye la especificación de las incertidumbres y la solidez y profundidad del conocimiento que soportan esta evaluación.

Tabla 8-13. Matriz base para la evaluación cualitativa del riesgo

	Nivel de amenaza	Nivel de exposición	Nivel de vulnerabilidad
Puntaje	Baja = 1 Media = 2 Alta = 3	Baja = 1 Media = 2 Alta = 3	Baja = 1 Media = 2 Alta = 3
	El puntaje total se obtiene de multiplicar el nivel de amenaza, exposición y vulnerabilidad: Puntaje total de riesgo = A x E x V		
Cualificación final del riesgo	Riesgo >= 1 – <=9; Riesgo bajo		
	Riesgo > 9 – <=18; Riesgo medio		
	Riesgo > 18 – <=27; Riesgo alto		
Cantidad de factores que aportan incertidumbre	Contar los factores que aportan incertidumbre en la evaluación de la amenaza, exposición y vulnerabilidad.		
Solidez y profundidad del conocimiento	Cualificar la solidez y profundidad del conocimiento como débil o fuerte y describir las razones para ello.		

8.2 RESULTADOS Y DISCUSIÓN DEL PASO 4

8.2.1 Fase 1 – Taller en Cajibío

8.2.1.1 Análisis de vulnerabilidades

La Tabla 8-14 y Tabla 8-15 incluyen los resultados del análisis de vulnerabilidad realizado por los participantes de los grupos JAC / Ciudadanos y Entidades municipales y departamentales, respectivamente. El grupo JAC / Ciudadanos identificó cinco vulnerabilidades, según su red de amenazas y consecuencias, relacionadas con la pobreza económica, la contaminación de las fuentes de agua, la débil regulación del ordenamiento territorial y la dependencia exclusiva de la línea de energía que suministra a Cajibío. Sobre esta última, la población vulnerable es específicamente la que habita la zona del lago El Bolsón. Para las demás vulnerabilidades, los que sufren estas vulnerabilidades son los habitantes del municipio y los ríos Cajibío, Cerro Gordo, Pedregosa, Piendamó, Cauca y Michicao.

Esto último muestra que el ejercicio de análisis de vulnerabilidades podría ayudar a que los ciudadanos reconozcan a los ecosistemas como sujetos que sufren las consecuencias de la inseguridad hídrica en el territorio; lo cual podría contribuir a avanzar hacia una visión más integradora de los seres humanos como parte de un sistema donde otros seres y elementos también necesitan las condiciones apropiadas para existir. Los recursos económicos limitados, tanto del municipio como de familias e individuos, representan una vulnerabilidad significativa pues les impide a las instituciones y ciudadanos actuar efectivamente para prevenir, reducir o mitigar los riesgos asociados a la inseguridad hídrica (Tabla 8-14).

Tabla 8-14. Identificación de vulnerabilidades – Grupo JAC / Ciudadanos

No.	Nombre / Descripción de la consecuencia madre	Nombre / Descripción de la consecuencia ligada a la consecuencia madre necesaria para generar otras consecuencias	¿La consecuencia ligada a la consecuencia madre es una vulnerabilidad?	¿Quién o qué sufre esta vulnerabilidad?	Observaciones
1	Altos costos diseño y construcción acueducto	Limitados recursos económicos	Sí	Municipio Cajibío	Carencia de acueductos veredales a pesar de que el municipio cuenta con grandes ríos.
2	Contamina incremento población y demanda de agua	Contaminación de fuentes.	Sí	Ríos Cajibío, Cerro Gordo, Pedregosa, Piendamó, Cauca, Michicao	Más escasez de agua.
3	(a) Paisaje que atrae. (b) Incentivos económicos	No se respeta el PBOT	Sí	Municipio Cajibío	Parcelaciones ilegales
4	Altos costos servicio energía y gas	Familias de bajos ingresos	Sí	Familias que se dedican al negocio de asados	Las personas talan árboles para generar carbón.
5	Interferencia árboles a la línea de energía	Dependencia de la línea de Cajibío.	Sí	Habitantes vereda Lago El Bolsón	Se va constantemente el servicio de energía.

El grupo Entidades municipales y departamentales identificó 10 vulnerabilidades relacionadas también con la parcelación de terrenos, la débil regulación del ordenamiento territorial, el caudal determinado que una cuenca puede ofrecer para las actividades humanas, la capacidad limitada de usuarios que un sistema rural puede abastecer y, principalmente, con los sistemas de tratamiento de aguas residuales. Estas vulnerabilidades son la contaminación de las fuentes de agua (eutrofización, mayor DBO y menor oxígeno disuelto) y la infraestructura obsoleta, pobre entrenamiento de los operadores de los sistemas e incremento de la cartera de usuarios morosos del servicio. El grupo Entidades municipales y departamentales también estableció que los ciudadanos, de manera colectiva e individual, el municipio como institución y los ecosistemas acuáticos son los que poseen estas vulnerabilidades (Tabla 8-15).

Tabla 8-15. Identificación de vulnerabilidades – Grupo Entidades municipales y departamentales

No.	Nombre / Descripción de la consecuencia madre	Nombre / Descripción de la consecuencia ligada a la consecuencia madre necesaria para generar otras consecuencias	¿La consecuencia ligada a la consecuencia madre es una vulnerabilidad?	¿Quién o qué sufre esta vulnerabilidad?	Observaciones
1	(a) Las parcelaciones se construyen o dividen sin tener en cuenta la normativa (uso de suelo)	(b) Desactualización del PBOT genera conflictos por uso del suelo y falta de planificación, para futuras parcelaciones	1a. Sí 1b. Sí 1c. No	1b. Vulnerabilidad de planeación, del municipio y comunidad	Proliferación de grandes proyectos de parcelación cerca al casco urbano

No.	Nombre / Descripción de la consecuencia madre	Nombre / Descripción de la consecuencia ligada a la consecuencia madre necesaria para generar otras consecuencias	¿La consecuencia ligada a la consecuencia madre es una vulnerabilidad?	¿Quién o qué sufre esta vulnerabilidad?	Observaciones
		(c) Representa un atractivo por el costo-beneficio, tranquilidad		1a. Vulnerabilidad de la comunidad y municipal	Ausencia de una curaduría rural.
2	(a) Las fuentes hídricas tienen una capacidad limitada.	(b) La infraestructural actual para presentar servicios de acueducto en el municipio llegó al límite de usuarios	2a. Sí 2b. Sí 2c. No	2a. Vulnerabilidad en la geolocalización y régimen hidrológico de la fuente	Las juntas administradoras de los acueductos niegan conexiones a nuevos usuarios.
		(c) Aumento de demanda de agua potable.		2b. Vulnerabilidad de infraestructura.	
3	(a) Aumento de la DBO y disminución del oxígeno disuelto.	(b) Eutrofización del agua	3a. Sí 3b. Sí 3c. Sí	3. Vulnerabilidad biológica	Desequilibrio en la cadena trófica.
		(c) Efectos negativos sobre los ecosistemas acuáticos.			
4	(a) Obsolescencia en la infraestructura	(b) Los operarios no se encuentran debidamente capacitados	4a. Sí 4b. Sí 4c. Sí 4d. Sí	4a. Vulnerabilidad de infraestructura. 4b. Vulnerabilidad de comunidad o individuos	Las cuatro PTAR existentes funcionan de manera deficiente.
		(c) Falta de cultura de pago por parte de los usuarios.		4c. Vulnerabilidad comunidad/económica. 4d. Vulnerabilidad institucional	

8.2.1.2 Análisis de aspectos de resiliencia

La Tabla 8-16 contiene los resultados del análisis de resiliencia para siete elementos constitutivos, realizado por los participantes. La mayoría de los elementos constitutivos se encuentran en estado deficiente, tales como políticas y estrategias ambientales de adaptación al cambio climático, mecanismos de coordinación a diferentes escalas territoriales de los responsables de diversos sectores que dependen del agua, planes de financiamiento para incrementar la resiliencia del sistema a la inseguridad hídrica y el cambio climático, la comprensión de los impactos de la inseguridad hídrica sobre diversos grupos poblacionales y estrategias de gestión de sequías e inundaciones en Colombia y priorización del consumo humano sobre otros usos en escenarios de escasez.

Los aspectos de resiliencia en estado emergente son los planes relacionados con la seguridad hídrica basados en análisis de riesgos; inclusión de una visión sistémica en las políticas, estrategias y planes para la seguridad hídrica; integración de los análisis de riesgos a las seguridad hídrica en las diversas interacciones interinstitucionales para fortalecer la colaboración entre y dentro de las diferentes escalas territoriales y financiación suficiente de las prioridades nacionales para la gestión de riesgos y adaptación al cambio climático.

El único aspecto en estado fortalecido es la definición clara de los roles y responsabilidades institucionales. Los participantes calificaron de deficiente y emergente al mismo tiempo el aspecto

de resiliencia relacionado con la capacidad de las instituciones que trabajan en seguridad hídrica de abordar la integración de la reducción del riesgo en las cinco dimensiones propuestas por MUISKA. Esto podría relacionarse con el desconocimiento de este nivel detalle sobre la organización interna de dichas organizaciones y por la novedad de dividir el análisis de riesgos en estas cinco dimensiones.

Por otra parte, de los 12 aspectos de resiliencia analizados durante los talleres del paso 4, siete no se consideran resilientes para enfrentar el evento sorpresa considerado y uno sí lo sería (roles y responsabilidades institucionales - Tabla 8-16). Los participantes desconocen si los cuatro aspectos restantes serían resilientes ante el evento sorpresa considerado por cada grupo.

Este análisis de resiliencia nos permite identificar que todavía hay trabajo por hacer a nivel institucional para fortalecer este aspecto del sistema para enfrentar situaciones que ya están ocurriendo en Colombia como el cambio climático y la inseguridad hídrica y más aún para enfrentar eventos sorpresa que no han sido considerados en los análisis de riesgos reglamentados en el país como los desastres naturales.

Tabla 8-16. Análisis de resiliencia en la seguridad hídrica por elementos constitutivos

Elementos constitutivos	Preguntas para guiar el análisis	Estado actual del elemento constitutivo en relación con la resiliencia a riesgos a la seguridad hídrica	¿Este elemento es resiliente frente a la ocurrencia de uno o más eventos sorpresa?	En caso de que el elemento no se encuentre en estado “Deseado”, ¿qué se debe hacer para lograr esto?	Observaciones
		(Deficiente / Emergente / Fortalecido / Deseado)	(Sí / No / No sé)		
1. Políticas, estrategia y planificación	¿Las políticas y estrategias ambientales y de adaptación al cambio climático tienen en cuenta la identificación y manejo de eventos sorpresa en el análisis de riesgos?	Deficiente	No	Implementar políticas ambientales en entidades Municipales y Departamentales frente al cambio climático y eventos sorpresas	No se cuenta con información estadística y recopilada frente a la temática.
	¿En qué medida los planes relacionados con la seguridad hídrica (inundaciones, sequías, eventos extremos de lluvias, acueducto, alcantarillado, drenaje urbano, diversos usos del agua, etc.) se basan en un análisis del riesgo que incluya consideraciones sobre el cambio climático?	Emergente	No	Los planes deben ser establecidos frente a los escenarios de riesgos. Incluir en una matriz de riesgo los escenarios asociados a la calidad de recurso hídrico.	Contemplar estudios en el área de influencia.
1. Políticas, estrategia y planificación	¿Las políticas, estrategias y planes para la seguridad hídrica y el cambio climático incluyen una visión sistémica y la interconexión de los elementos del sistema como por ejemplo la infraestructura?	Emergente	No	Infraestructuras deben ser construidas en referencia con el prototipo respectivo.	
2. Disposiciones institucionales y capacidad	¿En qué medida se definen claramente los roles y responsabilidades institucionales en materia de seguridad hídrica (por ejemplo, entre actores de los sectores de agua y saneamiento, salud, planeación, riesgos por desastres, convivencia ciudadana, medio ambiente y cambio climático)?	Fortalecido	Sí	Fortalecer los procesos de articulación interinstitucional.	Seguir fortaleciendo la capacidad institucional.

Elementos constitutivos	Preguntas para guiar el análisis	Estado actual del elemento constitutivo en relación con la resiliencia a riesgos a la seguridad hídrica	¿Este elemento es resiliente frente a la ocurrencia de uno o más eventos sorpresa?	En caso de que el elemento no se encuentre en estado "Deseado", ¿qué se debe hacer para lograr esto?	Observaciones
		(Deficiente / Emergente / Fortalecido / Deseado)	(Sí / No / No sé)		
2. Disposiciones institucionales y capacidad	¿En qué medida las instituciones que trabajan en seguridad hídrica tienen la capacidad de abordar la integración de la reducción del riesgo en las dimensiones salud y bienestar, infraestructura y servicios asociados, economía y productividad, servicios ecosistémicos y cultura, justicia y paz?	Deficiente/Emergente	No sé	Fortalecer la integración y articulación interinstitucional. Disminuir la rotación de personal. Compartir más información y mejor accesibilidad sin tanto requerimiento burocrático entre las instituciones.	
3. Coordinación e integración	¿Qué tipo de mecanismo de coordinación interministerial, interdepartamental e intermunicipal existe entre los departamentos responsables del cambio climático, el medio ambiente, la agricultura, la energía, el transporte, la salud, la convivencia ciudadana, los recursos hídricos y el abastecimiento de agua y el saneamiento?	Deficiente	No	La descentralización como parte de la articulación interinstitucional. Mayor personal que pueda articular en los departamentos.	
3. Coordinación e integración	¿Cómo se integran los análisis de riesgos a la seguridad hídrica en los diálogos sectoriales, las revisiones sectoriales conjuntas, el intercambio de información y las reuniones de coordinación, fortaleciendo así la colaboración entre departamentos, municipios y organismos y entre sectores de la sociedad?	Emergente	No sé	Agrupar o aunar esfuerzos para buscar articulación en las entidades respectivas. Engranaje institucional.	
4. Financiamiento	¿En qué medida se establecen las prioridades nacionales para la gestión de riesgos y adaptación respaldadas con mecanismos de financiamiento adecuados y fondos suficientes?	Emergente	No	Falta inyección de recursos. Qué haya una articulación entre lo nacional y municipal en cuestión de recursos.	

Elementos constitutivos	Preguntas para guiar el análisis	Estado actual del elemento constitutivo en relación con la resiliencia a riesgos a la seguridad hídrica	¿Este elemento es resiliente frente a la ocurrencia de uno o más eventos sorpresa?	En caso de que el elemento no se encuentre en estado "Deseado", ¿qué se debe hacer para lograr esto?	Observaciones
		(Deficiente / Emergente / Fortalecido / Deseado)	(Sí / No / No sé)		
	¿Existe un plan de financiamiento específico para incrementar la resiliencia del sistema a la inseguridad hídrica y el cambio climático?	Deficiente	No	Establecer un plan de financiamiento en G.R alternativo.	
7. Inclusión de género y social	¿Qué tan bien se comprenden los diferentes impactos de la inseguridad hídrica en hombres y mujeres, en las minorías sexuales y de género y en las personas marginadas y vulnerables?	Deficiente	No sé	Hacer un plan de trabajo: comunidades y entidades para equilibrar responsabilidades en la búsqueda de agua.	
7. Inclusión de género y social	¿En qué medida las mujeres y los hombres y los grupos marginados y vulnerables participan de manera significativa en las evaluaciones de vulnerabilidad y en el desarrollo e implementación de estrategias de adaptación al cambio climático?	Deficiente. * Casco urbano: mujeres participan más hombres. El porvenir: Hombres – mujeres. Alto La Pajosa y San José La Laguna: mujeres-hombres (capacitación).	No sé	La comunidad debe unirse para hacer que los acuerdos se cumplan con representación de todos los grupos.	Los jóvenes casi no participan - miembros JAR.
8. Medio ambiente y recursos hídricos	¿Qué tipo de estrategias de gestión de sequías e inundaciones existen en el país (vinculadas a la alerta temprana y la planificación de contingencia) y cómo priorizan el uso del agua para el consumo humano sobre otros usos en caso de escasez?	Deficiente	No resiliente, no adecuado.	Descentralizar los fondos de emergencia a los municipios. Fortalecimiento institucional, mayor personal para dar frente a los eventos. Mas presupuesto. Mayor participación comunitaria (veeduría y conformación de grupos de alertas tempranas).	Declaratoria de estado de emergencia, a la Unidad Nacional de Gestión de Riesgo. Indicadores y documentos técnicos del IDEAM que no todo el mundo puede interpretar.

8.2.2 Fase 2 – Evaluación del riesgo

8.2.2.1 Amenaza

1. Disponibilidad física de agua

La disponibilidad física de agua se analizó según el índice de escasez calculado sólo para el río El Cofre y la quebrada Michicao, ya que sólo se cuenta con el modelo hidrológico de la subcuenca del río Palacé. Los datos iniciales usados para calcular este índice se resumen en la Tabla 8-17. El índice de escasez de agua se presenta en la Tabla 8-18.

Tabla 8-17. Datos iniciales para calcular el índice de escasez de agua en el río El Cofre

Cantidad de agua		
Descripción	Cantidad de agua	Observaciones
Derivación 1 sobre el río El Cofre	48,97 L/s	Fuente: Resolución 01477 del 25 de julio de 2019 ¹¹ (35).
Bocatoma del acueducto La Venta – El Cofre (caudal captado)	12 L/s	Dato suministrado por los participantes.
Sistema proyectado para abastecer de agua potable a habitantes de veredas del corregimiento La Capilla	14,41 L/s	Dato suministrado por los participantes.
Total extraído	2.377.026 m ³ /año	Resultado de sumar las tres extracciones de agua anteriores. Cabe destacar que, es posible que hayan más captaciones de agua para consumo humano, agricultura u otros, pero de los cuales no tuvimos información a la hora de realizar este estudio.
Oferta de agua	Quebrada Michicao: 287,18 L/s Río El Cofre: 501,78 L/s	Datos obtenidos mediante simulaciones hidrológicas de la subcuenca del río Palacé. La quebrada Michicao corresponde a la microcuenca No. 22 (caudal de salida) y el río El Cofre es la microcuenca No. 4, la cual cubre la captación del acueducto La Venta – El Cofre (caudal de entrada). Otras microcuencas también abarcan al río El Cofre en otros tramos. La oferta de agua se calculó como el promedio de los promedios interanuales del periodo 2010 – 2022.
Calidad de agua		
Descripción	Concentraciones	Observaciones
Concentración base de DBO	1,51 mg/L	Dato de promedio de una campaña de monitoreo de seis meses (diciembre 2009 – mayo 2010) (36). El estudio de Gutiérrez et al. (36) midió en el punto llamado “Estación 1”, ubicado antes de Totoró. Para el 2019 y 2024, la CRC reportó datos de DBO

¹¹ Corporación Autónoma Regional del Cauca. Resolución 01477 del 25 de julio de 2019. Disponible en: <https://crc.gov.co/wp-content/uploads/2019/07/Reglamentaci%C3%B3n-Cofre.pdf>

		antes de Totoró iguales a 9,9 mg/L ¹² y 10 mg/L ¹³ , respectivamente.
Concentración de DBO en el punto No. 20	10 mg/L	<p>La DBO en los tres puntos de monitoreo sobre el río El Cofre de la campaña de abril de 2024 fueron reportados como 10 mg/L¹³.</p> <p>Dada la escasez de datos de calidad de agua en la subcuenca del río Palacé, se asume la misma concentración de DBO para calcular la carga contaminante en la quebrada Michicao y en el río El Cofre. Por esta misma razón, no se tuvo en cuenta la contaminación difusa por actividades de agricultura, las cuales están presentes en la subcuenca del río Palacé.</p> <p>El punto No. 20 de la primera campaña de monitoreo del 2024 está ubicado antes de la captación del acueducto La Venta – El Cofre y antes de la desembocadura de la quebrada El Chero sobre el río El Cofre, la cual recibe a su vez a la quebrada Michicao.</p>
Caudal aforado en el punto No. 20	0,364 m ³ /s	<p>Fuente: Informe de calidad de agua¹³.</p> <p>Para la quebrada Michicao, el caudal usado para calcular la carga contaminante es la oferta hídrica en esta microcuenca (0,29 m³/s), ya que no contamos con datos de aforo sobre esta quebrada.</p>
Estándar ambiental	1,8 mg/L	<p>Objetivo de calidad de agua en el río El Cofre, en el tramo urbano antes y después de Totoró. Calidad de agua es clasificada como “Buena” en este tramo y el uso sugerido es pesca y agrícola.</p> <p>Fuente: Acuerdo No. 0019 del 17 de diciembre de 2019 (37).</p>

Como se describió en la sección 7.3, los participantes del estudio priorizaron el riesgo de escasez de agua asociado a la deforestación y urbanización rápida. Estos dos factores se analizaron a través de los resultados del modelo hidrológico para la subcuenca del río Palacé, para condiciones futuras entre los años 2023 y 2048. En el Anexo F se presenta una discusión detallada de las potenciales implicaciones en Cajibío de perder la cobertura vegetal e incrementar los suelos urbanos en esta subcuenca.

¹² Corporación Autónoma Regional del Cauca. Informe de calidad de agua, primera campaña de calidad de fuentes hídricas superficiales. Zonas hidrográficas Cauca y Patía. 4 de julio de 2019. Radicado No. SGA-12725-2019.

¹³ Corporación Autónoma Regional del Cauca. Informe preliminar de calidad de agua primera campaña de monitoreo en fuentes hídricas superficiales priorizadas año 2024. Junio de 2024.

Tabla 8-18. Índice de escasez de agua para tres sistemas de abastecimiento de agua potable

Microcuenca del modelo SWAT	Nombre de la fuente de abastecimiento	Sistemas de abastecimiento cubiertos por la ubicación de su captación	Extracción de agua (m ³ /año) -W-	Oferta de agua en la microcuenca (m ³ /año) -Q-	I _{azul} (W/Q)	Carga contaminante (Kg/año) -L-	Concentración de base en la fuente (mg/L) -C _{nat} -	Estándar ambiental (mg/L) -C _{max} -	G (m ³ /año) L/(C _{max} - C _{nat})	I _{gris} (G/Q)	I total (I _{azul} + I _{gris})
4	Río El Cofre	La Venta – El Cofre Sistema proyectado para algunas veredas ubicadas alrededor del lago El Bolsón	2.377.026	15.824.134,08	0,15	314,50	1,51	1,80	1.084.468,97	0,09	0,24
22	Quebrada Michicao	APC Cajibío	883.008	9.056.508,48	0,10	245,95	1,51	1,80	855.598,34	0,09	0,19

2. Infraestructura disponible en los sistemas de abastecimiento de agua potable de Cajibío

* Descripción de los sistemas de abastecimiento de agua potable considerados en el estudio

En la Tabla 8-19 y Figura 8-3 se describen los sistemas de abastecimiento considerados en la evaluación del riesgo.

Tabla 8-19. Descripción de seis sistemas de abastecimiento del municipio de Cajibío

Nombre del sistema de abastecimiento	Usuarios y población abastecida al año 2023	Descripción del sistema
1. Vereda El Cedro	64 usuarios 270 habitantes	<ul style="list-style-type: none"> * Altitud del centro poblado: 1600 – 1700 m.s.n.m. * Fuente de abastecimiento: Nacimientos (ojos) de agua; subcuenca río La Pedregosa. * Sistema para transportar agua cruda desde la captación hasta el usuario final. * Este sistema se compone de dos represas en concreto, un tanque de almacenamiento de agua cruda, una motobomba con caseta y red de distribución de agua cruda. * Almacenamiento de agua: sin información. * Prestador del servicio: grupo comunitario.
2. Vereda El Porvenir	68 usuarios 439 habitantes	<ul style="list-style-type: none"> * Altitud del centro poblado: 1600 m.s.n.m. * Fuente de abastecimiento: Nacimientos (ojos) de agua; subcuenca río La Pedregosa. * Sistema para transportar agua cruda desde la captación hasta el usuario final. * Este sistema se compone de una captación en nacimiento de agua, tanque desarenador, recámara, tres tanques de almacenamiento (uno abastece a los otros dos en paralelo), válvulas y tuberías. Se reporta que toda la infraestructura está en mal estado. El desarenador está en riesgo de colapsar. * Almacenamiento de agua: 40.000 litros. * Prestador del servicio: grupo comunitario.
3. Corregimiento La Capilla	Fase 1: 350 usuarios, 1750 habitantes Fase 2: 1350 usuarios, 6750 habitantes	<ul style="list-style-type: none"> * Altitud del centro poblado: 1700 – 1800 m.s.n.m. * Fuente de abastecimiento: Río El Cofre; subcuenca río Palacé. * Este es un sistema proyectado que se encuentra en etapa de diseños. Los habitantes de esta vereda ya cuentan con el predio para construir la bocatoma y la planta de potabilización. Smurfit Kappa Cartón de Colombia está financiando este proyecto. * Este sistema está proyectado para construirse en dos fases e incluye una captación, desarenador, recámara, planta de potabilización con tratamiento convencional y red de distribución.

Nombre del sistema de abastecimiento	Usuarios y población abastecida al año 2023	Descripción del sistema
		<ul style="list-style-type: none"> * Almacenamiento de agua: Dos tanques proyectados, cada uno de 400.000 Litros. * Prestador del servicio: grupo comunitario.
4. El Cairo	508 usuarios 2540 habitantes	<ul style="list-style-type: none"> * Altitud del centro poblado: 1800 – 1900 m.s.n.m. * Fuente de abastecimiento: Quebrada Alto La Pajosa; subcuenca río Cajibío. * Este sistema incluye una captación, desarenador, planta de potabilización con tratamiento convencional y red de distribución. * Almacenamiento de agua: dos tanques con capacidad total de 138.000 litros. * Prestador del servicio: Junta Administradora.
5. La Venta – El Cofre	1232 usuarios 6160 habitantes	<ul style="list-style-type: none"> * Altitud del centro poblado: 2000 m.s.n.m. * Fuente de abastecimiento: Río El Cofre; subcuenca río Palacé. * Este sistema incluye una captación, desarenador, planta de potabilización con tratamiento convencional y red de distribución. * Almacenamiento de agua: cinco tanques con capacidad total de 370.700 litros. * Prestador del servicio: Junta Administradora.
6. APC Cajibío	Este sistema abastece a algunas zonas rurales de Cajibío y al centro urbano. Zona urbana: 765 usuarios, 3060 habitantes Zona rural: 2032 usuarios, 10.160 habitantes	<ul style="list-style-type: none"> * Altitud del centro poblado: 1800 m.s.n.m. * Fuente de abastecimiento: Quebrada Michicao; subcuenca río El Cofre. * Este sistema incluye una captación, desarenador, planta de potabilización con tratamiento convencional y red de distribución. * Almacenamiento de agua: dos tanques en total, uno para la zona urbana (100.000 litros) y otro para la zona rural (200.000 litros). * Prestador del servicio: Sistema regional administración pública cooperativa APC de Cajibío ESP.

Fuente: Comunicaciones personales con representantes de los sistemas de abastecimiento durante los talleres de MUISKA y por chats de WhatsApp y cálculos adicionales.

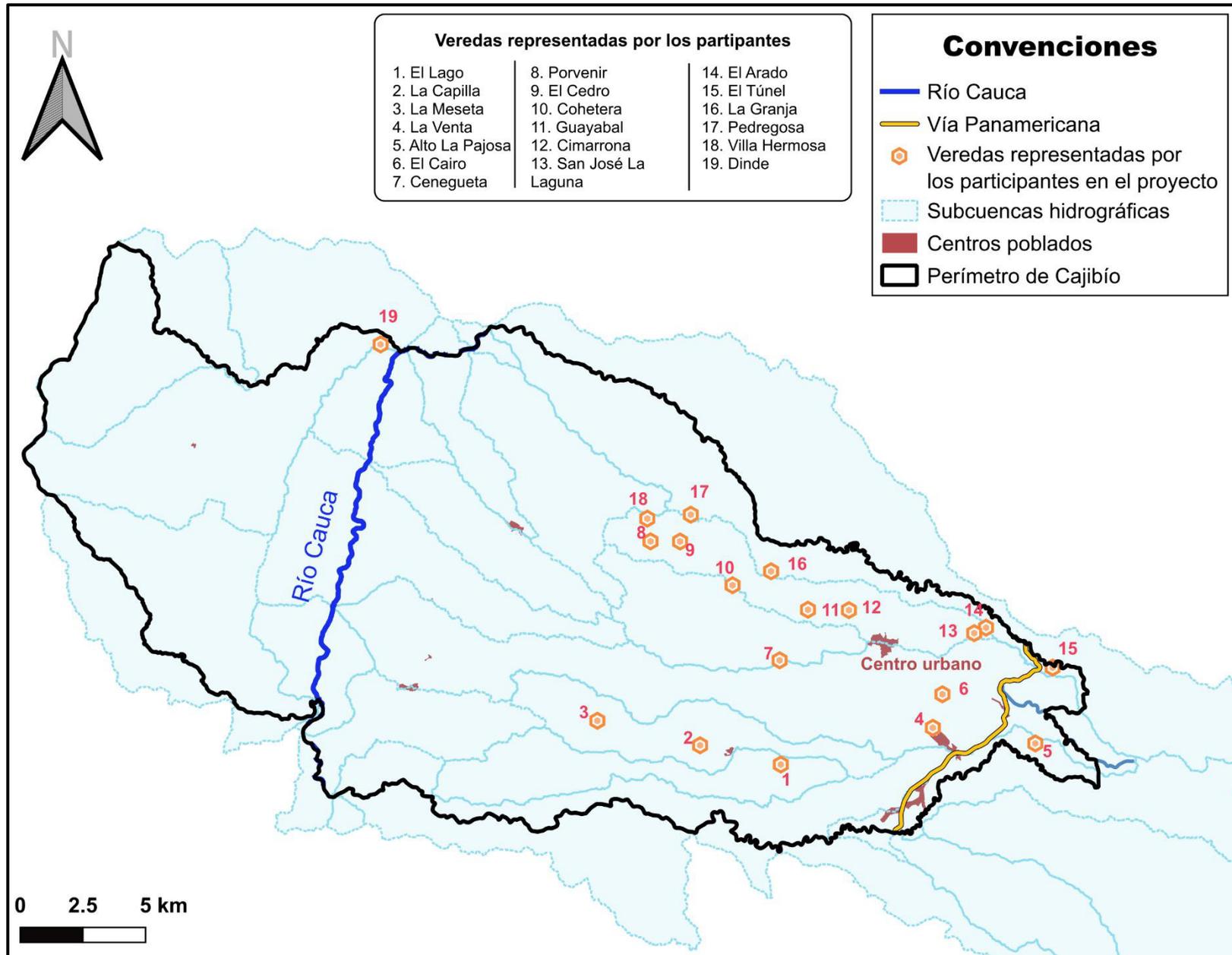


Figura 8-3. Cuencas hidrográficas, fuentes de abastecimiento estudiadas y algunas veredas de Cajibío

* **Demandas de agua actuales y futuras**

En la Tabla 8-20 y Tabla 8-21 se incluye el consolidado, comparaciones y el análisis de los resultados de las demandas de agua y caudales de diseño al 2023 y 2048, en grupos de tres para los seis sistemas de abastecimiento de agua considerados en este estudio.

Tabla 8-20. Demandas de agua y caudales de diseño actuales y futuras para tres sistemas de abastecimiento – Parte 1

	Sistema de abastecimiento para la vereda El Cedro		Sistema de abastecimiento El Porvenir - La Buitrera		Sistema de abastecimiento: Acueducto La Unión - La Capilla	
			Año		Fase 1	Fase 2
	2023	2048	2023	2048		
	Rural	Rural	Rural	Rural	Rural	Rural
Cálculos de demanda de agua						
Población (Hab)	270	306	439	497	1750	6750
Usuarios	64	77	68	83	350	1350
Nivel de complejidad (RAS 2017)	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Medio
Caudal medio diario (Qmd)	0.36	0.43	0.57	0.69	2.43	11.98
Caudal máximo diario (QMD)	0.46	0.56	0.74	0.90	3.16	15.57
Caudal máximo horario (QMH)	0.69	0.83	1.11	1.35	4.74	23.36
Chequeo caudales de diseño para los componentes del sistema de abastecimiento						
Captación (2xQMD)	0.92	1.11	1.47	1.80	6.32	31.14
Desarenador (QMD)	0.46	0.56	0.74	0.90	3.16	15.57
Aducción (QMD)	0.46	0.56	0.74	0.90	3.16	15.57
Conducción (QMD)	0.46	0.56	0.74	0.90	3.16	15.57
Planta de potabilización (Qmd)	0.36	0.43	0.57	0.69	2.43	11.98
Volumen de almacenamiento requerido (L)	15309	18418	24398	29780	104659	515678
Red de distribución (QMH)	0.69	0.83	1.11	1.35	4.74	23.36
Condiciones actuales						
Caudal concesionado por la CRC	No tiene		No tiene		En proyecto	
Caudal captado	N.D.		N.D.		En proyecto	
Caudal de diseño de la planta de potabilización	Agua cruda		Agua cruda		En proyecto	
Capacidad total de almacenamiento	Sin información		40000		800000	
Comparaciones						
Usuarios Fase 2 / Fase 1	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	3.9	
Qmd Fase 2 / Fase 1	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	4.9	
QMD Fase 2 / Fase 1	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	4.9	
QMH Fase 2 / Fase 1	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	4.9	
Capacidad de almacenamiento Fase 2 / Fase 1 2023 vs. 2048	No aplica - Sin información	No aplica - Sin información	Excedente	Excedente	4.9	Excedente
Análisis						
Fase 1 y Fase 2 o 2023 y 2048	La vereda El Cedro cuenta con un sistema de abastecimiento de agua cruda solamente. El sistema se compone de dos represas en concreto para captar agua de dos nacimientos de agua, un tanque de almacenamiento de agua cruda, una motobomba con caseta y tuberías para distribuir el agua cruda.		La vereda El Porvenir cuenta con un sistema de abastecimiento de agua cruda solamente. El sistema se compone de una captación en nacimiento de agua, tanque desarenador, recámara, tres tanques de almacenamiento (uno le abastece a los otros dos en paralelo), válvulas y tuberías. Se reporta que toda la infraestructura está en mal estado y que el desarenador está en riesgo.		Esta vereda está recibiendo apoyo de Smurfit Cartón de Colombia para construir un sistema de abastecimiento de agua potable para 350 usuarios en la Fase 1 y ampliarlo a 1350 usuarios en la Fase 2. Este sistema incluye la proyección de una planta de potabilización con tratamiento convencional. Los cálculos de la relación de caudales entre las fases 1 y 2 indican que los usuarios se incrementarían en cuatro veces y los caudales de diseño en cinco veces. Es importante tener esto en cuenta para planear correctamente la ampliación del sistema en la fase 2, de tal manera que se cuenten con los recursos financieros, administrativos y técnicos para construir, administrar, operar y mantener un sistema de abastecimiento más grande, tanto en usuarios como en infraestructura. En cuanto al almacenamiento en la red de distribución, el volumen total proyectado en dos tanques (800.000 Litros) es superior a lo que necesitarían según los cálculos para ambas fase (620.337 Litros). Esto les da flexibilidad en cuanto a la infraestructura y crecimiento de población a los operadores del sistema de abastecimiento.	

Tabla 8-21. Demandas de agua y caudales de diseño actuales y futuras para tres sistemas de abastecimiento – Parte 2

	Sistema de abastecimiento: Acueducto El Cairo		Sistema de abastecimiento: Acueducto La Venta - El Cofre		Sistema de abastecimiento: APC Cajibío				
	Año		Año		Año				
	2023	2048	2023	2048	2023		2048		
	Rural	Rural	Rural	Rural	Rural	Urbano	Rural	Urbano	
Cálculos de demanda de agua									
Población (Hab)	2540	2877	6160	7959	10160	3356	13127	3348	
Usuarios	508	575	1232	1592	2032	839	2625	837	
Nivel de complejidad (RAS 2017)	Media	Media	Medio	Medio	Medio	Medio	Medio - Alto	Medio - Alto	
Caudal medio diario (Qmd)	4.51	5.10	10.93	14.13	23.99		31.78		
Caudal máximo diario (QMD)	5.86	6.63	14.21	18.36			41.31		
Caudal máximo horario (QMH)	8.79	9.95	21.32	27.55	35.16	11.61	49.37	12.59	
Chequeo caudales de diseño para los componentes del sistema de abastecimiento									
Captación (2xQMD)	11.72	13.26	28.42	36.73	62.37		82.62		
Desarenador (QMD)	5.86	6.63	14.21	18.36	31.18		41.31		
Aducción (QMD)	5.86	6.63	14.21	18.36	31.18		41.31		
Conducción (QMD)	5.86	6.63	14.21	18.36	31.18		41.31		
Planta de potabilización (Qmd)	4.51	5.10	10.93	14.13	23.99		31.78		
Volumen de almacenamiento requerido (L)	194083	219586	470693	608233	776337	256436	1090105	278070	
Red de distribución (QMH)	8.79	9.95	21.32	27.55	35.16		49.37		
Condiciones actuales									
Caudal concesionado por la CRC	5.10		14.00		28.00				
Caudal captado	4.50		12.00		28.00				
Caudal de diseño de la planta de potabilización	4.00		Sin información		25.00				
Capacidad total de almacenamiento	138000		370700		200000	100000	N.A.	N.A.	
Comparaciones									
Caudal concesionado vs. Qmd	Excedente	Igual	Excedente	Déficit	Excedente		Déficit		
Caudal de diseño de la planta de potabilización vs. Qmd	Déficit	Déficit	No aplica - sin información	No aplica - sin información	Excedente		Déficit		
Capacidad de almacenamiento construida vs. calculada	Déficit	Déficit	Déficit	Déficit	Déficit	Déficit	Déficit	Déficit	
Análisis									
Caudal concesionado	El caudal concesionado para este sistema de abastecimiento es de 5 L/s. Para el año 2023, el caudal medio diario es 4,51 L/s, que debe corresponder al caudal de diseño de la planta de potabilización. Para las condiciones actuales, el caudal concesionado es suficiente. Para el año 2048, los administradores de este sistema deberían empezar a prepararse para una potencial solicitud de ampliación de la concesión de aguas en un futuro cercano ya que el Qmd igual al caudal concesionado. Igualmente, mejorar su sistema de distribución para disminuir las pérdidas de agua (menos del 25%) ayudaría a extender en el tiempo la capacidad de abastecimiento del sistema.		El caudal concesionado para este sistema de abastecimiento es de 14 L/s. Para el año 2023, el caudal medio diario es 10.93 L/s, que debe corresponder al caudal de diseño de la planta de potabilización. Para las condiciones actuales y futuras en el 2048, el caudal concesionado es suficiente, aunque el Qmd es ligeramente mayor al caudal concesionado (0,13 L/s). Esto indicaría que, en el año 2048, los administradores de este sistema deberían empezar a prepararse para una potencial solicitud de ampliación de la concesión de aguas en un futuro cercano. Actualmente, este sistema de abastecimiento está captando 12 L/s, lo que representa 1,07 L/s más a la demanda calculada. Esto podría estar relacionado con mayor cantidad de habitantes a la estimada en estos cálculos o a pérdidas en la red de distribución superiores al 25%.		El caudal concesionado para este sistema de abastecimiento es de 28 L/s. Para el año 2023, el caudal medio diario es 21,67 L/s, que debe corresponder al caudal de diseño de la planta de potabilización. Para las condiciones actuales y futuras en el 2048, el caudal concesionado es suficiente. Debido a que este sistema es intermitente, principalmente para la zona rural, es necesario una evaluación detallada de las causas de dicha intermitencia. Tales causas podrían estar relacionadas con pérdidas de agua superiores al 25% (fugas visibles e invisibles o conexiones fraudulentas), inadecuado diseño hidráulico de la red de distribución, desperdicio de agua por parte de los usuarios o usos de agua diferentes al consumo humano.				
Planta de potabilización	La planta de potabilización fue diseñada para un caudal de 4 L/s. Para el 2023, esta planta estaría necesitando 0,51 L/s más en capacidad. Para el 2048, esta diferencia se incrementa a 1,10 L/s.		No se tienen datos del caudal de diseño de la planta de potabilización.		La planta de potabilización fue diseñada para un caudal de 25 L/s; sin embargo, actualmente se captan 28 L/s en temporada climática normal, lo que indica que la planta estaría operando con menores tiempos de retención en sus unidades de tratamiento. Esto podría impactar negativamente la calidad del agua tratada, tanto desde el punto de vista del riesgo químico como microbiológico. Para el 2023, esta planta se encuentra en su capacidad de diseño para abastecer a la población actual. Sin embargo, para el 2048, estaría en un déficit de 1,49 L/s para abastecer a la población futura proyectada.				
Almacenamiento de agua	En cuanto a los tanques de almacenamiento, este sistema cuenta con dos tanques, cada uno con capacidad de 69.000 Litros. Esto resulta en una capacidad de almacenamiento total de 138.000 Litros. Ni en las condiciones actuales ni en las futuras en el 2048, la capacidad de almacenamiento es suficiente según la normatividad colombiana. El déficit es de 56.084 L y 81.586 L para el 2023 y 2048, respectivamente.		En cuanto a los tanques de almacenamiento, este sistema cuenta con cinco tanques, cuya capacidad total es de 370.700 L. Ni en las condiciones actuales ni en las futuras en el 2048, la capacidad de almacenamiento es suficiente según la normatividad colombiana. El déficit es de 99.993 L y 237.533 L, en el 2023 y 2048, respectivamente.		En cuanto a los tanques de almacenamiento, este sistema cuenta con dos tanques, uno para la zona rural con capacidad de 200.000 L y otro para la zona urbana de 100.000 L. Ni en las condiciones actuales ni en las futuras en el 2048, la capacidad de almacenamiento es suficiente según la normatividad colombiana, en ninguna de las dos áreas. El déficit en la zona rural es de 576.337 L y 890.105 L, en el 2023 y 2048, respectivamente. En el centro urbano, el déficit sería de 133.818 L y 178.070 L, en el 2023 y 2048, respectivamente.				

De acuerdo con los cálculos y análisis mostrados en la Tabla 8-20 y Tabla 8-21, se observa que cinco de los seis sistemas analizados presentan condiciones de déficit entre los caudales necesarios para abastecer de agua continuamente a la población y los caudales correspondientes a la infraestructura que está operando actualmente. Esto es válido tanto para las condiciones del 2023 como para el 2048. Sobre esto, hay algunas excepciones para el año 2023 tales como el volumen de almacenamiento del sistema El Porvenir, los caudales concesionados para los sistemas El Cairo, La Venta – El Cofre y APC Cajibío.

En cuanto a este último, es necesario clarificar que el caudal concesionado es de 28 L/s y, bajo condiciones climáticas normales, este sistema capta 28 L/s. Sin embargo, la planta de potabilización fue diseñada para tratar 25 L/s. Esto representa que el agua está siendo tratada bajo condiciones hidráulicas desfavorables, lo que podría comprometer la calidad del agua potable suministrada a sus usuarios.

Estas condiciones de déficit comunes entre los seis acueductos analizados es un reflejo de lo que manifestaron los participantes durante los talleres de MUISKA (paso 2 - sección 6.2). Para manejar el riesgo de escasez de agua de segundo orden, es necesario tomar medidas simultáneamente que permitan garantizar el abastecimiento de agua potable continuamente a la población de Cajibío. Las siguientes son algunas recomendaciones generales en este sentido.

- * Fortalecer las capacidades administrativas, técnicas y financieras de los prestadores del servicio, procurando su establecimiento formal ante las autoridades respectivas para incrementar su legitimidad, reconocimiento y capacidad de actuar para una mejor prestación del servicio. En los casos donde se han identificado conflictos y desconfianza entre los actores, este fortalecimiento debe estar precedido por acercamientos y procesos que permitan establecer lazos de cooperación mutua entre actores para construir relaciones basadas en la transparencia y la confianza.
- * En cuanto a las capacidades técnicas, proveer la infraestructura necesaria para que los prestadores del servicio puedan controlar la cantidad de agua que captan, tratan y suministran y la calidad de agua durante la potabilización, almacenamiento y distribución.
- * Con relación a las capacidades administrativas, suministrar entrenamiento en procesos legales y financieros para una mejor gerencia del sistema. Esto incluye que los prestadores del servicio adquieran conocimientos en la formulación de proyectos para obtener más recursos a invertir en la operación y mantenimiento del sistema.
- * Diseñar e implementar procesos para que haya una relación más estrecha entre los usuarios y prestadores del servicio. De esta forma, los usuarios pueden conocer mejor cómo funciona su sistema de abastecimiento, el papel crucial que juegan las juntas administradoras de acueductos y la importancia del pago oportuno de las facturas para garantizar la sostenibilidad financiera del sistema.
- * Proveer de infraestructura civil e hidráulica diseñada adecuadamente a aquellas veredas que no cuentan actualmente con un sistema de potabilización y distribución de agua potable construido siguiendo los estándares de ingeniería que aplican.
- * Actualizar la infraestructura civil e hidráulica obsoleta para garantizar que los caudales de diseño correspondan a la demanda actual de agua y a la proyectada a 25 años.

La Tabla 8-22 incluye los resultados del análisis de las amenazas relacionadas con la escasez de agua para consumo humano en Cajibío. Luego de analizar los dos criterios propuestos para las fuentes de captación y sistemas de abastecimiento, la amenaza final es media. La falta de información, la ausencia de sistemas de potabilización de agua y el déficit en la capacidad de almacenamiento en la red de distribución son los factores que más contribuyeron a este nivel de amenaza.

Tabla 8-22. Resultados del análisis de las amenazas relacionadas con la escasez de agua para consumo humano

Criterios para analizar la amenaza	Fuente de captación / Sistema de abastecimiento	Estado de la amenaza	Puntaje
Escasez física en la fuente de captación (Índice de escasez -I-)	1. Nacimientos de agua – Q. La Pedregosa Vereda El Cedro Vereda El Porvenir	Sin información hidrológica	1
	2. Río El Cofre Veredas alrededor del lago El Bolsón – Corregimiento La Capilla Acueducto La Venta – El Cofre	I = 0,22	0
	3. Q. Alto La Pajosa Acueducto El Cairo	Sin información hidrológica	1
	4. Q. Michicao Acueducto APC Cajibío	I = 0,19	0
Caudal concesionado vs. Qmd	1. Vereda El Cedro	Sin concesión de aguas	3
	2. Vereda El Porvenir	Sin concesión de aguas	3
	3. Corregimiento La Capilla	Sin concesión de aguas	3
	4. Acueducto El Cairo	Excedente	0
	5. Acueducto La Venta – El Cofre	Excedente	0
	6. Acueducto APC Cajibío	Excedente	0
Caudal de diseño de la planta de potabilización vs. Qmd	1. Vereda El Cedro	Sin planta de potabilización	3
	2. Vereda El Porvenir	Sin planta de potabilización	3
	3. Corregimiento La Capilla	Sin planta de potabilización	3
	4. Acueducto El Cairo	Déficit	2
	5. Acueducto La Venta – El Cofre	Sin información	1
	6. Acueducto APC Cajibío	Déficit ¹⁴	2
Capacidad de almacenamiento vs. calculada	1. Vereda El Cedro	Sin información	1
	2. Vereda El Porvenir	Excedente	0
	3. Corregimiento La Capilla	Déficit	2
	4. Acueducto El Cairo	Déficit	2

¹⁴ La planta de potabilización fue diseñada para un caudal de 25 L/s; sin embargo, actualmente se captan 28 L/s en temporada climática normal. Este dato del caudal de diseño se conoció a través de una conversación con el ingeniero de APC Cajibío en noviembre del 2022.

Crterios para analizar la amenaza	Fuente de captación / Sistema de abastecimiento	Estado de la amenaza	Puntaje
	5. Acueducto La Venta – El Cofre	Déficit	2
	6. Acueducto APC Cajibío	Déficit	2
Puntaje total			34
Nivel de amenaza			Media

8.2.2.2 Exposición

En la Tabla 8-23 se describen las condiciones de la continuidad del servicio de abastecimiento de agua de los seis sistemas considerados en la evaluación del riesgo. Estas características fueron obtenidas a partir de los resultados de los talleres de los pasos 1 y 2 (secciones 5.2 y 6.2.1 y Anexo B, Anexo C y Anexo D). Con relación a la continuidad del servicio durante eventos específicos como el fenómeno de El Niño 2023-2024 (38), consultamos¹⁵ a un representante de cinco de los seis sistemas de abastecimiento sobre el estado de la continuidad del servicio. Todos afirmaron que el servicio se mantuvo continuo dado que este fenómeno no fue intenso en el área de Cajibío. Sin embargo, es necesario que futuros modelos hidrológicos y análisis cualitativos de sequías meteorológicas e hidrológicas incluyan los datos de este y otros fenómenos de El Niño para entender la amenaza que podría existir a la disponibilidad física de agua y la continuidad del abastecimiento de agua cruda o potable bajo este tipo de eventos climáticos extremos.

Tabla 8-23. Descripción de las condiciones de continuidad del servicio de abastecimiento de agua en seis sistemas de Cajibío

Sistema de abastecimiento	Temporadas climáticas normales	Situaciones particulares o eventos específicos
1. Vereda El Cedro	Abastecimiento continuo	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Hay escasez de agua en temporadas secas.
2. Vereda El Porvenir	Abastecimiento continuo	<p>Se suspende el servicio en las siguientes situaciones particulares:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Hay escasez de agua en la quebrada Las Guacas en temporadas secas. Sin embargo, durante el fenómeno de El Niño 2024, el <u>abastecimiento fue continuo</u>.
3. Corregimiento La Capilla	Abastecimiento continuo	<ul style="list-style-type: none"> ▪ El <u>abastecimiento fue continuo</u> durante el fenómeno de El Niño 2024. Actualmente sus habitantes cuentan con soluciones individuales para extraer agua con aljibes en sus viviendas.
4. El Cairo	Abastecimiento continuo	<p>Se suspende el servicio en las siguientes situaciones particulares:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Cuando el río, a la altura de la captación, presenta alta turbiedad. ▪ En época de lluvia, la bocatoma se puede obstruir con palos y lodos. ▪ Bajo caudal en la fuente y el agua captada no alcanza para abastecer a todos en horas pico. Sin embargo, durante el fenómeno de El Niño 2024, el <u>abastecimiento fue continuo</u>.

¹⁵ Conversación por WhatsApp el 15 de abril de 2024. No fue posible contactar al sexto representante.

Sistema de abastecimiento	Temporadas climáticas normales	Situaciones particulares o eventos específicos
5. La Venta – El Cofre	Abastecimiento continuo	▪ El <u>abastecimiento fue continuo</u> durante el fenómeno de El Niño 2024.
6. APC Cajibío	Abastecimiento intermitente	▪ <u>Abastecimiento continuo</u> durante el fenómeno de El Niño 2024.

Según los resultados descritos en la Tabla 8-24, la exposición a la amenaza es alta debido a que todos las personas abastecidas por los seis sistemas de abastecimiento considerados están expuestas debido principalmente a la deficiencia de infraestructura, ya sea porque esta es ausente como en el caso de sistemas de potabilización o porque es insuficiente. En cuanto a cantidad de agua, las dos fuentes de abastecimiento todavía no se encuentran bajo estrés hídrico ($I > 0,4$).

Tabla 8-24. Resultados del análisis de exposición a la escasez de agua para consumo humano

Fuente de captación / Sistema de abastecimiento	Índice de escasez	Capacidad instalada de la infraestructura actual	Población expuesta
1. Nacimientos de agua – Q. La Pedregosa Vereda El Cedro	Sin información hidrológica	Bocatoma: sin concesión de aguas Potabilización de agua: sin planta / agua cruda Capacidad actual de almacenamiento: sin información	270 habitantes
2. Nacimientos de agua – Q. La Pedregosa Vereda El Porvenir	Sin información hidrológica	Bocatoma: sin concesión de aguas Potabilización de agua: sin planta / agua cruda Capacidad actual de almacenamiento: excedente	439 habitantes
3. Río El Cofre Corregimiento La Capilla	$I = 0,22$	Bocatoma: sin información Potabilización de agua: sin planta / agua cruda Capacidad actual de almacenamiento: déficit	8.500 ¹⁶ habitantes
4. Q. Alto La Pajosa Acueducto El Cairo	Sin información hidrológica	Bocatoma: excedente Potabilización de agua: déficit Capacidad actual de almacenamiento: déficit	2.540 habitantes
5. Río El Cofre Acueducto La Venta – El Cofre	$I = 0,22$	Bocatoma: excedente	6.160 habitantes

¹⁶ Cantidad de habitantes total para fases 1 y 2 juntas (Tabla 8-3).

Fuente de captación / Sistema de abastecimiento	Índice de escasez	Capacidad instalada de la infraestructura actual	Población expuesta
		Potabilización de agua: sin información Capacidad actual de almacenamiento: déficit	
6. Q. Michicao Acueducto APC Cajibío	I = 0,19	Bocatoma: excedente Potabilización de agua: déficit ¹⁷ Capacidad actual de almacenamiento: déficit	13.516 habitantes
Cantidad total de personas expuestas a la amenaza			31.425
Puntaje asignado a la exposición			3
Nivel del exposición (E)			Alta

8.2.2.3 Vulnerabilidad

En la Tabla 8-25 se encuentran los resultados de la evaluación de la vulnerabilidad por resiliencia ante eventos sorpresa en el contexto institucional. Esta evaluación muestra que la vulnerabilidad por resiliencia de Cajibío es alta ya que el desarrollo actual (2023) de la mayoría de los criterios de resiliencia ante eventos sorpresa fueron calificados deficientes y los participantes indicaron que la mayoría de esos elementos no eran resilientes ante este tipo de eventos. En otros casos, los participantes no supieron si tales elementos eran resilientes o no, indicando que el desconocimiento también los hace vulnerables ya que la información existente sobre políticas, planes y programas de gestión del riesgo relacionado con la inseguridad hídrica no ha sido socializada ampliamente de tal manera que todos los ciudadanos conozcan el grado de resiliencia de los sistemas que los abarcan o les compete.

La Tabla 8-26 incluye los resultados de la evaluación de la vulnerabilidad relacionada con la percepción local del riesgo, los cuales indican que este tipo de vulnerabilidad es media. Es importante resaltar que los participantes en el estudio reconocen la mayoría de los problemas de inseguridad hídrica que se presentan en su territorio.

¹⁷ La planta de potabilización fue diseñada para un caudal de 25 L/s; sin embargo, actualmente se captan 28 L/s en temporada climática normal.

Tabla 8-25. Evaluación de la vulnerabilidad por resiliencia ante eventos sorpresa en el contexto institucional

Criterios	Estado actual de desarrollo	Puntaje – Estado actual de desarrollo	Resiliencia frente a eventos sorpresa	Puntaje - Resiliencia frente a eventos sorpresa
1. Políticas, estrategia y planificación				
1.1 ¿Las políticas y estrategias ambientales y de adaptación al cambio climático tienen en cuenta la identificación y manejo de eventos sorpresa en el análisis de riesgos?	Deficiente	3	No	3
1.2 ¿En qué medida los planes relacionados con la seguridad hídrica (inundaciones, sequías, eventos extremos de lluvias, acueducto, alcantarillado, drenaje urbano, diversos usos del agua, etc.) se basan en un análisis del riesgo que incluya consideraciones sobre el cambio climático?	Emergente	2	No	3
1.3 ¿Las políticas, estrategias y planes para la seguridad hídrica y el cambio climático incluyen una visión sistémica y la interconexión de los elementos del sistema como por ejemplo la infraestructura?	Emergente	2	No	3
2. Disposiciones institucionales y capacidad				
2.1 ¿En qué medida se definen claramente los roles y responsabilidades institucionales en materia de seguridad hídrica (por ejemplo, entre actores de los sectores de agua y saneamiento, salud, planeación, riesgos por desastres, convivencia ciudadana, medio ambiente y cambio climático)?	Fortalecido	1	Sí	0
2.2 ¿En qué medida las instituciones que trabajan en seguridad hídrica tienen la capacidad de abordar la integración de la reducción del riesgo en las dimensiones salud y bienestar, infraestructura y servicios asociados, economía y productividad, servicios ecosistémicos y cultura, justicia y paz?	Deficiente	3	No sé	3
3. Coordinación e integración				
3.1 ¿Qué tipo de mecanismo de coordinación interministerial, interdepartamental e intermunicipal existe entre los departamentos responsables del cambio climático, el medio ambiente, la agricultura, la energía, el transporte, la salud, la convivencia ciudadana, los recursos hídricos y el abastecimiento de agua y el saneamiento?	Deficiente	3	No	3
3.2 ¿Cómo se integran los análisis de riesgos a la seguridad hídrica en los diálogos sectoriales, las revisiones sectoriales conjuntas, el intercambio de información y las reuniones de coordinación, fortaleciendo así la colaboración entre departamentos, municipios y organismos y entre sectores de la sociedad?	Emergente	2	No sé	3
4. Financiamiento				
4.1 ¿En qué medida se establecen las prioridades nacionales para la gestión de riesgos y adaptación respaldadas con mecanismos de financiamiento adecuados y fondos suficientes?	Emergente	2	No	3

Crterios	Estado actual de desarrollo	Puntaje – Estado actual de desarrollo	Resiliencia frente a eventos sorpresa	Puntaje - Resiliencia frente a eventos sorpresa
4.2 ¿Existe un plan de financiamiento específico para incrementar la resiliencia del sistema a la inseguridad hídrica y el cambio climático?	Deficiente	3	No	3
5. Medio ambiente y recursos hídricos				
5.1 ¿Qué tipo de estrategias de gestión de sequías e inundaciones existen en el país (vinculadas a la alerta temprana y la planificación de contingencia) y cómo priorizan el uso del agua para el consumo humano sobre otros usos en caso de escasez?	Deficiente	3	No	3
Puntaje total por categoría		24	--	27
Puntaje total - (V_{RCI})		51		
Grado de vulnerabilidad - (V_{RCI})		Alta		

Tabla 8-26. Evaluación de la vulnerabilidad relacionada con la percepción local del riesgo

Criterio	Los participantes en el estudio reconocieron al criterio durante los talleres (Sí / No)			Puntaje		
	Grupo JAC / Ciudadanos	Grupo Servicio de Acueducto	Entidades municipales y departamentales	Grupo JAC / Ciudadanos	Grupo Servicio de Acueducto	Entidades municipales y departamentales
1. Efectos del cambio climático y eventos climáticos extremos sobre la seguridad hídrica	Sí	Sí	No	0	0	1
2. Efectos de las temporadas climáticas normales sobre la seguridad hídrica	Sí	Sí	No	0	0	1
3. Deforestación	Sí	Sí	Sí	0	0	0
4. Consecuencias de la deforestación sobre el bienestar de los ecosistemas.	Sí	Sí	Sí	0	0	0
5. Urbanización	Sí	Sí	Sí	0	0	0
6. Ocupación de rondas hídricas	Sí	Sí	Sí	0	0	0
7. Pérdidas de agua en sistemas de abastecimiento de agua	No	Sí	No	1	0	1
8. Consumo excesivo o no eficiente de agua en actividades agropecuarias	Sí	No	No	0	1	1
9. Consumo excesivo o no eficiente de agua en actividades domésticas	No	Sí	No	1	0	1
10. Contaminación de las fuentes superficiales de agua en Cajibío debido a las actividades humanas.	Sí	Sí	Sí	0	0	0
11. Contaminación de las fuentes superficiales de agua en Cajibío debido a actividades ilegales.	Sí	No	Sí	0	1	0

Criterio	Los participantes en el estudio reconocieron al criterio durante los talleres (Sí / No)			Puntaje		
	Grupo JAC / Ciudadanos	Grupo Servicio de Acueducto	Entidades municipales y departamentales	Grupo JAC / Ciudadanos	Grupo Servicio de Acueducto	Entidades municipales y departamentales
12. Contaminación de las aguas subterráneas en Cajibío debido a las actividades humanas.	No	No	No	1	1	1
13. Efectos sobre la salud humana de la contaminación del agua (fuentes de agua y agua suministrada por los acueductos).	Sí	Sí	Sí	0	0	0
14. Efectos sobre los ecosistemas de la contaminación de las fuentes de agua.	Sí	No	Sí	0	1	0
15. Infraestructura existente limitada para abastecimiento de agua consumo humano.	Sí	Sí	Sí	0	0	0
16. Falta de infraestructura para abastecimiento de agua consumo humano.	Sí	Sí	No	0	0	1
17. Falta de infraestructura de saneamiento básico en la zona rural.	Sí	Sí	No	0	0	1
18. Infraestructura deficiente para el tratamiento de ARD en el centro urbano.	Sí	Sí	Sí	0	0	0
19. Los operadores de los sistemas de tratamiento de ARD deben estar adecuadamente entrenados.	Sí	No	No	0	1	1
20. Los operadores de los sistemas de potabilización de agua deben estar adecuadamente entrenados.	No	No	Sí	1	1	0
21. Los usuarios del agua son parte crucial del sistema de abastecimiento de agua.	No	Sí	Sí	1	0	0
22. Es necesario pagar a tiempo la factura del agua para contribuir a la sostenibilidad financiera del sistema de abastecimiento de agua.	No	Sí	Sí	1	0	0
23. Un marco regulatorio para el adecuado uso del suelo que sea sólido, bien socializado e implementado es fundamental para avanzar hacia la seguridad hídrica.	Sí	No	Sí	0	1	0
24. La acción adecuada de las entidades territoriales es necesaria para reducir la inseguridad hídrica en sus diversas manifestaciones.	Sí	Sí	Sí	0	0	0
25. La articulación de ciudadanos, organizaciones comunitarias, entidades territoriales y otras instituciones es	Sí	Sí	No	0	0	1

Criterio	Los participantes en el estudio reconocieron al criterio durante los talleres (Sí / No)			Puntaje		
	Grupo JAC / Ciudadanos	Grupo Servicio de Acueducto	Entidades municipales y departamentales	Grupo JAC / Ciudadanos	Grupo Servicio de Acueducto	Entidades municipales y departamentales
necesaria para avanzar hacia un estado de seguridad hídrica en Cajibío.						
26. La salud y el bienestar de los ecosistemas beneficia al desarrollo económico del municipio.	Sí	No	No	0	1	1
27. La salud y el bienestar de los ecosistemas favorece la salud humana.	Sí	No	No	0	1	1
28. La conciencia ambiental es necesaria para favorecer actitudes, hábitos y comportamientos positivos hacia la conservación ambiental.	Sí	No	Sí	0	1	0
29. Los conflictos en el territorio son un obstáculo para fortalecer el tejido social dentro de Cajibío y con la región vecina.	No	No	Sí	1	1	0
30. Los conflictos en el territorio son un obstáculo para el desarrollo económico en Cajibío.	No	No	Sí	1	1	0
Puntaje total por grupo de participantes				8	12	12
Puntaje total – (V_{PLR})				32		
Grado de vulnerabilidad (V_{FSE})				Media		

Hay algunos aspectos que los participantes no reconocieron, por lo que es importante abordarlos en los planes de gestión de riesgos de inseguridad hídrica y otras estrategias de comunicación entre entidades, ciudadanos y organizaciones comunitarias. Aspectos como las pérdidas de agua en los sistemas de abastecimiento de agua y el consumo excesivo en actividades domésticas; si bien el grupo Servicio de acueducto sabe de estos problemas pues sus roles individuales como miembros de las juntas administradoras de agua les permiten tener información de primera mano, los ciudadanos y representantes de entidades territoriales no los conocen. Igualmente, los participantes saben de la contaminación de las aguas superficiales en el territorio, pero las aguas subterráneas no fueron mencionadas. Esto muestra la necesidad de que todos los ciudadanos conozcamos mejor los recursos hídricos subterráneos, su conexión con los superficiales, la forma de conservarlos y usarlos. Otro aspecto a destacar es la necesidad de que los operadores de los sistemas de potabilización de agua y de tratamiento de aguas residuales reciban capacitación y entrenamiento técnicos continuos y actualizados, que incluyan la gestión de riesgos de inseguridad hídrica.

De igual forma, el grupo JAC / Ciudadanos no reconoció que ellos son parte crucial de los sistemas de abastecimiento de agua potable. En este aspecto, es vital que las juntas administradoras de agua, empresas prestadoras y entidades territoriales trabajen más de cerca con los ciudadanos para comprender mejor su rol como miembros del sistema y cómo su participación activa puede ayudar a la sostenibilidad del mismo. La relación ecosistemas – seres humanos – sociedad no es bien comprendida, lo cual representa una ventana de oportunidad para incorporar estos temas en los currículos escolares, intervenciones en el municipio, planes de gestión de riesgos y demás estrategias de comunicación. Finalmente, las consecuencias de los conflictos existentes en el territorio sobre la sociedad y el desarrollo económico en Cajibío tampoco fueron reconocidos en los talleres realizados en el marco de este proyecto. Esto no representa necesariamente que los participantes no sean concientes de este problema sino que, debido a que es un tema altamente sensible, es posible que la prudencia haya predominado a la hora de analizar los riesgos de inseguridad hídrica y su relación con los conflictos.

La Tabla 8-27 muestra los resultados de la evaluación de la vulnerabilidad relacionada con factores socioeconómicos, los cuales indican que este tipo de vulnerabilidad es media tanto en el centro urbano como en la zona rural. El IPM es notoriamente diferente entre ambas áreas ya que éste es notablemente más alto en la zona rural (39.5% más). Esto evidencia el rezago de la zona rural en Cajibío en cuanto a servicios de salud, calidad de la vivienda, acceso a agua potable y saneamiento, educación y cuidado de la primera infancia.

Tabla 8-27. Evaluación de la vulnerabilidad relacionada con factores socioeconómicos

Criterio	Centro urbano	Centros poblados y rural disperso (zona rural)
Índice de pobreza multidimensional del censo del 2018	19,8%	59,3%
Puntaje IPM	1	2
Proporción de personas en miseria	0,66%	4,34%
Puntaje – Proporción de personas en miseria	1	1
Dependencia económica	3,06%	8,83%
Puntaje – Dependencia económica	1	1
Puntaje total –(V_{FSE})	3	4
Nivel de vulnerabilidad (V_{FSE})	Media	Media

Al sumar los tres tipos de vulnerabilidad explicados anteriormente, la vulnerabilidad total de Cajibío ante el riesgo por escasez de agua resultó media (Tabla 8-28) para el centro urbano y la zona rural. Dado que no se cuenta con información de vulnerabilidad desagregada por veredas o entre centro urbano y zona rural (exceptuando los factores socioeconómicos), la vulnerabilidad resultó igual para todo el municipio. Como referencia, es necesario destacar que el sector académico del Cauca también ha analizado la vulnerabilidad en Cajibío y otros municipios de la región. Particularmente, en el proyecto AquaRisc, investigadores de la Universidad del Cauca calcularon un índice de vulnerabilidad detallado para el sistema de abastecimiento de agua potable APC Cajibío, el cual resultó en vulnerabilidad media (39). Este índice incorpora la vulnerabilidad de la fuente de abastecimiento (quebrada Michicao o Miraflores), del prestador del

servicio de acueducto y de los usuarios. Este enfoque desagregado por cada elemento del sistema, la incorporación de 47 indicadores y el análisis de información histórica para calcular cada indicador representan la robustez de dicho índice de vulnerabilidad (39).

Tabla 8-28. Vulnerabilidad total de Cajibío ante el riesgo por escasez de agua

Tipo de vulnerabilidad	Puntaje total por tipo de vulnerabilidad	
	Centro urbano	Centros poblados y rural disperso (zona rural)
Vulnerabilidad por resiliencia ante eventos sorpresa en el contexto institucional	51	
Vulnerabilidad relacionada con la percepción local del riesgo	32	
Vulnerabilidad relacionada con factores socioeconómicos	3	4
Puntaje total – Vulnerabilidad total	86	87
Nivel de vulnerabilidad total	Media	Media

8.2.2.4 Incertidumbres y solidez y profundidad del conocimiento

La Tabla 8-29 describe las incertidumbres asociadas a la evaluación del riesgo por escasez de agua para consumo humano en Cajibío para cada uno de los tres elementos considerados: amenaza, exposición y vulnerabilidad. Identificamos en total ocho fuentes principales de incertidumbres cuantitativas. La Tabla 8-30 contiene la valoración de la solidez y profundidad del conocimiento que soporta esta evaluación del riesgo. Dicha valoración resultó en débil desde el punto de vista cuantitativo y fuerte desde el punto de vista cualitativo.

Tabla 8-29. Incertidumbres en la evaluación del riesgo

Amenaza	Exposición	Vulnerabilidad
<p>* <u>Cálculo de las tasas de pérdida de cobertura vegetal y urbanización.</u></p> <p>En el caso de la pérdida de cobertura vegetal, la tasa se calculó a partir de imágenes satelitales de Sentinel 2 y del índice de vegetación de diferencia normalizada. Este índice se clasificó en cinco categorías y la pérdida de vegetación se consideró para la vegetación densa y media. Las incertidumbres en este caso están asociadas a potenciales coberturas vegetales que no fueron consideradas en esta clasificación y que juegan un papel importante en el ciclo hidrológico.</p> <p>Para calcular la tasa de urbanización, usamos las coberturas clasificadas por Dynamic World (que usan también imágenes de Sentinel 2), ya que estas contienen una categoría específica para áreas construidas. Las incertidumbres de esta tasa de urbanización están relacionadas con el algoritmo que permite diferenciar áreas construidas de otras áreas que son suelos desnudos.</p> <p>Adicionalmente, debido a la disponibilidad limitada de imágenes completas en el polígono que encierra la porción de la subcuenca del río Palacé considerada, sólo obtuvimos cinco imágenes óptimas (con baja nubosidad) para calcular las tasas.</p> <p>* <u>Parámetros y datos de entrada al modelo hidrológico SWAT para la subcuenca del río Palacé.</u></p> <p>Este modelo usó datos de precipitación de una sola estación climática del periodo 2010-2022. Además, no se cuenta con datos de sedimentos medidos en muestras de agua para incluirlos en el modelo, así que este parámetro fue calculado con las ecuaciones internas del software según la cobertura del suelo y la escorrentía. Adicionalmente, es posible que la resolución del modelo de elevación digital no sea suficiente para calcular los parámetros de interés con precisión en las microcuencas más pequeñas.</p>	<p>* <u>Conversión de usuarios a habitantes.</u></p> <p>Para convertir de usuarios a habitantes, consideramos el número promedio de habitantes por vivienda; es decir, la vivienda es un usuario. Este número es un promedio y, por lo tanto, estamos omitiendo viviendas con menor o mayor cantidad de habitantes a ese promedio. Idealmente, un censo por sistema de abastecimiento suministraría información más exacta sobre la cantidad de habitantes abastecidos. Dado que esta información no está disponible para los seis sistemas considerados en este estudio, usar el promedio es una medida apropiada. Las incertidumbres en este caso están relacionadas con las viviendas con número de habitantes diferentes al promedio.</p>	<p>* <u>Análisis de resiliencia ante eventos sorpresa.</u></p> <p>Este análisis se realizó con base en el conocimiento de los participantes sobre el grado de resiliencia de ciertos elementos considerados. Así pues, dicho conocimiento podría ser inexacto, impreciso o equivocado. Por lo tanto, las incertidumbres en el análisis de resiliencia están asociadas al conocimiento que los participantes tenían sobre este tema en el momento en que realizamos los talleres del paso 4. Adicionalmente, este análisis no incluyó el conocimiento sobre resiliencia del grupo Servicio de acueducto ya que el tiempo asignado para este taller no fue suficiente para realizar esta actividad.</p> <p>* <u>Percepción local del riesgo.</u></p> <p>La percepción local del riesgo es el juicio subjetivo que realizaron los participantes en el estudio sobre su valoración de las amenazas y consecuencias asociadas a la inseguridad hídrica en Cajibío. Así pues, las incertidumbres en este caso se realacionan con los factores sociales, culturales y psicológicos que influyen dicha percepción.</p> <p>* <u>Cálculos del IPM, proporción de personas en miseria y dependencia económica.</u></p> <p>Los cálculos de estos tres factores socio-económicos siguen una metodología establecida por el DANE y están basados en los resultados del censo del 2018. Por lo tanto, las incertidumbres en este caso están asociadas a los errores en la metodología del censo, la recolección de datos primarios y su procesamiento, los cálculos matemáticos de estos tres factores y al hecho de que son</p>

Amenaza	Exposición	Vulnerabilidad
<p>* <u>Carga contaminante de DBO en la cuenca del río El Cofre según datos de la CRC.</u></p> <p>No contamos con datos de DBO en la quebrada Michicao. Por lo tanto, las incertidumbres en este caso están relacionadas con la incapacidad de precisar un valor de DBO en la quebrada Michicao.</p> <p>* <u>Proyecciones de población en 2023 y 2048.</u></p> <p>El último censo del DANE fue del año 2018 y esta institución ha hecho proyecciones de población hasta el 2035, ajustando los datos por la pandemia del COVID. Como toda proyección en el futuro, esta intenta acercarse a la realidad, pero no la predicen con exactitud. Por lo tanto, hay unas incertidumbres en estos datos.</p>		<p>datos desactualizados. Con relación a esto último, las condiciones socio-económicas en Cajibío podrían ser diferentes en los años 2023 y 2024, debido al impacto de las cuarentenas del COVID-19.</p>

Tabla 8-30. Valoración de la solidez y profundidad del conocimiento que soportan la evaluación del riesgo por escasez de agua

Criterio	Análisis del criterio	Valoración de la solidez y profundidad del conocimiento
Las suposiciones realizadas representan fuertes simplificaciones.	El modelo hidrológico SWAT para la subcuenca del río Palacé es una simplificación de la realidad, pero las bases del modelo consideran la mayoría de los fenómenos físicos que ocurren en una cuenca hidrográfica.	<p>Desde el punto de vista cuantitativo, la solidez y profundidad del conocimiento en esta evaluación del riesgo se considera débil ya que, principalmente, la amenaza y la exposición requieren de mejor determinación pues la ausencia de modelos hidrológicos e hidráulicos no permitió analizar estos dos elementos del riesgo con mayor precisión.</p> <p>Desde el punto de vista cualitativo, la solidez y profundidad del conocimiento en esta evaluación del riesgo se considera fuerte, dado que los habitantes de Cajibío que participaron en este estudio saben de primera mano los problemas de inseguridad hídrica a los que se enfrentan diariamente. Para mejor ilustración, por favor leer el capítulo 2 y el Anexo D.</p> <p>En la Figura 8-4 contrastamos datos cuantitativos y cualitativos para reflejar las diferentes problemáticas de los seis sistemas de abastecimiento de agua considerados en este estudio, relacionadas principalmente con insuficiencia de la infraestructura actual, falta de capacidades administrativas y financieras para operar y mantener los sistemas, obsolescencia de los sistemas de potabilización, etc.</p>
Los datos/información son inexistentes o muy poco fiables o irrelevantes.	<p>Sólo hay un modelo hidrológico disponible para tres de las 17 subcuencas que atraviesan el territorio de Cajibío. Este modelo incluye información de precipitación disponible en una sola estación meteorológica y no hay datos primarios de sedimentos para usarlos como información de entrada al modelo y así mejorar su predicción bajo condiciones actuales y potenciales cambios de uso del suelo en el futuro.</p> <p>No hay modelos hidráulicos de ningunos de los seis sistemas de abastecimiento de agua considerados en este estudio que permitan determinar con mayor precisión cuántos usuarios, en qué áreas y por cuánto tiempo los habitantes de Cajibío no cuentan con servicio de suministro de agua en sus viviendas para consumo humano.</p> <p>Los datos de los factores socio-económicos en Cajibío son del 2018.</p>	
Existe un gran desacuerdo entre los expertos.	<p>En este caso, los expertos son los participantes en el estudio, quienes eran habitantes de Cajibío o trabajadores en algunas de las instituciones relacionadas con la seguridad hídrica en el municipio.</p> <p>Los participantes en el estudio ofrecieron sus conocimientos y experiencias sobre seguridad hídrica en su territorio, las cuales coincidieron en la mayoría de los casos y en otros casos fueron complementarias. Durante los talleres, las facilitadoras no observamos controversias o desacuerdos entre los participantes sobre alguna situación que pudiera considerarse inexistente o errónea.</p>	
Los fenómenos involucrados no se comprenden bien; no existen modelos o se sabe/se cree que dan malas predicciones.	No hay modelos hidrológicos para casi todas la subcuencas que atraviesan al municipio de Cajibío y no hay modelos hidráulicos en ninguno de los seis sistemas de abastecimiento de agua.	
No se han examinado los conocimientos (por ejemplo, con respecto a eventos desconocidos por el analista, pero conocidos por otras personas).	Los talleres del paso 4 incluyó un análisis de resiliencia ante eventos sorpresa. Para esto, les pedimos a los participantes que pensarán en un evento que nunca ha pasado, pero que podría pasar y que afectara negativamente la seguridad hídrica en su territorio. En el estudio no consideramos indagar sobre eventos sorpresa con personas externas al proyecto de investigación y que vivan en los municipios vecinos.	

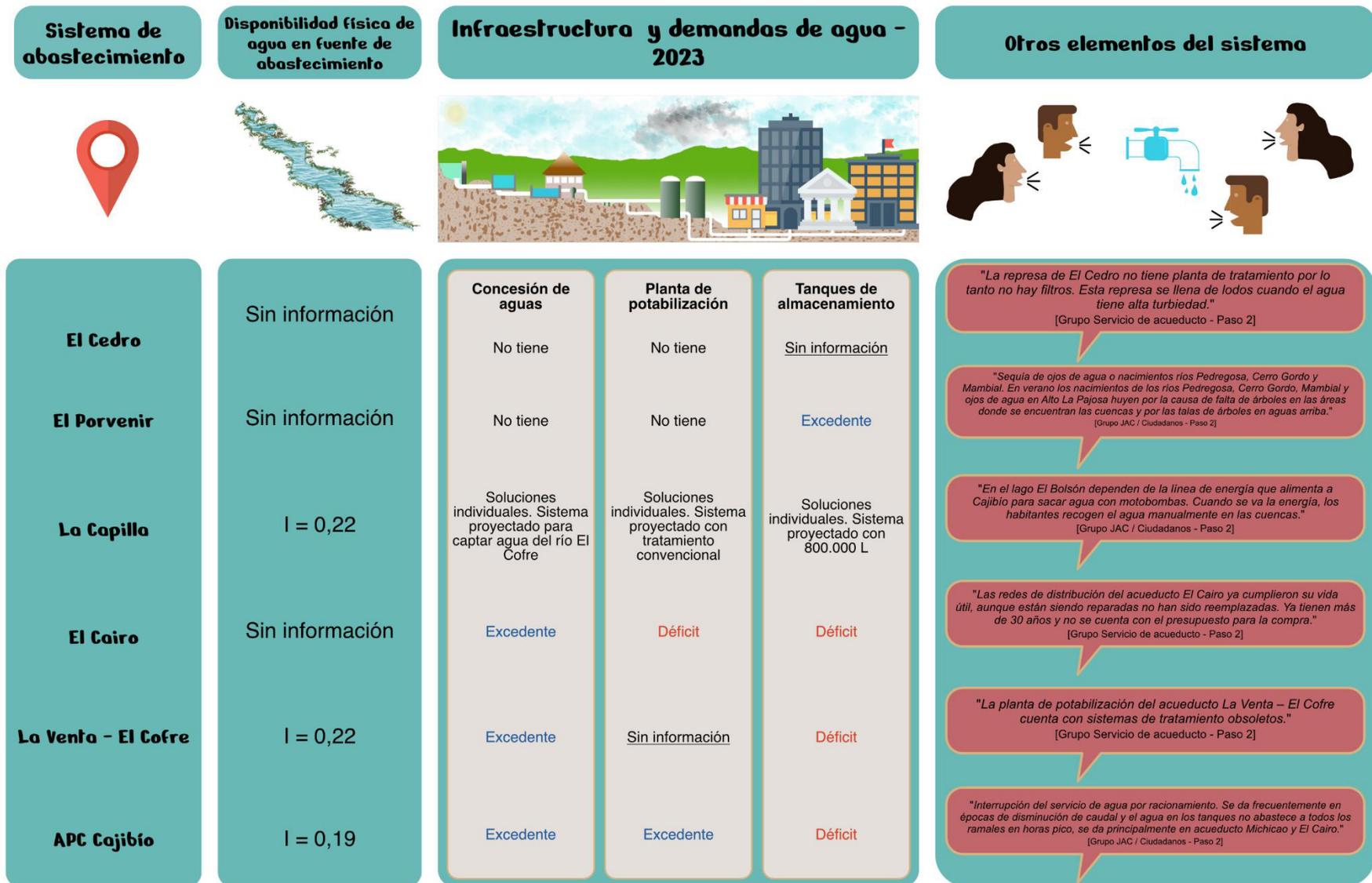


Figura 8-4. Expresiones de la escasez de agua en Cajibío según la disponibilidad física de agua y de infraestructura y otros aspectos manifestados por los participantes en el proyecto. La interpretación de los resultados cuantitativos se complementa con la información cualitativa de los participantes quienes tienen un conocimiento sólido de las condiciones de inseguridad hídrica en su territorio.

8.2.2.5 Evaluación del riesgo por escasez de agua en Cajibío

La Tabla 8-31 consolida la evaluación del riesgo de escasez de agua para consumo humano debido a la pérdida de vegetación y urbanización en Cajibío.

Tabla 8-31. Evaluación cualitativa del riesgo por escasez de agua para consumo humano

	Nivel de amenaza	Nivel de exposición	Nivel de vulnerabilidad
	Media	Alta	Media
Puntaje	2	3	2
Puntaje total	12		
Cualificación final del riesgo	Riesgo medio		
Cantidad de factores que aportan incertidumbre	4	1	3
Solidez y profundidad del conocimiento	<p>Débil: falta de datos primarios actualizados para alimentar el modelo hidrológicos existente, falta de modelos hidrológicos para casi todas las subcuencas que atraviesan el territorio de Cajibío y falta de modelos hidráulicos para las redes de distribución existentes en Cajibío.</p> <p>Fuerte: los participantes en el estudio reportaron diversos problemas relacionados con el agua para consumo humano como el efecto de las temporadas secas extremas, infraestructura inexistente o deficiente, limitaciones administrativas de los sistemas de abastecimiento de agua, falta de entrenamiento de operadores de los sistemas de agua y saneamiento, entre otras.</p>		

El riesgo resultó en medio con múltiples incertidumbres y factores que influyen la solidez y profundidad del conocimiento, principalmente debido a la falta de datos. El riesgo de escasez de agua para consumo humano ocasionaría entonces que, aquellas personas más vulnerables debido a bajos ingresos económicos, mayores necesidades de higiene como personas menstruantes o bebés, personas bajo tratamiento médico específico o aquellos forzados a acceder a fuentes de agua de baja calidad estén expuestas a otros riesgos relacionados con enfermedades e incremento de los costos familiares.

8.3 CONCLUSIONES DEL PASO 4

- * La débil regulación del ordenamiento territorial en Cajibío se destaca como una vulnerabilidad y una causa de riesgo relevante en común identificada por los tres grupos de participantes en el proyecto.
- * Todos los seis elementos constitutivos considerados para el análisis de resiliencia por parte de los participantes necesitan atención por parte de las instituciones responsables para fortalecerlos, ya sea en su estado actual o ante eventos sorpresa como afectaciones a la calidad del agua en la bocatoma sobre la quebrada Michicao por incumplimiento de acuerdos entre las partes interesadas y agente microbiológico no mapeado para incrementar la resiliencia del sistema.

- * La falta de información hidrológica en las subcuencas de los ríos Cajibío y La Pedregosa, la ausencia de sistemas de potabilización de agua y el déficit en la infraestructura actual para suplir las demandas de agua son los factores que contribuyeron al nivel de amenaza media encontrado para Cajibío en relación a la escasez de agua.
- * Toda la población abastecida por los seis sistemas de abastecimiento considerados en la evaluación del riesgo está expuesta a la amenaza, independientemente de la disponibilidad física de agua en las fuentes, ya que al menos un componente de su sistema es insuficiente para suplir la demanda de agua actual para consumo humano o no cuentan con una planta de potabilización. Por lo tanto, la exposición es alta.
- * La vulnerabilidad total es media en Cajibío, pero es necesario que ciudadanos e instituciones trabajen conjuntamente en la resiliencia ante eventos sorpresa, en cerrar las brechas de desarrollo entre la zona rural y urbana y en profundizar la educación ambiental para incrementar la conciencia de la estrecha relación que existe entre la salud de los ecosistemas y la salud y bienestar de los seres humanos.
- * Las incertidumbres en la evaluación del riesgo por escasez de agua para consumo humano están relacionadas con los cálculos de las tasas de pérdida de vegetación e incremento de la urbanización, el modelo hidrológico para la subcuenca del río Palacé, datos desactualizados de factores socio-económicos, proyecciones de población, conversión de cantidad de usuarios a habitantes, el análisis de resiliencia ante eventos sorpresa y la percepción local del riesgo.
- * La solidez y profundidad del conocimiento es débil desde el punto de vista cuantitativo debido a la ausencia de modelos hidrológicos e hidráulicos y a la información desactualizada de condiciones socio-económicas. Desde el punto de vista cualitativo, la solidez y profundidad del conocimiento es fuerte porque los habitantes de Cajibío que participaron en el estudio pudieron expresar claramente sus problemas asociados a la inseguridad hídrica.
- * La evaluación del riesgo por escasez de agua para consumo humano en Cajibío se presenta en la Figura 8-5.

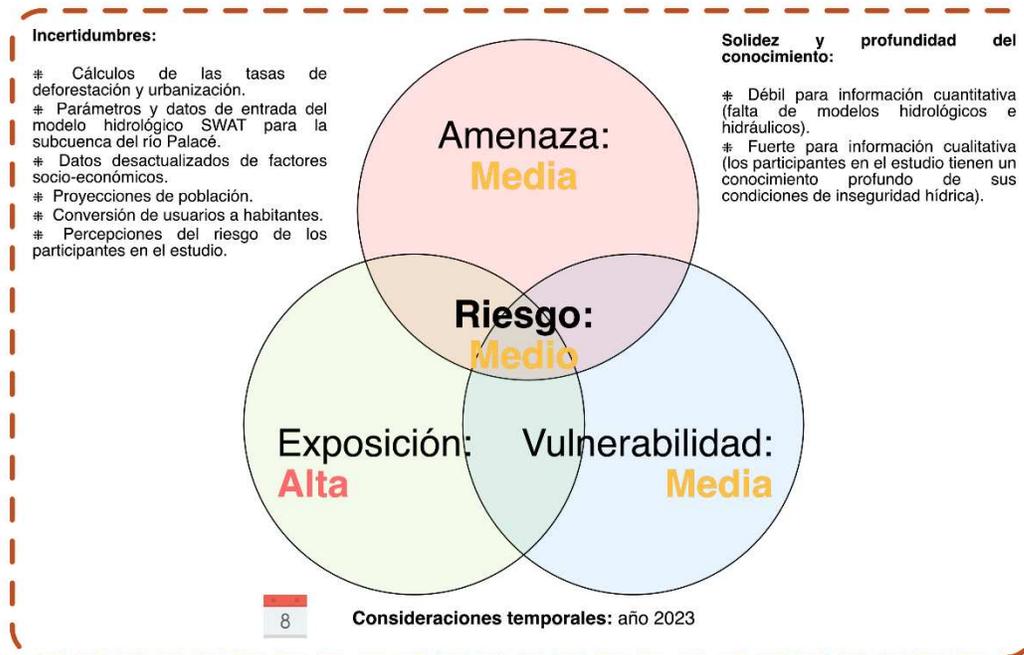


Figura 8-5. Representación gráfica de la evaluación del riesgo de escasez de agua para consumo humano en Cajibío. Riesgo medio con incertidumbres relacionadas con datos cuantitativos y solidez y profundidad del conocimiento débil y fuerte.

- * Las consecuencias de la escasez de agua debido a que no está físicamente disponible, porque es de baja calidad o porque no hay infraestructura apropiada para producir y transportar agua potable continuamente a la población ha sido ampliamente discutido en la literatura académica y en documentos de entidades que trabajan en desarrollo humano y social. De forma más relevante, este estudio permitió que los habitantes de Cajibío y los representantes de entidades relacionadas con la seguridad hídrica en la región expresaran sus percepciones sobre este riesgo y las consecuencias que enfrentan cuando este se materializa en su territorio. Así pues, los hallazgos de este estudio resaltan la necesidad de que Cajibío cuente con prestación del servicio de agua potable en todo su territorio continuamente como un derecho humano y como una forma de garantizar la dignidad de sus habitantes, incrementar la equidad y reducir las tensiones y conflictos sociales que se presentan en el territorio.

9 PASO 5 – COMUNICACIÓN DEL RIESGO

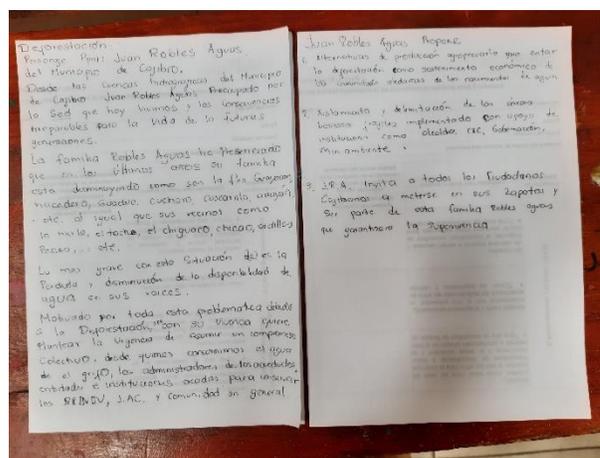
9.1 METODOLOGÍA DEL PASO 5

Luego de la identificación preliminar de vulnerabilidades y resiliencias, los participantes en este estudio produjeron formas creativas para comunicar los resultados. Por lo anterior, el taller del paso 5 se basó en el arte de contar historias (Fotografía 9-1).

Cada grupo de trabajo se reunió para escoger una de las consecuencias priorizadas en los pasos anteriores, establecer un mensaje a transmitir, considerar qué tipo de audiencia recibiría este tipo de comunicación del riesgo, y finalmente crear una pieza de comunicación que representa tanto el mensaje como el grupo de trabajo. Para el desarrollo de la historia a comunicar, los participantes del taller recibieron orientación por parte del equipo investigador, relacionada con los componentes de la comunicación (Figura 9-1), formas de pensar (Figura 9-2) y el arte de contar historias (Figura 9-3).



a) Ejercicio de diálogos del riesgo



b) Versión original escrita a mano del cuento Juan Robles Aguas

Fotografía 9-1. Participantes en el proyecto en dos de las actividades de los talleres de los pasos 5 y 6 realizados el mismo día



Figura 9-1. Tres componentes de la comunicación: fuente, mensaje, y audiencia

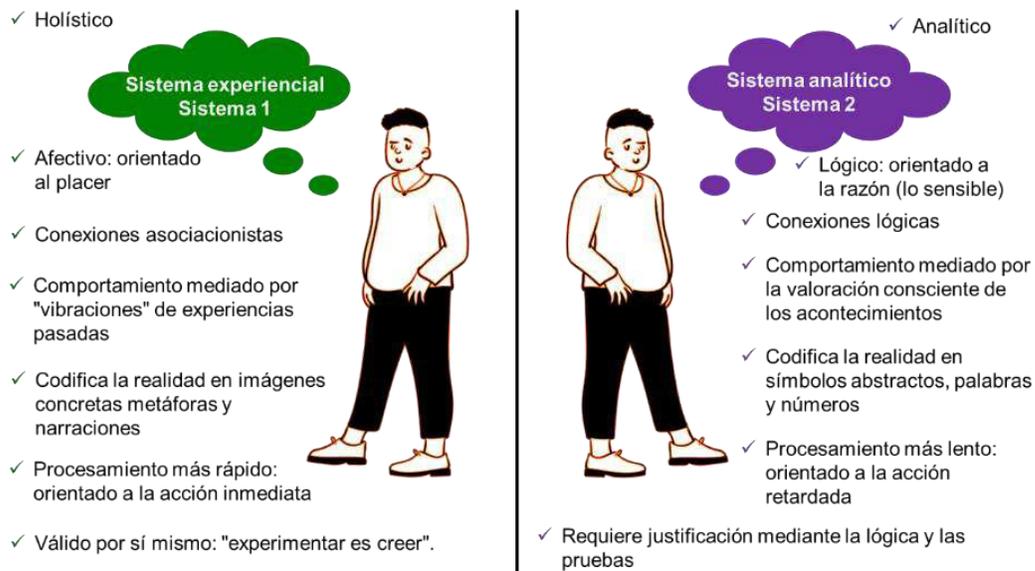


Figura 9-2. Formas de pensar: sistemas 1 (experiencial) y 2 (analítico)

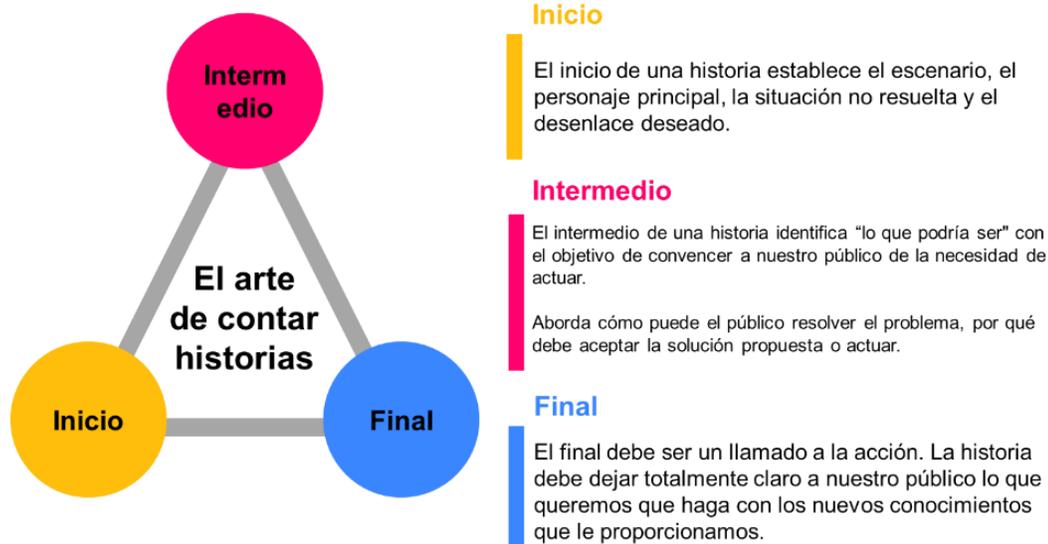


Figura 9-3. El arte de contar historias: inicio, intermedio y fin

9.2 RESULTADOS Y DISCUSIÓN DEL PASO 5

Durante el desarrollo del taller, los participantes crearon un discurso (Figura 9-4), escribieron un poema basado en una canción de Joaquín Sabina (Figura 9-5), escribieron un cuento sobre los bosques (Figura 9-6) y produjeron un jingle basado en una canción de Rubén Blades (Figura 9-7). Estas manifestaciones artísticas relatan los anhelos, necesidades, preocupaciones y frustraciones que experimentan diariamente en relación con el acceso y protección de los recursos hídricos del municipio. De igual manera, existen nociones sobre las posibles medidas que se pueden buscar para proteger las fuentes y garantizar el uso sostenible de agua.

Los resultados de este taller permiten observar que las condiciones de inseguridad hídrica en Cajibío también producen emociones entre los que hablan de estas situaciones. Este tipo de actividades también permite que los participantes desplieguen su creatividad. El poema, el cuento, el jingle y el discurso producidos en este taller evidencia que la comunicación de riesgos puede ser una oportunidad para conectar el arte, los sentimientos y las emociones con la gestión de los recursos hídricos, haciendo a los ciudadanos y servidores públicos actores claves que pueden trabajar juntos en un objetivo común para el bienestar de los ecosistemas y las personas.



Discurso

Los altos costos es porque se necesita demasiados recursos para poder nosotros tener una agua ojalá 24 horas pudiéramos tenerla entonces que se conecta desde la bocatoma no? Desde la bocatoma con una reforestación. Una reforestación donde se necesitan arboles colocarle allá, ampliación en la red de conducción, esa red de conducción llega a la planta de tratamiento, en la planta de tratamiento la inversión es costosa y se necesita, se necesita es con urgencia porque la comunidad es bastante y se necesita. Para mejorar el servicio de agua a las 2400 familias, aunque son más porque hay personas que están digamos así colgadas que no se contabiliza esa agua entonces hay más familias, aunque en el momento tenemos esas 2400. Se necesitan muchos recursos aquí se necesitan las manos amigas de la administración municipal, de la gobernación, del ministerio de medio ambiente, se necesitan ONGs que nos colaboren para poder nosotros suplir todas esas necesidades que se tienen ante la escasez de agua. En este momento estamos afectados porque ya comenzó el racionamiento de agua porque no se puede suplir ya las familias. Muchas familias están utilizando para riegos y para los animales. En este momento no hay agua para muchas familias de aquí de Cajibío de la zona, de la parte alta; están quedando apenas con una hora de servicio.

Aquí están los dibujitos. Esta es la bocatoma. Esta es la planta de tratamiento por lo menos, apenas son dos tanques donde llega el agua y este es el tanque grande donde reparte el agua para la que ya está potabilizada es el tanque grande que aprovisiona hacia las veredas es un tanque muy pequeño se necesitarían más tanques para poder suplir. Se hizo un plan maestro en el 2008, un plan maestro donde el municipio de Cajibío debía de haberle llegado recursos para hacer la ampliación, salió, pero hasta ahora no lo han culminado donde se han hecho dos tanques en dos veredas. Pero hasta ahora no está culminado para poder tener mejoramiento con estos tanques pequeños que hay como este mejora poquito la calidad de agua para acá entonces ahí necesitamos manos de gobernación que sabemos que EMCASERVICIOS lo maneja gobernación y necesitamos eso que terminen o que nos digan a las catorce juntas en este momento que somos las que estamos ahí en esa administración de la APC que sabemos que APC no maneja los recursos de EMCASERVICIOS, sino sabemos es el municipio y la gobernación que nos colaboren allá, qué pasa con esta tubería que tiraron ahí porque en este momento los tanques no están sirviendo entonces en esa parte pedimos la necesidad que tenemos y recursos que necesitamos para poder hacer estos trabajos en Michicao.



Figura 9-4. Discurso sobre necesidades en el municipio – Grupo JAC / Ciudadanos - A

✈ ✈ ✈ ✈ ✈ ✈ ✈

**Poema inspirado en la canción "Ojos de gata" de
Joaquín Sabina**

Érase un pueblo sin mar una vez después de un concierto,
Pero vieron que la bocatoma del río Michicao se podía
Ampliar hasta 27 litros por segundo. Tú reinabas detrás de
La barra del único bar que encontramos abierto, pero APC
No maneja recursos. Es necesario recurrir a la gobernación.



Figura 9-5. Poema – Grupo JAC Ciudadanos - B



Cuento Juan Robles Aguas de Cajibío

Desde las cuencas hidrográficas del municipio de Cajibío, Juan Robles Aguas, preocupado por la sed que hoy vivimos y las consecuencias irreparables para la vida de las futuras generaciones.

La familia Robles Aguas ha presenciado que en los últimos años su familia está disminuyendo como son la familia Guayacán, Nacedero, Guadua, Cucharo, Cascarillo, Arrayán, etc.

Al igual que sus vecinos como la mirla, el tocho, el chiguaco, chico, ardillas, peces, etc. Lo más grave con esta situación es la pérdida y disminución de la disponibilidad en sus raíces.

Motivado por toda esta problemática debido a la deforestación, con su vivencia quiere plantear la urgencia de asumir un compromiso colectivo, desde quienes consumimos el agua del grifo, los administradores de los acueductos, entidades e instituciones creadas para conservar los ríos, J.A.C y comunidad en general.

Juan Robles Aguas propone:

1. Alternativas de producción agropecuaria para evitar la deforestación como sostenimiento económico de las comunidades aledañas de los nacimientos de agua.
2. Aislamiento y delimitación de las áreas boscosas frágiles, implementando con apoyo de instituciones como alcaldía, CRC, gobernación y Ministerio de Ambiente.

Juan Robles Aguas invita a todos los ciudadanos Cajibianos a meterse en sus zapatos y ser parte de esta familia Robles Aguas que garantizará la supervivencia.



Figura 9-6. Cuento sobre Juan Robles Aguas del municipio de Cajibío – Grupo Servicio de acueducto



Adaptación de la canción Amor y Control - Rubén Blades

Saliendo del hospital
después de mucha agua
tomar.

Luchando contra un sistema
que no nos quiere cuidar...

Vi pasar a una familia, que al
acueducto se iba a quejar.

Una doña, dos muchachos y varias personas más.

De la mano de un señor, un hombre joven caminaba.

Preguntando y luciendo entristecido, que cuál era la
causa.

De la contaminación ambiental, de la que nos
enteramos al oír a la comunidad gritar:

Coro: ¡El agua hay que cuidar y el agua es dignidad!

Figura 9-7. Canción – Grupo Entidades

9.3 CONCLUSIÓN DEL PASO 5

El arte de contar historias aplicada a la comunicación de riesgos permitió a los participantes expresar emociones relacionadas con las condiciones de inseguridad hídrica en Cajibío. Esta estrategia podría ser útil para futuros planes de comunicación de riesgos, de tal manera que estos respondan efectivamente a las condiciones locales para lograr el objetivo planteado.

10 PASO 6 – ESBOZO DE UN PLAN PARA EL MANEJO DE RIESGOS DE INSEGURIDAD HÍDRICA

10.1 METODOLOGÍA DEL PASO 6

El paso final en la implementación de la metodología MUISKA consistió en esbozar un plan de gestión del riesgo priorizado y evaluados en los pasos 3 y 4, respectivamente. Dicho plan partió de los resultados del taller realizado con los participantes del proyecto. El objetivo del taller del paso 6 fue:

- * Elaborar una lista de posibles acciones para gestionar los riesgos de inseguridad hídrica en Cajibío, incluyendo las brechas en el conocimiento asociadas a los riesgos inciertos.

Para identificar tales potenciales acciones de gestión del riesgo, los participantes usaron el esquema corbatín simple (Figura 10-1) y doble (Figura 10-2). Cabe destacar que el grupo Entidades municipales y departamentales no participó en este taller. Primero, los participantes trabajaron con un corbatín simple basándose en la red de amenazas y consecuencias desarrollada en los primeros pasos de la metodología MUISKA. Divididos en tres grupos de trabajo, cada uno identificó un riesgo simple, las barreras para evitarlo, las consecuencias de cuando ese riesgo se manifiesta, si las barreras disponibles cambian las consecuencias y las intervenciones relevantes para controlar aquellas consecuencias que se presentan sobrepasando las barreras disponibles. Esto permitió que ellos se familiarizaran con el método.

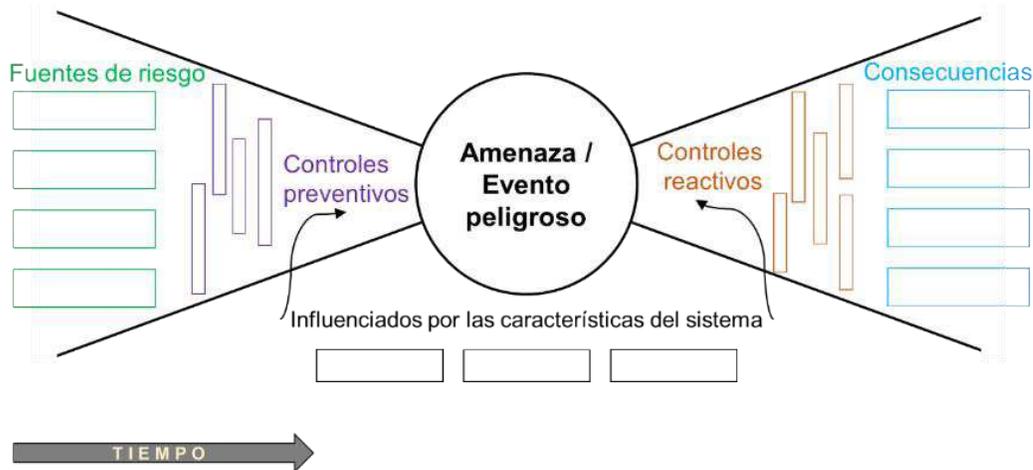


Figura 10-1. Esquema de corbatín simple para el análisis de riesgos

Luego, usando las consecuencias del primer corbatín, los participantes analizaron las relaciones de estas consecuencias con otras usando un corbatín doble. A partir del análisis de barreras del primer corbatín, los participantes identificaron las consecuencias en caso de que dichas barreras no logren evitar el riesgo, luego escogieron el riesgo resultante, las barreras que podrían existir

para evitar el segundo riesgo y determinaron si el segundo grupo de barreras contribuye (o no) a disminuir al menos uno de los riesgos identificados (riesgos anidados). Finalmente, los participantes establecieron aquellas barreras comunes entre los riesgos anidados y si dichas barreras contribuyen (o no) a aumentar la resiliencia del sistema hídrico del municipio (Figura 10-2).

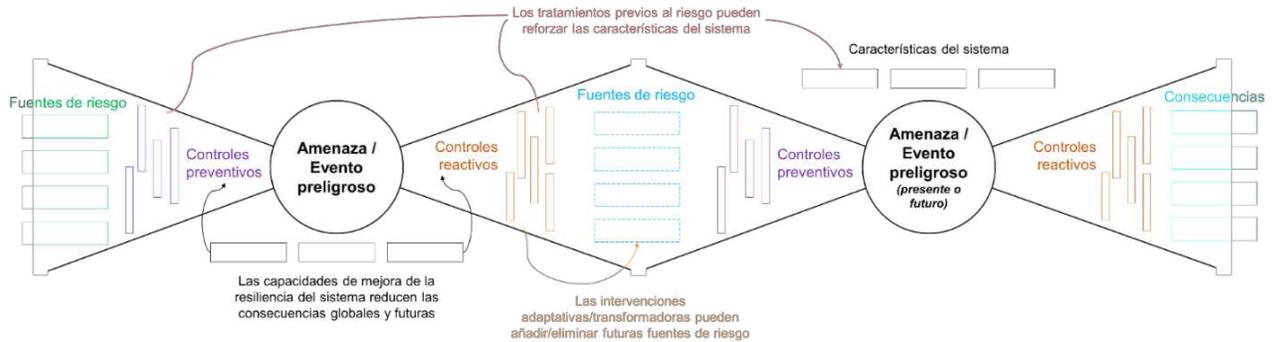


Figura 10-2. Esquema corbatín doble para el análisis de riesgos

10.2 RESULTADOS Y DISCUSIÓN DEL PASO 6

Los participantes del grupo JAC / Ciudadanos escogieron tres riesgos para analizar a través de los esquemas corbatín: la contaminación de las fuentes de agua, pérdida del atractivo turístico del municipio y el daño a los bosques nativos. Como fuentes de riesgo de la contaminación de fuentes de agua, identificaron a las aguas no tratadas, el incremento en la producción de aguas residuales, así como el incremento de la población y demanda de agua. Como consecuencias se mencionaron la afectación de la salud de la piel, incremento de enfermedades gastrointestinales y el tener que traer agua de la quebrada y hervir. Adicionalmente, se identificó la limitación en recursos económicos como consecuencia de la contaminación. En el riesgo de daños a los bosques nativos, se estableció la capacitación y concientización como un control preventivo; así como la aplicación de multas e incentivos económicos como control reactivo (Figura 10-3, Figura 10-4 y Figura 10-5).

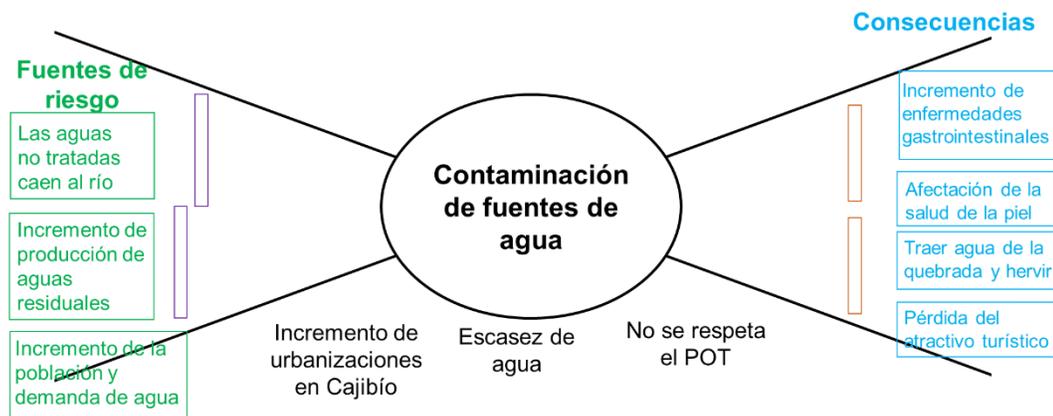


Figura 10-3. Esquema corbatín simple – Grupo JAC / Ciudadanos – A



Figura 10-4. Esquema corbatín simple – Grupo JAC / Ciudadanos – B

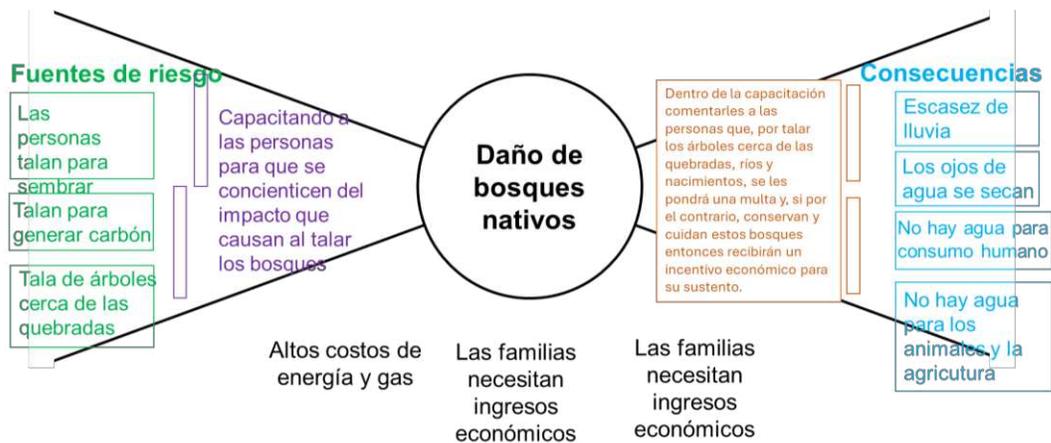


Figura 10-5. Esquema corbatín simple – Grupo JAC / Ciudadanos – C

Los participantes del grupo Servicio de acueducto escogieron el riesgo de tener un acueducto con una capacidad determinada (es decir, limitada). Como fuentes del riesgo se mencionaron el intenso verano, la deforestación, desperdicio de agua y tener acueductos con capacidad rural y no urbana. Como control preventivo se identificaron la instalación de micromedidores, operaciones de mantenimiento e identificación de conexiones fraudulentas; así como la aplicación de normativa de suelo rural y de gasto máximo como medidas de control reactivo (Figura 10-6).



Figura 10-6. Esquema corbatín simple - Grupo Servicio de acueducto

Los participantes del grupo JAC / Ciudadanos elaboraron dos corbatines dobles, los cuales se pueden observar en el Anexo H. En el primero, sobre contaminación de las fuentes de agua, se menciona el escenario en el que, si los controles preventivos y reactivos no surten el efecto deseado, es posible que manifieste un riesgo adicional de pérdida de atractivo turístico, que a su vez acarrea consecuencias de limitación de recursos económicos (Anexo C). Las barreras seleccionadas, de control preventivo y reactivo, fueron evaluadas según su funcionalidad, integridad, robustez, resiliencia, sostenibilidad, equidad, facilidad de implementación y aceptabilidad (Tabla 10-1, Tabla 10-2 y Tabla 10-3).

En total, el grupo JAC / Ciudadanos identificó ocho barreras para controlar dos riesgos. Estas barreras están relacionadas con la construcción de PTARs, reforestación y educación para incrementar la conciencia ambiental entre los ciudadanos, socializar el PBOT, multas por incumplimiento del mismo, capacitación a los operadores de las PTARs y la creación de protocolos de operación y mantenimiento de estos sistemas. A primera vista, todas estas acciones parecen realizables, a excepción de la construcción de PTARs que requiere de mano de obra calificada y recursos financieros para diseñar y construir tanto los alcantarillados como los sistemas de tratamiento. Las demás acciones podrían implementarse en el corto y mediano plazo si los responsables tienen la voluntad de incluirlos en sus planes institucionales y como ciudadanos.

En cuanto a los diversos factores que caracterizan a estas acciones, el grupo A (Tabla 10-1) consideró que las acciones propuestas son viables en la mayoría de tales factores (funcionalidad, integridad / fiabilidad, sostenibilidad, equidad y aceptabilidad) (Tabla 10-1). Tres de cuatro acciones (exceptuando la construcción de varias PTARs) no serían robustas o resilientes ni compatible con los requerimientos legales y programas políticos). Los participantes de este subgrupo también consideraron que la construcción de varias PTARs no impone una carga justa y equitativa a aquellos que se ven afectados por su implementación (Tabla 10-1).

Tabla 10-1. Análisis individual de barreras – JAC / Ciudadanos – A. Problema considerado: Pérdida del atractivo turístico

Barrera	Funcionalidad	Integridad / Fiabilidad	Robustez / Resiliencia	Sostenibilidad	Equidad	Implementación			Aceptabilidad	
	La barrera sí va a funcionar en el presente y en el futuro (Sí / No / No sé)	¿La barrera sí va a estar en su sitio e intacta cuando sea necesaria? (Sí / No / No sé)	La barrera es capaz de resistir a perturbaciones y situaciones diferentes al estado normal (Sí / No / No sé)	¿La barrera ayuda a mantener o mejorar funciones ecológicas vitales, prosperidad económica y cohesión social? (Sí / No / No sé)	¿La barrera impone una carga justa y equitativa a los sujetos afectados por su implementación? (Sí / No / No sé)	¿Cuáles son las organizaciones responsables de implementar esta barrera?	¿Cómo se pueden articular estas organizaciones con otros actores de las subcuencas para que la implementación de la barrera tenga éxito?	¿La barrera es compatible con los requerimientos legales y programas políticos? (Sí / No / No sé)	¿La barrera es moralmente aceptable? (Sí / No / No sé)	¿La barrera sería aceptada por las personas que son afectadas por el riesgo respectivo? (Sí / No / No sé)
Construir varias PTARs	Sí	Sí	Sí	Sí	No	El municipio - Gobernación	Haciendo gestión	Sí	Sí	Sí
Incremento de la cobertura vegetal a la orilla del río	Sí	Sí	No	Sí	Sí	Comunidad y CRC	Gestionando	No	Sí	Sí
Señalización de tramos en los ríos donde el agua es apta para recreación	Sí	No	No	Sí	Sí	La comunidad	Con publicidad	No	Sí	Sí
Recuperación de fuentes de agua - Hacer campañas publicitarias	Sí	No	No	Sí	No	La comunidad, CRC y demás entidades	UMATA y CRC, socializando el proyecto y comunidad	No	Sí	Sí

Tabla 10-2. Análisis individual de barreras – JAC / Ciudadanos – B. Problema considerado: Contaminación de fuentes de agua

Barrera	Funcionalidad	Integridad / Fiabilidad	Robustez / Resiliencia	Sostenibilidad	Equidad	Implementación			Aceptabilidad	
	La barrera sí va a funcionar en el presente y en el futuro (Sí / No / No sé)	La barrera sí va a estar en su sitio e intacta cuando sea necesaria (Sí / No / No sé)	La barrera es capaz de resistir a perturbaciones y situaciones diferentes al estado normal (Sí / No / No sé)	¿La barrera ayuda a mantener o mejorar funciones ecológicas vitales, prosperidad económica y cohesión social? (Sí / No / No sé)	¿La barrera impone una carga justa y equitativa a los sujetos afectados por su implementación? (Sí / No / No sé)	¿Cuáles son las organizaciones responsables de implementar esta barrera?	¿Cómo se pueden articular estas organizaciones con otros actores de las subcuencas para que la implementación de la barrera tenga éxito?	¿La barrera es compatible con los requerimientos legales y programas políticos? (Sí / No / No sé)	¿La barrera es moralmente aceptable? (Sí / No / No sé)	¿La barrera sería aceptada por las personas que son afectadas por el riesgo respectivo? (Sí / No / No sé)
Dar a conocer las normas del POT y hacerlas respetar	Sí	No sé	No sé	Sí	No sé	Responsabilidad compartida entre planeación municipal y juntas de acción comunal	Urbano - El municipio y APC Rural - Entre las familias	Sí	Sí	Sí
Multar a las personas que no cumplan el POT	Sí en el presente No sé en el futuro	Sí	No sé	Sí	Sí - La multa debe ser proporcional a los ingresos de las personas afectadas	El municipio	Municipio y autoridad	Sí	Sí	Sí
Capacitar de forma correcta a las personas que trabajan en las PTARs	Sí	No es inmediato	No sé	Sí	Sí	APC y demás administradores del alcantarillado en otras veredas	APC y las universidades	Sí	Sí	Sí
Colocar normas de manejo adecuado de las PTAR y hacer seguimiento para que se cumplan	Sí	No necesariamente	No sé	Sí	Sí	APC y CRC	APC, CRC y otros operadores	Sí	Sí	Sí

Tabla 10-3. Análisis individual de barreras – Grupo Servicio de acueducto. Problema considerado: Necesidad de mayor cantidad de agua en captación y almacenamiento

Barrera	Funcionalidad	Integridad / Fiabilidad	Robustez / resiliencia	Sostenibilidad	Equidad	Implementación			Aceptabilidad	
	La barrera sí va a funcionar en el presente y en el futuro (Sí / No / No sé)	La barrera sí va a estar en su sitio e intacta cuando sea necesaria (Sí / No / No sé)	La barrera es capaz de resistir a perturbaciones y situaciones diferentes al estado normal (Sí / No / No sé)	¿La barrera ayuda a mantener o mejorar funciones ecológicas vitales, prosperidad económica y cohesión social? (Sí / No / No sé)	¿La barrera impone una carga justa y equitativa a los sujetos afectados por su implementación? (Sí / No / No sé)	¿Cuáles son las organizaciones responsables de implementar esta barrera?	¿Cómo se pueden articular estas organizaciones con otros actores de las subcuencas para que la implementación de la barrera tenga éxito?	¿La barrera es compatible con los requerimientos legales y programas políticos? (Sí / No / No sé)	¿La barrera es moralmente aceptable? (Sí / No / No sé)	¿La barrera sería aceptada por las personas que son afectadas por el riesgo respectivo? (Sí / No / No sé)
Inspección de redes	Sí	Sí	No	Sí	No	Empresas de acueducto	Alianza entre empresas de acueducto, usuarios y entidades gubernamentales	Sí	Sí	Sí
Mantenimiento / cambio de redes	Sí	Sí	No	Sí	No	Empresas de acueducto	Alianza entre empresas de acueducto, usuarios y entidades gubernamentales	Sí	Sí	Sí
Negar servicio a usuarios	No sé	No sé	No	Sí	No	Empresas de acueducto	Acueducto y entidades gubernamentales	Sí	No	No
Monitorear el sistema (fugas visibles e invisibles)	Sí	Sí	No	Sí	Sí	Empresas de acueducto	Acueducto y entidades gubernamentales	No	No	Sí
Controlar el desperdicio de agua	Sí	Sí	No	Sí	No	Empresas de acueducto	Entidades gubernamentales y normas	Sí	No	Sí
Gestionar proyectos de ampliación	No sé	Sí	No	Sí	No sé	Empresas de acueducto, entidades gubernamentales	Acueducto y entidades gubernamentales	Sí	No	Sí
Planeación de la operación (venta de más puntos, estrategia de compensación)	Sí	Sí	No	Sí	Sí	Empresas de acueducto	Acueducto y entidades gubernamentales	Sí	No	Sí

El grupo B también consideró que todas las barreras son viables en casi todos los factores considerados en el análisis (Tabla 10-2). Sin embargo, ellos también indicaron su desconocimiento sobre si las barreras son viables desde el punto de vista de robustez / resiliencia. Para la acción de socializar mejor el PBOT, los ciudadanos indicaron su desconocimiento en los factores integridad / fiabilidad y equidad. Esto muestra que algunas acciones propuestas pueden ser difíciles de analizar debido a que se desconocen los detalles sobre en qué consiste la barrera y cómo funcionaría en el futuro. Los análisis prospectivos donde las personas deben imaginar un futuro podrían ser más fáciles si los talleres incluyeran ayudas audiovisuales para ampliar el conocimiento de las barreras propuestas. Esto también representa una oportunidad para las instituciones encargadas de la gestión de riesgos relacionados con la inseguridad hídrica de tal manera que se puedan establecer lazos más estrechos de confianza y colaboración con los ciudadanos y comunidades para aprender juntos de las características técnicas y de riesgos de las barreras posibles, con un enfoque sistémico.

Sobre los responsables de la implementación de las barreras, el grupo JAC / Ciudadanos mencionó a la CRC, el municipio de Cajibío, la secretaría de planeación municipal, juntas de acción comunal, la comunidad y APC Cajibío (Tabla 10-2). Esto refleja que los participantes son conscientes de la necesidad de que los diversos actores se articulen en la gestión de riesgos relacionados con la inseguridad hídrica y, sobre todo, que ellos como ciudadanos también son parte fundamental de la articulación e implementación.

Igualmente, el grupo Servicio de acueducto analizó siete barreras para controlar el riesgo de necesitar mayor cantidad de agua en captación y almacenamiento (Tabla 10-3). Ellos indicaron que la mayoría de las acciones son viables en la mayoría de los factores analizados, exceptuando robustez / resiliencia, equidad y aceptabilidad. Sobre este último factor, los participantes consideraron que acciones como negar el servicio a nuevos solicitantes, controlar fugas visibles e invisibles y el desperdicio de agua, gestionar proyectos de ampliación del sistema de abastecimiento, vender más puntos de conexiones domiciliarias y crear estrategias de compensación pueden no ser moralmente aceptables. Esto muestra la necesidad de que, acciones de control de riesgos que son necesarias pero que pueden encontrar alta resistencia por parte de la población, deben ser seleccionadas y diseñadas en colaboración con las partes interesadas y comunicadas acertadamente para lograr su aceptación, implementación y que tengan los efectos esperados en el control de riesgos.

Este grupo también expresó su desconocimiento sobre la viabilidad de dos barreras (negar servicio a nuevos solicitantes y gestionar proyectos de ampliación del sistema) en los factores funcionalidad, integridad / fiabilidad y equidad. En cuanto a los responsables de implementar las barreras, destacamos que este grupo reconoció ampliamente a las alianzas entre los prestadores del servicio, usuarios y entidades gubernamentales (Tabla 10-3). Al igual que grupo JAC / Ciudadanos, los representantes de los prestadores del servicio de acueducto en Cajibío también reconocen la necesidad de articularse con otros miembros, de ser actores críticos y de incorporar a los usuarios en la gestión de sus riesgos.

10.3 ESBOZO DE UN PLAN DE GESTIÓN PARA EL RIESGO DE ESCASEZ DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO EN CAJIBÍO

Para proponer acciones de manejo del riesgo de escasez de agua para consumo humano en Cajibío, se consideraron las acciones propuestas por los participantes en el taller del paso 6 según aplica y otras intervenciones particulares según la amenaza, exposición y vulnerabilidad, considerando también reducir las incertidumbres identificadas en este estudio durante la evaluación del riesgo y fortalecer y aumentar la solidez y profundidad del conocimiento que soporta dicha evaluación. Las siguientes secciones contiene las acciones propuestas para manejar el riesgo de escasez de agua para consumo humano en Cajibío, de acuerdo a dichos cinco elementos del riesgo considerados en este estudio.

10.3.1 Acciones propuestas para manejar las amenazas

10.3.1.1 Escasez física de agua en las fuentes de abastecimiento

La escasez física de agua es una amenaza que debe manejarse a nivel de cuenca y bajo la integración de la autoridad ambiental respectiva con las entidades municipales que correspondan. En el caso de Cajibío, tres de los seis sistemas de abastecimiento más grandes del municipio captan agua en el río El Cofre, en puntos donde hay influencia de las actividades humanas que se desarrollan en los municipios de Silvia y Totoró. Por lo tanto, las acciones sugeridas a continuación aplican para estos tres municipios.

- * Diseñar e implementar un plan integral para conservar y recuperar los bosques nativos en todas las subcuencas de la región. Este plan podría estar alineado con un programa de pagos por servicios ambientales, donde la ciudadanía en general y dueños privados de predios jueguen un papel protagonista; por ejemplo, a través de proyectos de ciencia ciudadana donde niños, jóvenes y adultos se entrenen y participen en actividades de identificación de especies nativas de flora y fauna, siembra de árboles, cuidado continuo a corto y mediano plazo, monitoreo de su crecimiento, entre otros.
- * Producir y compartir datos primarios de concentración de sedimentos o sólidos en los principales ríos de la región para refinar los actuales y futuros modelos hidrológicos que permitan entender mejor los impactos de la deforestación y urbanización en las subcuencas hidrográficas.
- * Estudiar la factibilidad de emplear modelos hidrológicos, calibrados, validados y de suficiente resolución espacial, como herramientas de gestión del recurso hídrico.
- * Actualizar el actual plan básico de ordenamiento territorial, con base en el actual plan nacional de desarrollo “Colombia potencia mundial de la vida” (21) que estipula ordenar el territorio alrededor del agua. Además es importante que las autoridades municipales diseminen y comuniquen a los habitantes de Cajibío tanto el esquema actual como el que se produzca en el futuro para que las personas conozcan de la razón de su existencia, su relevancia en la organización del territorio y cómo puede ayudar a construir o reforzar el tejido social en el territorio.

- * Ampliar la cobertura de saneamiento básico para un manejo seguro de excretas y aguas negras y grises. Bajo escenarios de intensas sequías debido al cambio climático, la implementación de soluciones en saneamiento básico pueden incluir adecuaciones para que las aguas sean reusadas en otras actividades seguras. Estas aguas, aunque sean bien tratadas, todavía contienen materia orgánica, nutrientes y patógenos que se pueden aprovechar y controlar con un adecuado programa de reuso de aguas residuales tratadas. Así pues, también se reduce la carga contaminante vertida a los ríos y el agua disponible sigue siendo segura para el consumo humano.

Sobre esto último, es necesario que los proyectos relacionados con la conservación de las cuencas hidrográficas y el desarrollo económico en la región pongan especial atención a la producción de cabuya para apoyar técnica y financieramente a los productores para que sus procesos sean más limpios y en armonía con la conservación de los ecosistemas. Esta intervención puede ir de la mano de acciones sancionatorias para aquellos prestadores que incumplan la normatividad vigente de vertimientos de aguas residuales (Resolución 0631 de 2015).

Igualmente, es necesario el entrenamiento continuo de los operadores de las plantas de tratamiento de ARD para que el tratamiento sea óptimo y se logren las eficiencias de remoción de contaminantes esperadas. De esta manera, se mejora la sostenibilidad del sistema y la conservación de las fuentes receptoras de los efluentes tratados de estas plantas.

- * Incorporar sistemas sostenibles para el drenaje de aguas lluvias en nuevos proyectos urbanísticos de construcción de vivienda y vías de transporte. Dado que los aljibes son una tradición en la región como opción para el abastecimiento de agua, estos sistemas sostenibles, a través de superficies porosas y con vegetación nativa, incrementarían el almacenamiento de aguas lluvias en el suelo que luego pueden ser usadas si el caudal en los puntos de captación se reduce a niveles críticos. Adicionalmente, estos sistemas también favorecen el control de inundaciones dado que el agua lluvia escurre menos por las superficies duras y se infiltra más en el suelo.
- * Identificar e implementar acciones, con la participación activa de los agricultores de la región, que permitan reducir el impacto de esta actividad sobre el suelo y el agua. Esto es para reducir la cantidad de nutrientes provenientes de fertilizantes y de insecticidas utilizados en los cultivos que son vertidos a los ríos con la escorrentía de las aguas lluvias. Esta es otra acción para conservar la calidad de agua en las fuentes de abastecimiento y que siga siendo segura para el consumo humano.
- * Recuperar el valor recreativo del agua en las subcuencas que atraviesan el territorio de Cajibío, ya que el contacto directo con este recurso impacta positivamente la salud mental y el bienestar general de las personas. La CRC podría incluir en sus objetivos de calidad de agua recuperar y conservar las fuentes para uso recreativo y de contacto directo con las personas y resaltar el impacto de sus planes y programas señalando los tramos de los ríos que son aptos para este uso.
- * Integrar a todos los actores relevantes para la seguridad hídrica en la región por subcuencas hidrográficas, aprovechando los procesos de planeación de cuencas liderados por la CRC. Para esto es necesario seguir fortaleciendo los lazos de confianza entre autoridades ambientales, los entes territoriales municipales y los ciudadanos representantes de todas las comunidades diversas en el departamento del Cauca. Esta integración es necesaria para mejorar sostenidamente las condiciones ambientales de las subcuencas, en donde viven y se abastecen de agua comunidades

de diversos municipios. Además, tales mejoras requieren de procesos sostenidos y de mediano y largo plazo que superan los periodos de ejercicio de labores de alcaldes y gobernadores.

10.3.1.2 Infraestructura disponible en los sistemas de abastecimiento de agua para consumo humano

- * Concesiones de agua y captaciones. Un paso esencial hacia la mejora del servicio de agua potable es contar con la concesión de aguas para consumo humano expedida por la CRC. Esto le permite a esta autoridad ambiental hacer un mejor control del recurso hídrico por subcuencas, analizar potenciales escenarios de eventos climáticos extremos y estar preparados ante potenciales riesgos que causen efectos negativos sobre las personas y los ecosistemas y diseñar e implementar proyectos para conservación de las fuentes de agua (por ejemplo, programa de pagos por servicios ambientales).

Adicionalmente, los sistemas de abastecimiento de agua deben contar con una captación diseñada y construida adecuadamente y que sea resiliente ante eventos climáticos extremos tales como avalanchas y sequías para garantizar que la estructura civil se mantenga en pie y siga funcionando continuamente.

- * Seleccionar la tecnología adecuada para potabilizar el agua. Inicialmente es crucial que la selección de la tecnología de potabilización de agua se realice según el contexto local y la calidad de agua en la fuente, tanto en el presente como en el futuro según las proyecciones de planes de recuperación y conservación de las cuencas establecidos por la autoridad ambiental. Por ejemplo, una planta con procesos convencionales de tratamiento es costosa tanto para su construcción como para su operación y mantenimiento. Esta podría descartarse inicialmente ya que la fuente de abastecimiento presenta turbiedades bajas la mayoría del tiempo y una planta de filtración en múltiples etapas (FiME) parece ser una mejor opción. Sin embargo, la cuenca está presentando muestras de deforestación y se espera que los sedimentos en éste se incrementen en el corto plazo por la temporada de lluvias.

Así pues, este ejemplo muestra que la selección de la tecnología de tratamiento debe seguir un proceso cuidadoso que considere la sostenibilidad del sistema a largo plazo, en lo relacionado a una adecuada administración, financiación y entrenamiento técnico para operarlo y mantenerlo y que los procesos de tratamiento respondan a cambios en la calidad de agua en las fuentes debido a eventos climáticos extremos. Por otra parte, la conservación de los ecosistemas y de las fuentes de agua es una actividad crucial para la sostenibilidad de los sistemas de abastecimiento de agua para consumo humano ya que todas las tecnologías tienen limitaciones y siempre es más conveniente evitar que los contaminantes lleguen al agua que removerlos de ella.

- * Diseño, construcción, operación y mantenimiento de las redes de distribución. Las redes de distribución son el elemento del sistema de abastecimiento más grande y complejo ya que se compone de tuberías, hidrantes, tanques, válvulas y otros accesorios. Además, en éstas ocurren diversos procesos físicos, químicos y biológicos. Así pues, es necesario que las nuevas redes a construir en Cajibío sean diseñadas y construídas adecuadamente para garantizar que el agua potable llegue a los usuarios y su calidad sea segura. Los errores que se cometan en estas dos

etapas pueden representar efectos negativos en la prestación del servicio y en la salud pública y corregirlos puede resultar muy costoso dada la complejidad de estos sistemas. Adicionalmente, los proyectos de ampliación de los sistemas de abastecimiento existentes deben ir de la mano de un plan de ordenamiento territorial actualizado y de los programas de reducción de pérdidas de agua y uso racional del agua para garantizar que las demandas sean satisfechas en el horizonte de vida útil del sistema.

En el caso de las redes de distribución existentes, se debe determinar el estado de la vida útil de esta infraestructura para poder planear las futuras intervenciones de reposición de válvulas, tuberías y otros accesorios. Un primer paso hacia esto es que los prestadores del servicio cuenten con el catastro de redes. Si el catastro no existe, se requiere que las instituciones relacionadas como el Plan Departamental de Aguas del Cauca EMSERVICIOS ofrezca apoyo técnico y financiero para avanzar en este paso fundamental.

En cuanto a su operación y mantenimiento, es fundamental que los prestadores del servicio reciban apoyo en entrenamiento técnico para formular e implementar protocolos de operación y mantenimiento preventivo y correctivo con un enfoque de gestión de riesgos para proteger la salud pública. Las conexiones ilegales fue un problema común manifestado por los participantes en este estudio, lo cual merece especial atención de tal manera que la cobertura del sistema pueda ser ampliada y reducir las inequidades en el territorio. Un paso inicial hacia esto es inspeccionar las redes regularmente para evaluar el estado de las conexiones no autorizadas. Además es necesario trabajar de cerca con los usuarios para que conozcan los beneficios de instalar acometidas por parte de personal capacitado y los riesgos a la salud pública y al comportamiento hidráulico del sistema cuando se instalan acometidas no autorizadas.

- * Formular e implementar un programa de reducción de pérdidas en la red de distribución como parte del programa de uso racional y eficiente del agua, en donde la educación ambiental, la comunicación de riesgos y el establecimiento de relaciones de confianza entre los prestadores del servicio y los usuarios sean elementos centrales en dicho programa. Esto también ayudaría a desescalar potenciales conflictos entre los prestadores y los habitantes ya que se favorecería un ambiente de entendimiento y colaboración en lugar de uno represivo y confrontacional.
- * Incrementar el volumen de almacenamiento en los tanques de las redes de distribución. Dicho incremento debe obedecer a los cálculos hidráulicos apropiados para la población actual y proyectada. La implementación de esta acción es urgente y es la que más impactaría rápida y directamente la continuidad del servicio en los sistemas que tienen déficit en la capacidad de almacenamiento. Adicionalmente, los prestadores del servicio también deben contar con un plan de operación y mantenimiento de los tanques de almacenamiento para mantener el volumen mínimo adecuado y limpiarlo regularmente para conservar la calidad del agua potable.
- * Integrar a los usuarios a las juntas y cooperativas prestadoras del servicio. En varias de las acciones propuestas anteriormente, hemos hecho énfasis en la necesidad de que los prestadores del servicio en Cajibío trabajen de cerca con los usuarios para construir o fortalecer relaciones de confianza, en donde haya comunicación continua y transparente. Esta recomendación nace del reconocimiento del papel crucial que juegan los usuarios en los sistemas de abastecimiento de agua potable ya que sus actitudes, hábitos y comportamientos influyen en la salud pública, el uso eficiente y racional del

agua, la conservación de la calidad del agua para consumo humano, el pago oportuno de la factura del servicio, el apoyo social a nuevos proyectos de mejora del servicio, entre otros. Esta acción puede impactar positivamente las relaciones interpersonales entre los prestadores del servicio y la comunidad en general y a las intervenciones orientadas a controlar el desperdicio de agua.

- * Entrenamiento continuo en administración, operación y mantenimiento de sistemas de abastecimiento de agua potable, con enfoque en gestión de riesgos. Igualmente, esta acción se ha mencionado en varias de las intervenciones sugeridas anteriormente. Cualquier mejora en la infraestructura de los sistemas de abastecimiento de agua para consumo humano en Cajibío debe ir acompañada de un entrenamiento técnico continuo para los administradores, operadores y responsables del mantenimiento de los sistemas para lograr los objetivos deseados en cuanto a la mejora en el acceso a agua segura para los habitantes del municipio.

10.3.2 Acciones propuestas para manejar la exposición

Idealmente, nadie en Cajibío debería estar expuesto al riesgo de escasez de agua para consumo humano. Dada la escasez de información hidráulica en las redes de distribución del municipio, no se pudo establecer adecuadamente quiénes están expuestos a este riesgo, en dónde están ubicados y por cuánto tiempo. Para poder obtener esta información detallada es necesario contar con modelos hidráulicos de las redes de distribución; aunque esta es una tarea con cierto grado de complejidad. Adicionalmente, los prestadores del servicio podrían implementar acciones que están a su alcance tales como realizar un censo y caracterización socio-económica de sus usuarios para conocer cuántos habitantes son abastecidos, en dónde están ubicados geográficamente (sistemas de información geográfica), vulnerabilidades individuales (condiciones de salud, discapacidades, etc.) y vulnerabilidades familiares (ingresos, dependencia económica, condiciones de la vivienda, etc.). Dado que esta acción implica la recolección y almacenamiento de información sensible y confidencial, es necesario que esta siga, por ejemplo, los lineamientos éticos de una investigación científica, para garantizar el buen tratamiento de los datos personales.

10.3.3 Acciones propuestas para manejar las vulnerabilidades

- * Incrementar la resiliencia ante eventos sorpresa que puedan afectar la seguridad hídrica en la región. El cambio climático y las dinámicas de orden público, malestares de la ciudadanía y procesos de paz nacionales son altamente variables y sus consecuencias son difíciles de predecir en el largo plazo. Por esto es crucial que en esta región caucana se trabaje decididamente hacia incrementar la resiliencia de los diferentes sistemas que afectan directamente la vida, salud y bienestar de las personas. Un primer paso para avanzar en esta tarea es incorporar los análisis de resiliencia en los planes de gestión de riesgos actualmente reglamentados, tales como los de desastres y de calidad del agua para consumo humano.
- * Evaluar si la actual percepción local del riesgo manifestada por los participantes en este estudio es igual en el resto de los pobladores del municipio para entender si dicha percepción debe mejorarse en otros sectores de la población o, si por el contrario, la alta percepción del riesgo es igual. En

caso de que deba mejorarse, esto podría ser liderado por los prestadores del servicio de agua en el municipio y realizarse a través de las asambleas comunitarias. Dado que el riesgo es dinámico, es necesario que se mantengan conversaciones periódicas sobre este tema para actualizar el conocimiento que los ciudadanos tienen sobre los riesgos de inseguridad hídrica en su territorio conforme a las circunstancias locales y regionales cambian, teniendo en cuenta el relevo generacional.

La percepción local del riesgo analizada en la sección 8.2.2 estuvo basada en la información suministrada por los participantes en los talleres. Es decir, otros ciudadanos, comunidades y grupos étnicos que también son actores relevantes en Cajibío y que no participaron en el proyecto no tuvieron la oportunidad de expresar sus percepciones del riesgo. Por lo tanto, es importante que futuros proyectos participativos de desarrollo, científicos y académicos y relacionados con el análisis de riesgos logren la participación de una mayor cantidad de representantes de todos los grupos y comunidades de ciudadanos en el territorio para así contar con una evaluación más completa y cercana a la realidad de los conocimientos y experiencias de los habitantes del municipio.

- * Las vulnerabilidades consideradas en este estudio abarcan a todo el municipio de Cajibío y se refieren a condiciones sistémicas, es decir, que están conectadas a otros sistemas diferentes a los recursos hídricos. En el caso específico de la pobreza multidimensional, la dependencia económica y condiciones de miseria están asociadas a otras condiciones que ocurren a una escala mayor y en otros sectores tales como la presencia de actividades ilegales lideradas por grupos armados, hechos violentos contra la población, acceso a tierras, fortalecimiento del sector agropecuario, diversificación de las actividades económicas en el municipio, implementación sostenida de los PDET en la región, entre otros.

Así pues, la recomendación en este caso es no perder de vista el enfoque de sistemas en los diagnósticos y acciones sugeridas para mejorar el desarrollo ambiental y social en Cajibío para que las intervenciones implementadas tengan el impacto positivo deseado, se eviten los efectos negativos en los ecosistemas y otras comunidades y no se creen problemas adicionales previstos o no previstos (eventos sorpresa). Un aspecto positivo resaltado por los participantes en este estudio es el atractivo turístico de Cajibío por sus fuentes de agua y biodiversidad. Vale la pena que los planes de desarrollo económico y ambiental del municipio y la región tengan en cuenta esta ventaja geográfica y biocultural para que sus habitantes tengan mayor bienestar físico y mental.

10.3.4 Acciones propuestas para manejar las incertidumbres y para incrementar la solidez y profundidad del conocimiento

- * Incluir el análisis hidrológico de la subcuenca del río Palacé fenómenos extremos como La Niña y El Niño. Dado que estos extremos climáticos ocurren en Colombia y que es posible que su duración y frecuencia se incrementen como consecuencia del cambio climático, afectando la disponibilidad de agua ya sea por escasez o por exceso, futuros modelos hidrológicos de las subcuencas deberían incluir este análisis particular de amenazas que les permita a todas las partes interesadas, incluyendo a los ciudadanos, desarrollar mejor sus procesos de resiliencia para enfrentar tales eventos minimizando las potenciales consecuencias negativas.

- * Mejorar la disponibilidad de información de campo y de modelos hidrológicos de todas las subcuencas que atraviesan el territorio de Cajibío, incluyendo condiciones de eventos climáticos extremos, para facilitar la gestión del recurso hídrico por parte de todas las partes interesadas. Dada las condiciones de orden público, reconocemos que no es fácil recoger información de campo en las áreas más afectadas por esta situación. Es en este caso que los modelos hidrológicos apoyan aún más la toma de decisiones, particularmente si estos pueden ser calibrados y validados con información confiable, ya que no se necesitaría exponer a los técnicos de campo a potenciales peligros a su integridad física al recoger periódicamente datos primarios.
- * Optimizar el diseño, operación y mantenimiento de las redes de distribución de agua para consumo humano a través de la elaboración de modelos hidráulicos y de calidad de agua calibrados y validados. Dichos modelos pueden ser construidos en software de uso abierto como EPANET y en colaboración con estudiantes de pregrado y maestría de las universidades del Cauca y Valle del Cauca, para reducir sus costos al no tener que acudir a servicios de consultoría privados costosos. Tales procesos de colaboración también pueden incluir actividades de entrenamiento al personal o miembros de las juntas o cooperativas prestadoras del servicio para que ellos se apropien de los modelos y los puedan seguir usando en ausencia de los estudiantes o profesores aliados.
- * Fortalecer o crear alianzas academia – ciudadanos – gobiernos para promover la investigación científica aplicada que impacte positiva y directamente al bienestar de las personas y los ecosistemas. Las anteriores intervenciones recomendadas están orientadas a reducir las incertidumbres identificadas y para mejorar el nivel de conocimientos que sustentan la evaluación del riesgo (sección 8.2.2). Tales intervenciones están relacionadas con elaborar o mejorar los modelos hidrológicos e hidráulicos de las subcuencas y redes de distribución. Dado que esto se trata de conocimientos y habilidades profesionales especializadas, tales alianzas estratégicas podrían facilitar la gestión de recursos financieros, la colaboración con profesionales de diferentes disciplinas complementarias y la obtención de resultados útiles para el desarrollo social y ambiental de la región.

Las alianzas entre instituciones gubernamentales también podría ayudar a optimizar la disponibilidad de recursos. Por ejemplo, el fortalecimiento de las redes de monitoreo hidro-climático, a través de la integración del IDEAM, la CRC, empresas de servicios públicos de municipios grandes y medianos y ciudadanos científicos para la compra, instalación y recolección de datos. Al incrementar la disponibilidad, acceso y calidad de datos hidro-climáticos se favorece la reducción de las incertidumbres y el fortalecimiento del conocimiento para el análisis de riesgos asociados a la inseguridad hídrica en el departamento del Cauca y de la región suroccidental de Colombia.

10.4 CONCLUSIÓN DEL PASO 6

- * La herramienta esquema corbatín es apropiada para analizar acciones de control de riesgos de inseguridad hídrica con base en la participación de actores relevantes.

- * Los participantes de los talleres del paso 6 propusieron acciones de control de riesgos para los problemas que son relevantes para ellos y analizaron la viabilidad de cada una de ellas con relación a siete factores y guiados por 10 preguntas relacionadas con dichos factores.
- * Los participantes también identificaron los factores en los cuales no tenían conocimiento para definir si una barrera específica es viable o no.
- * Los participantes del grupo Servicio de acueducto identificaron acciones que podrían no ser aceptadas moralmente, lo cual indica la necesidad de trabajar cuidadosamente en este tipo de acciones de manejo de riesgos.
- * Los participantes en estos talleres se reconocen como actores relevantes y necesarios para articularse con instituciones municipales y departamentales y trabajar en conjunto para el control de riesgos asociados a la inseguridad hídrica.

11 IMPORTANCIA DE LA INVESTIGACIÓN

El conocimiento local, obtenido a través de la participación activa de los ciudadanos, sistemas rurales de abastecimiento de agua y entidades municipales y departamentales, fue fundamental en el desarrollo del enfoque MUISKA en el municipio de Cajibío, a través de los recorridos por cuerpos de agua y los talleres realizados entre junio y julio del 2023. Los resultados presentados y discutidos en este documento reflejan la necesidad de establecer múltiples canales de comunicación que ayuden a manejar los riesgos de inseguridad hídrica integralmente.

A través del desarrollo de MUISKA en Cajibío, establecimos un proceso completo que sigue el orden lógico del análisis de riesgos para proporcionar evidencia empírica arraigada en la práctica sobre cómo el análisis de riesgos asociados a la inseguridad hídrica para favorecer discusiones abiertas sobre problemas más fundamentales enmarcados en la justicia socioecológica e identificar acciones alcanzables para gestionar los riesgos para las personas y los ecosistemas, particularmente aquellos que son más vulnerables. Esto puede llevarse a cabo sin que suponga un trabajo significativamente mayor para los ciudadanos y los responsables de la toma de decisiones en Colombia porque el enfoque MUISKA se enmarca en la seguridad hídrica y la ciencia de riesgos, dos factores considerados por organizaciones mundiales influyentes. Además, Colombia cuenta con una regulación nacional sólida basada en la gestión de riesgos y MUISKA se alinea con dicha regulación.

A partir de aplicar MUISKA en otros contextos geográficos y culturales, podemos ofrecer una herramienta sólida para el análisis de riesgos relacionados con la inseguridad hídrica fomentando el dinamismo de abajo hacia arriba para que los participantes en la investigación puedan influir en los procesos de toma de decisiones que les afectan como individuos y comunidades.

1. Borda OF. Kinsey Dialogue Series #1: The Origins and Challenges of Participatory Action Research. *Participatory Research & Practice*. 1999;10:1–31.
2. Kumar P. Hydrocomplexity: Addressing water security and emergent environmental risks. *Water Resour Res* [Internet]. el 1 de julio de 2015;51(7):5827–38. Disponible en: <https://doi.org/10.1002/2015WR017342>
3. Meadows DH. Thinking in systems. A primer. Wright D, editor. London: Chelsea Green Publishing; 2008. 218 p.
4. Intergovernmental Panel on Climate Change. Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation. A Special Report of Working Groups I and II of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Internet]. Field CB, Barros V, Stocker TF, Qin D, Dokken DJ, Ebi KL, et al., editores. Cambridge and New York: Cambridge University Press; 2012. 582 p. Disponible en: chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/viewer.html?pdfurl=https%3A%2F%2Fwww.ipcc.ch%2Fsite%2Fassets%2Fuploads%2F2018%2F03%2FSREX_Full_Report-1.pdf&clen=32571946&chunk=true
5. Aven T. The Science of Risk Analysis: Foundation and Practice [Internet]. 1a ed. New York: Routledge; 2020. 315 p. Disponible en: <https://doi.org/10.4324/9780429029189>
6. Consejo Municipal para la Gestión del Riesgo de Desastres. Documento de caracterización general de escenarios de riesgo. Cajibío; 2012 nov.
7. Charo Fernández ED, Méndez García VM. Centro de Integración Municipal para la Reconstrucción del Tejido Social en Cajibío, Cauca. [Bogotá]: Universidad La Gran Colombia; 2014.
8. Agencia Nacional de Tierras. Cajibío. Cauca. Resultados del cálculo de la Unidad Agrícola Familiar por Unidades Físicas Homogéneas [Internet]. 2023 dic [citado el 25 de abril de 2024]. Disponible en: <chrome-extension://efaidhttps://www.ant.gov.co/wp-content/uploads/2024/01/AF-DTS-CAJIBIO-V4.pdf>
9. Departamento Nacional de Planeación. Ficha del municipio de Cajibío [Internet]. 2023 [citado el 25 de abril de 2024]. Disponible en: <https://terridata.dnp.gov.co/index-app.html#/perfiles/19130>
10. Municipio de Cajibío. Plan Básico de Ordenamiento Territorial. 2002.
11. Comisión de la Verdad. Informe final en cifras [Internet]. 2024 [citado el 25 de abril de 2024]. Disponible en: <https://www.comisiondelaverdad.co/analitica-de-datos-informacion-y-recursos#c1>
12. Observatorio DDHH Conflictividades y Paz. Masacres en Colombia durante el 2020, 2021, 2022, 2023 y 2024. [Internet]. 2024 [citado el 25 de abril de 2024]. Disponible en: <https://indepaz.org.co/informe-de-masacres-en-colombia-durante-el-2020-2021/>
13. Departamento Administrativo Nacional de Estadística. Censo Nacional de Población y Vivienda 2018 [Internet]. 2024 [citado el 25 de abril de 2024]. Disponible en: <https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/demografia-y-poblacion/censo-nacional-de-poblacion-y-vivenda-2018>
14. DANE. Actualización post COVID-19. Proyecciones de población municipal por área. 2024 [citado el 9 de enero de 2024]. Proyecciones de población. . Disponible en: <https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/demografia-y-poblacion/proyecciones-de-poblacion>
15. Departamento Administrativo Nacional de Estadística. Demografía y Población [Internet]. 2024 [citado el 25 de abril de 2024]. Disponible en: <https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/demografia-y-poblacion>
16. Departamento Nacional de Planeación. Índice Municipal de Riesgo de Desastres Ajustado por Capacidades [Internet]. 2024 [citado el 25 de abril de 2024]. Disponible en: <https://portalterritorial.dnp.gov.co/AdmGesRiesgo/iGesRiesgoIndice>

17. Jensen A. Fast Track Impact. 2019 [citado el 28 de agosto de 2024]. How to do stakeholder analysis. Disponible en: <https://www.fasttrackimpact.com/post/2019/03/11/how-to-do-stakeholder-analysis#:~:text=Traditional%20%E2%80%9Cstakeholder%20analysis%E2%80%9D%20tools%20tend,your%20work%2C%20or%20work%20with>
18. Braun V, Clarke V. Using thematic analysis in psychology. *Qual Res Psychol* [Internet]. el 1 de enero de 2006;3(2):77–101. Disponible en: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1191/1478088706qp063oa>
19. Maysels R, Figueroa Casas A, Otero Sarmiento JD, Zuñiga Meneses SM. Conceptualization of alternative food networks in Latin America: a case study of a local food system in Southwestern Colombia. *Front Sustain Food Syst* [Internet]. 2023;7. Disponible en: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fsufs.2023.1216116>
20. Byrne D. A worked example of Braun and Clarke's approach to reflexive thematic analysis. *Qual Quant* [Internet]. 2022;56(3):1391–412. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s11135-021-01182-y>
21. Presidencia de la República de Colombia. Colombia, potencial mundial de la vida. Plan Nacional de Desarrollo 2022 - 2026 [Internet]. Bogotá; 2023 may [citado el 5 de abril de 2024]. Disponible en: <chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Prensa/Publicaciones/plan-nacional-de-desarrollo-2022-2026-colombia-potencia-mundial-de-la-vida.pdf>
22. Mehta L. Water and Human Development. *World Dev* [Internet]. 2014;59:59–69. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0305750X13003021>
23. Mdee A. Disaggregating Orders of Water Scarcity - The Politics of Nexus in the Wami-Ruvu River Basin, Tanzania. *Water Alternatives*. 2017;10(1):100–15.
24. Zeng Z, Liu J, Savenije HHG. A simple approach to assess water scarcity integrating water quantity and quality. *Ecol Indic* [Internet]. 2013;34:441–9. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1470160X13002434>
25. Corporación Autónoma Regional del Cauca. Campañas de Calidad de Agua Departamento del Cauca [Internet]. 2024 [citado el 9 de abril de 2024]. Disponible en: <https://crc.gov.co/ambiental/recursos/recurso-hidrico/>
26. Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio C. Título B - Sistemas de acueducto. En: Saneamiento V de A y, Básico, editores. Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico - RAS. Bogotá D.C: Universidad de los Andes. Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental. Centro de Investigaciones en Acueductos y Alcantarillados; 2010. p. 480.
27. Ministerio de Vivienda C y T. Resolución No. 0844. 0844 Colombia; nov 8, 2018.
28. Instituto Cinara. Informe de diagnóstico de los sistemas de abastecimiento de agua para el municipio de Cajibío. Cali; 2017.
29. Ministerio de Vivienda C y T. Resolución No. 330. 0330 Colombia; jun 8, 2017.
30. Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios. Continuidad por municipio [Internet]. 2024 [citado el 19 de abril de 2024]. Disponible en: <https://sui.superservicios.gov.co/Reportes-del-sector/Acueducto/Reportes-tecnico-operativos/Continuidad-por-municipio>
31. Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios. Grupo Estudios Sectoriales. Informe Sectorial de los Servicios Públicos Domiciliarios. Acueducto y Alcantarillado. (geovisor) [Internet]. 2023 [citado el 19 de abril de 2024]. Disponible en: <https://storymaps.arcgis.com/stories/36bc9c665c6740cf87ca495f7c1b2aea>
32. Unidad Nacional de Gestión del Riesgo, Instituto de Estudios del Ministerio Público. Lineamientos para el análisis de la vulnerabilidad social en los estudios de la gestión municipal del riesgo de desastres [Internet]. Bogotá; 2017 [citado el 23 de abril de 2024]. Disponible en: <https://pubhtml5.com/pxou/wsyst/basic/>
33. Departamento Administrativo Nacional de Estadística. Índice de Pobreza Multidimensional 2018 [Internet]. 2020 [citado el 24 de abril de 2024]. Disponible en: http://systema59.dane.gov.co/redcol/CNPV2018/CNPV-2018_PobrezaMultidimensional_Municipal.htm

34. Departamento Administrativo Nacional de Estadística. Necesidades Básicas Insatisfechas (NBI) [Internet]. 2018 [citado el 24 de abril de 2024]. Disponible en: <https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/pobreza-y-condiciones-de-vida/necesidades-basicas-insatisfechas-nbi>
35. Aven T. On Some Foundational Issues Concerning the Relationship Between Risk and Resilience. *Risk Analysis* [Internet]. el 1 de septiembre de 2022;42(9):2062–74. Disponible en: <https://doi.org/10.1111/risa.13848>
36. Corporación Autónoma Regional del Cauca. Resolución 01477 del 25 de julio de 2019 [Internet]. 01477 Colombia; jul 25, 2019. Disponible en: <https://crc.gov.co/wp-content/uploads/2019/07/Reglamentaci%C3%B3n-Cofre.pdf>
37. Gutiérrez J, Zamora González H, Andrade-Sossa CE. Efecto de la actividad antrópica sobre la composición y diversidad de macroinvertebrados acuáticos en el río El Cofre (sistema lótico andino colombiano). *Biodiversidad Neotropical* [Internet]. 2014 [citado el 18 de julio de 2024];4(2):119–23. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5168071>
38. Corporación Autónoma Regional del Cauca. Acuerdo No. 0019 del 17 diciembre de 2019 [Internet]. 0019 Colombia; dic 17, 2019. Disponible en: <https://crc.gov.co/wp-content/uploads/2020/02/ACUERDO-019-EMCC-171219.pdf>
39. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. Gobierno Nacional declara oficialmente el fenómeno de El Niño y alerta a continuar preparándose [Internet]. 2023 [citado el 19 de abril de 2024]. Disponible en: <https://www.minambiente.gov.co/gobierno-nacional-declara-oficialmente-el-fenomeno-de-el-nino-y-alerta-al-pais-a-continuar-preparandose/>
40. Valencia Rojas MP. Análisis cálculo de vulnerabilidad y riesgo. Proyecto AquaRisc - Vulnerabilidad y riesgo en sistemas de agua potable en el Cauca. Popayán; 2019 nov.

13.1 ANEXO A
GUÍAS PARA EL DESARROLLO DE LOS SIETE PASOS DE MUISKA

Proyecto “Desarrollo de un enfoque para el análisis multidimensional de riesgos relacionados con la inseguridad hídrica en las subcuencas hidrográficas del municipio de Cajibío – Colombia”

Guías para el desarrollo de siete talleres participativos



Autores:

Carolina Montoya Pachongo

Ángela María Bayona Valderrama

Miller Alonso Camargo-Valero

Barbara Evans

Agradecimientos:

A todos los participantes en el proyecto por compartir sus conocimientos y experiencias sobre el agua y el territorio.

Al Grupo de Estudios Ambientales de la Universidad del Cauca por su ayuda en la logística de las actividades realizadas en Cajibío. Agradecimiento especial al profesor Apolinar Figueroa, Diana Marcela Ruiz Ordóñez y Fernando Felipe Muñoz Muñoz.

A la Universidad de Leeds y a la Escuela de Ingeniería Civil por facilitar todas las actividades de investigación y administrativas.

Al Water Security and Sustainable Development Hub y a los financiadores, incluyendo a Cheney Fellowship, por otorgar los recursos económicos para el desarrollo de este proyecto de investigación.

Aprobación ética:

Este estudio fue aprobado por el comité ético de la Facultad de Ingeniería y Ciencias Físicas de la University of Leeds Ref. MEEC 22-004.

Portada:

Fotos del equipo de investigación tomadas en Cajibío durante el desarrollo del proyecto.

1 GUÍA PARA DESARROLLAR EL PASO 0: ANÁLISIS DE ACTORES EN CUENCAS HIDROGRÁFICAS

Duración total: 3,5 horas – 210 minutos

1.1 INTRODUCCIÓN

El presente documento es una guía para realizar un análisis avanzado de los actores relacionados con el uso y manejo de los recursos hídricos en las subcuencas del municipio Cajibío. Dicho análisis está basado en la metodología reportada por Jensen (2019)¹. De acuerdo con la investigación participativa que el Grupo de Estudios Ambientales de la Universidad del Cauca ha realizado durante años, existe información sobre actores claves en el municipio de Cajibío. A partir de dicha información, distinguimos tres grupos principales de actores: ciudadanos, Juntas de Acción Comunal, asociaciones comunitarias para prestar el servicio de acueducto, instituciones territoriales, organizaciones no gubernamentales y el sector productivo.

Con el fin de no demandar demasiado tiempo de los participantes, esta actividad está organizada para que dure máximo cuatro horas, por lo cual es necesario hacer el análisis de actores con cuatro o cinco personas, los cuales son representantes de grupos claves de actores tales como las juntas de acción comunal, empresas o juntas de acueductos, gobiernos municipal y departamental, empresa privada y asociaciones de agricultores.

A partir del universo de actores relevantes identificado en esta actividad, se invitarán a aquellos que no hayamos identificado antes con el fin de incluir efectivamente a todos en el codesarrollo de MUISKA para que participen en los talleres de los pasos uno al seis.

1.2 OBJETIVO

Identificar los actores de las subcuencas hídricas del municipio de Cajibío que estarían interesados o no en el desarrollo del enfoque MUISKA; aquellos actores que podrían facilitar o bloquear el potencial impacto de este estudio y los actores que podrían beneficiarse o resultar perjudicados de su participación en el mismo.

1.3 DEFINICIONES CLAVE

Para realizar el presente análisis de actores en las subcuencas hídricas del municipio de Cajibío, es necesario tener claro a qué se refiere actores interesados, con capacidad de influenciar y que podrían beneficiarse o verse perjudicados con el proyecto de investigación

¹ Jensen A. Fast Track Impact. 2019 [citado el 28 de agosto de 2024]. How to do stakeholder analysis. Disponible en: <https://www.fasttrackimpact.com/post/2019/03/11/how-to-do-stakeholder-analysis#:~:text=Traditional%20E2%80%9Cstakeholder%20analysis%E2%80%9D%20tools%20tend,your%20work%2C%20or%20work%20with.>

MUISKA. Por tal razón, las definiciones de interés, influencia e impacto se resumen en la Figura 1-1. Particularmente en un contexto donde existen organizaciones comunitarias con sus propios mecanismos de gobierno y gobernanza, es necesario considerar estos aspectos en el análisis de influencia, además de los mecanismos propios del Estado colombiano.



Figura 1-1. Definiciones de interés, influencia e impacto para el análisis de actores en las subcuencas del municipio de Cajibío

En cuanto al análisis de impactos del proyecto MUISKA sobre los actores, es necesario tener en cuenta las posibles implicaciones de este análisis cuando se hace en un contexto de violencia, conflicto y economías ilegales. Dado que en la cuenca alta del río Cauca existen estas condiciones, lo cual implica también la presencia de "actores ocultos" (Figuroa-Benitez et al., 2023)², la aplicación ética del proyecto determinó que no se identificará a los individuos que participen en los talleres en ninguna publicación escrita y oral del proyecto y las facilitadoras de los talleres no indagarán a los participantes sobre actividades asociadas a conflictos armados ni su relación con el uso del agua.

1.4 DESARROLLO DEL PASO 0: ANÁLISIS DE ACTORES

1.4.1 Materiales

² Figuroa-Benitez, A., Nagheby, M., Figuroa, A. and Amezcaga, J. 2023. Disrupted water governance in the shadows: Revealing the role of hidden actors in the Upper Cauca River Basin in Colombia. *Frontiers in Water*. 5.

- * Dos copias impresas de la presente guía
- * Copias del consentimiento informado para los participantes
- * 2 o 3 copias de los formatos 1 – 5 en tamaño A0
- * Calcomanías, convenciones y palabras claves
- * *Post-it notes* de colores
- * Dos barras de *pega-stick*
- * Marcadores
- * Cinta de enmascarar
- * Cámara fotográfica
- * Refrigerios
- * Almuerzos

1.4.2 Explicación del proyecto y consentimiento informado

Tiempo dedicado: 45 minutos

Presente a los participantes el proyecto “Desarrollo de un enfoque para el análisis multidimensional de riesgos relacionados con la inseguridad hídrica en las subcuencas hidrográficas del municipio de Cajibío – Colombia”. Incluya también en esta presentación las condiciones éticas del proyecto y el código de aprobación de la revisión ética por parte del comité de la Universidad de Leeds. Reparta el formulario de consentimiento a todos los participantes y dé tiempo y espacio para que ellos lo lean y lo firmen. Recoja los consentimientos firmados y guárdelos en una carpeta segura.

1.4.3 Análisis avanzado de actores de acuerdo con su interés, influencia e impacto

1.4.3.1 Definiciones clave

Tiempo dedicado: 15 minutos

Explique los términos clave incluidos en esta guía y permita que los participantes hagan preguntas para clarificar las actividades y resultados esperados a obtener en este taller.

1.4.3.2 Interés

Tiempo dedicado: 30 minutos

- a) Determine si cada actor está interesado o desinteresado en el proyecto MUISKA. Utilice el formato 1 tamaño A0 y *post-it notes* para describir esos aspectos para cada uno de los actores. La Figura 1-2 ilustra el resultado esperado de esta actividad.
- b) Alcance del interés: internacional, nacional, regional o local. Use el formato 1 tamaño A0.
- c) Preferencias: aspectos del proyecto de investigación MUISKA en los que el actor podría estar interesado. Utilice el formato 4 tamaño A0 y *post-it notes*.
- d) Nivel de interés: Utilice el formato 5 tamaño A0 y *post-it notes*; ver Figura 1-5.

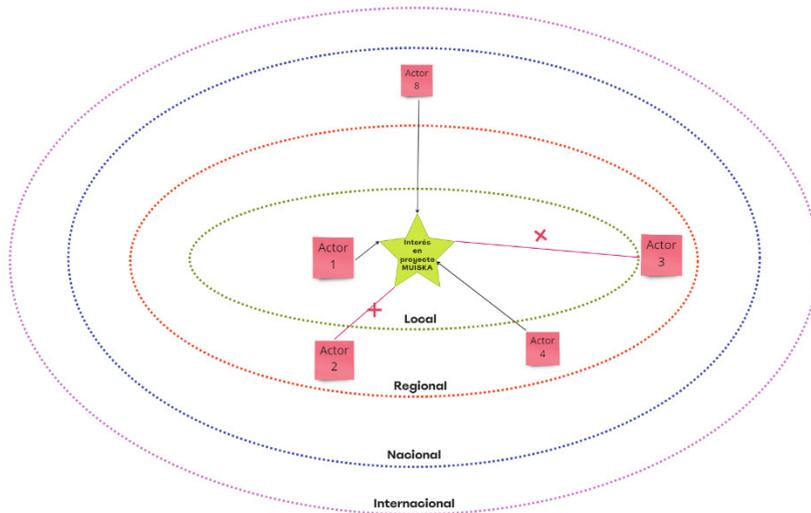


Figura 1-2. Resultado esperado de la descripción gráfica del interés de los actores en el proyecto

1.4.3.3 Influencia

Tiempo dedicado: 30 minutos

- a) Naturaleza de la influencia: identifique si cada actor es capaz de facilitar o bloquear el proyecto de investigación. Utilice el formato 2 tamaño A0 y las calcomanías destinadas para ello. La Figura 1-3 ilustra el resultado esperado de esta actividad.
- b) Formas de influenciar: utilice el paquete de palabras claves (control, instrumentalización e interés propio, diálogo, inclusión, negociación, poder compartido, etc.) y el formato 4 tamaño A0 para describir cómo cada actor podría influenciar el desarrollo de este proyecto de investigación.
- c) Nivel de influencia: Utilice el formato 5 tamaño A0 y *post-it notes*; ver Figura 1-5.

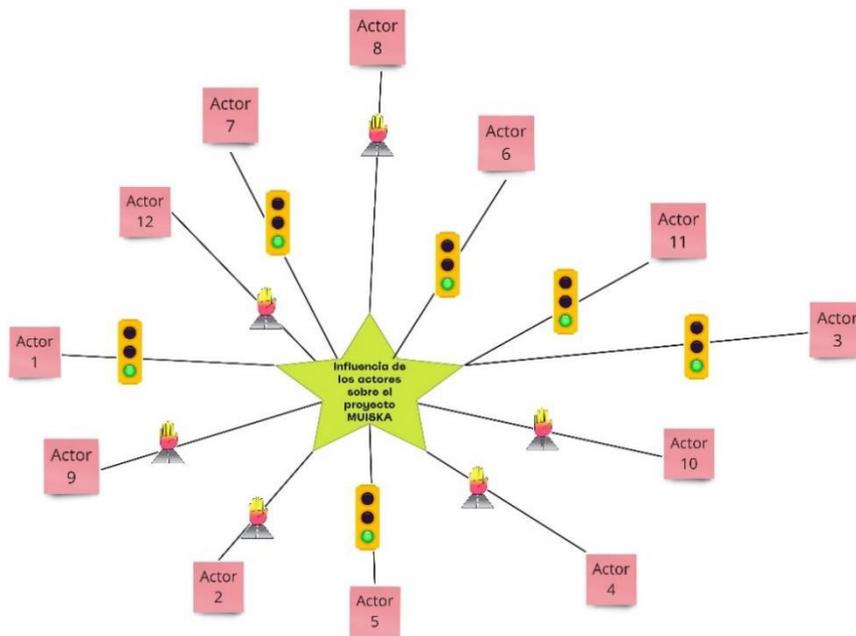


Figura 1-3. Resultado esperado de la descripción gráfica de la influencia de los actores sobre el proyecto

1.4.3.4 Receso

Tiempo dedicado: 30 minutos

1.4.3.5 Impacto

Tiempo dedicado: 30 minutos

- Tipo de impacto: defina si cada actor se puede beneficiar o verse perjudicado por participar en este proyecto de investigación. Utilice el formato 3 tamaño A0 y las calcomanías destinadas para ello. La Figura 1-4 ilustra el resultado esperado de esta actividad.
- Descripción del impacto: utilice el formato 4 para indicar cómo se beneficia o perjudica cada actor con su participación en el proyecto (por ej. Corto o largo plazo, a escala local, regional o nacional, etc.).
- Nivel de importancia del impacto: Utilice el formato 5 tamaño A0 y *post-it notes*; ver Figura 1-5.

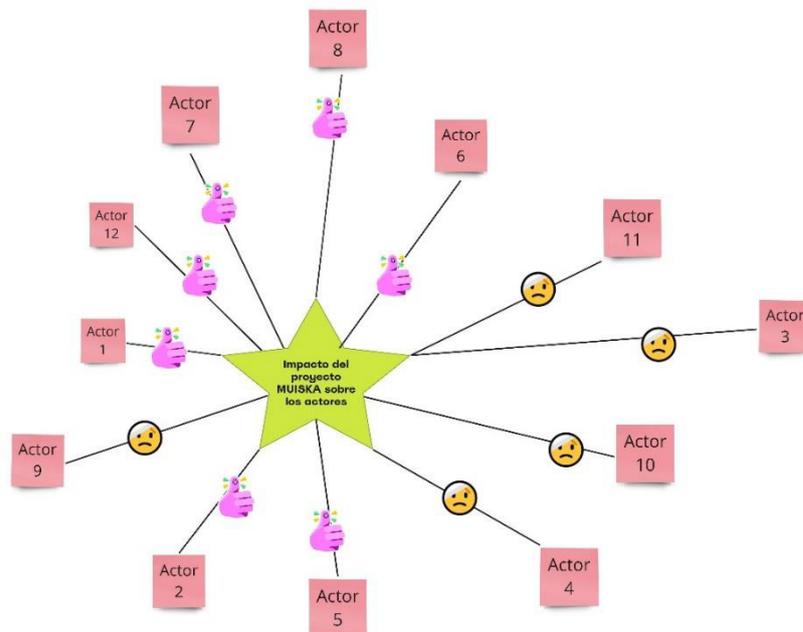


Figura 1-4. Resultado esperado de la descripción gráfica del impacto del proyecto sobre los actores

1.4.3.6 Resultados esperados de la clasificación de los actores según su nivel de interés, influencia e impacto

Tiempo dedicado: 30 minutos

Para clasificar los actores de acuerdo con sus niveles de interés, influencia e importancia del impacto, se usa el formato 5 impreso en tamaño A0 con los cuadrantes. Este se pega en la pared o tablero con cinta de enmascarar y se identifica cada grupo de actores con los *post-it notes* en el cuadrante correspondiente al nivel de interés, influencia o impacto (bajo, medio, alto). El resultado final luce como la Figura 1-5.

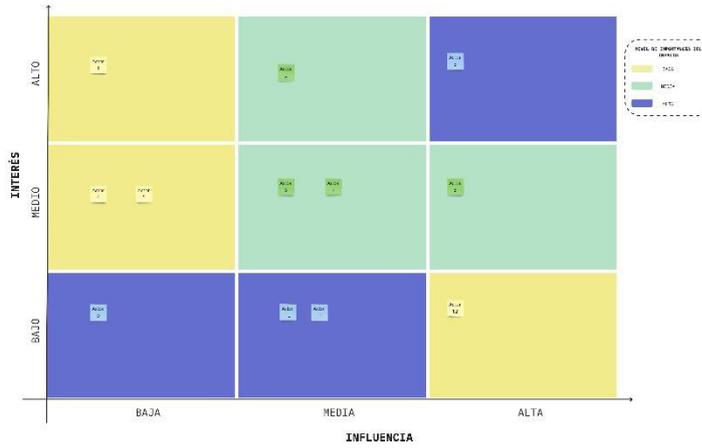


Figura 1-5. Resultado esperado del análisis del nivel de interés, influencia e impacto de los actores en las subcuencas hidrográficas del municipio de Cajibío

2 GUÍA PARA DESARROLLAR EL PASO 1: IDENTIFICACIÓN DE AMENAZAS A LA SEGURIDAD HÍDRICA EN SUBCUENCAS HIDROGRÁFICAS

Duración total: 3 horas – 180 minutos

2.1 INTRODUCCIÓN

El presente documento es una guía para desarrollar el paso 1 del enfoque MUISKA: Identificar las amenazas predominantes en las cuencas hidrográficas. Este paso está diseñado para desarrollarse con cada grupo de actores identificados en el paso 0, por separado. Estas personas recibieron una invitación formal por parte del equipo de investigación, fueron informados de las consideraciones éticas del proyecto y aceptaron participar.

2.2 OBJETIVOS

- Desarrollar una rápida comprensión de las amenazas a la seguridad hídrica en las subcuencas hidrográficas del municipio de Cajibío, a partir del conocimiento local de ciudadanos y representantes de instituciones relacionadas con el uso y manejo de los recursos hídricos en dichas subcuencas.
- Crear una red de amenazas y sus consecuencias e identificar cómo se interrelacionan los subsistemas relacionados con la seguridad hídrica en el municipio de Cajibío (ej. economía, agricultura, servicios públicos, transporte, etc.), a partir del conocimiento local de ciudadanos y representantes de instituciones relacionadas con el uso y manejo de los recursos hídricos en dichas subcuencas.
- Promover el pensamiento sistémico.

2.3 DEFINICIONES CLAVE

Para realizar este paso del enfoque MUISKA, es necesario establecer las subcuencas hidrográficas que abarca este estudio en el municipio de Cajibío y definir los conceptos sistema, usos del agua, valores relacionados con el agua y amenazas. Por tal razón, estas definiciones se resumen en la Figura 2-1.



Figura 2-1. Cinco definiciones básicas necesarias para desarrollar el paso 1 del enfoque MUISKA

[1]: Meadows (2008)³; [2]: United Nations (2021)⁴; [3] Society for Risk Analysis (2018)⁵

³ Meadows, D.H. 2008. Thinking in systems. A primer (D. Wright, ed.). London: Chelsea Green Publishing.

⁴ United Nations 2021. The United Nations World Water Development Report 2021: Valuing Water. [Online]. Paris. Available from: <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000375724>.

⁵ Society for Risk Analysis 2018. Society for Risk Analysis Glossary, p.9.

2.4 DESARROLLO DEL PASO 1

2.4.1 Materiales

- * Dos copias impresas de la presente guía
- * Copias de la carta de invitación, información para el participante, consentimiento informado y boletín con resumen de MUISKA.
- * Copias del formato 1: pliegos de papel bond tamaño A0 con los principales ríos del municipio y los perímetros de las subcuencas hidrográficas que atraviesan a este.
- * Copias del formato 2: lista de amenazas a la seguridad hídrica en el municipio.
- * Lápices y borradores
- * *Post-it notes* de colores
- * Marcadores de colores
- * Cinta de enmascarar
- * 3 barras grandes de *pega-stick*
- * Papel periódico
- * Cámara fotográfica
- * Refrigerios
- * Almuerzos

2.4.2 Explicación del proyecto y consentimiento informado

Tiempo dedicado: 50 minutos

Presente a los participantes las bases del riesgo y el proyecto “Desarrollo de un enfoque para el análisis multidimensional de riesgos relacionados con la inseguridad hídrica en las subcuencas hidrográficas del municipio de Cajibío – Colombia”.

Al final de la presentación del proyecto, incluya las condiciones éticas del proyecto y el código de aprobación de la revisión ética por parte del comité de la Universidad de Leeds. Reparta el formulario de consentimiento a todos los participantes y dé tiempo y espacio para que ellos lo lean y lo firmen. Recoja los consentimientos firmados y guárdelos en una carpeta segura. Los participantes deben también recibir una copia de la carta de invitación a participar del proyecto, el consentimiento informado por ambas partes, la hoja de información para el participante y el boletín con el resumen de MUISKA.

2.4.3 Identificación de amenazas a la seguridad hídrica

2.4.3.1 Usos del agua

Tiempo dedicado: 30 minutos

- a) Dependiendo de la cantidad de participantes, divida al grupo entero en varios subgrupos.
- b) Entregue a cada subgrupo un pliego de papel bond con las cuencas y ríos del municipio y marcadores de varios colores (ver Figura 2-2).
- c) Pida a los participantes que dibujen en el papel a los usuarios del agua y la forma como estos usan el agua. Orientarlos para que piensen en las actividades que se realizan en las viviendas, fincas, establecimientos comerciales, los lugares donde trabajan y demás actividades relevantes en el municipio.

- d) Orientarlos para que piensen en otras actividades relevantes para ellos, pero que en parte o en su totalidad se realizan en otro municipio. Por ejemplo: la captación de agua en la quebrada Michicao.
- e) Cada grupo presenta a los demás su mapa para identificar diferencias y similitudes ya que se trata del mismo municipio.
- f) Pida a los participantes que usen lápiz para esta actividad ya que normalmente se requiere ajustar la forma como se describen los eventos o elementos.

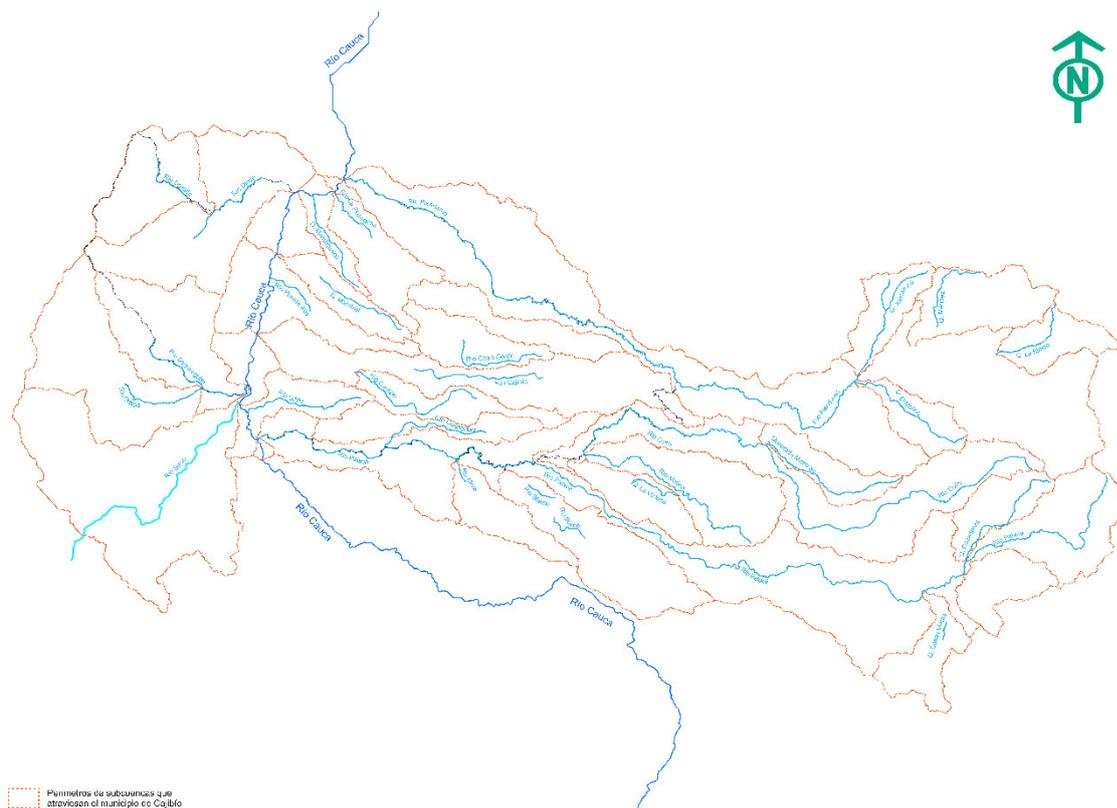


Figura 2-2. Mapa base para la identificación de usos del agua

2.4.3.2 Identificación de problemas o conflictos por usos del agua

Tiempo dedicado: 30 minutos

- d) A partir del mapa anterior, se les pide a los participantes que piensen en los conflictos y problemas que existen entre y para los usuarios del agua en el municipio o por fuera de este.
- e) Orientar a los participantes para que piensen en eventos recientes que ellos recuerden, historias que les hayan contado sus abuelos, padres u otros adultos mayores.
- f) Orientar a los participantes para que también piensen en lo desconocido o extraño. Por ejemplo, eventos que hayan pasado en otros lugares y que todavía no hayan ocurrido en su municipio.
- g) A partir de estos recursos (mapa anterior, eventos conocidos o desconocidos), escribir en *post-it notes* los problemas o conflictos que logren identificar.
- h) Usar el tablero para desplegar los *post-it notes* con los conflictos o problemas. Agrupar los que sean similares.

- i) Pida a los participantes que usen lápiz para esta actividad ya que normalmente se requiere ajustar la forma como se describen los eventos o elementos.

2.4.3.3 Receso

Tiempo dedicado: 30 minutos

2.4.3.4 Red de interrelaciones

Tiempo dedicado: 40 minutos

- a) Se debe construir una red para el grupo entero. Agrupe a todos los participantes al frente de una pared grande para que todos contribuyan a la construcción de la red de acuerdo con las discusiones anteriores.
- b) Una vez agrupados los *post-it notes* en la actividad anterior, se le pide a todo el grupo que discuta cómo se interrelacionan unos problemas con otros.
- c) Tener en cuenta los siguientes tipos de interrelaciones:
 - a. Causa – efecto. Usar flechas para indicar tal relación. Si hay dificultad para identificar causas, oriente a los participantes a pensar en formas de producir fallos. Preguntas del tipo “Si yo quisiera crear este tipo particular de fallo, ¿cómo podría hacerlo?” ayudan a pensar creativamente.
 - b. Otras condiciones requeridas para que un problema se materialice (presencia u ocurrencia de elementos físicos, instituciones, personas). Esto se relaciona principalmente con la vulnerabilidad.
 - c. Considerar también beneficios.
 - d. Señalar con flechas la dirección del impacto. Posiblemente se presenten “*feedback loops*”⁶ o bucles.
 - e. Usar más *post-it notes* para describir en detalle los tipos de interrelaciones que los participantes van identificando. Ser tan detallado como sea posible.
- d) Usar tantos pliegos de periódico como sea necesario. Se puede construir la red en el piso si no hay espacio en el tablero.
- e) Empezar a construir la red desde la parte inferior del tablero y moviéndose hacia arriba. Esto permite encontrar las raíces de los problemas (abajo) y las consecuencias últimas (arriba) (ver Figura 2-3).
- f) Tomar fotos del proceso y del resultado final.

⁶ Se conoce como “*feedback loops*” a aquellos ciclos que se forman cuando una acción genera una consecuencia que ya estaba establecida previamente o cuando hay un monitoreo de una variable en un punto del sistema y la operación del sistema depende del valor de dicha variable.

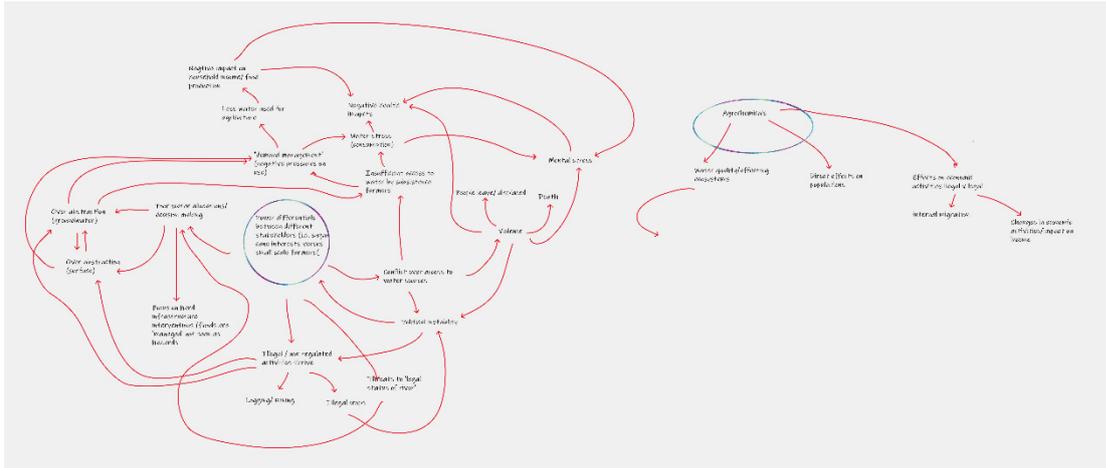


Figura 2-3. Ejemplo de una red de relaciones entre amenazas y consecuencias

- g) Pida a los participantes que usen lápiz para esta actividad ya que normalmente se requiere ajustar la forma como se describen los eventos o elementos.

3 GUÍA PARA DESARROLLAR EL PASO 2: CREAR LAS MATRICES DE RIESGO SEGÚN LAS ESCALAS Y DIMENSIONES DE MUISKA

Duración total: 2,5 horas – 150 minutos

3.1 INTRODUCCIÓN

El presente documento es una guía para desarrollar el paso 2 del enfoque MUISKA: Crear las matrices de riesgo según las escalas y dimensiones de MUISKA. Este paso está diseñado para desarrollarse con cada grupo de actores identificados en el paso 0, por separado. Estas personas recibieron una invitación formal por parte del equipo de investigación, fueron informados de las consideraciones éticas del proyecto, aceptaron participar y firmaron el consentimiento informado.

3.2 OBJETIVO

Crear las matrices de riesgo según las escalas y dimensiones de MUISKA, a partir de la red de amenazas y consecuencias elaborada en el paso 1 en las subcuencas hídricas del municipio de Cajibío, según corresponda y a partir del conocimiento local de los ciudadanos y representantes de instituciones relacionadas con el uso y manejo de los recursos hídricos en dichas subcuencas.

3.3 DEFINICIONES CLAVE

Para realizar este paso del enfoque MUISKA, es necesario definir cuáles son las escalas y dimensiones propuestas en dicho enfoque. Por tal razón, estas definiciones se resumen en la Figura 3-1.

1.	Escalas	<p>El concepto de seguridad hídrica opera a todos los niveles, desde el individual, el doméstico y el comunitario, hasta el local, regional, nacional, regional e internacional [1]. Por esto, el enfoque MUISKA considera cuatro escalas para analizar los riesgos a la seguridad hídrica:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Individuos / hogares 2. Comunidad 3. Cuenca hidrográfica 4. País
2.	Dimensiones	<p>El enfoque MUISKA establece cinco dimensiones para analizar los riesgos a la seguridad hídrica para tener en cuenta la mayoría de factores que intervienen en esta [1] [2]. Tales dimensiones son:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Salud y bienestar 2. Infraestructura y servicios asociados 3. Economía y productividad 4. Servicios ecosistémicos 5. Cultura, justicia y paz

Figura 3-1. Escalas y dimensiones para clasificar los impactos según el enfoque MUISKA

[1]: Donoso et al. (2012)⁷, [2]: UN-Water (2013)⁸

3.4 DESARROLLO DEL PASO 2

3.4.1 Materiales

- * Dos copias impresas de la presente guía
- * Red de amenazas y consecuencias elaborada en el paso 1
- * *Post-it notes* de cinco colores diferentes
- * Marcadores de colores
- * Cinta de enmascarar
- * 3 barras grandes de *pega-stick*
- * Varios rollos de papel periódico
- * Cámara fotográfica
- * Refrigerios
- * Almuerzos

3.4.2 Resumen de lo realizado en el paso 1

Tiempo dedicado: 10 minutos

Presente a los participantes un resumen de las actividades realizadas en el paso 1 y de los resultados obtenidos. Use la red de amenazas y consecuencias para desarrollar este paso del enfoque MUISKA.

⁷ Donoso, M., di Baldassarre, G., Boegh, E., Browning, A., Oki, T., Tindimugaya, C., Vairavamoorthy, K., Vrba, J., Zalewski, M. and Zubari, W.K. 2012. International Hydrological Programme (IHP) eighth phase: Water security: responses to local, regional and global challenges. Strategic plan, IHP-VIII (2014-2021) [Online]. Available from: https://rucforsk.ruc.dk/ws/portalfiles/portal/49711492/2012_IHP_VIII.pdf.

⁸ UN-Water 2013. Water Security & the Global Water Agenda. A UN-Water Analytical Brief [Online]. Hamilton. Available from: <https://www.unwater.org/publications/water-security-global-water-agenda/>.

3.4.3 Creación de las matrices de riesgo por escalas y dimensiones de MUISKA

Tiempo dedicado: 95 minutos

- a) Despliegue en el piso o en el tablero (dependiendo del tamaño) la red de amenazas y consecuencias elaborada en el paso 1.
- b) A partir de esa red, clasifique cada una de las consecuencias por escala y dimensión según la Figura 3-2. Utilice *post-it notes* de un solo color para cada dimensión; esto ayudará a clasificar rápidamente las consecuencias.
- c) En uno o varios pliegos de papel periódico, simule la matriz de MUISKA (Figura 3-2) y péguela en la pared o despléguela en el piso, según el tamaño.
- d) Oriente a los participantes a pensar en las personas o elementos afectados por tales consecuencias y las escalas a las cuales tales consecuencias se pueden percibir. Use la Figura 3-3 como guía.
- e) Si es necesario, modifique la red de amenazas y consecuencias elaborada en el paso 1 ya que es posible que los participantes se den cuenta de que faltaron consecuencias por incluir. Utilice *post-it notes* para que los participantes escriban las nuevas consecuencias con la fecha para poder saber que se trata de ajustes.
- f) Describa cualitativamente cada una de las consecuencias clasificadas.
- g) El resultado esperado de este ejercicio se ilustra en la Figura 3-4.

	Individual	Comunidad	Cuenca	País
Salud y bienestar				
Infraestructura y servicios asociados				
Economía y productividad				
Servicios ecosistémicos				
Cultura, justicia y paz				

Figura 3-2. Matriz de escalas y dimensiones de MUISKA

- 1 Salud y bienestar**
 Tenga en cuenta aspectos como la salud mental, incremento de enfermedades, aparición de nuevas enfermedades, lesiones físicas, muertes, interrupción del acceso a servicios de salud, aislamiento, entre otros.
- 2 Infraestructura y servicios asociados**
 Considere los impactos sobre carreteras de todo tipo; puentes; sistemas de transporte, gas, telefonía, internet; edificios de instituciones estatales o privadas; edificios de uso residencial; casas; redes de acueductos y de alcantarillado; plantas de potabilización y de tratamiento de aguas residuales y lodos; bocatomas y pozos profundos para abastecimiento de agua; represas; sistemas de riego; puertos fluviales y marítimos; aeropuertos; ferrocarril; entre otros.
- 3 Economía y productividad**
 Considere aspectos de la economía individual y del hogar, actividades que generan empleos, costos de los seguros, variación de ingresos, producción y suministro de alimentos, actividades de pesca y producción agrícola, cadenas de suministro, actividades económicas en los hogares, acceso a la educación en todos los niveles, turismo, costos de los alimentos y la electricidad, recuperación económica luego del(os) evento(s), tarifas del servicio de acueducto, costos de tratamiento de aguas, entre otros.
- 4 Servicios ecosistémicos**
 Considere los impactos sobre cuerpos de agua como ríos, lagos, quebradas, nacimientos (ojos), mar, aguas subterráneas; biodiversidad de animales y plantas; existencia de plantas medicinales; actividades recreativas y rituales que las personas realizan en o alrededor del agua; presencia de sustancias químicas sintéticas, metales pesados, nutrientes, materia orgánica, algas y otros microorganismos; incendios; calidad del aire; entre otros.
- 5 Cultura, justicia y paz**
 Tenga en cuenta aspectos como violencia; conflictos; cohesión familiar y comunitaria; desplazamientos de personas y animales; orden público, confianza en el Estado y los gobiernos; cuidadores de niños, adultos mayores y personas en situación de discapacidad; entre otros.

Figura 3-3. Aspectos por considerar para clasificar las consecuencias según las dimensiones de MUISKA



Figura 3-4. Resultado final esperado del paso 2

3.4.4 Receso

Tiempo dedicado: 30 minutos

3.4.5 Resumen de la actividad

Tiempo dedicado: 15 minutos

- a) Al terminar la actividad anterior, la moderadora hace un resumen de la red obtenida y se da el espacio para que los participantes corrijan, aclaren o adicionen información.
- b) Ajustar lo que sea necesario.
- c) Al terminar toda la actividad del día, el equipo investigador debe pegar con *pega-stick* todos los *post-it notes* para evitar perder la estructura de la matriz.

4 GUÍA PARA DESARROLLAR EL PASO 3: PRIORIZACIÓN DE LAS CONSECUENCIAS CUYOS RIESGOS SERÁN EVALUADOS

Duración total: 5,5 horas – 330 minutos (Sesión 1: 90 minutos | Sesión 2: 240 minutos)

4.1 INTRODUCCIÓN

El presente documento es una guía para desarrollar el paso 3 del enfoque MUISKA: Priorizar las consecuencias cuyos riesgos serán evaluados.

4.2 OBJETIVOS

- Priorizar los impactos según diversos criterios.
- Identificar preliminarmente potenciales relaciones de poder que influyen en la priorización.

4.3 DESARROLLO DEL PASO 3

4.3.1 Materiales

- | | |
|--|------------------------------------|
| * Dos copias impresas de la presente guía | * Marcadores de colores |
| * Red de amenazas y consecuencias elaborada en el paso 1 | * Varios rollos de papel periódico |
| * Copias del formato 1 (Tabla 4-1) | * Cámara fotográfica |
| * Copias del formato 2 (Tabla 4-2) | * Refrigerios |
| * Copias del formato 3 (Tabla 4-3) | * Almuerzos |

4.3.2 Sesión 1: Definición de criterios

Tiempo dedicado: 90 minutos – Misma sesión del paso 2 – Sesión 1

- a) La metodología de esta priorización se basa en criterios que actúan como filtros para descartar en cada fase una cierta cantidad de consecuencias incluidas en la red elaborada en el paso 1 (Figura 4-1).
- b) Los facilitadores de la sesión deben presentar los siguientes criterios y explicar su aplicación para que los participantes asimilen la forma general como se van a priorizar las consecuencias cuyo riesgo será evaluado en el paso 4 del enfoque MUISKA.
- c) Se abre la discusión para que los participantes opinen si están de acuerdo con estos criterios, si desean cambiarlos, eliminarlos o proponer otros adicionales.

d) Considerar los siguientes criterios y subcriterios preliminares:

- * Magnitud de las consecuencias según la red elaborada en el paso 1.
- * Escalas y dimensiones de MUISKA.
- * Gobernanza para manejar los riesgos:
 - Grado de poder que el actor tiene para decidir cuáles son las acciones requeridas para manejar el riesgo.
 - Grado de poder que el actor tiene para incidir en el diseño de las acciones requeridas para manejar el riesgo.
 - Grado de poder que el actor tiene para asignar recursos económicos para diseñar o implementar acciones requeridas para manejar el riesgo.
 - Grado de poder que el actor tiene para implementar acciones requeridas para manejar el riesgo.
 - Oportunidades de empoderamiento de los actores.
- * Cantidad máxima de riesgos que el equipo de la Universidad de Leeds puede evaluar.

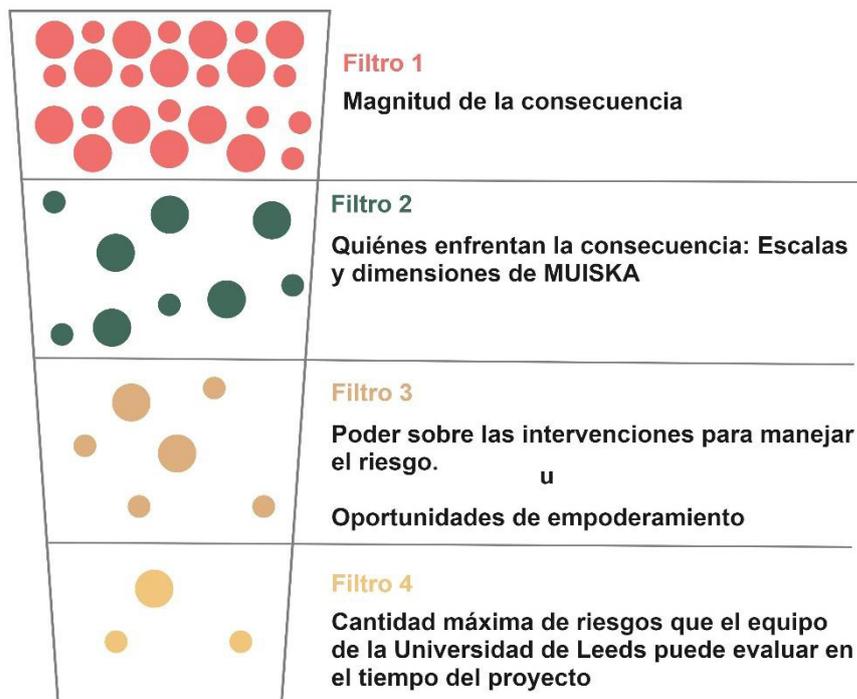


Figura 4-1. Criterios por filtros para priorizar consecuencias que serán sometidas a evaluación del riesgo en el paso 4 de MUISKA

e) Si los participantes sugieren otro criterio adicional, definir también la forma como se aplicará para descartar consecuencias.

4.3.3 Sesión 2: Resumen de lo realizado en la sesión 1 del paso 3

Tiempo dedicado: 15 minutos

Presente a los participantes un resumen de las actividades realizadas en la primera sesión del paso 3 y de los resultados obtenidos.

4.3.4 Sesión 2: priorización de las consecuencias

Tiempo dedicado: 3.25 horas – 195 minutos – Sesión 2 del paso 2

- a) Desplegar la red de amenazas y consecuencias elaborada en el paso 1 en la pared o piso del salón según el tamaño.
- b) Aplicar el filtro 1. Entre todos, contamos cuántas causas directas e indirectas tiene cada problema en la red.
- c) Usar el formato 1 para registrar la cantidad de consecuencias directas e indirectas (Tabla 4-1).

Tabla 4-1. Formato 1 para analizar cada consecuencia de la red según la magnitud del impacto

No.	Nombre / Descripción de la consecuencia	Cantidad de consecuencias negativas con la que tiene conexión		Cantidad de consecuencias positivas con la que tiene conexión		¿Pasa para evaluación del riesgo? (Sí / No)	Observaciones
		Directas	Indirectas	Directas	Indirectas		
1							
2							
3							
...							
n							

De acuerdo con los resultados de la Tabla 4-1, pida a los participantes que analicen las consecuencias con mayor cantidad de conexiones hacia arriba y, según eso, escojan las consecuencias que, si se pudieran intervenir efectivamente, se evitaría la generación de mayores consecuencias.

- d) Aplicar el filtro 2. A partir de las consecuencias que pasaron el filtro anterior, utilice el formato 2 (Tabla 4-2) para que los participantes clasifiquen las consecuencias por escalas y dimensiones de MUISKA para considerar qué y quiénes sufren las consecuencias de las amenazas.

De acuerdo con los resultados anteriores, pida a los participantes que analicen qué y quiénes sufren cada una de esas consecuencias. Use el formato 2 (Tabla 4-2) para que hagan una lista de las consecuencias que desean que pasen a la siguiente fase de priorización y para que describan la razones por las cuales escogieron tales consecuencias.

Tabla 4-2. Formato 2 para listar las consecuencias que pasan a la siguiente fase de priorización

No.	Nombre / Descripción de la consecuencia	Dimensión	Escala	¿Pasa para evaluación del riesgo? (Sí / No)	Explique las razones por las cuales escogieron esta consecuencia
1					
2					
3					
...					
n					

e) Aplicar el filtro 3. Teniendo en cuenta que las consecuencias priorizadas en este paso serán los riesgos evaluados en el paso 4 y, que estos serán a su vez serán priorizados para esbozar un plan de gestión de riesgos en el paso 6, es necesario incluir como criterio el grado de poder que tiene cada grupo de actores (como representantes de sus organizaciones) para influenciar la toma de decisiones sobre las intervenciones para manejar el riesgo. Incluya los siguientes subcriterios y pida a cada uno de los participantes que usen el formato 3 (Tabla 4-3) con el fin de analizar la gobernanza sobre las intervenciones para manejar los riesgos y decidir con base en esto si la consecuencia debe ser priorizada para evaluar sus riesgos.

- Grado de poder que el actor tiene para decidir cuáles son las acciones requeridas para manejar el riesgo.
- Grado de poder que el actor tiene para incidir en el diseño de las acciones requeridas para manejar el riesgo.
- Grado de poder que el actor tiene para asignar recursos económicos para diseñar o implementar acciones requeridas para manejar el riesgo.
- Grado de poder que el actor tiene para implementar acciones requeridas para manejar el riesgo.

Tabla 4-3. Formato 3 para analizar la gobernanza sobre las intervenciones para manejar el riesgo desde el punto de vista de los participantes como representantes de sus organizaciones

No.	Nombre / Descripción de la consecuencia	Instituciones – Gobernanza sobre las intervenciones para manejar el riesgo: De 1 a 10, ¿qué grado de poder tiene el participante sobre lo siguiente? 1 = Ningún grado poder (no hay nada que yo pueda hacer), 10 = total grado de poder (basta mi firma para que los siguiente suceda)				¿Pasa para evaluación del riesgo? (Sí / No)	Observaciones
		Decidir cuáles son las intervenciones	Incidir en el diseño de las intervenciones	Asignar recursos económicos para diseñar o implementar las intervenciones	Implementar las acciones		
1							
2							
3							
...							
n							

Los resultados de este último criterio no corresponden a la lista definitiva de consecuencias que pasarán al siguiente paso del enfoque MUISKA para evaluación de riesgos, pero sí serán un insumo para analizarse junto con el siguiente y último criterio.

- f) Aplicar el filtro 4. De acuerdo con la cantidad de investigadores disponibles en el equipo de la Universidad de Leeds para evaluar los riesgos y con el tiempo remanente del proyecto, se establecerá la cantidad máxima de consecuencias priorizadas que podemos procesar.
- g) Aplicar los criterios adicionales que los participantes hayan acordado en la sesión 1 del desarrollo de este paso.

4.4 RECESO

Tiempo dedicado: 30 minutos

Hacer este receso luego de 2 horas de haber empezado el taller.

4.5 DECISIÓN FINAL SOBRE LAS CONSECUENCIAS PRIORIZADAS PARA EL PASO 4

Trabajo remoto y paso 4

- a) Según los resultados del taller y teniendo en cuenta la cantidad máxima de consecuencias que el equipo de la Universidad de Leeds puede procesar, se les propondrá a los participantes de cada grupo de actores, por un medio electrónico, una lista final de riesgos a evaluar.
- b) Para poder realizar esto, es necesario cubrir toda la ronda de talleres del paso 3 con todos los grupos de actores participantes antes de empezar la ronda de talleres del paso 4.

5 GUÍA PARA DESARROLLAR EL PASO 4: EVALUACIÓN COMPLETA DEL RIESGO

Duración total: 4 horas – 240 minutos

5.1 INTRODUCCIÓN

El presente documento es una guía para desarrollar el paso 4 del enfoque MUISKA: evaluación completa del riesgo. A partir de las consecuencias priorizadas en el paso anterior, el equipo de la Universidad de Leeds evaluará los riesgos de dichas consecuencias, ya sea cuantitativa o cualitativamente, según el tipo y la disponibilidad de los datos requeridos para esto. La intención inicial es desarrollar los pasos 0 – 6 de MUISKA continuamente con los grupos de actores que aceptaron participar en este estudio. Dado que la evaluación completa del riesgo toma un tiempo considerable mucho mayor que las cuatro horas de este taller, el desarrollo de este paso con los participantes no se enfoca en evaluar con ellos el riesgo, sino en explicar con más detalle conceptos básicos de la ciencia de riesgos e identificar con ellos vulnerabilidades y resiliencias.

5.2 OBJETIVOS

- Evaluar algunos de los riesgos de las consecuencias priorizadas, cuantitativamente, cualitativamente o una mezcla de ambos. [Equipo de la Universidad de Leeds]
- Explicar conceptos básicos de la ciencia de riesgos con enfoque en seguridad hídrica y sobre la comunicación de riesgos. [Equipo de la Universidad de Leeds]
- Identificar preliminarmente vulnerabilidades relacionadas con las consecuencias priorizadas en el paso 3. [Codesarrollo con los participantes]
- Comprender el estado de resiliencia del sistema y cómo esta actuaría en caso de presentarse un evento no conocido en el municipio. [Codesarrollo con los participantes]

5.3 CONCEPTOS CLAVES

Los conceptos claves para este taller son vulnerabilidad y resiliencia los cuales están definidos en la Figura 5-1.



Figura 5-1. Conceptos de vulnerabilidad y resiliencia adoptados en el enfoque MUISKA

5.4 DESARROLLO DEL PASO 4

5.4.1 Materiales

- * Dos copias impresas de la presente guía
- * Red de amenazas y consecuencias impresa en tamaño A0
- * Copias del formato 1 y 2 (Tabla 5-1 y Tabla 5-2)
- * Cuatro copias de la impresión de los conceptos vulnerabilidad y resiliencia en tamaño carta
- * Marcadores de colores
- * Cinta de enmascarar
- * Resaltadores
- * Varios rollos de papel periódico
- * Cámara fotográfica
- * Refrigerios
- * Almuerzos

5.4.2 Conceptos básicos de la ciencia de riesgos con enfoque en seguridad hídrica

Tiempo dedicado: 60 minutos

- a) Explicar conceptos básicos de la ciencia de riesgos con enfoque en seguridad hídrica:
- ☒ Diversidad de definiciones del término riesgo.
 - ☒ Definición adoptada en MUISKA: amenaza, vulnerabilidad, exposición, incertidumbres y profundidad del conocimiento.
 - ☒ Definición de resiliencia adoptada en MUISKA. Usar ejemplos de la vida cotidiana para explicar este concepto.
 - ☒ Consideraciones de espacio y tiempo en el análisis de riesgos.
 - ☒ Comunicación de riesgos.

- b) Realizar esta actividad dinámicamente para que los participantes puedan interactuar con la presentadora y la explicación sea más efectiva.

5.4.3 Receso

Tiempo dedicado: 20 minutos

5.4.4 Identificación preliminar de vulnerabilidades

Tiempo dedicado: 75 minutos

- Recordar el concepto de vulnerabilidad adoptado en el presente estudio.
- Reúna a los participantes para observar la red de amenazas y consecuencias que construyeron en el paso 1.
- A partir de esta red, identifiquen entre todos cuáles amenazas y consecuencias producen otras consecuencias por sí solas o necesitan de otro elemento que suceda simultáneamente para producir otras consecuencias.
- En este último caso, identifiquen entre todos si ese elemento necesario es una vulnerabilidad.
- Posteriormente, pida a los participantes que diligencien el formato 1 (Tabla 5-1) con los problemas identificados en los ítems c y d.

Tabla 5-1. Formato 1 para identificar vulnerabilidades

No.	Nombre / Descripción de la consecuencia madre	Nombre / Descripción de la consecuencia ligada a la consecuencia madre necesaria para generar otras consecuencias	¿La consecuencia ligada a la consecuencia madre es una vulnerabilidad? (No sé / Sí / No)	¿Qué o quiénes o qué poseen esta vulnerabilidad?	Observaciones
1					
2					
3					
...					
n					

- f) Para guiar a los participantes a identificar si un problema de la red es una vulnerabilidad, considere lo siguiente:
- Presencia, ausencia o deficiencia de infraestructura.
 - Actitudes, hábitos y comportamientos de las personas expuestas al riesgo.
 - Dependencia del tiempo: velocidad con la que las consecuencias cambian, la capacidad de respuesta de los elementos expuestos.
 - Nivel de entendimiento del evento por parte de las personas expuestas y de los responsables del análisis del riesgo.

- ✦ Calidad de los modelos de simulación / predicción: sensibilidad, exactitud, asunciones.
- ✦ Disponibilidad de información abierta para las personas expuestas y de los responsables del análisis del riesgo.

5.4.5 Identificación preliminar de resiliencia

Tiempo dedicado: 85 minutos

- a) Con la red inicial de amenazas, identifique aquellos eventos que los participantes no tienen conocimiento de que hayan ocurrido en algún lugar, pero que podrían pasar en el municipio. Guíe a los participantes para que piensen en eventos del pasado y en señales y alertas de que tales eventos podrían presentarse en el municipio.
- b) Pida a los participantes que, de esos eventos no conocidos, escojan uno.
- c) Utilice la guía adaptada para este estudio y originalmente de Water Aid para identificar el nivel del estado de elemento constitutivo. En la Tabla 5-2 se presentan los elementos constitutivos y sus respectivas preguntas y aspectos a considerar en el análisis.
- d) Escoja los aspectos de resiliencia apropiados para cada grupo de participantes para que analicen los elementos constitutivos para el evento escogido y diligencie el formato 3 (Tabla 5-2). Por ejemplo: ciudadanos pueden responder lo relacionado a equidad e inclusión social.
- e) Pida a los participantes que tengan a la mano y repasen el concepto de resiliencia para realizar su análisis. Siga ofreciendo ejemplos de la vida real para favorecer el entendimiento del concepto de resiliencia.

Nota 1: Este análisis preliminar de la resiliencia a los riesgos a la seguridad hídrica es una construcción colectiva. Por lo tanto, está bien que los participantes respondan "No sé" en el formato 2 (Tabla 5-2) ya que esto también evidencia falta o no acceso a información. Luego de desarrollar este paso con todos los grupos de actores participantes, se espera tener una mejor comprensión del estado de resiliencia del sistema y cómo esta actuaría en caso de presentarse un evento no conocido en el municipio.

Nota 2: Dependiendo de las organizaciones o instituciones representadas por los participantes, se podrán analizar todos o algunos elementos constitutivos de la resiliencia.

Tabla 5-2. Formato 2 para analizar la resiliencia en la seguridad hídrica por elementos constitutivos y según los eventos sorpresa identificados

Elementos constitutivos	Preguntas para guiar el análisis	Estado actual del elemento constitutivo en relación con la resiliencia a riesgos a la seguridad hídrica (Deficiente / Emergente / Fortalecido / Deseado)	¿Este elemento es resiliente frente a la ocurrencia de uno o más eventos sorpresa? (Sí / No / No sé)	En caso de que el elemento no se encuentre en estado "Deseado", ¿qué se debe hacer para lograr esto?	Observaciones
1. Políticas, estrategia y planificación	<ul style="list-style-type: none"> • ¿Las políticas y estrategias ambientales y de adaptación al cambio climático tienen en cuenta la identificación y manejo de eventos sorpresa en el análisis de riesgos? • ¿En qué medida los planes relacionados con la seguridad hídrica (inundaciones, sequías, eventos extremos de lluvias, acueducto, alcantarillado, drenaje urbano, diversos usos del agua, etc.) se basan en un análisis del riesgo que incluya consideraciones sobre el cambio climático? • ¿Las políticas, estrategias y planes para la seguridad hídrica y el cambio climático incluyen una visión sistémica y la interconexión de los elementos del sistema como por ejemplo la infraestructura? 				

Elementos constitutivos	Preguntas para guiar el análisis	Estado actual del elemento constitutivo en relación con la resiliencia a riesgos a la seguridad hídrica (Deficiente / Emergente / Fortalecido / Deseado)	¿Este elemento es resiliente frente a la ocurrencia de uno o más eventos sorpresa? (Sí / No / No sé)	En caso de que el elemento no se encuentre en estado "Deseado", ¿qué se debe hacer para lograr esto?	Observaciones
2. Disposiciones institucionales y capacidad	<ul style="list-style-type: none"> • ¿En qué medida se definen claramente los roles y responsabilidades institucionales en materia de seguridad hídrica (por ejemplo, entre actores de los sectores de agua y saneamiento, salud, planeación, riesgos por desastres, convivencia ciudadana, medio ambiente y cambio climático)? • ¿En qué medida las instituciones que trabajan en seguridad hídrica tienen la capacidad de abordar la integración de la reducción del riesgo en las dimensiones salud y bienestar, infraestructura y servicios asociados, economía y productividad, servicios ecosistémicos y cultura, justicia y paz? 				

Elementos constitutivos	Preguntas para guiar el análisis	Estado actual del elemento constitutivo en relación con la resiliencia a riesgos a la seguridad hídrica (Deficiente / Emergente / Fortalecido / Deseado)	¿Este elemento es resiliente frente a la ocurrencia de uno o más eventos sorpresa? (Sí / No / No sé)	En caso de que el elemento no se encuentre en estado “Deseado”, ¿qué se debe hacer para lograr esto?	Observaciones
3. Coordinación e integración	<ul style="list-style-type: none"> • ¿Qué tipo de mecanismo de coordinación interministerial, interdepartamental e intermunicipal existe entre los departamentos responsables del cambio climático, el medio ambiente, la agricultura, la energía, el transporte, la salud, la convivencia ciudadana, los recursos hídricos y el abastecimiento de agua y el saneamiento? • ¿Cómo se integran los análisis de riesgos a la seguridad hídrica en los diálogos sectoriales, las revisiones sectoriales conjuntas, el intercambio de información y las reuniones de coordinación, fortaleciendo así la colaboración entre departamentos, municipios y organismos y entre sectores de la sociedad? 				

Elementos constitutivos	Preguntas para guiar el análisis	Estado actual del elemento constitutivo en relación con la resiliencia a riesgos a la seguridad hídrica (Deficiente / Emergente / Fortalecido / Deseado)	¿Este elemento es resiliente frente a la ocurrencia de uno o más eventos sorpresa? (Sí / No / No sé)	En caso de que el elemento no se encuentre en estado "Deseado", ¿qué se debe hacer para lograr esto?	Observaciones
4. Financiamiento	<ul style="list-style-type: none"> • ¿En qué medida se establecen las prioridades nacionales para la gestión de riesgos y adaptación respaldadas con mecanismos de financiamiento adecuados y fondos suficientes? • ¿Existe un plan de financiamiento específico para incrementar la resiliencia del sistema a la inseguridad hídrica y el cambio climático? 				

<p>5. Prestación de servicios de agua y saneamiento y cambio de comportamiento</p>	<ul style="list-style-type: none"> • ¿Los mecanismos de prestación de servicios de agua y saneamiento se basan en un análisis de riesgos liderado a nivel local que aborda eventos sorpresa? • ¿Los prestadores del servicio de agua y saneamiento conocen de las interconexiones e interdependencias de su infraestructura con otros tipos de infraestructura como el transporte, energía, productos químicos, etc.? • ¿Estos mecanismos minimizan la exposición de la población a posibles fallas derivadas de los eventos sorpresa en diferentes contextos? • ¿En qué medida los mecanismos de prestación de servicios de agua y saneamiento son resilientes a los eventos sorpresa y contribuyen a crear resiliencia comunitaria ante los impactos de tales eventos? • ¿En qué medida los usuarios y comunidades practican y hacen cumplir los comportamientos que garantizan la resiliencia en la seguridad hídrica y la sostenibilidad de los recursos hídricos? 				
--	---	--	--	--	--

Elementos constitutivos	Preguntas para guiar el análisis	Estado actual del elemento constitutivo en relación con la resiliencia a riesgos a la seguridad hídrica (Deficiente / Emergente / Fortalecido / Deseado)	¿Este elemento es resiliente frente a la ocurrencia de uno o más eventos sorpresa? (Sí / No / No sé)	En caso de que el elemento no se encuentre en estado “Deseado”, ¿qué se debe hacer para lograr esto?	Observaciones
6. Monitoreo	<ul style="list-style-type: none"> • ¿Se han desarrollado planes para monitorear las amenazas prioritarias a los recursos hídricos y la infraestructura de agua y saneamiento, y en qué medida se utilizan estos planes? • ¿Qué tan eficaz ha sido el monitoreo de los datos para gestionar o abordar las amenazas detectadas? • ¿Cómo se monitorean las amenazas a la seguridad hídrica que ocurren en otros territorios para aprender de ellos y estar preparados en este municipio? • ¿Qué papel juegan los medios de comunicación comunitarios, locales y regionales en el monitoreo de tales amenazas? • ¿Cómo las personas y las comunidades acceden y consumen la información brindada por tales medios de comunicación? 				

Elementos constitutivos	Preguntas para guiar el análisis	Estado actual del elemento constitutivo en relación con la resiliencia a riesgos a la seguridad hídrica (Deficiente / Emergente / Fortalecido / Deseado)	¿Este elemento es resiliente frente a la ocurrencia de uno o más eventos sorpresa? (Sí / No / No sé)	En caso de que el elemento no se encuentre en estado “Deseado”, ¿qué se debe hacer para lograr esto?	Observaciones
7. Inclusión de género y social	<ul style="list-style-type: none"> • ¿Qué tan bien se comprenden los diferentes impactos de la inseguridad hídrica en hombres y mujeres, en las minorías sexuales y de género y en las personas marginadas y vulnerables? • ¿En qué medida las mujeres y los hombres y los grupos marginados y vulnerables participan de manera significativa en las evaluaciones de vulnerabilidad, y en el desarrollo e implementación de estrategias de adaptación al cambio climático? 				

<p>8. Medio ambiente y recursos hídricos</p>	<ul style="list-style-type: none"> • ¿Qué nivel de datos de monitoreo del clima y recursos hídricos están disponibles a escalas temporales y espaciales adecuadas? • ¿Qué tan apropiadas son las normas de recopilación y almacenamiento de datos para conformar la planificación estratégica de los recursos hídricos a escala nacional o de cuencas? • ¿Qué nivel de proyecciones climáticas futuras reducidas están disponibles para conformar la planificación estratégica de los recursos hídricos a escala nacional y de cuencas? • ¿Cómo se determinan y regulan eficazmente las asignaciones del agua en consonancia con el uso sostenible, la equidad social y la eficiencia económica? • ¿Qué tipo de estrategias de gestión de sequías e inundaciones existen en el país (vinculadas a la alerta temprana y la planificación de contingencia) y cómo priorizan el uso del agua para el consumo humano sobre otros usos en caso de escasez? 				
--	--	--	--	--	--

Elementos constitutivos	Preguntas para guiar el análisis	Estado actual del elemento constitutivo en relación con la resiliencia a riesgos a la seguridad hídrica (Deficiente / Emergente / Fortalecido / Deseado)	¿Este elemento es resiliente frente a la ocurrencia de uno o más eventos sorpresa? (Sí / No / No sé)	En caso de que el elemento no se encuentre en estado “Deseado”, ¿qué se debe hacer para lograr esto?	Observaciones
9. Liderazgo gubernamental	<ul style="list-style-type: none"> • ¿Cómo está demostrando el gobierno nacional, departamental y municipal un liderazgo activo en la agenda de seguridad hídrica y adaptación y resiliencia al cambio climático? • ¿Cómo hacer que futuros gobiernos continúen o mejoren tales liderazgos? 				
10. Personas y comunidades activas y empoderadas	<ul style="list-style-type: none"> • ¿En qué grado las personas y comunidades están adoptando medidas de adaptación local para incrementar la resiliencia frente a los riesgos a la seguridad hídrica? • ¿Qué tipo de mecanismo se ha establecido para que las personas y comunidades puedan exigir acciones relacionadas con la resiliencia frente a los riesgos a la seguridad hídrica? 				

Fuente: Water Aid, 2021⁹

⁹ Australia Aid, Water for Women and Water Aid 2021. Integración de la resiliencia climática con el fortalecimiento del sistema WASH [Online]. Available from: [https://washmatters.wateraid.org/sites/g/files/jkxoof256/files/2021-11/Integracion de la resiliencia climática con el fortalecimiento del sistema WASH.pdf](https://washmatters.wateraid.org/sites/g/files/jkxoof256/files/2021-11/Integracion%20de%20la%20resiliencia%20clim%C3%A1tica%20con%20el%20fortalecimiento%20del%20sistema%20WASH.pdf).

6 GUÍA PARA DESARROLLAR EL PASO 5: COMUNICACIÓN DEL RIESGO

Duración total: 4,5 horas – 270 minutos

6.1 INTRODUCCIÓN

El presente documento es una guía para desarrollar el paso 5 del enfoque MUISKA: comunicación del riesgo. Esta sesión se usará también para que Ángela María Bayona, miembro del equipo de la Universidad de Leeds presente resultados preliminares relacionados con el muestreo y encuestas realizadas en Cajibío. Igualmente, Ángela desarrollará la actividad “Diálogos del riesgo” para identificar formas como el agua almacenada en las viviendas se podría contaminar. Adicionalmente, en este paso de MUISKA, los participantes construirán una historia para comunicar un riesgo.

6.2 OBJETIVOS

- Identificar formas de comunicar riesgos a la seguridad hídrica a los diferentes grupos de actores involucrados en el manejo y uso del recurso hídrico en el municipio, basadas en el arte de contar historias.
- Implementar la estrategia conocida como “diálogos del riesgo” para identificar la exposición de personas a agua almacenada en las viviendas y que fueron encuestadas en el marco del proyecto “Fallos ocultos: evaluación de los riesgos para la salud pública en los sistemas intermitentes de abastecimiento de agua”.

6.3 DESARROLLO DEL PASO 5

6.3.1 Materiales

- | | |
|--|------------------------------------|
| * Dos copias impresas de la presente guía | * Pinturas |
| * Marcadores de colores | * Pinceles |
| * Cinta de enmascarar | * Tijeras |
| * Resaltadores | * Varios rollos de papel periódico |
| * Lápices de colores | * Cámara fotográfica |
| * Borradores | * Refrigerios |
| * Revistas o papel periódico para recortar | * Almuerzos |
| * Lapiceros | * Presentaciones y guías de AMBV |

6.3.2 Presentación de resultados del trabajo de campo de Ángela Bayona y ejercicio “Diálogos del riesgo”

Tiempo dedicado: 120 minutos

6.3.3 Resumen de la actividad anterior

Tiempo dedicado: 5 minutos

- Mencionar brevemente lo realizado en el paso 4 y los resultados obtenidos.
- Introducir lo que se realizará en este paso 5.

6.3.4 Conceptos básicos de la ciencia de riesgos con enfoque en comunicación de riesgos

Tiempo dedicado: 10 minutos

- Explicar conceptos básicos de la comunicación de riesgos con enfoque en seguridad hídrica, tales como:
 - Tres componentes de la comunicación (Figura 6-1): una fuente confiable, un mensaje claro y una audiencia objetivo.
 - Validez de la evaluación del riesgo.
 - Recapitular la explicación de incertidumbres y probabilidades realizada durante el desarrollo del paso 4.
 - Formas de pensar (Figura 6-2).



Figura 6-1. Tres componentes de la comunicación: fuente, mensaje y audiencia

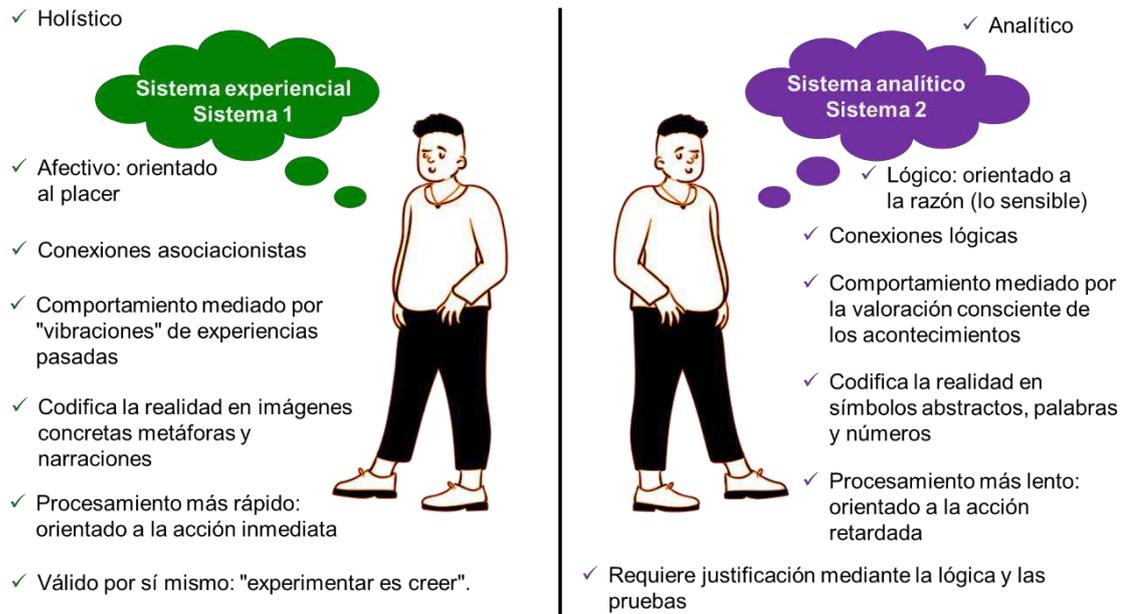


Figura 6-2. Formas de pensar: sistemas 1 (experiencial) y 2 (analítico)

Fuente: Adaptada de Aven and Shital (2022)¹⁰

b) Explicar en qué consiste el arte de contar historias (*storytelling* - Figura 6-3) y cómo este sirve para la comunicación de riesgos a la seguridad hídrica.

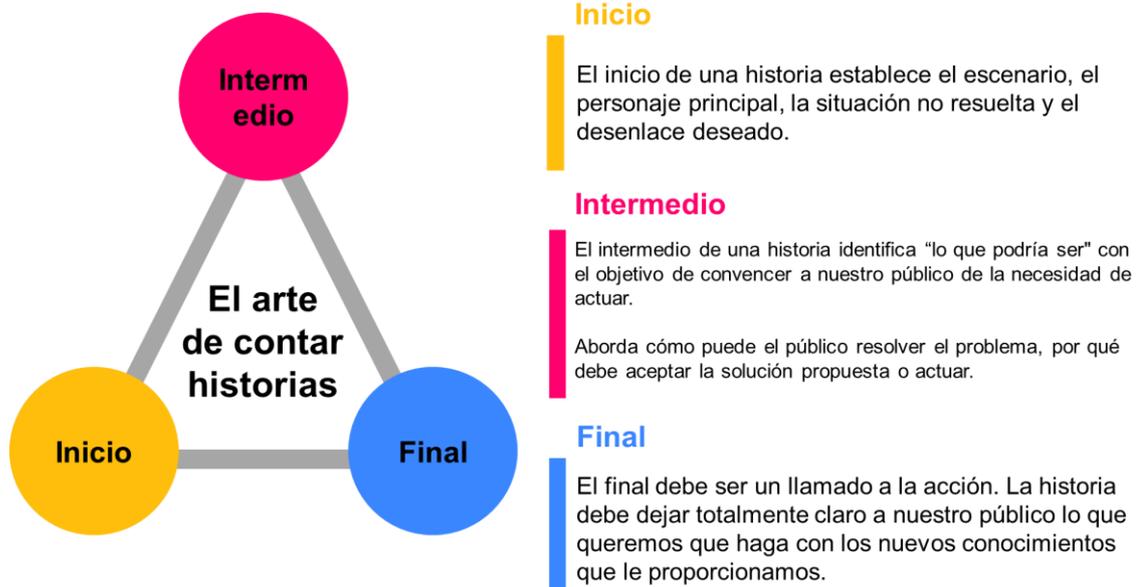


Figura 6-3. El arte de contar historias: inicio, intermedio y fin

¹⁰ Aven, T. and Shital, T. 2022. Risk Science. An introduction. New York: Routledge.

6.3.5 Diseño del mensaje a comunicar

Tiempo dedicado: 35 minutos

- a) Esta actividad se realizará por cada grupo de participantes o subgrupos.
- b) Se les pide a los participantes que escojan una consecuencia que será la base para comunicar un riesgo.
- c) Se debe orientar a los participantes cuál es el riesgo asociado a ese evento. Explicar en el tablero con mucho cuidado, recapitulando el concepto de riesgo usado en MUISKA y los fundamentos de la ciencia de riesgos.
- d) A partir de esos resultados, el participante estructura el mensaje a comunicar a través de una historia (Figura 6-3).
- e) Para lo anterior, es necesario que los participantes establezcan lo siguiente:
 - Riesgo a comunicar.
 - Opciones para manejar el riesgo.
 - Quién es la audiencia; a quién le importa esto.
 - Características de la audiencia: su nivel de conocimientos y educación; sus formas de pensar (Figura 6-2); sus valores (Figura 6-4), actitudes y creencias de la audiencia sobre el tema en cuestión; su nivel de receptividad y apertura a las ideas que se comunican; las preocupaciones de la audiencia sobre el tema.
 - Quién es la fuente de la información.
 - Objetivo de la comunicación.
 - Qué quiere la fuente que la audiencia haga luego de recibir el mensaje.
 - Qué mensaje se va a comunicar: evaluación del riesgo, incertidumbres, profundidad del conocimiento, acciones para manejar el riesgo, entre otros.
 - Aceptabilidad del mensaje (confianza en la fuente de la información).
 - Diseño y formato del mensaje: oral, escrito, números, textos, fotos.



Figura 6-4. Definición gráfica de los valores de las personas

- f) Al definir el objetivo de la comunicación y lo que la fuente quiere que la audiencia haga luego de conocerla, debe tenerse en cuenta que los cambios de actitud son difíciles de conseguir y más aún los cambios de comportamiento. Esto con el fin de no establecer objetivos demasiado ambiciosos que no se pueden lograr, particularmente para cambiar comportamientos de las personas que viven en el municipio.

6.3.6 Una historia para comunicar el riesgo

Tiempo dedicado: 50 minutos

- a) Con los resultados obtenidos en el taller anterior sobre el diseño del mensaje a comunicar, se pone a disposición todos los materiales en el centro del grupo para que sean de fácil acceso para todos.
- b) Con los materiales disponibles, el participante debe contar una historia gráfica u oral para comunicar el riesgo escogido.
- c) Los moderadores de esta actividad deben estar abiertos a contrapropuestas del grupo en caso de que quieran contar la historia de otra forma. Por ejemplo: una sola historia oral en forma de obra de teatro, parodia, canción, troba, etc.

6.3.7 Receso

Tiempo dedicado: 20 minutos

6.3.8 Reflexión final

Tiempo dedicado: 30 minutos

Pida a los participantes que compartan sus historias y que comenten sobre lo que más les gustó luego de que todos los grupos hayan compartido.

Nota 3: Este taller se realizó el mismo día (jornada de la mañana) en la que se realizó el taller del paso 6. En este taller estuvieron presentes los tres grupos participantes.

7 GUÍA PARA DESARROLLAR EL PASO 6: ESBOZO DE UN PLAN PARA EL MANEJO DE RIESGOS A LA SEGURIDAD HÍDRICA

Duración total: 2,5 horas – 150 minutos

7.1 INTRODUCCIÓN

El presente documento es una guía para desarrollar el paso 6 del enfoque MUISKA: esbozo de un plan para el manejo de riesgos a la seguridad hídrica. Este es el último paso de este enfoque, el cual se concentra en el plan de manejo de los riesgos evaluados en el paso 4.

7.2 OBJETIVO

Elaborar una lista de posibles acciones para gestionar los riesgos para la seguridad hídrica en Cajibío, incluyendo las brechas en el conocimiento asociadas a los riesgos inciertos.

7.3 DESARROLLO DEL PASO 6

7.3.1 Materiales

- * Dos copias impresas de la presente guía
- * Lista de los riesgos evaluados en el paso 4
- * Copias del esquema corbatín simple
- * Copias del esquema corbatín doble
- * Marcadores de colores
- * Cinta de enmascarar
- * Borradores
- * Lapiceros
- * Varios rollos de papel periódico
- * Cámara fotográfica
- * Refrigerios
- * Almuerzos

7.3.2 Resumen de la actividad anterior

Tiempo dedicado: 5 minutos

- a) Mencionar brevemente lo realizado en los pasos 3, 4 y 5 y los resultados obtenidos.
- b) Introducir lo que se realizará en este paso 6.

7.3.3 Conceptos básicos considerados en el paso 6

Tiempo dedicado: 10 minutos

Explicar conceptos básicos de la gestión del riesgo (Figura 7-1).



Figura 7-1. Conceptos claves en la gestión de riesgos

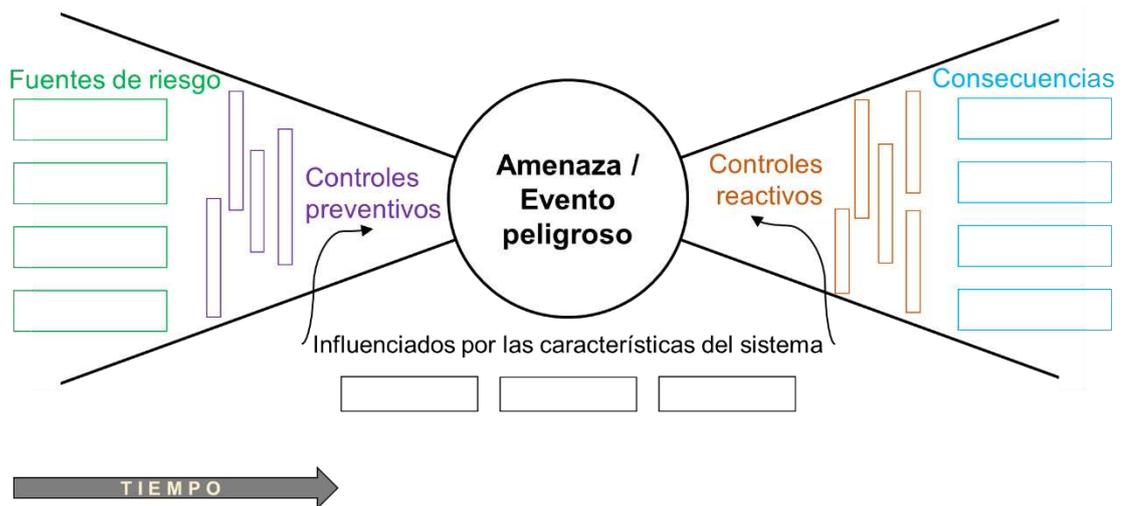


Figura 7-2. Esquema de corbatín simple para el análisis de riesgos

Fuente: Adaptada de Logan et al., 2022¹¹

7.3.4 Identificación de intervenciones para manejo del riesgo

Tiempo dedicado: 90 minutos

- Cada grupo de participantes escoge una consecuencia para realizar esta actividad.
- Con base en el esquema de corbatín simple (Figura 7-2), los grupos enlazan un riesgo con otros en casos de que exista una relación de interdependencia (Figura 7-3). Para esto se deben apoyar en la red de amenazas y consecuencias que construyeron en el paso 0.

¹¹ Logan, T.M., Aven, T., Guikema, S.D. and Flage, R. 2022. Risk science offers an integrated approach to resilience. *Nature Sustainability*. 5(9), pp.741–748.

- c) Primero, los grupos escogen una consecuencia y la analizan como un problema simple con el esquema corbatín simple (Figura 7-2). Oriente a los participantes con este procedimiento:
- Identifique barreras para evitar que el riesgo (nudo del corbatín) se produzca (lado izquierdo del corbatín).
 - Identifique todas las consecuencias de ese riesgo (lado derecho del corbatín) y verifique si tales barreras cambian las consecuencias de alguna forma (desaparecen, disminuyen, aparecen nuevas consecuencias, etc.).
 - En caso de que las consecuencias sigan existiendo a pesar de la implementación de barreras, identifique intervenciones para controlar los riesgos asociados a dichas consecuencias.
- d) El análisis de un problema simple ayuda a los participantes a familiarizarse con los esquemas corbatín.
- e) Luego, se analiza esa misma consecuencia ligada a otra, usando el esquema corbatín doble (Figura 7-3), según lo siguiente:
- Identifique barreras para evitar que el riesgo inicial (nudo del corbatín) se produzca (lado izquierdo del corbatín).
 - Identifique todas las consecuencias de ese riesgo (lado derecho del corbatín) y verifique si tales barreras cambian las consecuencias de alguna forma (desaparecen, disminuyen, aparecen nuevas consecuencias, etc.).
 - En caso de que las consecuencias sigan existiendo a pesar de la implementación de barreras, identifique intervenciones para controlar los riesgos asociados a dichas consecuencias.
 - Resalte con un color diferente el riesgo anidado al riesgo inicial.
 - Identifique barreras para evitar que el segundo riesgo (anidado al riesgo inicial) se produzca (lado izquierdo del corbatín).
 - Identifique si esas barreras también son efectivas en algún grado para manejar el riesgo asociado a otras consecuencias.
- f) Las barreras pueden incluir infraestructura, códigos, estándares, protocolos, procedimientos, entrenamiento, suministro de consumibles, políticas, educación, nuevo o más conocimiento, reducción de incertidumbres, alertas tempranas, monitoreo, vacunación, nutrición, sistemas redundantes, sistemas diversos, sistemas adaptables, medidas de precaución, seguros.

Nota 4: Este taller se realizó el mismo día (jornada de la tarde) en la que se realizó el taller del paso 5. En este taller estuvieron presentes dos de los tres grupos participantes en el estudio.

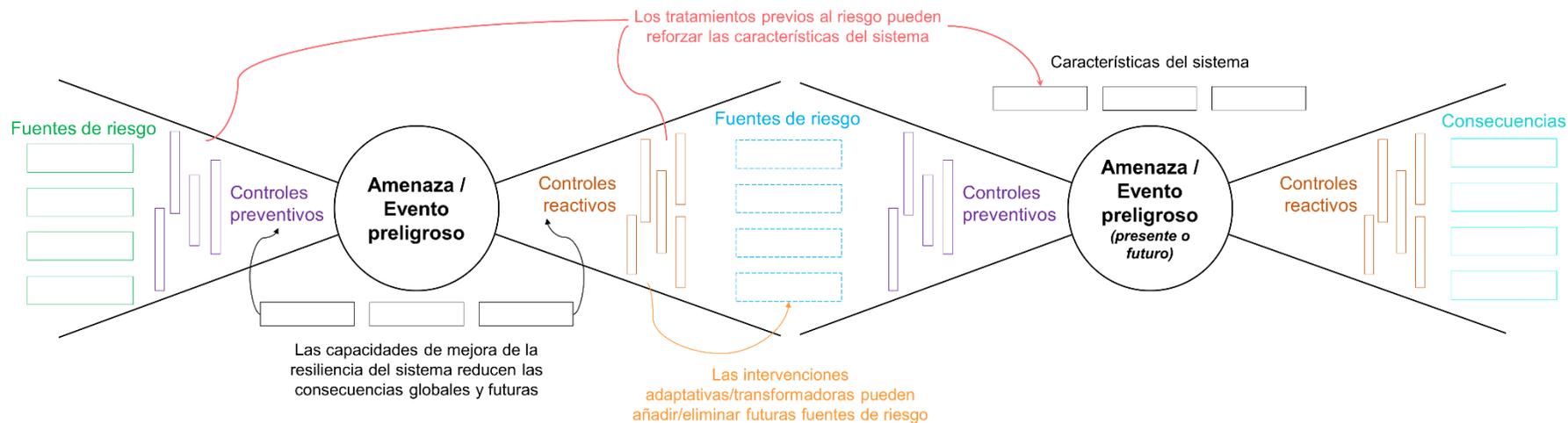


Figura 7-3. Esquema corbatín doble para el análisis de riesgos

Fuente: Adaptada de Logan et al., 2022¹²

¹² Logan, T.M., Aven, T., Guikema, S.D. and Flage, R. 2022. Risk science offers an integrated approach to resilience. *Nature Sustainability*. 5(9), pp.741–748.

7.3.5 Receso

Tiempo dedicado: 15 minutos

7.3.6 Análisis individual de las barreras

Tiempo dedicado: 30 minutos

- a) Con base en el formato 1 (Tabla 7-1) y con los riesgos analizados con el esquema corbatín doble, se les pide a los participantes que analicen cada una de las barreras.
- b) En el caso de que las barreras sean muchas para el tiempo destinado, considere dividir el grupo para que subgrupos analicen subgrupos de barreras.

7.3.7 Cierre de la fase de campo en Cajibío

Al finalizar el taller del paso 6 y, aprovechando la presencia de la mayoría de los participantes en este taller (dos de tres grupos de actores), se cerró la fase de campo en Cajibío, manifestando gratitud por el tiempo dedicado y todos los conocimientos y experiencias compartidas. El equipo de investigación también explicó el trabajo futuro y la forma de seguir en contacto. Los participantes expresaron espontáneamente sus percepciones sobre el trabajo realizado en el marco del codesarrollo del enfoque MUISKA.

Tabla 7-1. Formato 3 para analizar individualmente las barreras

Barrera	FUNCIONALIDAD	INTEGRIDAD / FIABILIDAD	ROBUSTEZ / RESILIENCIA	EQUIDAD	IMPLEMENTACIÓN		
	La barrera sí va a funcionar en el presente y en el futuro (Sí / No / No sé)	La barrera sí va a estar en su sitio e intacta cuando sea necesaria (Sí / No / No sé)	La barrera es capaz de resistir a perturbaciones y situaciones diferentes al estado normal (Sí / No / No sé)	¿La barrera impone una carga justa y equitativa a los sujetos afectados por su implementación? (Sí / No / No sé)	¿Cuáles son las organizaciones responsables de implementar esta barrera?	¿Cómo se pueden articular estas organizaciones con otros actores de las subcuencas para que la implementación de la barrera tenga éxito?	¿La barrera es compatible con los requerimientos legales y programas políticos? (Sí / No / No sé)
1							
2							
3							
...							
n							

Continuación Tabla 7-1. Formato 3 para analizar individualmente las barreras

Barrera	ACEPTABILIDAD		SOSTENIBILIDAD	Observaciones
	¿La barrera es moralmente aceptable? (Sí / No / No sé)	¿La barrera sería aceptada por las personas que son afectadas por el riesgo respectivo? (Sí / No / No sé)	¿La barrera ayuda a mantener o mejorar funciones ecológicas vitales, prosperidad económica y cohesión social? (Sí / No / No sé)	
1				
2				
3				
...				
n				

Nota 5: los formatos que no están incluidos en estas guías pueden ser solicitados por correo electrónico a Carolina Montoya Pachongo.

Financiadores:



Este trabajo contó con el apoyo del Water Security and Sustainable Development Hub, el cual fue financiado por el Global Challenges Research Fund (GCRF) de Investigación e Innovación del Reino Unido [número de subvención: ES/Soo8179/1].

This work was supported by the Water Security and Sustainable Development Hub funded by the UK Research and Innovation's Global Challenges Research Fund (GCRF) [grant number: ES/Soo8179/1].

MUISKA
MULTIdimensional rISK Analysis
for water security



**13.2 ANEXO B
USOS DEL AGUA Y PROBLEMAS RELACIONADOS EN CAJIBÍO IDENTIFICADOS EN EL
PASO 1**

Tabla B-1. Identificación de amenazas a la seguridad hídrica en subcuencas hidrográficas de Cajibío

Grupo	Usos del agua identificados	Problemas relacionados con los usos del agua
JAC / Ciudadanos	<p><u>Grupo 1</u></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Nacimiento Michicao para suministrar agua 2. Bocatoma Michicao APC 3. Planta de tratamiento APC 4. Agua para colegio La Venta 5. Agua para Tecnicafé 6. Nacimiento río La Pedregosa 7. Agua colegio ITAF 8. Beneficio en ganado nacimiento río El Cofre 9. Agua para las zonas El Cairo y Cajibío 	<p><u>Grupo 1</u></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Nacimiento río La Pedregosa presenta poco caudal. 2. Río La Pedregosa contaminación por PTAR. 3. Falta la programación de agua para consumo ganaderías. 4. Monocultivos a gran escala consumidores de agua. 5. Lago El Bolsón peligro de desborde. 6. Vereda La Cimarrona en el humedal tala de bosque y drenaje. 7. PTAR contamina fuente hídrica río Cajibío. 8. Contaminación del nacimiento río Cerro Gordo por beneficio del ganado. 9. Construcción via El Cairo - Cajibío, derivación río Cajibío, lo cual causa daño en su cauce. 10. Falta aislamiento de la frontera agrícola. 11. Río Mambial falta de reforestación y cultura ambiental para su cuidado. 12. Solución de agua captada del río Mambial contaminada por el lavado de ropa no hay aislamiento de esta fuente. 13. Flora y fauna emigran a causa de la deforestación. 14. Explotación minera sobre la ladera río Cauca. 15. Río Cauca contaminado por cultivos ilícitos.

Grupo	Usos del agua identificados	Problemas relacionados con los usos del agua
JAC / Ciudadanos	<p><u>Grupo 2</u></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Turismo en el lago El Bolsón 2. Cultivos de caña panelera, café, pinos, cabuya, plátano 3. Bocatoma APC 4. Suministro de agua para ganadería 5. Suministro de agua para escuelas 6. Suministro de agua para hospital urbano 7. Suministro de agua para casco urbano 8. Isabela centro recreativo 	<p><u>Grupo 2 - río El Cofre / Alto La Pajosa</u></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Para la ganadería en verano no consiguen el agua para sus animales por lo cual tienen que llevar al río sus ganados y contaminan el río. 2. Para los cultivos en verano se pone difícil para hacer sus riegos en las parcelas por lo cual no pueden cultivar en mayor cantidad. 3. La escuela en tiempo de verano no tiene agua suficiente para sus diferentes necesidades. 4. Cultivos de cabuya los productos tienen que utilizar el río como fuente para los lavados de cabuya y contaminan el río y fuentes de agua pequeñas. <p><u>Grupo 2 - vereda El Lago</u></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. No hay acueducto. 2. Los aljibes se secan en el verano. 3. Cuando se va la luz que es con mucha frecuencia (hasta 2 y 3 días), nos quedamos sin agua porque la mayoría subimos el agua con motobomba. 4. Las quebradas que alimentan el lago se secan en el verano. 5. La quebrada principal que alimenta el lago está amenazada por una parcelación de 85 lotes en sus riberas. lo cual a futuro va a contaminar el lago con las aguas. 6. Toda la cuenca del lago está amenazada porque hay siete parcelaciones en la zona colindante. <p><u>Grupo 2 – otros</u></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Falta de agua para el aseo personal y para lavar cuando hay mucho verano sólo dura pocas horas en la mañana. 2. No hay clases en el colegio cuando no hay agua. 3. La parcelación de casas que pueden contaminar el río Cerro Gordo.
JAC / Ciudadanos	<p><u>Grupo 3</u></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Café 2. Abastecimiento acueducto 3. Cultivos de caña 4. Lago pequeño de puente de capilla 5. Cultivos de pinos 6. Urbanización parcelaciones 7. Bosques 8. Lago El Bolsón 	<p><i>Este grupo no identificó problemas relacionados con el uso del agua.</i></p>

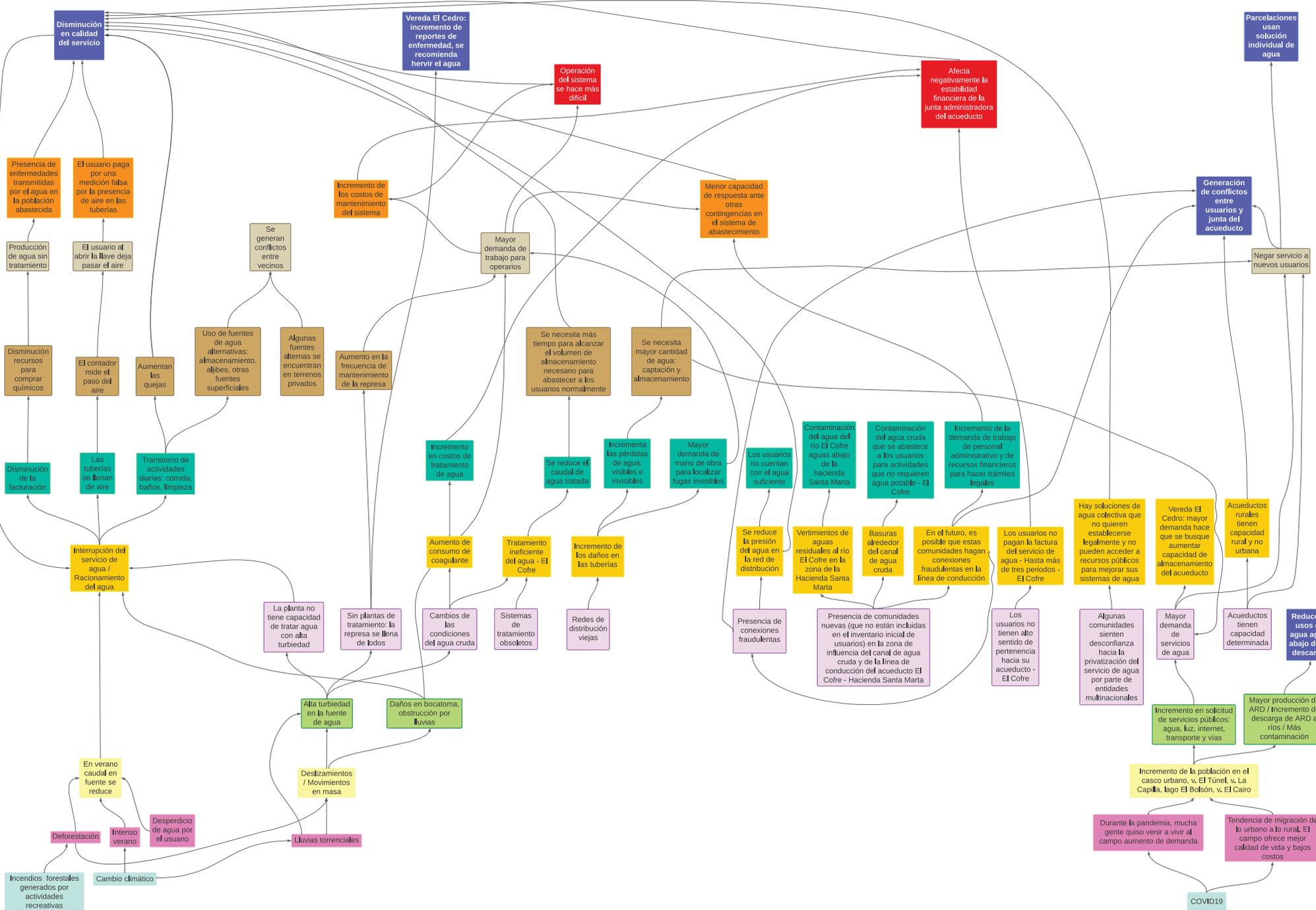
Grupo	Usos del agua identificados	Problemas relacionados con los usos del agua
JAC / Ciudadanos	<p><u>Grupo 4</u></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Café, plátano, yuca, maíz, frijol, zapallo, arveja 2. Ganadería 3. Árboles nativos 4. Colegios 5. Hospital 6. Galería 	<ul style="list-style-type: none"> • <u>Grupo 4</u> <p>Con el comienzo del verano he notado la disminución de agua en la quebrada del río La Pedregosa.</p> <p>En verano las bocatomas se secan hay que hacer racionamiento y la que nos surte la solución de agua en El Túnel es el agua del río Michicao que viene desde el municipio de Totoró por tal motivo en verano no se puede sembrar todas las plantas que utilizaremos para nuestro consumo esto es debido a la tala de árboles en las partes altas de donde viene el agua (ojos de agua) quebrada San Antonio.</p>

<p>Servicio de acueducto</p>	<p><u>Acueducto El Cairo</u></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Bocatoma 2. Planta de tratamiento 3. Reservas 4. Unidades productivas flores y marihuana 5. Producción de café 6. Parcelaciones 7. Praderas ganadería <p><u>Acueducto El Túnel, La Pajosa, Michicao</u></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Bocatoma <p><u>Acueducto vereda El Cedro</u></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Almacenamiento 2. Cultivos café y caña 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Tala de árboles y lavado de fique aguas arriba de la bocatoma del acueducto El Cairo y de la quebrada río Cajibío. 2. Turbiedades altas y erosiones en tiempos de invierno río Cajibío parte alta. 3. Ganadería cerca al río por falta de aislamientos o cercos. 4. Falta de agua en temporada seca por disminución del río Cajibío parte alta y lleva racionamiento llevando poco caudal a la planta y bajan niveles de tanques de almacenamiento. 5. Cuando hay turbiedad alta se suspende el servicio para que no colapse la planta de tratamiento del acueducto El Cairo. 6. Escasez de agua en verano en la quebrada Las Guacas en la vereda El Porvenir. 7. deforestación por Smurfit Kappa en la cabecera del acueducto El Porvenir quebrada Las Guacas. 8. Tala de bosques nativos en la cabecera por los dueños de los predios acueducto Las Guacas vereda El Porvenir. 9. El servicio se suspende por escasez en el verano en el acueducto El Porvenir quebrada Las Guacas. 10. A un futuro presenta mucha contaminación lago El Bolsón. 11. Las veredas mencionadas tienen cultivos de café y caña. 12. También al hacer pozos profundos se disminuiría el agua lago El Bolsón. 13. Muchos turistas se bañan en el lago y algunas personas requieren del vital líquido en tiempo de verano en el lago El Bolsón. 14. Lago El Bolsón, hay parcelaciones que afectan a las comunidades río abajo así que los problemas pueden más adelante tener conflicto de las comunidades ya que en esto veredas como Loma Larga y lago El Bolsón son todas en su mayoría depende de aljibes. 15. Problema mi acueducto no trataba nacimiento El Cedro. 16. Problema sequía por deforestación en la vereda El Cedro. 17. Problema el alto costo de energía en la vereda El Cedro sistema por bombeo. 18. Problema de escasez de agua en verano en la vereda El Cedro. 19. Baja concientización de usuarios en uso adecuado del agua y fraudes en el acueducto del municipio. 20. Deforestación quemas de carbón en sitios aledaños a los nacimientos que dan origen al río Cajibío. 21. Disminución de caudal del río que abastece los acueductos de El Cairo y La Pajosa en época de verano. 22. Descarga de aguas residuales en el casco urbano de uso doméstico o PTAR en río Cajibío. 23. Lavado de fique de productores que se ubican en parte alta del río Cajibío. 24. Problemas de retención de agua cuando se presentan lluvias torrenciales en la zona de abastecimiento del río Cajibío.
------------------------------	--	--

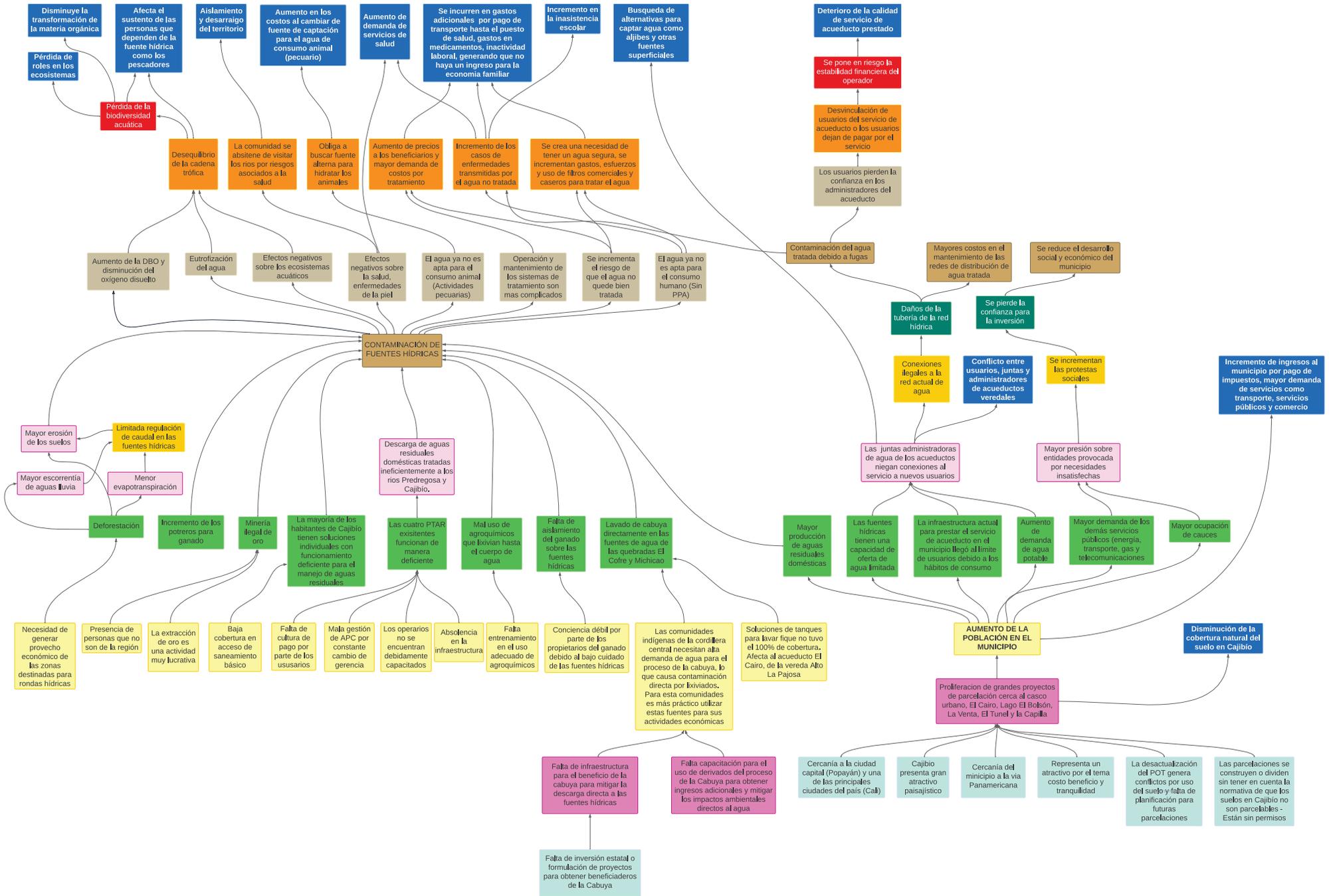
Grupo	Usos del agua identificados	Problemas relacionados con los usos del agua
		<ul style="list-style-type: none"> 25. No existe una planificación adecuada de inversión por parte de entes gubernamentales a los acueductos rurales. 26. Alta presentación de proyectos de parcelación sin cumplir normas mínimas ambientales. 27. En la finca Santa Marta algunas personas de sectores cercanos han hecho recuperación de tierras en el lugar, este se encuentra ubicado junto a la cuenca, por ahí mismo el Acueducto pasa un canal que se ubica al costado de la propiedad, siendo este afectado por tala y contaminación generada por incorrecta disposición de residuos sólidos al cuerpo de agua, además del aprovechamiento de cabuya.
Entidades municipales y departamentales	<ul style="list-style-type: none"> 1. Cultivos de café. 2. Natación / recreación. 3. Lavado de cabuya. 4. Lagos para piscicultura. 5. Árboles de Smurfit Kappa. 6. Descarga de aguas residuales domésticas tratadas y no tratadas. 7. Minería ilegal de oro. 8. Cultivo de café e investigación en Tecnicafé. 9. En La Capilla, La Cohetera, El Túnel y La Venta hay ganadería de doble propósito (carne y lácteos). 	<ul style="list-style-type: none"> 1. Choque cultural y social entre las comunidades. 2. El vertimiento de los efluentes tratados en las PTARs causa contaminación en los ríos Cajibío y La Pedregosa. 3. Las plantaciones de cultivos ilícitos generan contaminación por alto uso de agroquímicos y caen por escorrentía al río Cauca. 4. Monocultivos de Smurfit Kappa, caña y café que demandan agua y no aportan. 5. Alta demanda de agua por las parcelaciones y descargas de aguas residuales domésticas sin tratar. 6. Oportunidades de aprovechamiento turístico en el lago El Bolsón, la eco-aldea, entre otros. 7. Sustento económico se baja en la producción agrícola. 8. No hay relevo generacional entre los agricultores. 9. Sistemas de parcelaciones que no hacen uso adecuado de PTAR y demandan agua. 10. Alteración por vertimientos resultado de actividades económicas y aguas residuales viviendas. 11. La bocatoma del acueducto Michicao está en otro municipio (Totoró / Silvia). De aquí sólo se abastecen los suscriptores en una zona étnica indígena. 12. Causa de enfermedades de la piel por vertimientos a las fuentes hídricas: gastrointestinales y cutáneas. 13. Pérdida de la biota por el lavado de cabuya.

13.3 ANEXO C
REDES DE AMENAZAS Y CONSECUENCIAS CREADAS EN LOS TALLERES DEL PASO
1

Red de amenazas y consecuencias - MUISKA - Grupo Acueductos 29 de junio de 2023



Red de amenazas y consecuencias - MUISKA - Grupo Entidades departamentales y municipales - 30 de junio 2023



13.4 ANEXO D
MATRICES CON LA CLASIFICACIÓN Y DESCRIPCIÓN DE PROBLEMAS POR ESCALAS
Y DIMENSIONES DE MUISKA OBTENIDOS EN EL PASO 2

Matriz de dimensiones y escalas de MUISKA – Grupo JAC / Ciudadanos

	Individuo / Vivienda	Comunidad	Cuenca	País
Salud y bienestar		<ol style="list-style-type: none"> 1. A propios y visitantes propagando roedores, moscas y cucarachas. 2. Afectación de la salud de la piel. Actualmente la gente nada en el lago El Bolsón, pero si no se hace una red de alcantarillado el freático contaminado llegará al lago y proliferarán los patógenos: hongos y bacterias y las gentes aficionadas a la natación se enfermarán. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Afectación salud y piel. Las aguas contaminadas por no tratamiento de residuos generan que los pobladores de aguas abajo del río Cajibío, La Pedregosa y Cerro Gordo se vean afectados por esta problemática de contaminación hídrica. 2. Las personas se enferman por la mala calidad del aire. Al no existir una buena disposición de las basuras, el aire no tiene las condiciones adecuadas y por ende genera enfermedades respiratorias en las comunidades rurales. 3. Mayor esfuerzo físico en la familia para cargar el agua hacia el hogar. Muchas personas que viven en las zonas rurales no cuentan con el servicio de acueducto, por esta razón deben ir hasta el río o quebrada más cercana y recoger el agua para llevarla hasta sus hogares, lo cual indica una un gran esfuerzo físico diariamente. 4. Incremento de casos de enfermedades gastrointestinales en poblaciones aledañas a las cuencas. Cada vez son más las personas que se ven afectadas por el consumo de aguas no tratadas. Además, con el paso del tiempo, la contaminación del agua ha aumentado y las personas se vuelven más vulnerables a las enfermedades gastrointestinales. 	

<ol style="list-style-type: none"> 1. No hay en dónde recolectar las basuras (plásticos y vidrios) en la zona rural. Sería mejorar la recolección de las basuras no sólo en el municipio, que se haga un plan de manejo en las veredas para recolectar los vidrios y plásticos. En el casco urbano no hay servicio de recolección los sábados. 2. Dependencia directa de la línea de energía de Cajibío. En el lago El Bolsón dependen de la línea de energía que alimenta a Cajibío para sacar agua con motobombas. Cuando se va la energía, los habitantes recogen el agua manualmente en las cuencas. 3. Cajibío no tiene matadero afectando la cuenca del río Cerro Gordo contaminando esta fuente. 4. Las PTAR del municipio de Cajibío no funcionan óptimamente. La operatividad de las PTAR es muy deficiente debido a que no se da la importancia necesaria para el manejo y no se capacita al personal para este manejo de PTAR. 5. Urbanizaciones no tienen red de alcantarillado. Este es un punto crucial en el entorno del lago El Bolsón son por ejemplo en la vereda El Lago comprende 44 parcelas o sea para 44 familias. El médico B compra una parcela y la divide en 85 lotes de 1.000 m². La entidad medioambiental no le exige alcantarillado, sino que cada nuevo propietario instala su sistema séptico. Lo más probable es que se instalen sistemas comerciales con un receptor de sólidos y un cuello de ganso evacuador de líquidos al suelo. Este modelo es perfecto para la densidad original de parcelaciones por cada 10 Has., pero no para un incremento de 1 a 85. Los efluentes de estos 85 sistemas sépticos deben evacuar a una alcantarilla que erradique el líquido libre de sólidos para su tratamiento. Por ejemplo, un purificador biológico reconocido. Los materiales sólidos se recogen y se secan para producción de abono. 6. El agua de la vereda El Porvenir se toma de los nacimientos y por este motivo se necesita una 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Altos costos del diseño y construcción del acueducto. El acueducto de Cajibío le hace falta rediseño y/o ampliación del mismo debido a que este se encontraba diseñado sólo para surtir el casco urbano del municipio y al momento existe demanda del uso del acueducto por expansión poblacional y de la misma forma es necesario diseñar una PTAR funcional y/o inversión en implementación de pozos sépticos para evitar contaminación a los cuerpos de agua o proliferación de vectores y por ende evitar enfermedades gastrointestinales y cutáneas. 	
---	--	--

	Individuo / Vivienda	Comunidad	Cuenca	País
		<p>planta de potabilización y los habitantes de esta vereda se enferman.</p> <p>7. En la vereda El Lago se va frecuentemente la luz debido a que la red atraviesa los bosques de Cartón de Colombia y se caen árboles sobre la red. Cada que cae un rayo sobre la red se suspende el servicio. Motivo eólico, atmosférico. Considerando un periodo de unos 10 años, una vez duramos siete días sin luz. La última vez se demoró tres días. Paro con mucha frecuencia se va desde unos días a unas horas.</p> <p>8. Se necesita un distrito de riego para proyectos agropecuarios.</p> <p>9. En las zonas del municipio de Cajibío, hay aljibes. El agua no es tratada, pero la consumimos ya que necesitamos el líquido.</p> <p>10. La energía se va por vendavales - vientos en cada zona del municipio.</p> <p>11. El agua de los aljibes es buena para el ganado y cultivos ya que es agua natural. Aquí en Cajibío se necesita un distrito de riego para poder cultivar en tiempo de sequía.</p>		

	Individuo / Vivienda	Comunidad	Cuenca	País
Economía y productividad	<p>1. Incremento de costos en la economía familiar debido a la compra de agua para la economía de recursos.</p>	<p>1. Altos costos de la energía. Se coloca o se lleva oficio a la compañía C.E.O., pero no sirve para nada o no prestan atención; quién se afecta nosotros los usuarios, afectando nuestra economía para cubrir esta necesidad. No hay empleo. No hay producción. Por ejemplo, el costo de la energía aproximado en 2022 era \$15.000 pesos por mes para una persona. Ahora en el 2023 es de \$20.000 - \$22.000 pesos por mes para una persona.</p> <p>2. Limitados recursos económicos. Hace falta inversión e implementación de proyectos debido a que no hay gestión para atraer recursos al municipio y no se aprovechan las oportunidades que tiene el municipio por ser o estar en PDET.</p> <p>3. Incentivos económicos para parcelar terrenos. Los propietarios de grandes terrenos en las veredas como La Venta, El Cairo, El Bolsón, entre otras hoy ven rentable dividir sus terrenos en pequeñas parcelas para venderlas a varias personas y así generar mayores ingresos económicos.</p> <p>4. En tiempos de verano, las personas no tienen suficiente agua para hacer sus riegos en sus cultivos por la sequía de agua y les es difícil para conseguir sus ingresos económicos.</p> <p>5. Beneficios económicos de los atractivos turísticos. El municipio de Cajibío cuenta con atractivos turísticos y por ende genera recursos económicos para los pobladores.</p> <p>6. Compra de agua embotellada porque el agua que consumimos no es bien tratada por necesidad.</p>	<p>1. Las familias del municipio de Cajibío necesitan ingresos económicos. Para que no se talen los bosques hay familias que tienen un terreno para producir se necesita capacitar a las familias como sembrar para tener una fuente de empleo.</p> <p>2. Mucha tala de árboles cerca de las cuencas de agua. Se necesita conciencia de cada persona para no hacer el daño en las quebradas y ríos. Falta de capacitación a las personas de cada vereda para que no corten los árboles.</p>	

1. Hídrica en el municipio. La higiene para nosotros los consumidores. Contaminación del río Cerro Gordo – ausencia de matadero.

1. Baño en las quebradas. En tiempos de verano, se escasea el agua del acueducto y nos toca ir a las quebradas o ríos para bañarnos por la población de usuarios que tiene el municipio con el vital líquido.
2. En las zonas rurales, las familias queman las basuras o las tiran al suelo. La no disposición de las basuras de manera adecuada se genera contaminación en el aire que aspiramos. Hace falta cultura ambiental para buscar alternativas que mitiguen estos efectos.
3. Dada la escasez de agua, no se puede ofrecer agua a cerdos y gallinas en la zona rural de Cajibío.
4. No hay agua suficiente para nuevos y existentes proyectos agropecuarios, particularmente en el centro urbano porque hay más control.
5. Paisaje que atrae a visitantes y negocios de parcelas. El paisaje del municipio de Cajibío y su topografía hacen de este un punto focal para la construcción de parcelas y desarrollo de negocios por cercanía a la Panamericana y a ciudad capital.
6. Consecuencia de la escasez de agua no podemos regar nuestros cultivos. En nuestro municipio es mucha la escasez de agua ya que nosotros como campesinos en nuestros cultivos no podemos hacer riegos de agua en tiempos de verano. Es más, para el consumo humano también escasea el agua.
7. No hay agua para consumo para la ganadería. Por el cambio climático, por la tala de árboles se ha disminuido demasiado el agua para la zona porque no hay agua para los animales.

1. Tala de bosques en la quebrada La Pedregosa. Nosotros como comunidad de la vereda El Arado donde tenemos nacimiento de agua Pedregosa necesitamos ayuda económica ya que el municipio no cuenta con el recurso para ayudarnos a mejorar este nacimiento de agua. Nos colaboren con árboles para para fortalecer donde está el nacimiento de agua.
2. Las personas talan los árboles nativos para quemar carbón para venderlo y llevar recursos a las familias para el sostenimiento de sus familias, pero no son todas las familias del municipio; son personas de falta de tierra en cada zona.
3. Las personas talan porque necesitan terreno para trabajar. Hoy en el municipio de Cajibío la vereda El Arado tenemos ese inconveniente de que la tierra que tenemos ya toda está ocupada con sembrados. Las personas del municipio de Cajibío no todos y de la vereda El Arado no tenemos conciencia en talar las montañas donde están los nacimientos de agua.
4. Aguas no tratadas caen al río Cajibío. Las PTARs que tiene el casco urbano del municipio de Cajibío no son funcionales, no le realizan el debido mantenimiento y esto hace que las aguas residuales caigan directamente al río Cajibío, generando contaminación aguas abajo, afectando a las comunidades que se benefician de esta fuente hídrica aguas abajo.
5. Sequía de ojos de agua o nacimientos ríos Pedregosa, Cerro gordo y Mambial. En verano los nacimientos de los ríos Pedregosa, Cerro Gordo, Mambial y ojos de agua en Alto La Pajosa huyen por la causa de falta de árboles en las áreas donde se encuentran las cuencas y por las talas de árboles en aguas arriba.
6. Daño el bosque nativo en las cuencas. El daño de los bosques nativos la consecuencia es que los animales se desplazan para otros lugares ya que hay muchas aves que cambian de hábitats por esta consecuencia.
7. Ocupación de terrenos de uso agropecuario para uso habitacional. Deterioro del paisaje natural debido a la instalación de parcelas y minimizando los servicios ecosistémicos para el municipio.
8. Contaminación sobre el nacimiento río Cerro Gordo para por beneficio de ganado. Al no contar con una infraestructura adecuada para el beneficio de ganado, caen los residuos directos al nacimiento del río Cerro Gordo generando contaminación en esta fuente hídrica.

	Individuo / Vivienda	Comunidad	Cuenca	País
			<p>Contaminación del medio ambiente. Contaminación del río Cerro Gordo por ausencia de matadero.</p> <p>9. Escasez de agua en las fuentes en época de verano. En el municipio de Cajibío en tiempos de verano pasa que hay escasez de agua en los nacimientos de agua ya que esto pasa en el nacimiento del río Pedregosa, hay mucha disminución de agua por las pocas por las causas de pocas lluvias en el municipio. Se observa que la cantidad de agua en las fuentes del municipio disminuye significativamente.</p> <p>10. Pérdida del atractivo turístico. Al no contar con buenos tratamientos de los residuos no existen garantías salubres para los visitantes y por la expansión urbanística se genera pérdida del paisaje natural.</p> <p>11. Los ojos de agua de la vereda San José La Laguna se secan, son los que caen al río Pedregosa por eso se secan. Los ojos de agua anteriormente solían ser abundantes, pero con la tala de árboles por parte de algunos propietarios de los terrenos donde estos nacen han disminuido notablemente y por lo y por ende del río Pedregosa ha disminuido su cauce ya que cada vez desemboca menos agua en él.</p> <p>12. No hay agua para riego de los cultivos.</p> <p>13. Contaminación al medio ambiente y al ser humano aire. La contaminación al medio ambiente nos trae muchas consecuencias a todos. Por ejemplo, al no tener conciencia cuando botamos las basuras en lugares donde no pasa el carro recolector contaminamos el aire cuando quemamos muchas basuras como chuspas plásticas.</p> <p>14. Incremento de la población genera demanda de agua potable y generación de aguas residuales. Al aumentar la población se hace necesaria la utilización de agua potable para consumo y por ende genera vertimiento de aguas residuales genera construcciones ilegales en la tubería conexiones ilegales en la tubería APC y contaminación de las fuentes hídricas que se encuentran inmersas dentro de estas poblaciones de expansión.</p>	

	Individuo / Vivienda	Comunidad	Cuenca	País
Cultura, justicia y paz	<p>1. Algunas personas buscan invadir fincas privadas para el sostenimiento de las familias y así tener ingresos económicos.</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. No se respeta el POT. Debido a la expansión urbanística o parcelaciones que benefician a particulares, no se respeta el POT como permisos para construcción, no hay permisos para surtimiento de acueducto y no se cuenta con PTAR para el vertimiento de aguas residuales residenciales. Esto genera contaminación de las fuentes hídricas, deterioro del paisaje. Se debe contar con diseños completos donde se les garantice a los propietarios de las parcelas agua potable y PTAR o pozos sépticos adecuados para mitigar el impacto positivo negativo en los recursos naturales. 2. La falta de agua para los cultivos nos hace buscar los tiempos para la siembra y que se hagan en época de lluvia. Esto sucede en todo el municipio y con todos los cultivos. 3. Hoy extraemos agua del aljibe porque no tenemos servicio de acueducto ya que los ingresos son limitados. 4. En la zona rural del municipio de Cajibío las familias queman las basuras incrementando la contaminación ambiental o las tiran al suelo porque en la zona rural no hay recolección de basuras, dando mala presentación. 5. El agua de las quebradas se hierve para el consumo humano para evitar enfermedades en todo el municipio de Cajibío. 6. Parcelaciones ilegales ya que no tienen permisos para construir. No se cumple o no se respeta el POT para construcción de parcelas o urbanizaciones generando expansión urbanística y demanda de servicios con los que no se cuentan. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. La siembra de cultivos ilícitos genera contaminación a los cuerpos de agua por uso de agroquímicos contaminantes. Debido a la siembra de cultivos ilícitos se genera contaminación a las fuentes hídricas por el alto uso de agroquímicos implementados en el cultivo y estos por escorrentía caen a una fuente importante del municipio que es la cuenca del río Cauca y también se genera contaminación ambiental por los olores fuertes cargados de agroquímicos. <p style="color: #FFA500;">Amenaza principal por fuera de las 5 dimensiones de MUISKA. En temporadas de verano, las lluvias en el municipio de Cajibío son escasas. Este problema está en comunidad y cuenca hidrográfica al mismo tiempo.</p>	

Matriz de dimensiones y escalas de MUISKA – Grupo Servicio de acueducto

	Individuo / Vivienda	Comunidad	Cuenca	País
Salud y bienestar		<ol style="list-style-type: none"> 1. Cuando no hay agua, los usuarios no pueden desarrollar sus actividades domésticas normalmente. 2. Incremento de la población: Centro, El Túnel, La Capilla, El Lago, El Bolsón, El Cairo. 3. Si se utiliza agua sin tratamiento por no haber servicio de acueducto, se provocan enfermedades por usar aguas contaminadas. 		

1. Cuando las tuberías no contienen agua, ingresa aire, por lo tanto, el usuario tiene la percepción de que se presenta una medición falsa por el paso de aire, piensa que paga por agua no consumida.

1. Mayor demanda de mano de obra para localizar fugas en la red del sistema La Venta - El Cofre.
2. Incremento de daños en las tuberías del acueducto La Venta – El Cofre.
3. Se baja la presión de agua. Los usuarios no cuentan con suficiente presión en sus viviendas. Debido a la baja presión en el servicio este ha desmejorado en el acueducto La Venta – El Cofre y El Cedro.
4. En la reserva de El Porvenir – La Buitrera. El acueducto se construyó en el año 2000 (hace 23 años). Cuando construyeron no pusieron tarifa. Esto trajo problemas pues no había recursos para mantener la prestación del servicio.
5. Algunos usuarios nuevos nos han roto la tubería madre por falta de conocimiento al intentar conectarse sin concertar con las personas que están a cargo del acueducto. Porvenir - La Buitrera.
6. El Porvenir – La Buitrera. Cuando construyeron el acueducto no concientizaron sobre la prestación del servicio a la comunidad. Esto causó que el acueducto se deteriorara por falta de mantenimiento. En este momento hay pocos usuarios conectados y ninguno paga tarifa.
7. Menor capacidad de respuesta ante otras contingencias en el sistema de abastecimiento. Debido a que los acueductos rurales no tienen buena capacidad de expansión de usuarios y son pequeños, la capacidad de respuesta ante contingencias no previstas y se presenta deficiencia del servicio.
8. Las tuberías se llenan de aire en el acueducto El Cairo (cuando se suspende el servicio).
9. Tratamiento deficiente del agua en el acueducto La Venta – El Cofre.
10. Incremento de la demanda de trabajo de personal administrativo y de recursos financieros para hacer trámites legales. Debido a las conexiones ilegales que se hacen por usuarios que se les niega a los servicios públicos (agua), esto hace que se incurra en trabajos y gastos adicionales de los acueductos para solucionar esta problemática.
11. Incremento en solicitud de servicios públicos agua, luz, internet, transporte y vías. La población nueva asentada en las zonas rurales del municipio de Cajibío se les hace necesario contar con servicios públicos adecuados para su bienestar.
12. Las lluvias causan daños en la bocatoma con lodo y palos, obstrucción del acueducto El Cairo.
13. Parcelaciones usan soluciones individuales de agua. Debido a que no se cuenta con cobertura de agua para usuarios nuevos o parcelaciones, estas optan por tomar soluciones individuales desde quebradas o aljibes.
14. Interrupción del servicio de agua por racionamiento. Se da frecuentemente en épocas de disminución de caudal y el agua en los tanques no abastece a todos los ramales en horas pico, se da principalmente en acueducto Michicao y El Cairo.
15. La operación se hace más difícil porque se necesita más personal y se incrementan los costos para poder entregar agua de buena calidad.

	<ol style="list-style-type: none">16. Para el tratamiento se necesita más coagulante para poner para poder tener agua de buena calidad en el acueducto El Cairo.17. Acueductos rurales tienen capacidad rural y no urbana. La capacidad que tienen los acueductos rurales está destinada a un número de usuarios a muy poca escala debido a que la población en la ruralidad es dispersa y al haber un incremento en las veredas de pobladores, el acueducto rural no está adecuado para surtir o suministrar agua a tanta población.18. Las redes de distribución del acueducto El Cairo ya cumplieron su vida útil, aunque están siendo reparadas no han sido reemplazadas. Ya tienen más de 30 años y no se cuenta con el presupuesto para la compra.19. Si no hay productos químicos para el tratamiento del agua, se produce agua no apta para el consumo humano.20. Para poder realizar las actividades domésticas, los usuarios acuden a fuentes alternas como almacenamiento, aljibes e ir directamente a las fuentes superficiales.21. El acueducto no tiene capacidad determinada punto los acueductos tienen una problemática de planeación y debido a ello no tienen la capacidad de cobertura para nuevos usuarios y sobre todo cuando las solicitudes son a gran escala.22. La represa de El Cedro no tiene planta de tratamiento por lo tanto no hay filtros. Esta represa se llena de lodos cuando el agua tiene alta turbiedad.23. Aumentan las quejas porque los usuarios desconocen las causas y mediante las quejas solicitan soluciones en los servicios de acueducto del municipio de Cajibío.24. La planta de potabilización del acueducto La Venta – El Cofre cuenta con sistemas de tratamiento obsoletos.25. Los acueductos rurales tienen capacidad rural y no urbana.26. La planta de potabilización de agua es de tratamiento convencional en los acueductos El Cairo y La Venta - El Cofre. Hay tratamiento deficiente del agua potable.27. Mayor demanda de mano de obra para hacer la limpieza en la bocatoma del acueducto El Cairo, a los operarios también les toca caminar más.28. Niegan servicio a nuevos usuarios. Por falta de capacidad de los acueductos rurales y debido al aumento de usuarios inesperados, se niega el servicio a nuevos usuarios.29. Incremento de daños en las tuberías de los acuerdos del acueducto La Venta – El Cofre.30. Contaminación del agua cruda que va hacia el acueducto La Venta - El Cofre.31. La planta, cuando hay demasiadas aguas turbias, no se puede tratar el agua porque la planta fue diseñada para cierta capacidad de tratamiento.32. La calidad del servicio de acueducto se deteriora por múltiples causas técnicas, financieras y de falta de personal, los usuarios no reciben el agua, entonces no hay incentivo para pagar por el servicio. El acueducto quedó mal construido, los ingenieros y contratistas por afán de ganar dinero no hicieron bien los estudios conversando con comunidades.		
--	--	--	--

	Individuo / Vivienda	Comunidad	Cuenca	País
		<p>33. Mayor mantenimiento en la represa de El Cedro. Cuando esta represa se llena de lodos, se incrementa la mano de obra y costos por un buen servicio.</p> <p>34. Las redes de distribución en el acueducto El Cofre - La Venta están viejas, se tienen más de 13 Km de PVC y hay unas que tienen hasta 25 años.</p> <p>35. Acueducto La Venta – El Cofre: hay aproximadamente 148 daños en el mes.</p> <p>36. Se incrementan las fugas visibles e invisibles (hay micromedidores en las conexiones de usuarios, pero no hay macromedidor a la salida de la PPA).</p> <p>37. Ya no se están recibiendo nuevos usuarios porque el acueducto La Venta – El Cofre, no se encuentra con disponibilidad, diariamente se acercan de 1-2 personas a solicitar el servicio y se les dice que no. Ahora tienen aproximadamente un rango de 40 personas con casos abiertos de solicitud del servicio que todavía no responden. Actualmente tienen 1232 usuarios activos.</p> <p>38. Se tienen 4 manómetros se mide todos los lunes y han notado la reducción de la presión cuando hay daños.</p> <p>39. El Cofre – La Venta: hay tres personas para reparaciones de daños y otras actividades externas. Por ahora, 3 personas son suficientes para atender daños y fugas, particularmente cuando el sistema opera normalmente y tranquilo. Cuando en un día hay 8 o más daños, este personal no alcanza a atender la demanda de mantenimiento.</p> <p>40. En junio de 2022, aumentaron quejas por la continuidad del servicio por problemas en la bocatoma.</p>		

	Individuo / Vivienda	Comunidad	Cuenca	País
Economía y productividad		<ol style="list-style-type: none"> 1. Que si pasa la tubería por el sitio o cauce se vería suspendido el servicio y si es grave se generarían costos de mano de obra o de ingeniero. 2. Disminución de la facturación. Una causa porque ante la inconformidad de los usuarios, ellos responden con el no pago, además que cuando menos agua disponible tengo, menos aguas consumo y menos facturo. 3. Disminución de recursos económicos para comprar productos químicos. 4. Incremento de los costos de mantenimiento del acueducto La Venta - El Cofre. 5. Cuando la junta del acueducto no recauda recursos suficientes por irregularidades en el servicio, se presenta déficit para la compra de los químicos y materiales e insumos. 6. Acueducto La Venta - El Cofre: algunos de los usuarios no pagan la factura del agua. 7. Incremento de los costos de tratamiento de agua. 8. Acueducto La Venta - El Cofre: actualmente se captan 10-11 L/s por problemas con la bocatoma y verano. En el invierno, las avalanchas han dañado bocatoma y se ha reducido la capacidad de captación. 9. Acueducto La Venta - El Cofre: cartera muy alta de personas que están a espera de cortes por mora y retraso de pago. Los cortes se suspendieron desde la pandemia debido a que se impedía cortar el servicio. Ahora ya reanudaron los cortes y esperan que eso ayude a recuperar la cartera. 10. Acueducto vereda El Cedro. Cuando esta represa se llena de lodos, se incrementa la mano de obra y costos por un mayor servicio; mayor mantenimiento. 		<ol style="list-style-type: none"> 1. Cambio climático es un fenómeno incontrolable que debe ser tenido en cuenta en el diseño de nuevos servicios de acueducto ya que trae lluvias torrenciales, veranos prolongados, altas temperaturas y como consecuencias trae cambios de caudal de agua desde las fuentes. (Por fuera de las categorías). 2. Covid-19. Esta problemática se vivió a nivel mundial convirtiéndose en pandemia, lo cual afectó la tranquilidad y salud de la humanidad. (Por fuera de las categorías). 3. Lluvias torrenciales causan problemas en diferentes partes del sistema de potabilización, razón por la cual cada acueducto tiene un sistema diferente en el municipio de Cajibío. (Por fuera de las categorías).

	Individuo / Vivienda	Comunidad	Cuenca	País
Servicios ecosistémicos	<ol style="list-style-type: none"> 1. En la finca Alto Jardín de la Vereda Buitrera se realiza cuidado de las rondas hídricas mediante el aislamiento de la fuente, se prohíbe la caza y la tala de bosques naturales. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Los deslizamientos suelen ocurrir por tala de bosques, también son por el cambio climático. 2. Cómo prevenir sembrando árboles y cuidando las laderas causa que haría un deslizamiento serio. 3. La turbiedad del agua se debe a lluvias torrenciales, generando taponamiento de la planta de tratamiento el acueducto El Cairo. 4. Reducción de usos del agua. Debido a la alta contaminación de las descargas residuales a las fuentes hídricas hace que el agua que el uso del agua no sea óptimo para ningún uso. 5. Mayor producción de aguas residuales domésticas, incremento de descargas hacia ríos generando contaminación. El incremento de la población aumenta la demanda de servicios para aguas residuales domésticas, lo cual afecta a las fuentes hídricas ya que no se cuenta con suficiente cobertura de alcantarillado en el municipio. 6. Por alta contaminación de basura no es apta para los pobladores. 7. Vereda El Cedro: mayor demanda hace que se busque aumentar la capacidad de almacenamiento del acueducto. Se incrementa la labor de los operarios del acueducto rural El Cedro para lograr darle servicio a los nuevos pobladores y se hace necesario más almacenamiento de agua en los tanques dispuestos para este uso. 8. Cambio de condiciones de agua cruda. Turbiedad, olor y sabor generados por el lavado de cabuya lo cual afecta al acueducto El Cairo. 9. Mayor demanda del servicio de agua. Si hay incremento de la población, se hace necesaria la adquisición de servicios de agua para solventar sus necesidades básicas de alimentación y aseo. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Deforestación: En el área donde nace el río Cajibío se realizan quemas de carbón para subsistencia, cultivos de yuca, maíz, potreros, parcelaciones, asentamientos ilegales, extracción de leña. 2. En verano el caudal se reduce drásticamente debido a que no tenemos áreas que cumplan la función de retención de agua, especialmente cuando se presenta el fenómeno El Niño. 3. Contaminación del río El Cofre aguas abajo de la Hacienda Santa Marta. Debido al incremento de la población a sus alrededores de la Hacienda Santa Marta, las cuales no tiene cultura para el cuidado de las aguas y no tienen buen manejo de aguas residuales esto hace que por escorrentía caigan estas cargas contaminantes al río El Cofre. 4. Incendios forestales por actividades recreativas. 5. Las personas buscan fuentes alternas cuando no hay agua en sus viviendas. 	

1. Presencia de conexiones fraudulentas en los acueductos El Cofre - La Venta y la vereda El Cedro.
2. Presencia de comunidades nuevas que no están incluidas en el inventario inicial de usuarios en la zona de influencia del canal de agua tubería de conducción del acueducto El Cofre, Hacienda Santa Marta.
3. Presencia de basuras alrededor del canal de agua cruda, Hacienda Santa Marta.
4. Los usuarios creen cree que porque están en el campo el agua. No hay conciencia de cuidado de la infraestructura - tubos madre rotos, llaves dañadas (El Porvenir - La Buitrera).
5. Las aguas residuales están contaminando el medio ambiente por falta de concientización.
6. Se generan conflictos entre vecinos del municipio ya que los dueños del predio donde están las fuentes alternas de agua no dejan que otros ajenos entren a su predio.
7. Desperdicio de agua por los usuarios, en la zona rural no se le da relevancia al buen uso del agua porque es un recurso disponible desde diferentes fuentes como ríos, pozos, aljibes, nacimientos, lluvias, en Cajibío.
8. Cuando no hay agua, los usuarios no pueden desarrollar sus actividades domésticas normales.
9. Se debe dialogar con la gente sobre la prestación del servicio que no puede ser gratis para que el sistema funcione bien.
10. Tendencia de la migración de lo urbano a lo rural, el campo ofrece mejor calidad de vida y por costos. El ambiente natural que ofrece el campo o la ruralidad permitió que habitantes de las ciudades migrarán hacia estos espacios donde se encuentra tranquilidad y espacio suficientes para desligarse del encierro al que fuimos sometidos por causa de la pandemia. La ruralidad ofrece salud mental y física.
11. En el futuro es posible que nuevas comunidades se conecten fraudulentamente al sistema.
12. Reserva El Porvenir-La Buitrea. La junta del acueducto trabaja de manera voluntaria. En este momento no hay ingreso de ningún tipo. Para mejorar el servicio, se necesita ayuda del municipio y otras entidades. La comunidad también contribuye con la reserva. Se debe dialogar con la gente sobre la prestación del servicio que no puede ser gratis para que el sistema funcione bien.
13. Genera conflictos entre los usuarios y las juntas del acueducto. Teniendo en cuenta que hay alta demanda por servicio de agua, se genera conflicto por solicitudes rechazadas entre juntas de acueducto y solicitantes.
14. Cuando no hay agua se trastorna las actividades de las personas.
15. Al abrir la llave el usuario deja pasar aire.
16. Hay soluciones colectivas de agua que no quieren establecerse legalmente y no pueden acceder a recursos públicos.

	Individuo / Vivienda	Comunidad	Cuenca	País
		<p>17. Algunas fuentes de agua alternas en el municipio de Cajibío se encuentran en terrenos privados.</p> <p>18. El usuario piensa que está pagando en su factura el aire que pasa por el medidor.</p> <p>19. La mayoría de los acueductos de Cajibío que no están legalmente establecidos sienten desconfianza hacia organizaciones externas por miedo a la privatización del servicio.</p>		

Matriz de dimensiones y escalas de MUISKA – Grupo Entidades –

	Individuo / Vivienda	Comunidad	Cuenca	País
Salud y bienestar		<ol style="list-style-type: none"> 1. Por no tratarse adecuadamente las aguas o al ser contaminadas se generan enfermedades como Helicobacter pylori llegando a generar cáncer de estómago y otros problemas gástricos y enfermedades diarreicas agudas. 2. Dadas las enfermedades ocasionadas por el inadecuado tratamiento de aguas y la contaminación, los niños y niñas de 3 a 9 años en promedio pueden ausentarse de sus labores académicas. 3. El ganado se enferma cuando bebe agua contaminada (enfermedades gastrointestinales). 4. Proliferación de vectores alrededor de las fuentes contaminadas 5. El agua al no tratarse debidamente o estar contaminada genera que no se pueda consumir. Dado los riesgos físicos y demás que genera, al igual que a altos gastos económicos de agua para consumo y medicamentos para tratar enfermedades. 		

	Individuo / Vivienda	Comunidad	Cuenca	País
Infraestructura y servicios asociados	1. Los operarios no están capacitados.	<ol style="list-style-type: none"> 1. La mayoría de las veredas no cuentan con alcantarillado – PTARs, solo las zonas centro y estas son tratadas esporádicamente. 2. Proliferación de parcelaciones en el casco urbano, El Cairo, Lago el Bolsón, vereda El Túnel y La Capilla. Incremento de parcelaciones ilegales en estas veredas del municipio, no se cumple el POT. 3. Las comunidades en la zona rural no cuentan con baterías sanitarias óptimas, en algunos casos letrinas. 4. Desvinculación o suspensión de servicios. Debido a la discontinuidad del servicio de agua, se genera inconformidad y por ende se pierde confianza en el servicio que se presta. 5. Cercanía del municipio a la vía Panamericana. Esta particularidad genera que se vea una opción para empresas y/o personas para establecerse en el municipio de Cajibío. 6. El mantenimiento de las PTARs ubicadas en la cabecera municipal por su mal mantenimiento genera contaminación hídrica, ambiental, los olores son extremadamente fuerte generando vectores. Enfermedades en la piel –ISA- 7. La concesión de agua superficial se encuentra vigente, a dos años para que se termine el tiempo concesionado $Q=28$ L/s no sería suficiente para la nueva población beneficiaria. 8. Bajo acceso a saneamiento básico en Cajibío. 9. Diferentes usos de 50 concesiones para el municipio de Cajibío. Tan solo tres son de constructoras legales. 2 constructoras y promotora inmobiliaria San Carlos $Q = 5$ y 3 L/s. 1 Open House SAS $Q=0.83$ L/s. 10. Conexiones ilegales a la red de agua potable. 11. Capacitar y fortalecer procesos de cabuya con equipos tecnológicos de lavado amigables con el medio ambiente. 12. Operación y mantenimiento del sistema se vuelve complicada. 		

	Individuo / Vivienda	Comunidad	Cuenca	País
Economía y productividad		<ol style="list-style-type: none"> 1. Incremento de incentivos económicos por parte de dueños de terrenos. Los dueños del terreno se lucran al vender por parcelas resaltando que se da un beneficio particular y omitiendo pagos de impuestos al municipio. 2. Se pone en riesgo la estabilidad financiera. Al no haber inversión y no encontrar estabilidad en la prestación del servicio, se debilita la financiación y administración de empresas de acueducto. 3. Minería: se conoce que hay tres áreas de concesión (legal), una en operación esporádica en el corregimiento del Recuerdo Bajo: Carbón, materiales de construcción en influencia del río Cauca. 4. Incremento de potreros. 5. Se evidencian nuevos estudios sobre subproductos del lavado de cabuya. Aprovechamiento para obtener saponinas. 6. Necesidad de sacar provecho económico de las zonas de rondas hídricas. 7. El ganado que toma agua contaminada se enferma, el agua no es apta para los animales. 8. Limitada capacidad de los acueductos de Cajibío. 9. Incremento de ingresos al municipio por pagos de impuestos y mayor uso de servicios públicos. Al incrementar la población aumenta la demanda de servicios y por ende genera ingresos al municipio. 10. Pérdida de confianza por inversión. Debido a la inestabilidad social genera inseguridad y por ello detiene la inversión en el municipio. 		

	Individuo / Vivienda	Comunidad	Cuenca	País
Servicios ecosistémicos		<ol style="list-style-type: none"> 1. Representa un atractivo turístico por el tema costo beneficio y sumado a la tranquilidad. El municipio de Cajibío debido a su topografía y cercanía a la vía Panamericana y ciudad capital hace que sea atractivo para vivir tranquilamente. 2. La quebrada Cajibío tiene actualmente una descarga de afluentes de ARD tratadas. La quebrada Pedregosa tiene dos descargas de afluentes de PTAR. 3. La comunidad del municipio se abstiene de visitar ciertos sectores por la proliferación de vectores, malos olores y presentación poco estética de sitios como de interés turístico municipal o aquellos que años atrás considerábamos atractivos. 4. Cajibío presenta un alto atractivo paisajístico por la belleza paisajística del municipio resulta atractivo para visitantes. 5. Aumento de la DBO y disminución del oxígeno disuelto. 6. Aumento de ARD. 7. Para el río El Cofre la capacidad de la fuente (oferta para la temporada de lluvias) registra una oferta de 4.88 m³/s. para la temporada seca disminuye a 1.47 m³/s (oferta hasta la derivación 1 derecha del río Cofre). Para la fuente Michicao aún no se cuenta con estudio técnico de oferta. 8. Al verse afectado el sustento de las personas que dependen de la pesca, disminuye la capacidad económica y las opciones u oportunidades de trabajo. 9. Incremento de microorganismos patógenos en los ríos. 10. En aquellas zonas donde está la problemática de no contar con baterías sanitarias, contamina quebradas, ríos y humedales del área de influencia. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. En aquellas zonas donde está la problemática de no contar con baterías sanitarias, contamina quebradas, ríos y humedales del área de influencia. 2. La acumulación de nutrientes en el agua como fósforo y nitrógeno (eutrofización) altera la biodiversidad acuática, la calidad fisicoquímica e hidrobiológica del agua, afectando los usos del agua. 3. Deforestación. 4. Al perderse la biodiversidad acuática no hay quien transforme la materia orgánica. 5. Mayor erosión de los suelos de las cuencas debido a la deforestación. 6. La pérdida de la cobertura vegetal por las parcelaciones genera pérdida de ecosistemas de fauna y flora. 7. Contaminación de las fuentes hídricas del municipio de Cajibío. 	

	Individuo / Vivienda	Comunidad	Cuenca	País
Cultura, justicia y paz	1. Conciencia débil por parte de los propietarios de ganado	<ol style="list-style-type: none"> 1. La desactualización de POT genera conflictos de uso de suelo y la falta de planificación para la construcción de nuevas parcelaciones. En el municipio de Cajibío el POT no es respetado, no se solicitan los debidos permisos en planeación para el uso del suelo, siendo esto motivo para la instalación de parcelas ilegales. 2. Las personas manifiestan sus inconformidades en las reuniones públicas, campañas políticas, intervenciones públicas del alcalde de turno. 3. Disminuir la cantidad de pesticidas, seleccionar productos de menor toxicidad. Capacitarse mejor en buenas prácticas agrícolas. 4. Conflictos étnicos por invasión de tierras. Por grandes extensiones de tierras los invasores ven la oportunidad de asentarse ilegalmente. 5. Los pocos programas que hay no impactan al 100% a los cultivadores de cabuya. 6. Incremento o mayor presión sobre las entidades prestadoras de servicios por necesidades insatisfechas. A mayor población, mayor demanda de servicios y mayor presión sobre las entidades prestadoras. 7. Falta de tecnologías y programas que impacten al 100% a la comunidad cultivadora de cabuya que se ubican en las márgenes de las cuencas de la cordillera central. 8. Incremento de las protestas sociales. Debido a las necesidades insatisfechas que generan inconformidad en pobladores de Cajibío. 9. Las comunidades asentadas en las márgenes de la quebrada Michicao y el río El Cofre realizan el lavado de la cabuya directo en la fuente, afectando los acueductos APC y La Venta-El Cofre. 10. Los usuarios pierden la confianza en los prestadores de servicio de acueducto del municipio. Debido a la alta demanda de agua, la cual no puede ser satisfecha porque la capacidad instalada no alcanza para cubrir nuevos usuarios, o se reduce la constancia en el servicio para cubrir nuevos usuarios. 11. La APC y junta administrativa del acueducto El Cairo limitan el ingreso de nuevos beneficiarios. Concesiones vencidas limita el acceso a nuevos usuarios (JACs El Túnel, Michinchal, Crucero La Estrella, Azogue, El Diamante, Cidal, Potrerito, Arroyuela, Malastrera). 12. El POT de Cajibío está desactualizado, el más reciente es del año 2001-2002. 		

**13.5 ANEXO E
RESULTADOS DE APLICACIÓN DE FILTROS PARA PRIORIZAR CONSECUENCIAS EN
EL PASO 3**

Análisis del filtro 1: Magnitud del impacto de la consecuencia

Grupo: JAC / Ciudadanos - A

No.	Nombre / Descripción de la consecuencia	Cantidad de consecuencias negativas con la que tiene conexión		¿Pasa para evaluación del riesgo? (Sí / No)	Observaciones
		Directas	Indirectas		
1	Alto costo de los servicios de energía y gas	1	19	No	--
2	Las familias necesitan ingresos económicos	2	20	Sí	--
3	Dependencia directa de la línea de energía Cajibío	1	15	Sí	
4	Falta de mantenimiento de la línea de energía - poda	1	16		No diligenciado
5	Altos costos de diseño y construcción de acueductos	1	16	No	--
6	Limitados recursos económicos	2	20	Sí	--
7	Beneficios económicos de los atractivos turísticos	1	13	Sí	--
8	No se respeta el POT de Cajibío	1	14	Sí	--
9	Incentivos económicos para parcelar terrenos grandes	1	14	Sí	--
10	No hay sistema de recolección de las basuras (plástico, vidrio y demás)	1	2		No diligenciado
11	Las personas talan árboles para generar carbón	1	18	Sí	--
12	Las personas talan porque necesitan suelo para sembrar	1	18	No	--
13	Interferencia de los árboles sobre las líneas de energía	1	15	Sí	--
14	Carencia de acueductos veredales, a pesar de existir grandes ríos que pasan por el municipio de Cajibío , como el río Cofre, El Palacé y el Cajibío	1	15	Sí	--
15	Paisaje que atrae visitantes y negocios de parcelas	2	14	No	--
16	Urbanización El Poblado no tiene red de alcantarillado	1	11	No	--
17	En la zona rural del municipio, las familias queman las basuras o las tiran al suelo	1	1	No	--

Análisis del filtro 1: Magnitud del impacto de la consecuencia

Grupo: JAC / Ciudadanos - A

No.	Nombre / Descripción de la consecuencia	Cantidad de consecuencias negativas con la que tiene conexión		¿Pasa para evaluación del riesgo?	Observaciones
		Directas	Indirectas	(Sí / No)	
18	Tala de bosques en la quebrada La Pedregosa	1	16	Sí	--
19	Mucha tala de árboles cerca a los ríos y nacimientos de agua y siembra de cultivos cerca a las quebradas	1	16	No	--
20	Escasez de lluvia	1	13	No	--
21	En la vereda Lago El bolsón se va constante el servicio de energía	1	13	No	--
22	No hay potabilización para consumo de agua en la vereda El Porvenir	1	13	Sí	--
23	La problemática en Cajibío es que estas urbanizaciones son ilegales: no hay permiso para construir	1	14		No diligenciado
24	Las aguas no tratadas caen en el río Cajibío	1	10	Sí	--
25	Plantas de tratamiento no funcionan apropiadamente	1	2	Sí	--
26	Contaminación del suelo y del aire y afectaciones al ser humano	1	0		No diligenciado
27	Daño de bosques nativos en las cuencas	3	13	Sí	--
28	Las familias que suben el agua con motobomba se quedan sin agua cuando se va la luz, lo cual es con mucha frecuencia y de manera prolongada	5	8		No diligenciado
29	Ocupación de tierras de uso agropecuario o para uso habitacional	1	12		No diligenciado
30	Escasez de agua en verano en el municipio de Cajibío	5	8		No diligenciado
31	Sequía de nacimientos de agua que alimentan a los ríos: La Pedregosa, Cerro Gordo, Mambial	5	8		No diligenciado

Análisis del filtro 1: Magnitud del impacto de la consecuencia

Grupo: JAC / Ciudadanos - A

No.	Nombre / Descripción de la consecuencia	Cantidad de consecuencias negativas con la que tiene conexión		¿Pasa para evaluación del riesgo? (Sí / No)	Observaciones
		Directas	Indirectas		
32	Los ojos de agua de la vereda San José La laguna se secan y esos son los que alimentan a la quebrada La Pedregosa y por eso es que el agua en esta quebrada escasea	5	8		No diligenciado
33	Incremento de la población y demanda de agua	2	17		Bucle. No diligenciado
34	Incremento producción aguas residuales	1	10		No diligenciado
35	No hay agua para irrigar cultivos	1	1		No diligenciado
36	No hay agua para el consumo humano	5	3		No diligenciado
37	No hay agua para el ganado	1	1		No diligenciado
38	No hay agua para las gallinas y cerdos	1	1		No diligenciado
39	No hay agua para nuevos proyectos agropecuarios	0	0		No diligenciado
40	Contaminación de fuentes de agua: Cajibío, Cerro Gordo, La Pedregosa, Piendamó, Cauca, Michicao	4	6		Bucle. No diligenciado
41	Se bañan en las quebradas y ríos	1	0		No diligenciado
42	Extraen agua del aljibe	1	0		No diligenciado
43	Compra de agua embotellada	1	0	No	--
44	Desnutrición en los niños	0	0		No diligenciado
45	Se trae el agua de las quebradas y luego se hierve	1	0		No diligenciado
46	Afectación de la salud y la piel	1		Sí	--
47	Incremento de casos de enfermedad gastrointestinal en población aledañas a las cuencas	0	0		No diligenciado
48	Incremento de costos en la economía familiar	0	0		No diligenciado

Análisis del filtro 1: Magnitud del impacto de la consecuencia

Grupo: JAC / Ciudadanos - A

No.	Nombre / Descripción de la consecuencia	Cantidad de consecuencias negativas con la que tiene conexión		¿Pasa para evaluación del riesgo? (Sí / No)	Observaciones
		Directas	Indirectas		
49	Mayor esfuerzo físico en la familia para cargar el agua hacia el hogar	0	0		No diligenciado
50	Más escasez de agua	5	8		No diligenciado
51	Pérdida del atractivo turístico	0			No diligenciado
52	Las personas se enferman por la mala calidad del aire	0	0		No diligenciado

Análisis del filtro 2: Escalas y dimensiones de MUISKA
Grupo: JAC / Ciudadanos - A

No.	Nombre / Descripción de la consecuencia	Dimensión	Escala	¿Pasa para evaluación del riesgo?	Explique las razones por las cuales escogieron esta consecuencia
				(Sí / No)	
2	Las familias necesitan ingresos económicos	Economía y productividad	Cuenca	No	Si porque, si no tengo trabajo, no tengo buenos ingresos.
3	Dependencia directa de la línea de energía Cajibío	Infraestructura y servicios asociados	Comunidad	No	Los habitantes de El Bolsón sienten que por factor distancia ocurren accidentes diversos.
6	Limitados recursos económicos	Economía y productividad	Cuenca	Sí	Hace parte del bucle.
7	Beneficios económicos de los atractivos turísticos	Economía y productividad	Comunidad	No	No es un problema sentido.
8	No se respeta el POT de Cajibío	Cultura	Comunidad	Sí	Es documento guía para el desarrollo del municipio. 1 de 4 personas del grupo ha leído el P.O.T.
9	Incentivos económicos para parcelar terrenos grandes	Infraestructura y servicios asociados	Cuenca	Sí	Per se debe buscar una solución para evitar contaminación dándole buen manejo ambiental.
12	Las personas talan árboles para generar carbón	Servicios ecosistémicos	Cuenca	No	No es problema generalizado.
14	Interferencia de los árboles sobre las líneas de energía	Infraestructura y servicios asociados	Comunidad	No	Porque no es parcial.
15	Carencia de acueductos veredales, a pesar de existir grandes ríos que pasan por el municipio de Cajibío, como el río Cofre, El Palacé y el Cajibío	Infraestructura y servicios asociados	Cuenca	Sí	Para consumo humano.
19	Tala de bosques en la quebrada La Pedregosa	Salud y Bienestar	Cuenca	Sí	Es un problema la tala de árboles porque se secan las fuentes de agua.

Análisis del filtro 2: Escalas y dimensiones de MUISKA
Grupo: JAC / Ciudadanos - A

No.	Nombre / Descripción de la consecuencia	Dimensión	Escala	¿Pasa para evaluación del riesgo?	Explique las razones por las cuales escogieron esta consecuencia
				(Sí / No)	
23	No hay potabilización para consumo de agua en la vereda El Porvenir	Infraestructura y servicios asociados	Comunidad	Sí	No es sólo la vereda El Porvenir.
25	Las aguas no tratadas caen en el río Cajibío	Servicios ecosistémicos	Cuenca	Sí	Más contaminación al medio ambiente.
26	Plantas de tratamiento no funcionan apropiadamente	Infraestructura y servicios asociados	Comunidad	Sí	Hay que poner la lupa sobre el problema.
28	Daño de bosques nativos en las cuencas	Servicios ecosistémicos	Cuenca	Sí	Bosques son fundamentales para la producción de agua.
47	Afectación de la salud y la piel	Salud y Bienestar	Cuenca	Sí	Afecta la salud de niños y animales.

**Análisis del filtro 3: Grado de poder sobre las intervenciones para manejar el riesgo
Grupo: JAC / Ciudadanos - A**

No.	Nombre / Descripción de la consecuencia	Instituciones – Gobernanza sobre las intervenciones para manejar el riesgo: De 1 a 10, ¿qué grado de poder tiene el participante sobre lo siguiente? 1 = Ningún grado poder (no hay nada que yo pueda hacer), 10 = total grado de poder (basta mi firma para que los siguiente suceda)				¿Pasa para evaluación del riesgo? (Sí / No)	Observaciones
6	Limitados recursos económicos	1	1	1	1	Sí	--
8	No se respeta el POT de Cajibío	3	8	1	4	Sí	--
9	Incentivos económicos para parcelar terrenos grandes	1	1	1	1	Sí	--
15	Carencia de acueductos veredales, a pesar de existir grandes ríos que pasan por el municipio de Cajibío , como el río Cofre, El Palacé y el Cajibío	10	7	1	5	Sí	Es un problema difícil de solucionar, pero queremos crear consciencia para el problema.
19	Tala de bosques en la quebrada La Pedregosa						No diligenciado
23	No hay potabilización para consumo de agua en la vereda El Porvenir						No diligenciado
25	Las aguas no tratadas caen en el río Cajibío						No diligenciado
26	Plantas de tratamiento no funcionan apropiadamente						No diligenciado
28	Daño de bosques nativos en las cuencas						No diligenciado
47	Afectación de la salud y la piel						No diligenciado

Análisis del filtro 1: Magnitud del impacto de la consecuencia

Grupo: JAC / Ciudadanos - B

No.	Nombre / Descripción de la consecuencia	Cantidad de consecuencias negativas con la que tiene conexión		¿Pasa para evaluación del riesgo?	Observaciones
		Directas	Indirectas	(Sí / No)	
1	Alto costo de los servicios de energía y gas	1	19	No	--
2	Las familias necesitan ingresos económicos	2	20	No	El municipio le hace falta instalación de empresas y apoyo a las familias que dependen de la economía agrícola.
3	Dependencia directa de la línea de energía Cajibío	1	15	No	--
4	Falta de mantenimiento de la línea de energía - poda	1	16	No	--
5	Altos costos de diseño y construcción de acueductos	1	16	Sí	--
6	Limitados recursos económicos	2	20	Sí	Bucle
7	Beneficios económicos de los atractivos turísticos	1	13	Sí	--
8	No se respeta el POT de Cajibío	1	14	Sí	--
9	Incentivos económicos para parcelar terrenos grandes	1	14	No	--
10	No hay sistema de recolección de las basuras (plástico, vidrio y demás)	1	2	No	--
11	Las personas talan árboles para generar carbón	1	18	No	--
12	Las personas talan porque necesitan suelo para sembrar	1	18	No	--
13	Interferencia de los árboles sobre las líneas de energía	1	15	No	--
14	Carencia de acueductos veredales, a pesar de existir grandes ríos que pasan por el municipio de Cajibío , como el río Cofre, El Palacé y el Cajibío	1	15	Sí	--
15	Paisaje que atrae visitantes y negocios de parcelas	2	14	No	--

Análisis del filtro 1: Magnitud del impacto de la consecuencia

Grupo: JAC / Ciudadanos - B

No.	Nombre / Descripción de la consecuencia	Cantidad de consecuencias negativas con la que tiene conexión		¿Pasa para evaluación del riesgo? (Sí / No)	Observaciones
		Directas	Indirectas		
16	Urbanización El Poblado no tiene red de alcantarillado	1	11	No	--
17	En la zona rural del municipio, las familias queman las basuras o las tiran al suelo	1	1	No	--
18	Tala de bosques en la quebrada La Pedregosa	1	16	No	--
19	Mucha tala de árboles cerca a los ríos y nacimientos de agua y siembra de cultivos cerca a las quebradas	1	16	Sí	--
20	Escasez de lluvia	1	13	No	--
21	En la vereda Lago El bolsón se va constante el servicio de energía	1	13	No	--
22	No hay potabilización para consumo de agua en la vereda El Porvenir	1	13	No	--
23	La problemática en Cajibío es que estas urbanizaciones son ilegales: no hay permiso para construir	1	14	Sí	--
24	Las aguas no tratadas caen en el río Cajibío	1	10	No	--
25	Plantas de tratamiento no funcionan apropiadamente	1	2	No	--
26	contaminación del suelo y del aire y afectaciones al ser humano	1	0	No	--
27	Daño de bosques nativos en las cuencas	3	13	Sí	--
28	Las familias que suben el agua con motobomba se quedan sin agua cuando se va la luz, lo cual es con mucha frecuencia y de manera prolongada	5	8	No	--

Análisis del filtro 1: Magnitud del impacto de la consecuencia

Grupo: JAC / Ciudadanos - B

No.	Nombre / Descripción de la consecuencia	Cantidad de consecuencias negativas con la que tiene conexión		¿Pasa para evaluación del riesgo? (Sí / No)	Observaciones
		Directas	Indirectas		
29	Ocupación de tierras de uso agropecuario o para uso habitacional	1	12	No	Conecta con "pérdida de atractivo turístico".
30	Escasez de agua en verano en el municipio de Cajibío	5	8	No	--
31	Sequía de nacimientos de agua que alimentan a los ríos: La Pedregosa, Cerro Gordo, Mambial	5	8	No	--
32	Los ojos de agua de la vereda San José La laguna se secan y esos son los que alimentan a la quebrada La Pedregosa y por eso es que el agua en esta quebrada escasea	5	8	No	--
33	Incremento de la población y demanda de agua	2	17	Sí	Bucle
34	Incremento producción aguas residuales	1	10	No	Bucle. Conecta con "pérdida de atractivo turístico".
35	No hay agua para irrigar cultivos	1	1	No	--
36	No hay agua para el consumo humano	5	3	No	--
37	No hay agua para el ganado	1	1	No	--
38	No hay agua para las gallinas y cerdos	1	1	No	--
39	No hay agua para nuevos proyectos agropecuarios	0	0	No	--
40	Contaminación de fuentes de agua: Cajibío, Cerro Gordo, La Pedregosa, Piendamó, Cauca, Michicao	4	6	Sí	Hace parte del bucle.
41	Se bañan en las quebradas y ríos	1	0	No	--
42	Extraen agua del aljibe	1	0	No	--
43	Compra de agua embotellada	1	0	No	--

Análisis del filtro 1: Magnitud del impacto de la consecuencia

Grupo: JAC / Ciudadanos - B

No.	Nombre / Descripción de la consecuencia	Cantidad de consecuencias negativas con la que tiene conexión		¿Pasa para evaluación del riesgo? (Sí / No)	Observaciones
		Directas	Indirectas		
44	Desnutrición en los niños	0	0	No	--
45	Se trae el agua de las quebradas y luego se hierve	1	0	No	--
46	Afectación de la salud y la piel	1		No	--
47	Incremento de casos de enfermedad gastrointestinal en población aledañas a las cuencas	0	0	No	--
48	Incremento de costos en la economía familiar	0	0	Sí	Nos parece fundamental debido a que no se cuenta con acueducto o agua potable y se incrementan los costos de la economía familiar.
49	Mayor esfuerzo físico en la familia para cargar el agua hacia el hogar	0	0	No	--
50	Más escasez de agua	5	8	Sí	--
51	Pérdida del atractivo turístico	0		No	Conecta con "limitados recursos económicos".
52	Las personas se enferman por la mala calidad del aire	0	0	No	--

Análisis del filtro 2: Escalas y dimensiones de MUISKA
Grupo: JAC / Ciudadanos - B

No.	Nombre / Descripción de la consecuencia	Dimensión	Escala	¿Pasa para evaluación del riesgo?	Explique las razones por las cuales escogieron esta consecuencia
				(Sí / No)	
5	Altos costos de diseño y construcción de acueductos	Infraestructura y servicios asociados	Cuenca	Sí	Proyecto importante que debe priorizar las alcaldías para proveer de agua potable a las comunidades del municipio de Cajibío.
6	Limitados recursos económicos	Economía y productividad	Comunidad	Sí	En el municipio de Cajibío no existen fuentes de empleo como industrias, empresas y falta de apoyo productivo al sector agropecuario y fortalecimiento del mismo.
7	Beneficios económicos de los atractivos turísticos	Economía y productividad	Comunidad	Sí	Necesidad debido a que el municipio cuenta con innumerables atractivos turísticos y hace falta fortalecer el sector económico para la obtención de recursos económicos.
8	No se respeta el POT de Cajibío	Cultura	Comunidad	Sí	El POT del municipio, siendo una norma que es obligatoria, no se respeta especialmente por parte de las parcelaciones cambiando el uso agropecuario a urbanizable.
20	Mucha tala de árboles cerca a los ríos y nacimientos de agua y siembra de cultivos cerca a las quebradas	Servicios ecosistémicos	Cuenca	Sí	La deforestación de bosques nativos y la expansión agrícola afectan y son consecuencia directa de la escasez de agua en el municipio.
34	Incremento de la población y demanda de agua	Infraestructura y servicios asociados	Comunidad	Sí	Esta problemática debe estar proyectada dentro de los planes de desarrollo del municipio para no tener deficiencias en el suministro de agua por falta de infraestructura de cubrimiento.
41	Contaminación de fuentes de agua: Cajibío, Cerro Gordo, La Pedregosa, Piendamó, Cauca, Michicao	Servicios ecosistémicos	Cuenca	Sí	Falta de diseño adecuado para el manejo de aguas residuales por PTAR, las cuales contaminan las fuentes hídricas; concentrar inversiones o recursos para mitigar esta problemática.
49	Incremento de costos en la economía familiar	Economía y productividad	Individuos/ Hogares	Sí	La falta de agua para consumo y su tratamiento para cultivos y abastecimiento de los animales incrementa gastos familiares.

**Análisis del filtro 3: Grado de poder sobre las intervenciones para manejar el riesgo
Grupo: JAC / Ciudadanos - B**

No.	Nombre / Descripción de la consecuencia	Instituciones – Gobernanza sobre las intervenciones para manejar el riesgo: De 1 a 10, ¿qué grado de poder tiene el participante sobre lo siguiente? 1 = Ningún grado poder (no hay nada que yo pueda hacer), 10 = total grado de poder (basta mi firma para que los siguiente suceda)				¿Pasa para evaluación del riesgo? (Sí / No)	Observaciones
		Decidir cuáles son las intervenciones	Incidir en el diseño de las intervenciones	Asignar recursos económicos para diseñar o implementar las intervenciones	Implementar las acciones		
6	Altos costos de diseño y construcción de acueductos	1	1	1	1	Sí	Porque esta inversión para darle solución a esta problemática el municipio debe incluirlo en el plan de desarrollo y hacer gestión con otras instituciones.
8	Limitados recursos económicos	4	3	1	3	Sí	Gestionar ante entidades nacionales e internacionales para obtener los recursos y/o diseño de proyectos para el municipio.
9	Beneficios económicos de los atractivos turísticos	5	5	1	5	Sí	Capacitar o buscar instituciones como el SENA y otras que existan en la región promotores turísticos y difundir información de nuestros atractivos turísticos.
15	No se respeta el POT de Cajibío	1	1	1	1	Sí	Es necesario respetar el POT y de igual manera debe ser actualizado.
19	Mucha tala de árboles cerca a los ríos y nacimientos de agua y siembra de cultivos cerca a las quebradas	7	7	3	8	Sí	Gestión como comunidades y articulación de comunidades e instituciones educativas en campañas de reforestación e instalación de viveros.
23	Incremento de la población y demanda de agua	1	1	1	1	Sí	Los acueductos deben ser diseñados teniendo en cuenta la proyección poblacional, inversión del municipio y gestión con entidades.
25	Contaminación de fuentes de agua: Cajibío, Cerro Gordo, La Pedregosa, Piendamó, Cauca, Michicao	1	1	1	4	Sí	Establecer diseños de PTAR que sean racionales e implementar acciones como comunidad como veedoras de afectación por contaminación a las fuentes hídricas.
26	Incremento de costos en la economía familiar	1	1	1	4	Sí	Gestión de proyectos e implementación de los mismos para fortalecer los acueductos veredales.

Análisis del filtro 1: Magnitud del impacto de la consecuencia
Grupo: Servicio de acueducto

No.	Nombre / Descripción de la consecuencia	Cantidad de consecuencias negativas con la que tiene conexión		¿Pasa para evaluación del riesgo?	Observaciones
		Directas	Indirectas	(Sí / No)	
1	Incendios forestales generados por actividades recreativas	1	15	Sí	Bucle
2	Cambio climático	2	29	No	Bucle
3	COVID19	2	9	No	--
4	Deforestación	2	31	Sí	Bucle
5	Intenso verano	1	14	No	Bucle
6	Desperdicio de agua por el usuario	1	14	Sí	Bucle
7	Lluvias torrenciales	1	27	No	Bucle
8	Durante la pandemia, mucha gente quiso venir a vivir al campo aumento de demanda	1	8	No	--
9	Tendencia de migración de lo urbano a lo rural. El campo ofrece mejor calidad de vida y bajos costos	1	8	No	--
10	En verano caudal en fuente se reduce	1	13	No	Bucle
11	Deslizamientos / Movimientos en masa	2	27	Sí	Bucle
12	Incremento de la población en el casco urbano, v. El Túnel, v. La Capilla, lago El Bolsón, v. El Cairo	2	6	No	--
13	Alta turbiedad en la fuente de agua	3	26	No	Bucle
14	Daños en bocatoma, obstrucción por lluvias	2	18	No	Bucle
15	Incremento en solicitud de servicios públicos: agua, luz, internet, transporte y vías	1	4	Sí	--
16	Mayor producción de ARD / Incremento de descarga de ARD a ríos / Más contaminación	1	0	Sí	Bucle
17	La planta no tiene capacidad de tratar agua con alta turbiedad	1	14	Sí	Bucle

Análisis del filtro 1: Magnitud del impacto de la consecuencia
Grupo: Servicio de acueducto

No.	Nombre / Descripción de la consecuencia	Cantidad de consecuencias negativas con la que tiene conexión		¿Pasa para evaluación del riesgo?	Observaciones
		Directas	Indirectas	(Sí / No)	
18	Sin plantas de tratamiento: la represa se llena de lodos	2	8	Sí	Bucle
19	Cambios de las condiciones del agua cruda	2	6	Sí	Bucle
20	Sistemas de tratamiento obsoletos	1	3	Sí	Bucle
21	Redes de distribución viejas	1	9	Sí	Bucle
22	Presencia de conexiones fraudulentas	2	2	Sí	Bucle
23	Presencia de comunidades nuevas (que no están incluidas en el inventario inicial de usuarios) en la zona de influencia del canal de agua cruda y de la línea de conducción del acueducto El Cofre - Hacienda Santa Marta	3	7	No	Bucle
24	Los usuarios no tienen alto sentido de pertenencia hacia su acueducto - El Cofre	1	2	Sí	Bucle
25	Algunas comunidades sienten desconfianza hacia la privatización del servicio de agua por parte de entidades multinacionales	1	1	Sí	Bucle
26	Mayor demanda de servicios de agua	2	2	No	--
27	Acueductos tienen capacidad determinada	2	2	Sí	--
28	Reducción usos del agua aguas abajo de las descargas	0	0	No	--
29	Interrupción del servicio de agua / Racionamiento del agua	3	10	Sí	Bucle
30	Aumento de consumo de coagulante	1	2	Sí	Bucle
31	Tratamiento ineficiente del agua - El Cofre	1	2	Sí	Bucle
32	Incremento de los daños en las tuberías	2	9	Sí	Bucle
33	Se reduce la presión del agua en la red de distribución	2	0	Sí	Bucle

Análisis del filtro 1: Magnitud del impacto de la consecuencia
Grupo: Servicio de acueducto

No.	Nombre / Descripción de la consecuencia	Cantidad de consecuencias negativas con la que tiene conexión		¿Pasa para evaluación del riesgo?	Observaciones
		Directas	Indirectas	(Sí / No)	
34	Vertimientos de aguas residuales al río El Cofre en la zona de la Hacienda Santa Marta	1	0	No	--
35	Basuras alrededor del canal de agua cruda	1	0	Sí	--
36	En el futuro, es posible que estas comunidades hagan conexiones fraudulentas en la línea de conducción	3	2	Sí	Bucle
37	Los usuarios no pagan la factura del servicio de agua - Hasta más de tres periodos - El Cofre	1	1	Sí	Bucle
38	Hay soluciones de agua colectivas que no quieren establecerse legalmente y no pueden acceder a recursos públicos para mejorar sus sistemas de agua	1	0	Sí	Bucle
39	Vereda El Cedro: mayor demanda hace que se busque aumentar capacidad de almacenamiento del acueducto	0	0	Sí	--
40	Acueductos rurales tienen capacidad rural y no urbana	1	0	Sí	--
41	Disminución de la facturación	1	3	No	Bucle
42	Las tuberías se llenan de aire	1	3	Sí	Bucle
43	Transtorno de actividades diarias: comida, baños, limpieza	2	1	Sí	--
44	Incremento en costos de tratamiento de agua	1	1	Sí	Bucle
45	Se reduce el caudal de agua tratada	1	1	Sí	Bucle
46	Incrementa las pérdidas de agua: visibles e invisibles	1	5	Sí	Bucle
47	Mayor demanda de mano de obra para localizar fugas invisibles	1	5	Sí	Bucle
48	Los usuarios no cuentan con el agua suficiente	1	0	Sí	Bucle

Análisis del filtro 1: Magnitud del impacto de la consecuencia
Grupo: Servicio de acueducto

No.	Nombre / Descripción de la consecuencia	Cantidad de consecuencias negativas con la que tiene conexión		¿Pasa para evaluación del riesgo?	Observaciones
		Directas	Indirectas	(Sí / No)	
49	Contaminación del agua del río El Cofre aguas abajo de la hacienda Santa Marta	0	0	Sí	--
50	Contaminación del agua cruda que se abastece a los usuarios para actividades que no requieren agua potable - El Cofre	0	0	Sí	--
51	Incremento de la demanda de trabajo de personal administrativo y de recursos financieros para hacer trámites legales	1	1	Sí	Bucle
52	Disminución recursos para comprar químicos	1	2	Sí	Bucle
53	El contador mide el paso del aire	1	2	Sí	Bucle
54	Aumentan las quejas	0	0	No	--
55	Uso de fuentes de agua alternativas: almacenamiento, aljibes, otras fuentes superficiales	1	0	Sí	--
56	Algunas fuentes alternas se encuentran en terrenos privados	1	0	Sí	--
57	Aumento en la frecuencia de mantenimiento de la represa	1	4	Sí	Bucle
58	Se necesita más tiempo para alcanzar el volumen de almacenamiento necesario para abastecer a los usuarios normalmente	1	0	No	Bucle
59	Se necesita mayor cantidad de agua: captación y almacenamiento	2	3	Sí	Bucle
60	Producción de agua sin tratamiento	1	1	Sí	Bucle
61	El usuario al abrir la llave deja pasar el aire	1	1	Sí	Bucle

Análisis del filtro 1: Magnitud del impacto de la consecuencia
Grupo: Servicio de acueducto

No.	Nombre / Descripción de la consecuencia	Cantidad de consecuencias negativas con la que tiene conexión		¿Pasa para evaluación del riesgo?	Observaciones
		Directas	Indirectas	(Sí / No)	
62	Se generan conflictos entre vecinos	0	0	No	--
63	Mayor demanda de trabajo para operarios	3	2	Sí	Bucle
64	Negar servicio a nuevos usuarios	2	0	Sí	--
65	Presencia de enfermedades transmitidas por el agua en la población abastecida	1	0	Sí	Bucle
66	El usuario paga por una medición falsa por la presencia de aire en las tuberías	2	0	Sí	Bucle
67	Incremento de los costos de mantenimiento del sistema	2	1	Sí	--
68	Menor capacidad de respuesta ante otras contingencias en el sistema de abastecimiento	1	0	Sí	Bucle
69	Generación de conflictos entre usuarios y junta del acueducto	0	0	Sí	Bucle
70	Disminución en calidad del servicio	0	0	Sí	Bucle
71	Vereda El Cedro: incremento de reportes de enfermedad, se recomienda hervir el agua	0	0	Sí	Bucle
72	Operación del sistema se hace más difícil	1	0	Sí	--
73	Afecta negativamente la estabilidad financiera de la junta administradora del acueducto	1	0	Sí	--
74	Parcelaciones usan solución individual de agua	0	0	No	--

Análisis del filtro 2: Escalas y dimensiones de MUISKA
Grupo: Servicio de acueducto

No.	Nombre / Descripción de la consecuencia	Dimensión	Escala	¿Pasa para evaluación del riesgo?	Explique las razones por las cuales escogieron esta consecuencia
				(Sí / No)	
1	Incendios forestales generados por actividades recreativas	Cultura	Cuenca	Sí	Sucede con frecuencia, perder el bosque, se demora mucho tiempo en volver. 1 voto por no, zonas recreativas no es lo mismo que zonas de protección.
4	Deforestación	Servicios ecosistémicos	Cuenca	Sí	Sucede con frecuencia en todo el municipio.
6	Desperdicio de agua por el usuario	Cultura	Comunidad	Sí	Se pueden instalar medidores, campañas de educación dar más servicio a más usuarios. 1 voto por no, tiene que ver con lo que se hace en el hogar.
11	Deslizamientos / Movimientos en masa	Servicios ecosistémicos	Comunidad	No	Al atender "Deforestación" se atiende este problema. 1 voto por sí, va ligado a 2.
15	Incremento en solicitud de servicios públicos: agua, luz, internet, transporte y vías	Infraestructura y servicios asociados	Comunidad	No	El problema es muy difícil de solucionar, por fuera del alcance.
16	Mayor producción de ARD / Incremento de descarga de ARD a ríos / Más contaminación	Servicios ecosistémicos	Comunidad	Sí	Debe considerar a quienes están aguas abajo.
17	La planta no tiene capacidad de tratar agua con alta turbiedad	Infraestructura y servicios asociados	Comunidad	Sí	Dentro de la capacidad de gestión.
18	Sin plantas de tratamiento: la represa se llena de lodos	Infraestructura y servicios asociados	Comunidad	Sí	Dentro de la capacidad de gestión.
19	Cambios de las condiciones del agua cruda	Servicios ecosistémicos	Comunidad	Sí	Dentro de la capacidad de gestión.
20	Sistemas de tratamiento obsoletos	Infraestructura y servicios asociados	Comunidad	Sí	Dentro de la capacidad de gestión.

Análisis del filtro 2: Escalas y dimensiones de MUISKA
Grupo: Servicio de acueducto

No.	Nombre / Descripción de la consecuencia	Dimensión	Escala	¿Pasa para evaluación del riesgo?	Explique las razones por las cuales escogieron esta consecuencia
				(Sí / No)	
21	Redes de distribución viejas	Infraestructura y servicios asociados	Comunidad	Sí	--
22	Presencia de conexiones fraudulentas	Cultura	Comunidad	Sí	Dentro de la capacidad de gestión.
24	Los usuarios no tienen alto sentido de pertenencia hacia su acueducto - El Cofre	Cultura	Comunidad	Sí	La capacidad de gestión depende del sentido de pertenencia de los usuarios.
25	Algunas comunidades sienten desconfianza hacia la privatización del servicio de agua por parte de entidades multinacionales	Cultura	Comunidad	No	Limitada capacidad para atender.
27	Acueductos tienen capacidad determinada	Infraestructura y servicios asociados	Comunidad	Sí	Necesidad de ampliar cobertura.
29	Interrupción del servicio de agua / Racionamiento del agua	Infraestructura y servicios asociados	Comunidad	Sí	--
30	Aumento de consumo de coagulante	Infraestructura y servicios asociados	Comunidad	Sí	Dentro de la capacidad de gestión.
31	Tratamiento ineficiente del agua - El Cofre	Infraestructura y servicios asociados	Comunidad	Sí	Es un problema común y hay que solucionarlo.
32	Incremento de los daños en las tuberías	Infraestructura y servicios asociados	Comunidad	Sí	Es un problema que se puede solucionar.
33	Se reduce la presión del agua en la red de distribución	Infraestructura y servicios asociados	Comunidad	Sí	Porque los usuarios pueden ayudar a solucionar el problema.
35	Basuras alrededor del canal de agua cruda	Cultura	Comunidad	No	--

Análisis del filtro 2: Escalas y dimensiones de MUISKA
Grupo: Servicio de acueducto

No.	Nombre / Descripción de la consecuencia	Dimensión	Escala	¿Pasa para evaluación del riesgo?	Explique las razones por las cuales escogieron esta consecuencia
				(Sí / No)	
36	En el futuro, es posible que estas comunidades hagan conexiones fraudulentas en la línea de conducción	Cultura	Comunidad	Sí	Se puede trabajar en la solución.
37	Los usuarios no pagan la factura del servicio de agua - Hasta más de tres periodos - El Cofre	Economía y productividad	Comunidad	No	--
38	Hay soluciones de agua colectivas que no quieren establecerse legalmente y no pueden acceder a recursos públicos para mejorar sus sistemas de agua	Cultura	Comunidad	No	--
39	Vereda El Cedro: mayor demanda hace que se busque aumentar capacidad de almacenamiento del acueducto	Infraestructura y servicios asociados	Comunidad	Sí	Está dentro de la capacidad de gestión, desde municipal hasta lo territorial.
40	Acueductos rurales tienen capacidad rural y no urbana	Infraestructura y servicios asociados	Comunidad	No	--
42	Las tuberías se llenan de aire	Infraestructura y servicios asociados	Comunidad	Sí	Porque ya se tiene la experiencia de instalación de ventosas en un acueducto Cedro, Cairo y Michicao.
43	Transtorno de actividades diarias: comida, baños, limpieza	Cultura	Comunidad	No	--
44	Incremento en costos de tratamiento de agua	Economía y productividad	Comunidad	Sí	Su implementación será para las soluciones de agua que no cuentan con tratamiento.
45	Se reduce el caudal de agua tratada	Infraestructura y servicios asociados	Comunidad	Sí	Con acciones de prevención y reforestación.

Análisis del filtro 2: Escalas y dimensiones de MUISKA
Grupo: Servicio de acueducto

No.	Nombre / Descripción de la consecuencia	Dimensión	Escala	¿Pasa para evaluación del riesgo?	Explique las razones por las cuales escogieron esta consecuencia
				(Sí / No)	
46	Incrementa las pérdidas de agua: visibles e invisibles	Infraestructura y servicios asociados	Comunidad	No	--
47	Mayor demanda de mano de obra para localizar fugas invisibles	Infraestructura y servicios asociados	Comunidad	Sí	Dentro de la capacidad de gestión.
48	Los usuarios no cuentan con el agua suficiente	Infraestructura y servicios asociados	Comunidad	Sí	Dentro de la capacidad de gestión.
49	Contaminación del agua del río El Cofre aguas abajo de la hacienda Santa Marta	Servicios ecosistémicos	Cuenca	No	--
50	Contaminación del agua cruda que se abastece a los usuarios para actividades que no requieren agua potable - El Cofre	Infraestructura y servicios asociados	Comunidad	No	Ligada a contaminación del agua del río El Cofre aguas abajo de la Hacienda Santa Marta.
51	Incremento de la demanda de trabajo de personal administrativo y de recursos financieros para hacer trámites legales	Infraestructura y servicios asociados	Comunidad	Sí	Dentro de la capacidad de gestión.
52	Disminución recursos para comprar químicos	Economía y productividad	Comunidad	Sí	Dentro de la capacidad de gestión.
53	El contador mide el paso del aire	Infraestructura y servicios asociados	Individuos/Hogares	Sí	Dentro de la capacidad de gestión.
55	Uso de fuentes de agua alternativas: almacenamiento, aljibes, otras fuentes superficiales	Cultura	Cuenca	No	--

Análisis del filtro 2: Escalas y dimensiones de MUISKA
Grupo: Servicio de acueducto

No.	Nombre / Descripción de la consecuencia	Dimensión	Escala	¿Pasa para evaluación del riesgo?	Explique las razones por las cuales escogieron esta consecuencia
				(Sí / No)	
56	Algunas fuentes alternas se encuentran en terrenos privados	Cultura	Comunidad	Sí	Abordar problema con propietarios.
57	Aumento en la frecuencia de mantenimiento de la represa	Infraestructura y servicios asociados	Comunidad	Sí	Dentro de la capacidad de gestión.
59	Se necesita mayor cantidad de agua: captación y almacenamiento	Servicios ecosistémicos	Comunidad	Sí	Dentro de la capacidad de gestión.
60	Producción de agua sin tratamiento	Infraestructura y servicios asociados	Comunidad	Sí	--
61	El usuario al abrir la llave deja pasar el aire	Cultura	Comunidad	Sí	Problema solucionable.
63	Mayor demanda de trabajo para operarios	Infraestructura y servicios asociados	Comunidad	Sí	Problema solucionable.
64	Negar servicio a nuevos usuarios	Infraestructura y servicios asociados	Comunidad	Sí	Hay que buscar soluciones.
65	Presencia de enfermedades transmitidas por el agua en la población abastecida	Salud y Bienestar	Comunidad	Sí	Problema conectado con otros. Si se soluciona uno, se soluciona lo otro.
66	El usuario paga por una medición falsa por la presencia de aire en las tuberías	Cultura	Comunidad	No	--
67	Incremento de los costos de mantenimiento del sistema	Economía y productividad	Comunidad	Sí	Indecisos. Dos participantes dijeron que sí y dos participantes que no. En el Cedro no es un problema sentido. Este problema está relacionado con otros sistemas de acueducto. Se dejó como "Sí" ya que este problema fue analizado en el filtro siguiente.

Análisis del filtro 2: Escalas y dimensiones de MUISKA
Grupo: Servicio de acueducto

No.	Nombre / Descripción de la consecuencia	Dimensión	Escala	¿Pasa para evaluación del riesgo?	Explique las razones por las cuales escogieron esta consecuencia
				(Sí / No)	
68	Menor capacidad de respuesta ante otras contingencias en el sistema de abastecimiento	Infraestructura y servicios asociados	Comunidad	Sí	Trabajando las causas se atenua el problema.
69	Generación de conflictos entre usuarios y junta del acueducto	Cultura	Comunidad	Sí	Concientizando.
70	Disminución en calidad del servicio	Infraestructura y servicios asociados	Cuenca	No	--
71	Vereda El Cedro: incremento de reportes de enfermedad, se recomienda hervir el agua	Salud y Bienestar	Comunidad	Sí	--
72	Operación del sistema se hace más difícil	Infraestructura y servicios asociados	Comunidad	No	--
73	Afecta negativamente la estabilidad financiera de la junta administradora del acueducto	Economía y productividad	Comunidad	Sí	--

Análisis del filtro 3: Grado de poder sobre las intervenciones para manejar el riesgo
Grupo: Servicio de acueducto

No.	Nombre / Descripción de la consecuencia	Instituciones – Gobernanza sobre las intervenciones para manejar el riesgo: De 1 a 10, ¿qué grado de poder tiene el participante sobre lo siguiente? 1 = Ningún grado poder (no hay nada que yo pueda hacer), 10 = total grado de poder (basta mi firma para que los siguiente suceda)								¿Pasa para evaluación del riesgo? (Sí / No)	Observaciones
		Decidir cuáles son las intervenciones		Incidir en el diseño de las intervenciones		Asignar recursos económicos para diseñar o implementar las intervenciones		Implementar las acciones			
1	Incendios forestales generados por actividades recreativas	2	5	5	4	3	1	3	3	No	Los participantes no asignaron puntajes unánimemente como todo un grupo.
4	Deforestación	2	2	6	6	2	2	8	6	Sí	--
6	Desperdicio de agua por el usuario	8	7	8	8	5	4	8	8	Sí	--
16	Mayor producción de ARD / Incremento de descarga de ARD a ríos / Más contaminación	4	4	6	6	4	2	8	7	Sí	--
17	La planta no tiene capacidad de tratar agua con alta turbiedad	8	7	8	8	8	7	10	8	Sí	--
18	Sin plantas de tratamiento: la represa se llena de lodos	9	8	9	10	9	8	9	8	Sí	Este problema es común en El Cedro y El Cairo. También lo analizó para su bocatoma.
19	Cambios de las condiciones del agua cruda	5	8	6	3	4	6	7	8	No	--
20	Sistemas de tratamiento obsoletos	9	N.A.	9	8	9	6	10	8	Sí	No aplica a El Cedro porque no tiene planta de tratamiento de potabilización. N.A.: No aplica.
21	Redes de distribución viejas										No fue diligenciado.
22	Presencia de conexiones fraudulentas	8	7	8	6	9	8	10	9	No	--
24	Los usuarios no tienen alto sentido de pertenencia hacia su acueducto - El Cofre	4	3	6	8	8	8	8	7	No	--
27	Acueductos tienen capacidad determinada	9	8	8	7	8	7	7	6	Sí	--
29	Interrupción del servicio de agua / Racionamiento del agua	3	3	5	3	8	6	9	8	No	--
30	Aumento de consumo de coagulante	8	N.A.	8	6	8	6	9	8	Sí	No aplica a El Cedro y acueducto El Cairo porque no tiene turbidímetro. N.A.: No aplica.
31	Tratamiento ineficiente del agua - El Cofre	5	N.A.	7	N.A.	7	N.A.	8	N.A.	Sí	--
32	Incremento de los daños en las tuberías	7	7	7	5	7	6	8	8	No	--
33	Se reduce la presión del agua en la red de distribución	5	5	7	6	7	7	7	7	No	--

**Análisis del filtro 3: Grado de poder sobre las intervenciones para manejar el riesgo
Grupo: Servicio de acueducto**

No.	Nombre / Descripción de la consecuencia	Instituciones – Gobernanza sobre las intervenciones para manejar el riesgo: De 1 a 10, ¿qué grado de poder tiene el participante sobre lo siguiente? 1 = Ningún grado poder (no hay nada que yo pueda hacer), 10 = total grado de poder (basta mi firma para que los siguiente suceda)								¿Pasa para evaluación del riesgo? (Sí / No)	Observaciones
		Decidir cuáles son las intervenciones		Incidir en el diseño de las intervenciones		Asignar recursos económicos para diseñar o implementar las intervenciones		Implementar las acciones			
36	En el futuro, es posible que estas comunidades hagan conexiones fraudulentas en la línea de conducción	3	3	5	4	4	4	4	3	No	--
39	Vereda El Cedro: mayor demanda hace que se busque aumentar capacidad de almacenamiento del acueducto	N.A.	6	N.A.	5	N.A.	6	N.A.	6	Sí	No aplica para los otros sistemas de abastecimiento representados por los participantes.
42	Las tuberías se llenan de aire	6	5	7	5	5	4	7	7	No	--
44	Incremento en costos de tratamiento de agua	7	4	7	6	8	6	8	7	Sí	--
45	Se reduce el caudal de agua tratada	4	4	2	3	5	5	7	7	No	--
47	Mayor demanda de mano de obra para localizar fugas invisibles	8	6	8	7	5	4	8	6	No	--
48	Los usuarios no cuentan con el agua suficiente	2	2	2	2	2	3	2	2	No	--
51	Incremento de la demanda de trabajo de personal administrativo y de recursos financieros para hacer trámites legales	8	6	6	4	2	3	3	4	No	--
52	Disminución recursos para comprar químicos	8	N.A.	8	N.A.	8	N.A.	7	N.A.	No	N.A.: No aplica.
53	El contador mide el paso del aire	7	6	7	6	7	6	7	6	No	--
56	Algunas fuentes alternas se encuentran en terrenos privados	6	5	5	5	6	6	6	6	Sí	--
57	Aumento en la frecuencia de mantenimiento de la represa	5	5	6	6	5	4	7	7	Sí	--
59	Se necesita mayor cantidad de agua: captación y almacenamiento	8	8	8	7	6	6	9	8	Sí	--
60	Producción de agua sin tratamiento	9	N.A.	8	N.A.	7	N.A.	8	N.A.	Sí	N.A.: No aplica.
61	El usuario al abrir la llave deja pasar el aire	1	2	3	2	2	2	2	2	No	--
63	Mayor demanda de trabajo para operarios	5	3	6	3	8	6	7	7	Sí	--

**Análisis del filtro 3: Grado de poder sobre las intervenciones para manejar el riesgo
Grupo: Servicio de acueducto**

No.	Nombre / Descripción de la consecuencia	Instituciones – Gobernanza sobre las intervenciones para manejar el riesgo: De 1 a 10, ¿qué grado de poder tiene el participante sobre lo siguiente? 1 = Ningún grado poder (no hay nada que yo pueda hacer), 10 = total grado de poder (basta mi firma para que los siguiente suceda)								¿Pasa para evaluación del riesgo? (Sí / No)	Observaciones
		Decidir cuáles son las intervenciones		Incidir en el diseño de las intervenciones		Asignar recursos económicos para diseñar o implementar las intervenciones		Implementar las acciones			
64	Negar servicio a nuevos usuarios	7	6	5	5	6	5	8	8	Sí	--
65	Presencia de enfermedades transmitidas por el agua en la población abastecida	8	8	9	9	8	8	8	8	Sí	--
67	Incremento de los costos de mantenimiento del sistema	6	6	6	4	7	7	7	6	Sí	--
68	Menor capacidad de respuesta ante otras contingencias en el sistema de abastecimiento	8	7	8	6	7	5	8	7	No	--
69	Generación de conflictos entre usuarios y junta del acueducto	5	6	6	6	5	7	8	8	No	--
71	Vereda El Cedro: incremento de reportes de enfermedad, se recomienda hervir el agua	N.A.	7	N.A.	6	N.A.	6	N.A.	7	Sí	No aplica para los otros sistemas de abastecimiento representados por los participantes.
73	Afecta negativamente la estabilidad financiera de la junta administradora del acueducto	8	5	8	7	7	5	9	7	Sí	--

Análisis del filtro 1: Magnitud del impacto de la consecuencia
Grupo: Entidades municipales y departamentales

No.	Nombre / Descripción de la consecuencia	Cantidad de consecuencias negativas con la que tiene conexión		¿Pasa para evaluación del riesgo?	Observaciones
		Directas	Indirectas	(Sí / No)	
1	Falta de inversión estatal o formulación de proyectos para obtener beneficiaderos de la cabuya	1	21	Sí	--
2	Cercanía a la ciudad capital (Popayán) y una de las principales ciudades del país (Cali)	1	43	No	--
3	Cajibío presenta gran atractivo paisajístico	1	43	No	Positivo
4	Cercanía del minicipio a la vía Panamericana	1	43	No	Positivo
5	Representa un atractivo por el tema costo beneficio y tranquilidad	1	43	No	Positivo
6	La desactualización del POT genera conflictos por uso del suelo y falta de planificación para futuras parcelaciones	1	43	Sí	--
7	Las parcelaciones se construyen o dividen sin tener en cuenta la normativa de que los suelos en Cajibío no son parcelables - Están sin permisos	1	43	No	--
8	Falta de infraestructura para el beneficio de la cabuya para mitigar la descarga directa a las fuentes hídricas	1	20	No	Ya incluida
9	Falta capacitación para el uso de derivados del proceso de la cabuya para obtener ingresos adicionales y mitigar los impactos ambientales directos al agua	1	20	No	Ya incluida
10	Proliferación de grandes proyectos de parcelación cerca al casco urbano, El Cairo, Lago El Bolsón, La Venta, El Tunel y la Capilla	2	40	No	Ya incluida
11	Presencia de personas que no son de la región	1	21	No	--
12	La extracción de oro es una actividad muy lucrativa	1	21	Sí	--
13	Necesidad de generar provecho económico de las zonas destinadas para rondas hídricas	1	0	Sí	--
14	Baja cobertura en acceso de saneamiento básico	1	21	Sí	--

No.	Nombre / Descripción de la consecuencia	Cantidad de consecuencias negativas con la que tiene conexión		¿Pasa para evaluación del riesgo?	Observaciones
		Directas	Indirectas	(Sí / No)	
15	Mala gestión de APC por constante cambio de gerencia	1	22	No	--
16	Los operarios no se encuentran debidamente capacitados	1	22	Sí	--
17	Falta entrenamiento en el uso adecuado de agroquímicos	1	21	Sí	--
18	Conciencia débil por parte de los propietarios del ganado debido al bajo cuidado de las fuentes hídricas	1	21	Sí	--
19	Las comunidades indígenas de la cordillera central necesitan alta demanda de agua para el proceso de la cabuya, lo que causa contaminación directa por lixiviados. Para estas comunidades es más práctico utilizar estas fuentes para sus actividades económicas	1	21	No	Ya incluida
20	Soluciones de tanques para lavar fique no tuvo el 100% de cobertura. Afecta al acueducto El Cairo, de la vereda Alto La Pajosa	1	22	No	Ya incluida
21	Aumento de la población en el municipio	7	18	No	Ya incluida
22	Incremento de los potreros para ganado	1	20	Sí	
23	Minería ilegal de oro	1	20	No	Ya incluida
24	Deforestación	3	22	Sí	--
25	La mayoría de los habitantes de Cajibío tienen soluciones individuales con funcionamiento deficiente para el manejo de aguas residuales	1	20	Sí	--
26	Las cuatro PTAR existentes funcionan de manera deficiente	1	21	Sí	--
27	Mal uso de agroquímicos que lixivian hasta el cuerpo de agua	1	20	No	Ya incluida
28	Falta de aislamiento del ganado sobre las fuentes hídricas	1	20	No	Ya incluida
29	Lavado de cabuya directamente en las fuentes de agua de las quebradas El Cofre y Michicao	1	20	No	Ya incluida
30	Mayor producción de aguas residuales domésticas	1	20	Sí	--

No.	Nombre / Descripción de la consecuencia	Cantidad de consecuencias negativas con la que tiene conexión		¿Pasa para evaluación del riesgo?	Observaciones
		Directas	Indirectas	(Sí / No)	
31	Las fuentes hídricas tienen una capacidad de oferta de agua limitada	1	13	Sí	--
32	Poca capacidad del servicio de acueducto con más demanda	1	13	Sí	--
33	Aumento de demanda de agua potable	1	13	No	--
34	Mayor demanda de los demás servicios públicos (energía, transporte, gas y telecomunicaciones)	1	3	No	--
35	Mayor ocupación de cauces	1	3	No	--
36	Mayor escorrentía de aguas lluvia	1	20	No	Ya incluida
37	Mayor erosión de los suelos	1	20	Sí	--
38	Menor evapotranspiración	1	1	No	Ya incluida
39	Limitada regulación de caudal en las fuentes hídricas	1	21	No	Ya incluida
40	Descarga de aguas residuales domésticas tratadas ineficientemente a los ríos Predregosa y Cajibío	1	20	No	Ya incluida
41	Las juntas administradoras de agua de los acueductos niegan conexiones al servicio a nuevos usuarios	3	12	Sí	--
42	Mayor presión sobre entidades provocada por necesidades insatisfechas	1	2	No	Ya incluida
43	Afecta el sustento de las personas que dependen de la fuente hídrica como los pescadores	0	0	No	Ya incluida
44	Aislamiento y desarraigo del territorio	0	0	No	--
45	Aumento en los costos al cambiar de fuente de captación para el agua de consumo animal (pecuario)	0	0	No	Ya incluida
46	Se incurren en gastos adicionales por pago de transporte hasta el puesto de salud, gastos en medicamentos, inactividad laboral, generando que no haya un ingreso para la economía familiar	0	0	No	Ya incluida
47	Incremento en la inasistencia escolar	0	0	No	Ya incluida

No.	Nombre / Descripción de la consecuencia	Cantidad de consecuencias negativas con la que tiene conexión		¿Pasa para evaluación del riesgo?	Observaciones
		Directas	Indirectas	(Sí / No)	
48	Búsqueda de alternativas para captar agua como aljibes y otras fuentes superficiales	0	0	No	Ya incluida
49	Deterioro de la calidad de servicio de acueducto prestado	0	0	No	Ya incluida
50	Contaminación de fuentes hídricas	7	13	Sí	--
51	Conexiones ilegales a la red actual de agua	1	10	Sí	--
52	Se incrementan las protestas sociales	1	1	No	Ya incluida
53	Daños de la tubería de la red hídrica	2	9	No	Ya incluida
54	Se pierde la confianza para la inversión	1	0	No	Ya incluida
55	Conflicto entre usuarios, juntas y administradores de acueductos veredales	0	0	No	Ya incluida
56	Incremento de ingresos al municipio por pago de impuestos	0	0	No	Ya incluida
57	Disminución de la cobertura natural del suelo en Cajibío	0	0	No	Ya incluida
58	Pérdida de roles en los ecosistemas	0	0	No	Ya incluida
59	Disminuye la transformación de la materia orgánica	1	2	No	Ya incluida
60	Aumento de la DBO y disminución del oxígeno disuelto	1	2	No	Ya incluida
61	Eutrofización del agua	1	2	No	--
62	Efectos negativos sobre los ecosistemas acuáticos	2	1	No	Ya incluida
63	Efectos negativos sobre la salud, enfermedades de la piel	1	1	Sí	Acciones
64	El agua ya no es apta para el consumo animal (actividades pecuarias)	1	1	No	Ya incluida
65	Operación y mantenimiento de los sistemas de tratamiento son más complicados	2	1	Sí	--
66	Se incrementa el riesgo de que el agua no quede bien tratada	2	3	No	Ya incluida
67	El agua ya no es apta para el consumo humano (sin planta de potabilización de agua)	2	3	No	Ya incluida

No.	Nombre / Descripción de la consecuencia	Cantidad de consecuencias negativas con la que tiene conexión		¿Pasa para evaluación del riesgo? (Sí / No)	Observaciones
		Directas	Indirectas		
68	Aumento de precios a los beneficiarios y mayor demanda de costos por tratamiento	1	0	No	Ya incluida
69	Los usuarios pierden la confianza en los administradores del acueducto	1	2	No	Ya incluida
70	Desequilibrio de la cadena trófica	2	1	No	Ya incluida
71	La comunidad se abstiene de visitar los ríos por riesgos asociados a la salud	1	0	No	Ya incluida
72	Obliga a buscar fuente alterna para hidratar los animales	1	0	No	Ya incluida
73	Incremento de los casos de enfermedades transmitidas por el agua no tratada	3	0	No	Ya incluida
74	Se crea una necesidad de tener un agua segura, se incrementan gastos, esfuerzos y uso de filtros comerciales y caseros para tratar el agua	1	0	No	Ya incluida
75	Desvinculación de usuarios del servicio de acueducto o los usuarios dejan de pagar por el servicio	1	1	No	Ya incluida
76	Pérdida de la biodiversidad acuática	3	0	No	Ya incluida
77	Se pone en riesgo la estabilidad financiera del operador	1	0	No	Ya incluida

Análisis del filtro 2: Escalas y dimensiones de MUISKA
Grupo: Entidades municipales y departamentales

No.	Nombre / Descripción de la consecuencia	Dimensión	Escala	¿Pasa para evaluación del riesgo?	Explique las razones por las cuales escogieron esta consecuencia
				(Sí / No)	
1	Falta de inversión estatal o formulación de proyectos para obtener beneficiados de la cabuya	Cultura	Comunidad	Sí	Por ser proyecto productivo de la zona. Mejora condiciones de vida (ingreso económico)
6	La desactualización del POT genera conflictos por uso del suelo y falta de planificación para futuras parcelaciones	Cultura	Comunidad	Sí	Se debe actualizar. Última versión (2001). Contar con una adecuada planificación predial. Delimitar claramente los usos del suelo, actuales y potenciales
12	La extracción de oro es una actividad muy lucrativa	Economía y productividad	Comunidad	Sí	Principales gremios/ sector productivo que genera mayor impacto social ambiental
13	Necesidad de generar provecho económico de las zonas destinadas para rondas hídricas	Economía y productividad	Comunidad	Sí	Establecimiento de las rondas hídricas donde se delimitan las fronteras productivas
14	Baja cobertura en acceso de saneamiento básico	Infraestructura y servicios asociados	Comunidad	Sí	Las descargas directas a las fuentes hídricas y al suelo generan un impacto negativo a los ecosistemas
16	Los operarios no se encuentran debidamente capacitados	Infraestructura y servicios asociados	Individuos/Hogares	Sí	Fortalecer con procesos de capacitación a los prestadores de servicio. Brindar insumos y tecnologías
17	Falta de entrenamiento en el uso adecuado de agroquímicos	Infraestructura y servicios asociados	Individuos/Hogares	Sí	Fortalecer e implementar buenas prácticas agrícolas. Buscar articulación con entidades académicas y estatales.
18	Conciencia débil por parte de los propietarios del ganado debido al bajo cuidado de las fuentes hídricas	Cultura	Comunidad	No	Incluida en "Falta de entrenamiento en el uso adecuado de agroquímicos"
22	Incremento de los potreros para ganado	Economía y productividad	Comunidad	No	Incluida en #6
24	Deforestación	Servicios ecosistémicos	Cuenca	Sí	Programas de reforestación

Análisis del filtro 2: Escalas y dimensiones de MUISKA
Grupo: Entidades municipales y departamentales

No.	Nombre / Descripción de la consecuencia	Dimensión	Escala	¿Pasa para evaluación del riesgo?	Explique las razones por las cuales escogieron esta consecuencia
				(Sí / No)	
25	La mayoría de los habitantes de Cajibío tienen soluciones individuales con funcionamiento deficiente para el manejo de aguas residuales	Infraestructura y servicios asociados	Comunidad	No	Incluida en #14
26	Las cuatro PTAR existentes funcionan de manera deficiente	Infraestructura y servicios asociados	Comunidad	No	Incluida en #14
30	Mayor producción de aguas residuales domésticas	Infraestructura y servicios asociados	Comunidad	No	Incluida en #14
31	Las fuentes hídricas tienen una capacidad de oferta de agua limitada	Infraestructura y servicios asociados	Comunidad	No	Incluida en #24
32	Poca capacidad del servicio de acueducto con más demanda	Infraestructura y servicios asociados	Comunidad	Sí	Optimización y aumento de cobertura del servicio de acueducto
37	Mayor erosión de los suelos	Servicios ecosistémicos	Cuenca	No	Incluida en #24
41	Las juntas administradoras de agua de los acueductos niegan conexiones al servicio a nuevos usuarios	Cultura	Comunidad	No	Incluida en #32
50	Contaminación de fuentes hídricas	Servicios ecosistémicos	Cuenca	No	Incluida en #14 y #24
51	Conexiones ilegales a la red actual de agua	Infraestructura y servicios asociados	Comunidad	No	Incluida en #32
63	Efectos negativos sobre la salud, enfermedades de la piel	Salud y Bienestar	Individuos/Hogares	No	También en comunidad. Incluida en #14
65	Operación y mantenimiento de los sistemas de tratamiento son más complicados	Infraestructura y servicios asociados	Comunidad	No	Incluida en #16

**Análisis del filtro 3: Grado de poder sobre las intervenciones para manejar el riesgo
Grupo: Entidades municipales y departamentales**

No.	Nombre / Descripción de la consecuencia	Instituciones – Gobernanza sobre las intervenciones para manejar el riesgo: De 1 a 10, ¿qué grado de poder tiene el participante sobre lo siguiente? 1 = Ningún grado poder (no hay nada que yo pueda hacer), 10 = total grado de poder (basta mi firma para que los siguiente suceda)												¿Pasa para evaluación del riesgo? (Sí / No)	Observaciones
		Decidir cuáles son las intervenciones			Incidir en el diseño de las intervenciones			Asignar recursos económicos para diseñar o implementar las intervenciones			Implementar las acciones				
1	Falta de inversión estatal o formulación de proyectos para obtener beneficiados de la cabuya	3			3			1			5				No diligenciado.
6	La desactualización del POT genera conflictos por uso del suelo y falta de planificación para futuras parcelaciones	1	1	5	1	1	5	1	3	3	1	1	5	Sí	Los representantes de cada entidad asignaron puntajes por separado ya que ellos consideraron que el grado de poder sobre las intervenciones era diferente. La administración municipal ha adelantado acciones en pro de la actualización del documento.
12	La extracción de oro es una actividad muy lucrativa	4	1	1	4	1	1	1	1	1	4	1	1	No	Los representantes de cada entidad asignaron puntajes por separado ya que ellos consideraron que el grado de poder sobre las intervenciones era diferente.
13	Necesidad de generar provecho económico de las zonas destinadas para rondas hídricas	3	1	3	3	1	3	3	1	1	3	1	3	No	Los representantes de cada entidad asignaron puntajes por separado ya que ellos consideraron que el grado de poder sobre las intervenciones era diferente.
14	Baja cobertura en acceso de saneamiento básico	5			5			5			5			Sí	Saneamiento básico, alcantarillado y soluciones individuales.
16	Los operarios no se encuentran debidamente capacitados	1	5	4	1	5	4	1	5	4	1	5	4	No	Los representantes de cada entidad asignaron puntajes por separado ya que ellos consideraron que el grado de poder sobre las intervenciones era diferente.
17	Falta entrenamiento en el uso adecuado de agroquímicos	2	5	5	2	5	5	2	5	5	2	5	5	No	Los representantes de cada entidad asignaron puntajes por separado ya que ellos consideraron que el grado de poder sobre las intervenciones era diferente.
24	Deforestación	6	3	5	6	3	5	6	3	5	6	3	5	Sí	Los representantes de cada entidad asignaron puntajes por separado ya que ellos consideraron que el grado de poder sobre las intervenciones era diferente. Procesos de reforestación, rondas hídricas.
32	Poca capacidad del servicio de acueducto con más demanda	1	6	3	1	6	3	1	6	3	1	6	3	No	Los representantes de cada entidad asignaron puntajes por separado ya que ellos consideraron que el grado de poder sobre las intervenciones era diferente.

**13.6 ANEXO F
METODOLOGÍA Y RESULTADOS DE LA ELABORACIÓN Y SIMULACIÓN DEL MODELO
HIDROLÓGICO DE LA SUBCENCA DEL RÍO PALACÉ**

ANEXO F: METODOLOGÍA Y RESULTADOS DEL MODELO HIDROLÓGICO DE LA SUBCUENCA DEL RÍO PALACÉ

1 INTRODUCCIÓN

Este documento presenta la metodología, resultados y discusión de la modelación hidrológica de la subcuenca del río Palacé como parte de la evaluación del riesgo de escasez de agua para consumo humano en el municipio de Cajibío. Este modelo está basado en el software SWAT y las simulaciones fueron posibles gracias al modelo base elaborado por los investigadores del Grupo de Estudios Ambientales de la Universidad del Cauca.

2 METODOLOGÍA

2.1 SUBCUENCA DEL RÍO PALACÉ

La subcuenca del río Palacé hace parte de la cuenca del río Cauca y está ubicada entre los municipios de Totoró, Cajibío, Silvia, Puracé y Popayán. Se encuentra localizada a 5°28'22.07" de latitud norte y 79°5'50.84" de longitud oeste, situándose en la parte central y nororiental del departamento del Cauca¹. Su extensión es de un área total de 64.532 Ha; la temperatura varía de 3°C en la parte alta a 20°C en zonas más baja. Esta zona es considerada una región de alta biodiversidad, con una gran variedad de especies animales y vegetales adaptadas a diferentes condiciones climáticas y ecológicas (700 a 4200 m.s.n.m)².

2.2 ORGANIZACIÓN DE BASE DE DATOS

La organización de la base de datos consta de la adquisición y organización de la información necesaria que corresponde a las entradas del modelo hidrológico SWAT y de la adecuación de esta información según los intereses y alcances del presente estudio.

2.2.1 Modelo digital de elevación (DEM)

Para la topografía se utilizó un modelo digital de elevación (DEM por sus siglas en inglés) con precisión de 12.5 m (tamaño de celda 12.5×12.5) en formato TIFF, el cual se obtuvo de la página web Alaska Satellite Facility³. A partir de este insumo, se obtuvo la delineación de la cuenca, las subcuencas y la red de drenaje. El archivo digital en formato raster se encuentra en la geodatabase entregada al cliente, en la siguiente ruta: GDB: Palace.gdb/DEM_Palace.

¹ Chantre Velasco, M. (2017). Análisis comparativo de cambios de área en coberturas en la parte alta de la subcuenca río Palacé, a través de imágenes Landsat entre 1989 y 2016. Universidad de Manizales.

² Corporación Autónoma Regional del Cauca. (2010). *Plan de ordenación y manejo de la parte alta de la subcuenca hidrográfica del río Palacé*. 414.

³ ASF Data Search Vertex: <https://search.asf.alaska.edu/>

2.2.2 Mapa de tipo de suelos

El mapa de tipo de suelos contiene información de las propiedades físicas y químicas de la cuenca del río Palacé, con escala de 1:25.000 en formato shape (shp); el cual se obtuvo de los datos abiertos del Instituto Geográfico Agustín Codazzi⁴. La tabla de información necesaria para el modelo SWAT debe contener los siguientes campos: identificador de perfil; consociación; unidad cartográfica; pendiente; profundidad de los horizontes (mm); textura; densidad aparente; agua aprovechable en el suelo; conductividad hidráulica; potasio y porcentaje de arena, arcilla, limo y materia orgánica (%). El archivo digital en formato shape se encuentra en la geodatabase entregada al cliente, en la siguiente ruta: GDB *Palace.gdb/Inputs/SoilTypeMaps*.

2.2.3 Mapa de uso de suelos

El mapa de uso de suelos tiene información de datos biológicos sobre el tipo de coberturas presentes en la cuenca. El mapa se generó a partir de las imágenes obtenidas de la plataforma satelital Sentinel 2A, las cuales tienen una precisión de 10 m, el procedimiento experimental para obtener las coberturas incluyó algoritmos de inteligencia artificial y clasificación semiautomática; se tuvieron en cuenta 12 tipos de coberturas de niveles 1, 2, y 3 de acuerdo con la metodología Corine Land Cover⁵ (Tabla F-1). En la Figura F-1 y en el archivo digital en formato shape se encuentra en la geodatabase entregada al cliente, en la siguiente ruta: GDB: *Palace.gdb/Inputs/LandUseMap*.

Tabla F-1. Codificación de coberturas para SWAT

No.	Cobertura	Código en SWAT
1	Cuerpos de agua	WATR
2	Paramo	WETN
3	Zonas urbanas	URML
4	Bosque sembrado	FRSE
5	Pastos limpios	SPAS
6	Pastos naturales	PAST
7	Cultivos	AGRL
8	Bosque denso	FRSD
9	Bosque abierto y fragmentado	FRST
10	Zona de extracción minera	SWRN
11	Arbustales	RNGE
12	Humedales	WETL

⁴ Instituto Geográfico Agustín Codazzi - IGAC. (2020). *Geoportal*. Mapas de Capacidad de Uso de Las Tierras Del Territorio Colombiano a Escala 1:100.000. Departamento: Cauca.

⁵ Leyenda Nacional de Coberturas de Tierra. Metodología CORINE Land Cover adaptada para Colombia. Escala 1:100.000

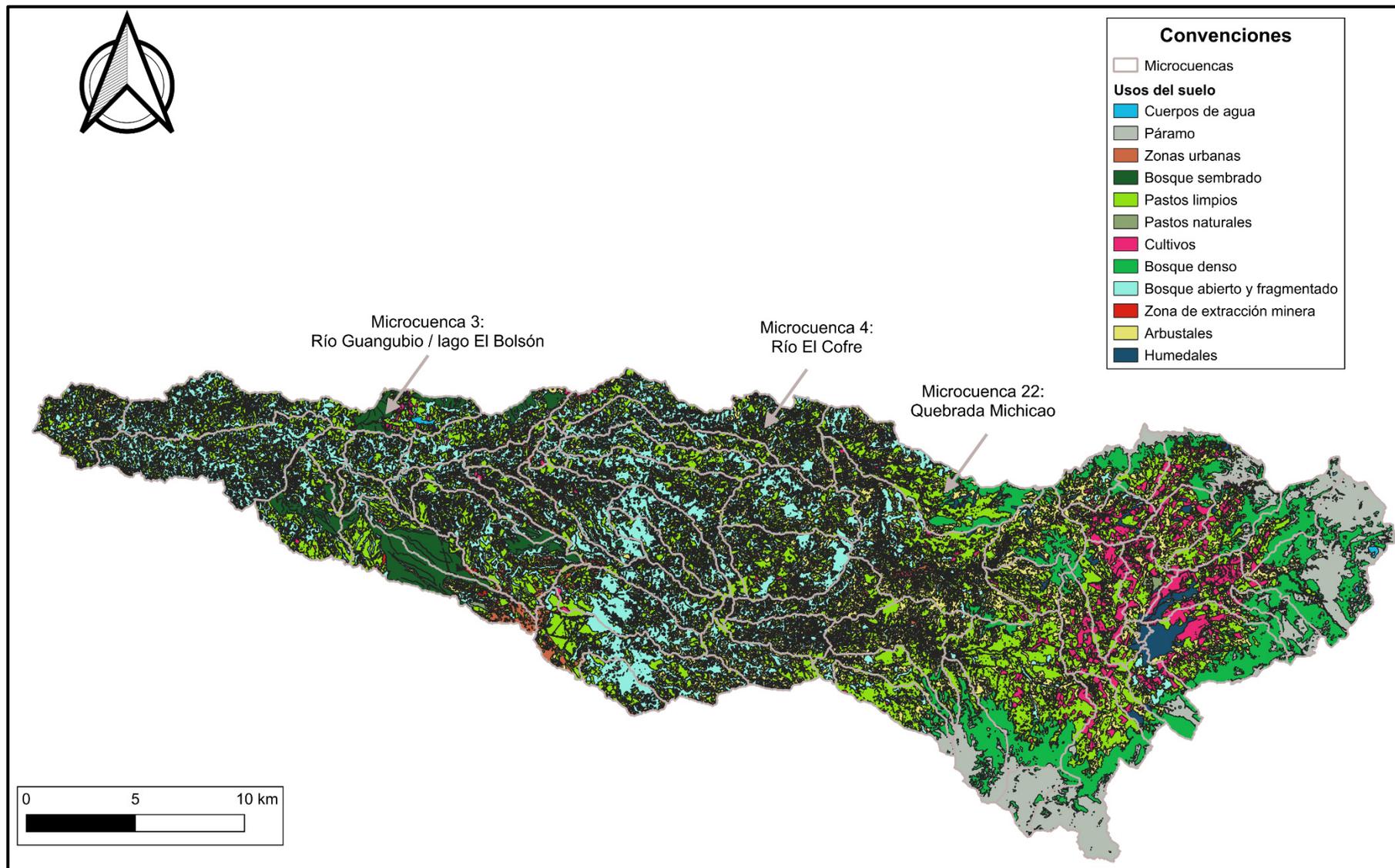


Figura F-1. Coberturas del suelo en la subcuenca del río Palacé

2.2.4 Base de datos climatológicos

Los datos climatológicos estadísticos requeridos por el modelo SWAT, en este caso para las estaciones Gabriel López (26025070) y Polindara (26020460) del periodo 2010-2022, son promedios multianuales de temperatura máxima y mínima, así como precipitación, desviación estándar para cada mes, coeficiente de sesgo para precipitación diaria, números de días de precipitación y probabilidades de un día húmedo después de un día seco y de un día húmedo después de uno húmedo, los cuales fueron calculados con las fórmulas sugeridas en el manual de SWAT.

El software SWAT utiliza un modelo para generar una precipitación diaria para simulaciones que no leen datos medidos. Este modelo de precipitación también es utilizado para simulaciones llenar los datos faltantes en los registros medidos. El generador de la precipitación utiliza un modelo de cadena de primer orden de Markov para definir un día como húmedo o seco comparando un número al azar (0.0 – 1.0) generado por el modelo a probabilidades húmedo - secas mensuales ingresadas por el usuario. Si el día se clasifica como húmedo, la cantidad de precipitación se genera de una distribución sesgada o una distribución exponencial modificada.

2.2.5 Generador climático y tablas de datos meteorológicos

Para este proceso, se introduce la información de la ubicación de las estaciones climáticas, de los datos estadísticos y de los datos diarios de precipitación (mm) de la estación Gabriel López (26025070). Los valores de entrada de radiación solar, humedad relativa, velocidad del viento, fueron simulados y completados por SWAT. Con esta información se constituyeron las bases de datos iniciales para los cálculos del generador climático que le permite al modelo hidrológico simular el comportamiento climático en cada subcuenca.

2.3 APLICACIÓN DEL MODELO HIDROLÓGICO SWAT

Se simuló, calibró y validó el modelo hidrológico SWAT para la cuenca del río Palacé para obtener resultados con los cuales estimar el caudal (FLOW_IN, FLOW_OUT) y el rendimiento de sedimentos (SED YIELD) en la zona, bajo las condiciones actuales (2010-2022), con un aumento de la pérdida de la cobertura vegetal en la cuenca en 25 años (2048), con un aumento de la urbanización en las cuencas en las veredas La Capilla, La Venta y El Cairo en 25 años (2048) y con un aumento simultáneo de la pérdida de la cobertura vegetal y de la urbanización. Es necesario que la cartografía requerida por el modelo hidrológico SWAT esté en la misma proyección. La aplicación del modelo requirió de cinco pasos como se explica en las siguientes secciones.

2.3.1 Delineación de la cuenca y subcuencas

A partir del DEM, en proyección WGS 84/UTM zona 18N y precisión de 12.5 m, se obtuvieron las curvas de nivel, la dirección de flujo y acumulación de las corrientes de agua, las pendientes y la red hídrica. Con esta información, de forma automatizada se generó y delineó el contorno

de la cuenca. A partir del DEM, la máscara del área de estudio y la red hídrica, se calculó la dirección del flujo y acumulación de las corrientes de agua dentro de las subcuencas y se definieron algunas características como pendientes y elevaciones máximas y mínimas. Para generar las subcuencas se tuvo en cuenta el DEM y la red hídrica, se seleccionaron manualmente las salidas de los drenajes principales del río Palacé. Estas subcuencas fueron igualmente validadas con actores claves de las subcuencas.

Teniendo en cuenta la delimitación realizada, se trabajó con un área de 64.471,505 ha y 62 subcuencas, como se muestra en la Figura F-2. En la Tabla F-2 se muestran el índice y área de cada subcuenca delimitada. El archivo digital en formato shape se encuentra en la geodatabase entregada al cliente, en la siguiente ruta: GDB: Palace.gdb/Outputs/Basins and Palace.gdb/Outputs/Subbasins.

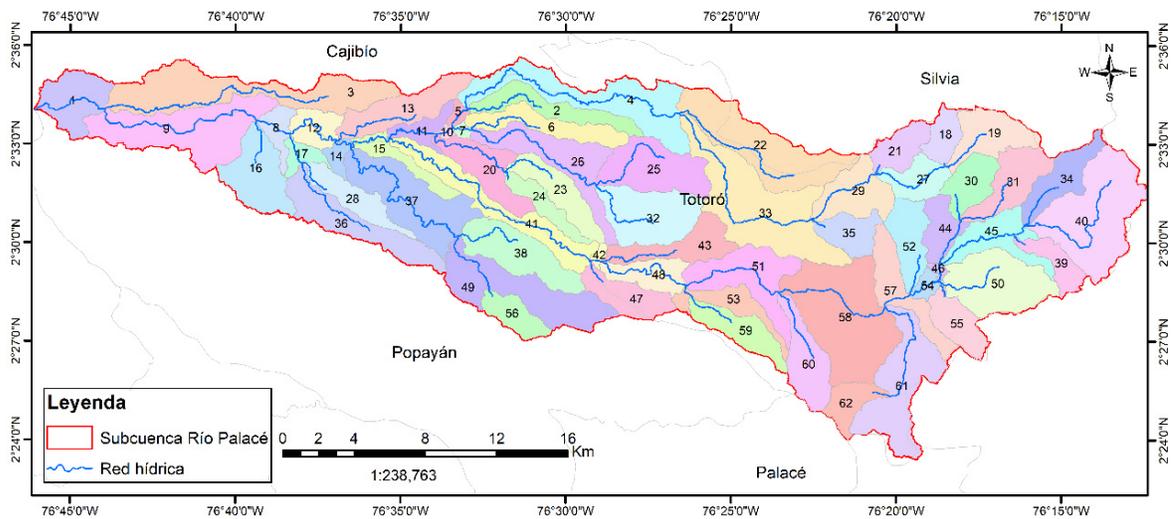


Figura F-2. Microcuencas y red hídrica de la subcuenca del río Palacé

Tabla F-2. Identificación y área de microcuencas de la subcuenca del río Palacé

ID	Área	16	1251.94	32	1512.30	48	678.13
1	1035.39	17	281.60	33	2957.72	49	1912.01
2	913.53	18	477.02	34	866.13	50	1704.46
3	2593.13	19	983.23	35	647.19	51	1477.24
4	2207.89	20	1002.98	36	1395.82	52	830.82
5	112.11	21	607.02	37	1977.92	53	626.76
6	918.93	22	2226.50	38	1365.53	54	183.26
7	67.33	23	882.67	39	519.20	55	710.98
8	381.74	24	510.55	40	2590.11	56	563.23
9	2331.42	25	1450.63	41	1493.98	57	973.37
10	53.38	26	1483.91	42	73.98	58	2972.17
11	388.01	27	654.42	43	971.48	59	828.20
12	520.04	28	745.09	44	591.79	60	1010.08
13	1159.82	29	1040.56	45	953.07	61	1945.32
14	202.71	30	711.96	46	66.56	62	548.52

15	513.97	31	1011.31	47	803.40		
----	--------	----	---------	----	--------	--	--

2.3.2 Creación y definición de las unidades de respuesta hidrológica (URH)

Para generar las unidades de respuesta hidrológica (URH), se tuvo en cuenta el mapa de tipo de suelos, el mapa de uso de suelos y las pendientes. Para uso de suelos se tuvo en cuenta 12 coberturas diferentes y cuatro rangos para pendientes mostradas en la siguiente tabla (Tabla F-3).

Teniendo en cuenta como unidad mínima de análisis la URH y utilizando el 1% para usos de suelo y cobertura, 6% como valor mínimo para tipo de suelos y 10% para rango de pendiente, se generaron 1705 URHs. El archivo digital en formato shape se encuentra en la geodatabase entregada al cliente, en la siguiente ruta: GDB: *Palace.gdb/Outputs/HRUs*.

Tabla F-3. Rango de pendientes para SWAT

Rango	Pendiente	Descripción
1	0 – 3 %	Ligeramente plano
2	3 – 25 %	Plano
3	25 – 75 %	Inclinado
4	≥ 75%	Escarpado

2.3.3 Generador climático y tablas de datos meteorológicos

Para este proceso, se introduce la información de la ubicación de las estaciones climáticas, de los datos estadísticos y de los datos diarios de precipitación (mm) de las estaciones Gabriel López (26025070) y Polindara (26020460), información descargada del portal abierto Consulta y descarga de datos meteorológicos del IDEAM⁶. Los valores de entrada de radiación solar, humedad relativa y velocidad del viento fueron simulados y completados por SWAT. Con esta información se constituyeron las bases de datos iniciales para los cálculos del generador climático que le permite al modelo hidrológico simular el comportamiento climático en cada microcuenca.

2.3.4 Simulaciones

Se ejecutó el modelo en el periodo específico del 01 de enero de 2005 al 31 de diciembre de 2022, con el método de distribución de lluvia lineal, teniendo en cuenta cinco ciclos de periodos de años de calentamiento y con periodicidad mensual. Este modelo permite analizar diferentes variables hidrológicas de la subcuenca como precipitación, producción de agua al caudal, agua disponible en el suelo, evapotranspiración potencial y real, flujo lateral, percolación, escorrentía, entre otros. Para el análisis de contaminación en el agua, permite analizar variables como sedimentos, nitrógeno orgánico, fosforo orgánico, nitratos, fósforo soluble; es decir, los valores de estas variables son el resultado de la interacción agua-suelo-clima-uso-pendiente en la cuenca para un periodo simulado.

⁶ Consulta y descarga de datos meteorológicos: <http://dhime.ideam.gov.co/atencionciudadano/>

2.3.5 Calibración y validación

La calibración del modelo hidrológico SWAT para la cuenca del río Palacé se realizó con ayuda del software SWAT – CUP (SWAT Calibration and Uncertainty Procedures), el cual es un programa diseñado para integrar varios algoritmos de análisis de calibración/incertidumbre, como SUFI2 (Sequential Uncertainty Fitting), GLUE (Generalized Likelihood Uncertainty Estimation), ParaSol (Parameter Solution), PSO (Particle Swarm Optimization).

Se utilizó SUFI2, el cual funciona a “prueba y error” cambiando aleatoriamente los valores de los parámetros de interés, hasta obtener una coincidencia razonable entre la simulación y los valores observados. El modelo hidrológico SWAT para la subcuenca del río Palacé se calibró con caudal debido a que no se contaba con datos de campo de variables como sedimentos, nitratos o fósforo. Se utilizó el algoritmo de análisis de calibración/incertidumbre SUFI2, implementado en SWAT – CUP y se tuvieron en cuenta diez parámetros, de acuerdo con la influencia que tiene cada uno sobre el modelo hidrológico. En la Tabla F-4 se presentan los parámetros para realizar cuatro iteraciones de 200 simulaciones cada una.

Tabla F-4. Parámetros de interés para calibración

Parámetro	Descripción	Proceso	Rango	Valor
Cn2	Número de curva de escorrentía	Escorrentía	-0.5,0.2	0.19125
Sol_Aw	Agua disponible de la capa de suelo	Suelo	0.2,0.71	0.31602
Sol_K	Conductividad hidráulica saturada del suelo	Suelo	-0.1,1.6	1.46825
Sol_Bd	Densidad aparente húmeda	Suelo	-0.1,0.33	-0.05592
HRU_Slp	Pendiente media	HRU	-1.6,1.8	-0.01050
Ov_N	Rugosidad de flujo de Manning	HRU	0.4,3.5	3.21325
SI_Subbsn	Longitud media de la pendiente	HRU	-0.3,0.1	0.0810
Gw_Delay	Retraso en agua subterránea	Flujo base	31,124	35.4175
Rchrg_Dp	Coefficiente de percolación del acuífero profundo	Flujo base	-0.1,0.6	0.42325
Alpha_Bf	Factor de flujo base	Flujo base	-0.01,0.24	0.12187
Gwqmn	Umbral de profundidad del agua en el acuífero poco profundo necesaria para que se produzca el flujo de retorno.	Flujo base	170,509	491.20251
Revapmn	Umbral de profundidad del agua en el acuífero poco profundo necesario para que se produzca la revap	Flujo base	1350,2053	1527.50745

En este caso, el modelo se calibró utilizando datos de caudal, debido a que en ella es donde se encuentra el cauce principal y de donde se tenían valores mensuales de caudal con un periodo de diez años comprendidos entre 2010-2021; para la validación se utilizaron los años 2015-2016. Se realizaron cuatro iteraciones, de 200 simulaciones cada una, cambiando los parámetros mencionados anteriormente, para la calibración y una iteración de 200 simulaciones para la validación.

Obteniéndose nuevos resultados mensuales para caudal, desde enero de 2012 hasta febrero de 2021, en la Figura F-3 se observan los valores mensuales para caudal observado en la estación Totoró (26027080) y para la mejor estimación en la microcuenca 33, reportando un coeficiente de determinación $r - factor = 0.84$ y $R^2 = 0.85$. En la Figura F-4 se observan los valores mensuales desde enero de 2011 hasta diciembre de 2021 para caudal mensual

observado en la estación Puente Carretera (26027200) comparado con la mejor estimación en la microcuenca 41 con un coeficiente de determinación $r - factor = 0.84$ y $R^2 = 0.6$. En la Figura F-5 se muestran los valores desde enero de 2011 hasta diciembre de 2021 de caudal mensual observado en la estación Malvasa (26027240) comparado con la mejor estimación en la microcuenca 57 con un coeficiente de determinación $R^2 = 0.71$. Estos valores para calibración son satisfactorios según lo reportado por Abbaspour et al. (2007)⁷ y Arnold et al. (2012)⁸.

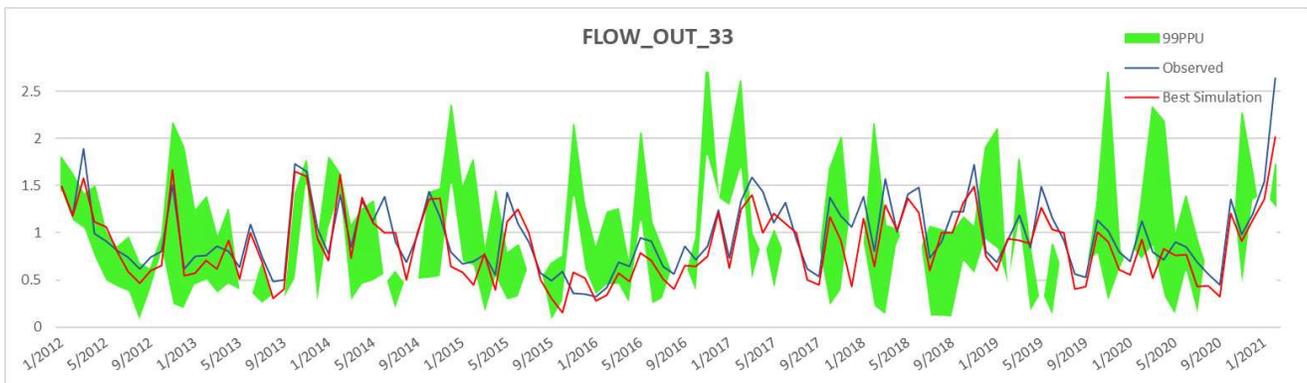


Figura F-3. Calibración de SWAT con caudal para la cuenca del Río Palacé en la microcuenca 33

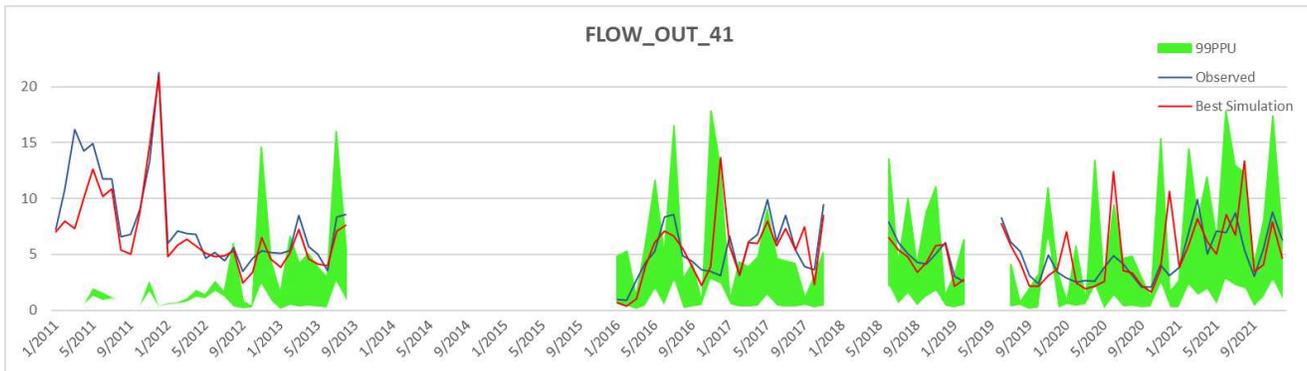


Figura F-4. Calibración de SWAT con caudal para la cuenca del Río Palacé en la microcuenca 41

⁷ Abbaspour, K. C., Vejdani, M., & Haghighat, S. (2007). *SWAT-CUP Calibration and Uncertainty Programs for SWAT*.
⁸ Arnold, J. G., Moriasi, D. N., Gassman, P. W., Abbaspour, K. C., White, M. J., Srinivasan, R., Santhi, C., Harmel, R. D., Van Griensven, A., & Van Liew, M. W. (2012). SWAT: Model use, calibration, and validation. *Transactions of the ASABE*, 55(4), 1491–1508.

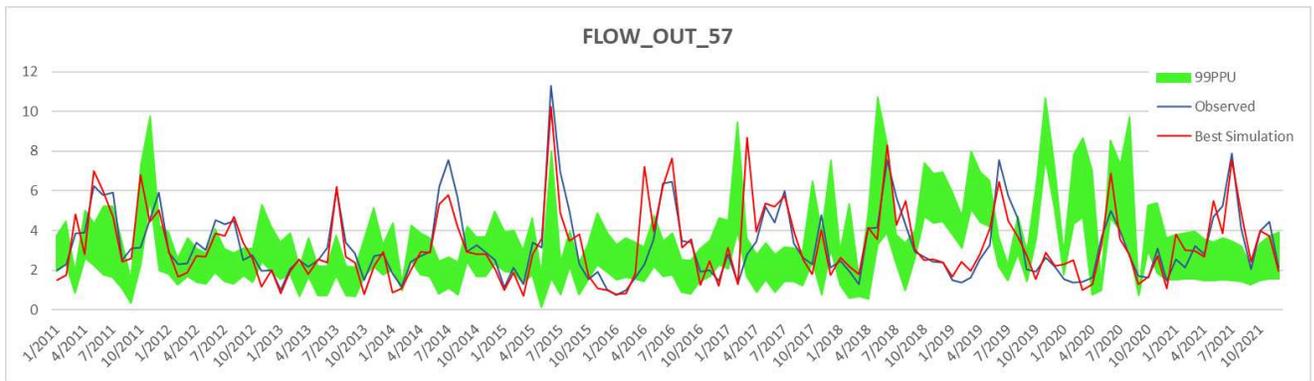


Figura F-5. Calibración de SWAT con caudal para la cuenca del Río Palacé en la microcuenca 57

2.4 SIMULACIÓN DE ESCENARIOS

2.4.1 Línea base: Modelo de referencia calibrado con datos de las estaciones meteorológicas 2010 – 2022

Para generar la línea base se cambiaron los parámetros de calibración y se simuló con las mismas condiciones iniciales. Los resultados de este escenario se presentan en valores mensuales de 2010 a 2022 para cada microcuenca para las variables de caudal medio mensual de entrada al tramo durante el paso de tiempo (FLOW_IN), caudal medio mensual de salida del tramo durante el paso de tiempo (FLOW_OUT), rendimiento de sedimentos (SYLD), sedimentos transportados con el agua de entrada al tramo durante el paso de tiempo (SED_IN) y sedimentos transportados con el agua de salida del tramo durante el paso de tiempo (SED_OUT).

2.4.2 Escenario 1: Aumento de la pérdida de cobertura vegetal en la cuenca en 25 años (2023-2048)

El escenario de aumento de la pérdida de cobertura vegetal se basó en la tasa -4,9% anual de pérdida de bosque denso y mixto, cambiando estas coberturas en el escenario base por pastizales en las subcuencas donde están presentes. El proceso de simulación se realizó para el periodo 2023-2048 utilizando los parámetros de calibración y las mismas condiciones iniciales; y se presentan los resultados de las variables caudal medio mensual de entrada al tramo durante el paso de tiempo (FLOW_IN), caudal medio mensual de salida del tramo durante el paso de tiempo (FLOW_OUT), rendimiento de sedimentos (SYLD), sedimentos transportados con el agua de entrada al tramo durante el paso de tiempo (SED_IN) y sedimentos transportados con el agua de salida del tramo durante el paso de tiempo (SED_OUT) para los años 2023-2048.

2.4.3 Escenario 2: Incremento de la urbanización en la cuenca en La Capilla, La Venta y El Cairo en 25 años (2023-2048)

Para el escenario de incremento de áreas urbanas, se utilizó la tasa de 2.35% anual de incremento de áreas urbanas, cambiando en el escenario base la cobertura de pastizales a áreas urbanas, para las subcuencas de interés (La Capilla, La Venta y el Cairo). La simulación se realizó en el mismo período y con las mismas condiciones descritas en el escenario anterior. Se presentan los resultados de las variables caudal medio mensual de entrada al tramo durante el paso de tiempo (FLOW_IN), caudal medio mensual de salida del tramo durante el paso de tiempo (FLOW_OUT), rendimiento de sedimentos (SYLD), sedimentos transportados con el agua de entrada al tramo durante el paso de tiempo (SED_IN) y sedimentos transportados con el agua de salida del tramo durante el paso de tiempo (SED_OUT) para los años 2023-2048.

2.4.4 Escenario 3: Simultaneidad de los escenarios 1 y 2

En el escenario de pérdida de cobertura vegetal y aumento de áreas urbanas, la tasa de pérdida de vegetación total -4,90% (bosque denso y mixto) se dividió en 2,35% por aumento de áreas urbanas y 2,55% por aumento de pastizales, modificando la cobertura de bosque denso y mixto por áreas urbanas y pastizales naturales; de 2023 a 2048. La simulación se realizó en las mismas condiciones que en el escenario 1. Se presentan los resultados de las variables caudal medio mensual de entrada en el tramo durante el paso de tiempo (FLOW_IN), caudal medio mensual de salida del tramo durante el paso de tiempo (FLOW_OUT), producción de sedimentos (SYLD), sedimentos transportados con el agua hacia el tramo durante el paso de tiempo (SED_IN) y sedimentos transportados con el agua hacia el tramo durante el paso de tiempo (SED_OUT) para los años 2023-2048.

3 RESULTADOS

Los resultados del modelo hidrológico de la subcuenca del río Palacé se presentan en tres partes. La primera corresponde a todas las microcuencas para tres años particulares (2010, 2022 y 2048), dos parámetros (promedio de caudal y mediana del rendimiento de sedimentos) y bajo cuatro condiciones de simulación (línea base y tres escenarios futuros). La segunda se trata de las variaciones anuales de las variables caudal de salida y rendimiento de sedimentos en las microcuencas de la quebrada Michicao y ríos El Cofre y Gangubio / lago El Bolsón. Los datos presentados son los valores de la mediana⁹ y del percentil 90¹⁰ de estas dos variables y las gráficas también incluyen el percentil 90 de la precipitación de cada año del periodo considerado en este estudio (línea base: 2010 – 2022 y escenarios 1, 2 y 3: 2023 – 20148). La tercera parte incluye las variaciones temporales del caudal y del rendimiento de sedimentos, presentando las tendencias generales de estas dos variables, comparando la línea base con los

⁹ En estadística, la mediana es una medida de valor central. En una lista finita de números ordenados, la mediana es el número "medio" cuando esos números se enumeran en orden de menor a mayor.

¹⁰ El percentil 90 es otro descriptor estadístico que representa que el 90% de los datos de un conjunto son menores a ese valor.

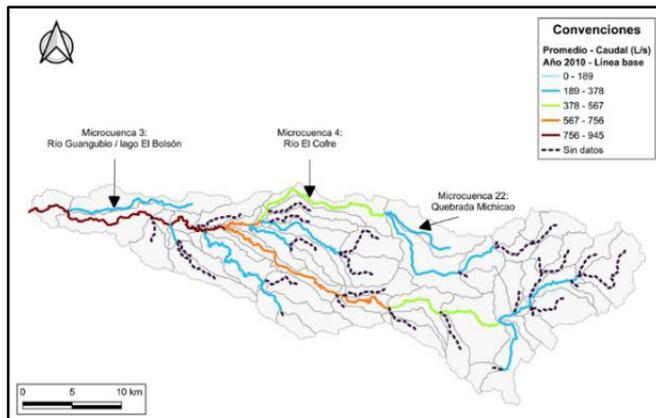
tres escenarios considerados en este estudio y entre tres microcuencas de interés para un mes particular en todo el periodo considerado.

3.1 RESULTADOS DE TODA LA SUBCUENCA DEL RÍO PALACÉ

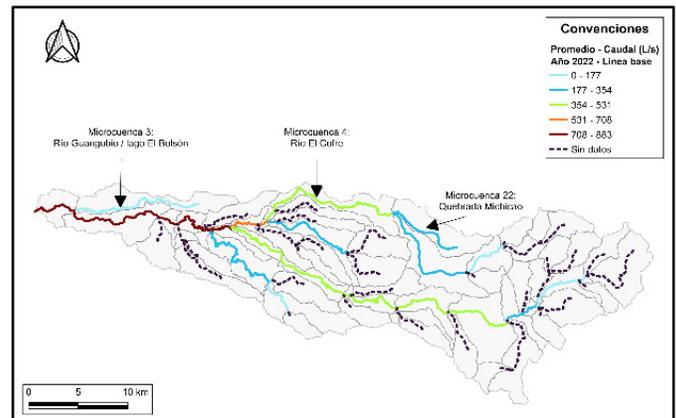
3.1.1 Caudal

En la Figura F-6 se observan los caudales promedio de las fuentes superficiales principales de la subcuenca del río Palacé, para la línea base (años 2010 y 2022) y los escenarios 1, 2 y 3 (año 2048). Las líneas punteadas corresponden a ríos o quebradas sin datos, lo cual muestra las limitaciones del modelo, particularmente la resolución insuficiente del modelo de elevación digital para simular las microcuencas más pequeñas. Como es de esperarse, el río Palacé es la fuente con mayor flujo en esta subcuenca, seguido por el río El Cofre. En cuanto a la variación temporal de estos promedios, el caudal es un poco menor en el año 2022 comparado con el 2010. Sobre los cambios de uso del suelo, el caudal se incrementa en los tres escenarios, siendo el uno y el tres, los cuales involucran pérdida de la cobertura vegetal, en los que el caudal es mayor.

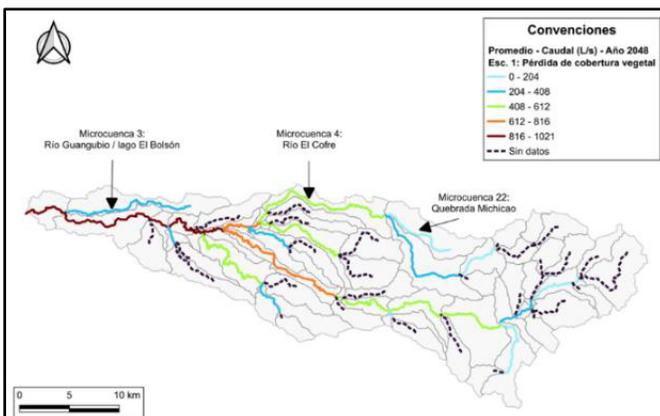
a) Línea base - Año 2010



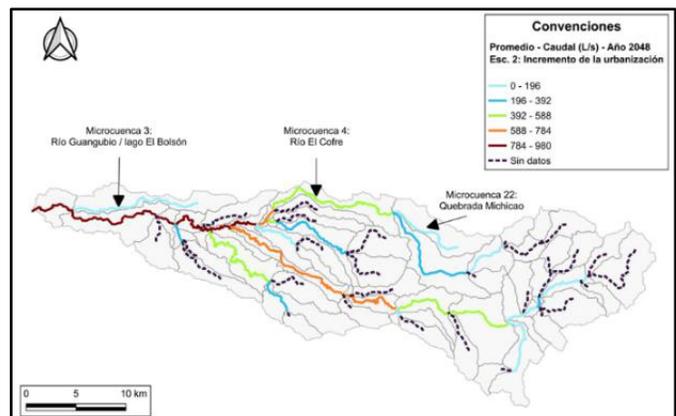
b) Línea base - Año 2022



c) Escenario 1 - Año 2048



d) Escenario 2 - Año 2048



e) Escenario 3 - Año 2048

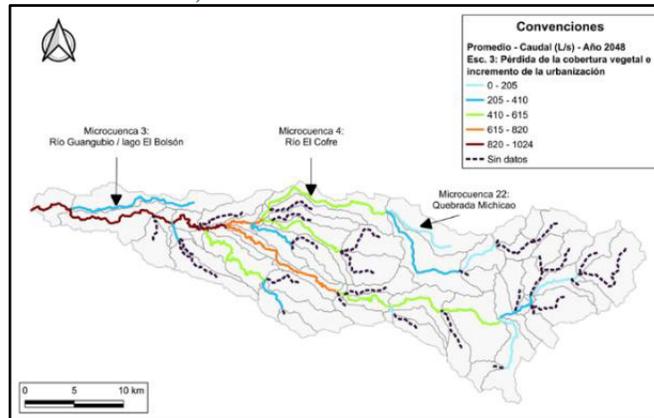
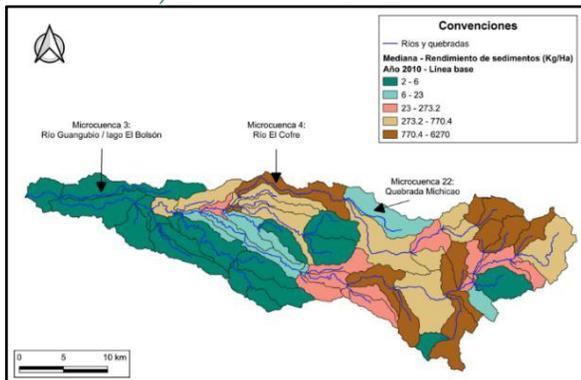


Figura F-6. Caudal promedio en las principales fuentes superficiales de la subcuenca del río Palacé

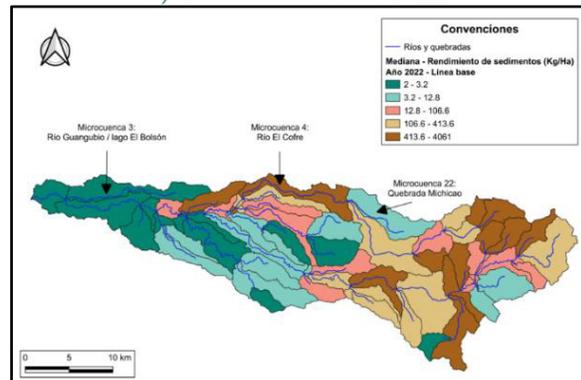
3.1.2 Rendimiento de sedimentos

La mediana del rendimiento de sedimentos (Figura F-7) presenta un comportamiento similar al promedio del caudal. Este parámetro es mayor en el año 2010 en comparación con el 2022, lo cual podría estar relacionado con el flujo de agua de los ríos y quebradas de esta subcuenca. Los escenarios simulados muestran que no fue posible simular algunas microcuencas, principalmente las más pequeñas y que están ubicadas en las zonas más altas de la subcuenca (lado derecho de las figuras).

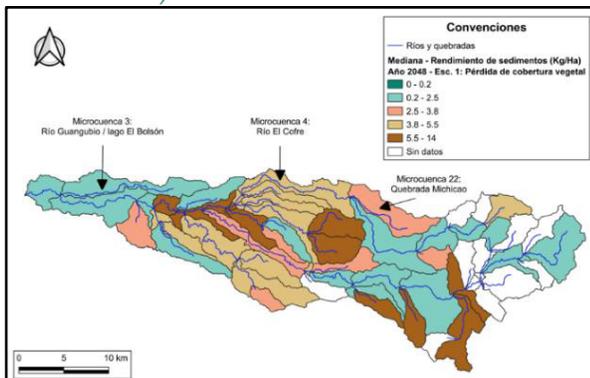
a) Línea base - Año 2010



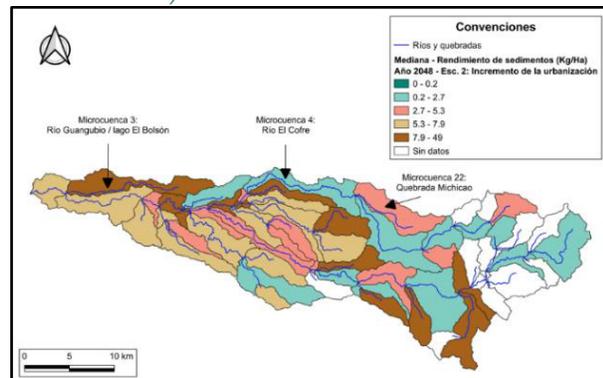
b) Línea base - Año 2022



c) Escenario 1 - Año 2048



d) Escenario 2 - Año 2048



e) Escenario 3 - Año 2048

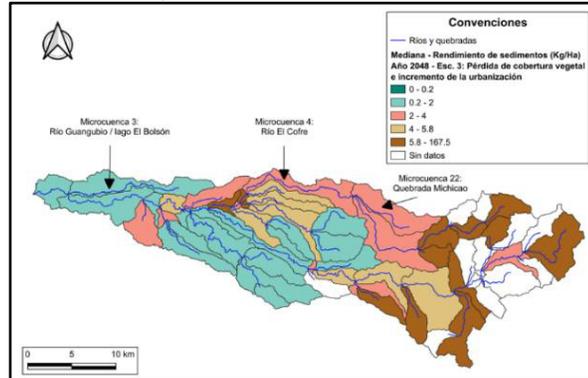


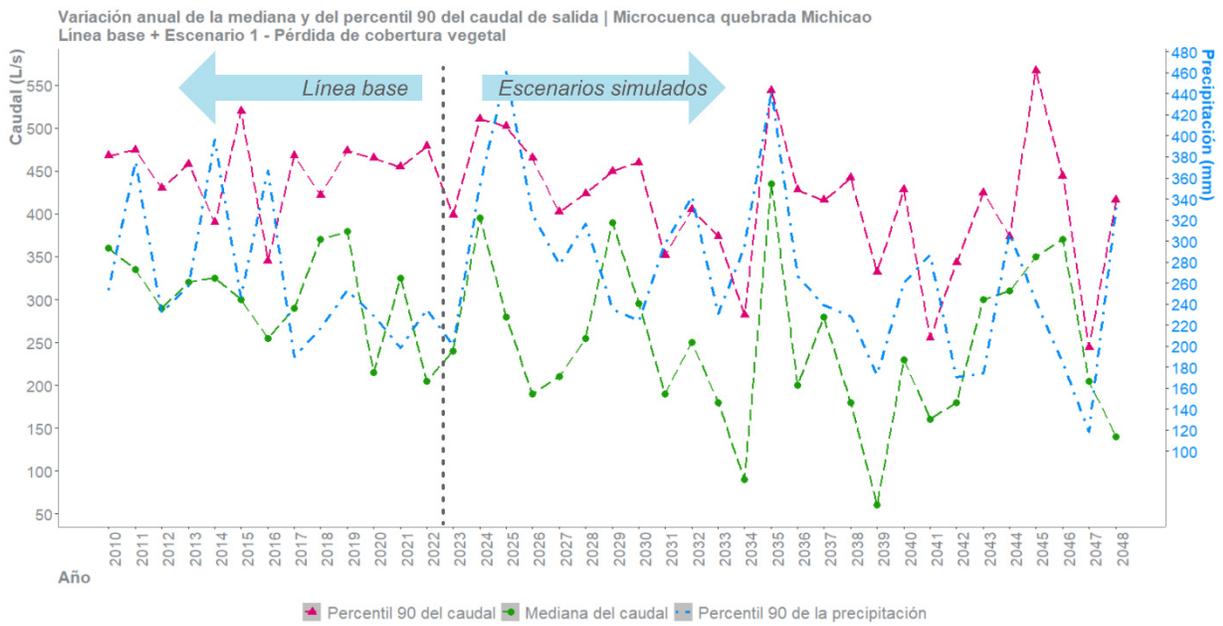
Figura F-7. Mediana del rendimiento de sedimentos en las microcuencas de la subcuenca del río Palacé

Adicionalmente, el incremento de la urbanización es el cambio del uso del suelo que influencia más la producción de sedimentos por área de las microcuencas, particularmente aquellas que están ubicadas en la zona más baja de la subcuenca (lado izquierdo – sur de las figuras - No. 1, 9, 16 y 36) se encuentran en los rangos más altos de rendimiento de sedimentos. En cuanto a los valores absolutos del rendimiento de los sedimentos, es notorio que la mediana de este parámetro es menor en los escenarios simulados que en la línea base, lo cual refleja las limitaciones del modelo relacionadas con la ausencia de datos primarios de sedimentos a ser usados como datos de entrada al modelo. En términos cualitativos, el escenario tres, el cual incluye la pérdida de cobertura vegetal e incremento de la urbanización simultáneamente, es el que impacta más el rendimiento de sedimentos.

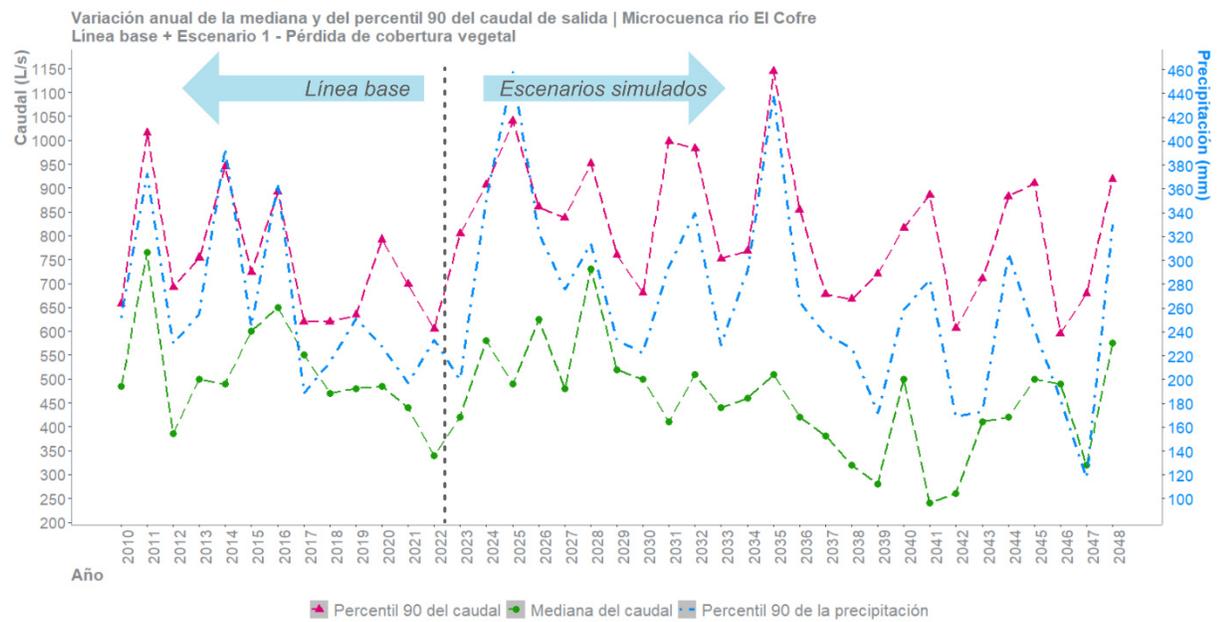
3.2 VARIACIONES ANUALES EN TRES MICROCUENCAS

3.2.1 Escenario 1: pérdida de la cobertura vegetal

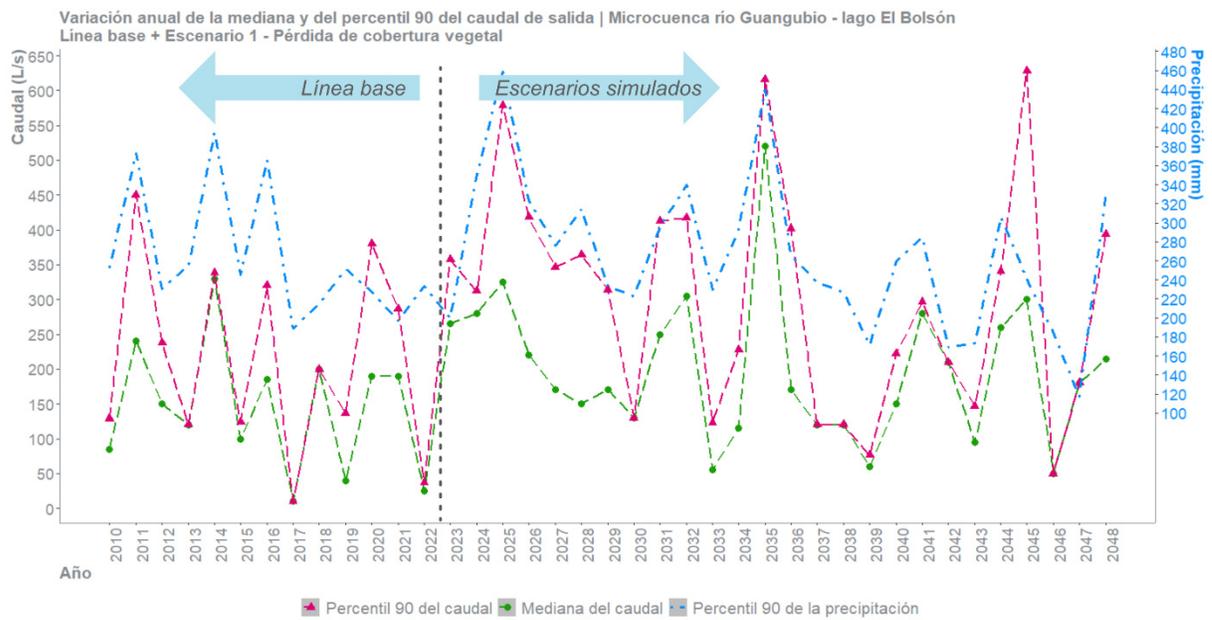
La Figura F-8 muestra la variación del caudal y de la precipitación en las microcuencas de la quebrada Michicao y los ríos El Cofre y Guanguibío / lago El Bolsón, para el periodo 2010 – 2048, correspondiente al escenario de pérdida de cobertura vegetal en la subcuenca del río Palacé. Estos resultados evidencian que las variaciones de los valores de precipitación coinciden, en la mayoría de los años, con las variaciones del caudal de salida del afluente principal en cada microcuenca. Por otra parte, la pérdida de cobertura vegetal podría incrementar los valores picos de caudal, tanto máximos como mínimos, lo cual representaría condiciones más drásticas de exceso y escasez de agua. Esto confirma la importancia de los ecosistemas naturales, incluyendo los bosques, para la regulación de los regímenes hídricos en las cuencas.



a) Microcuenca quebrada Michicao



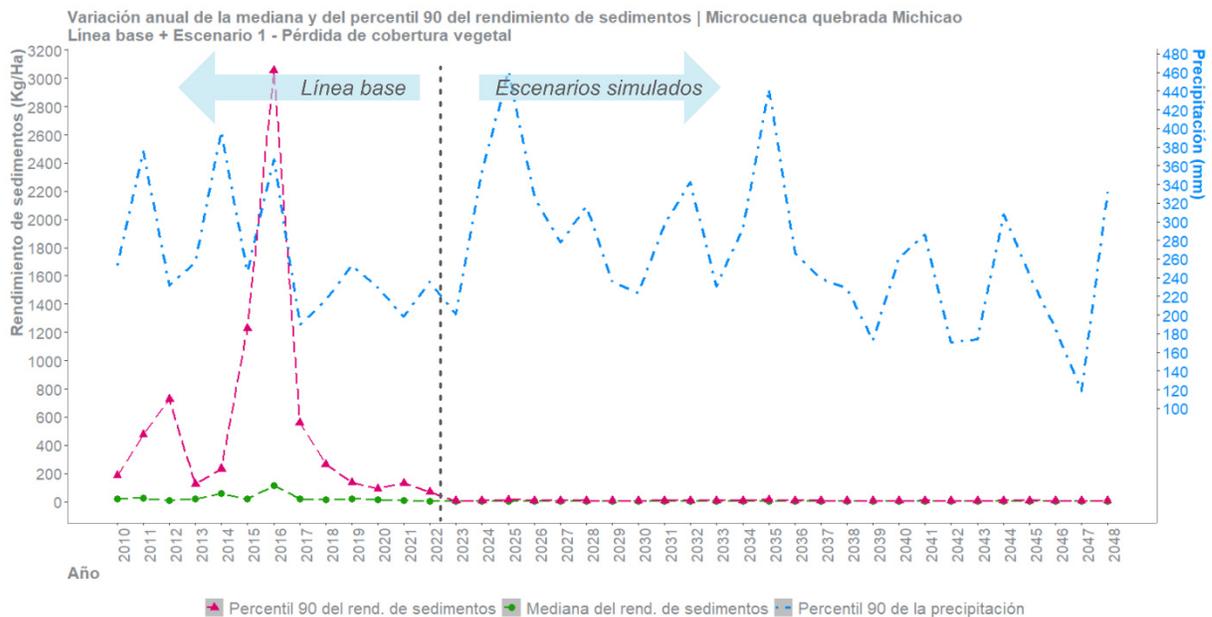
b) Microcuenca río El Cofre



c) Microcuenca río Guangubio / Lago El Bolsón

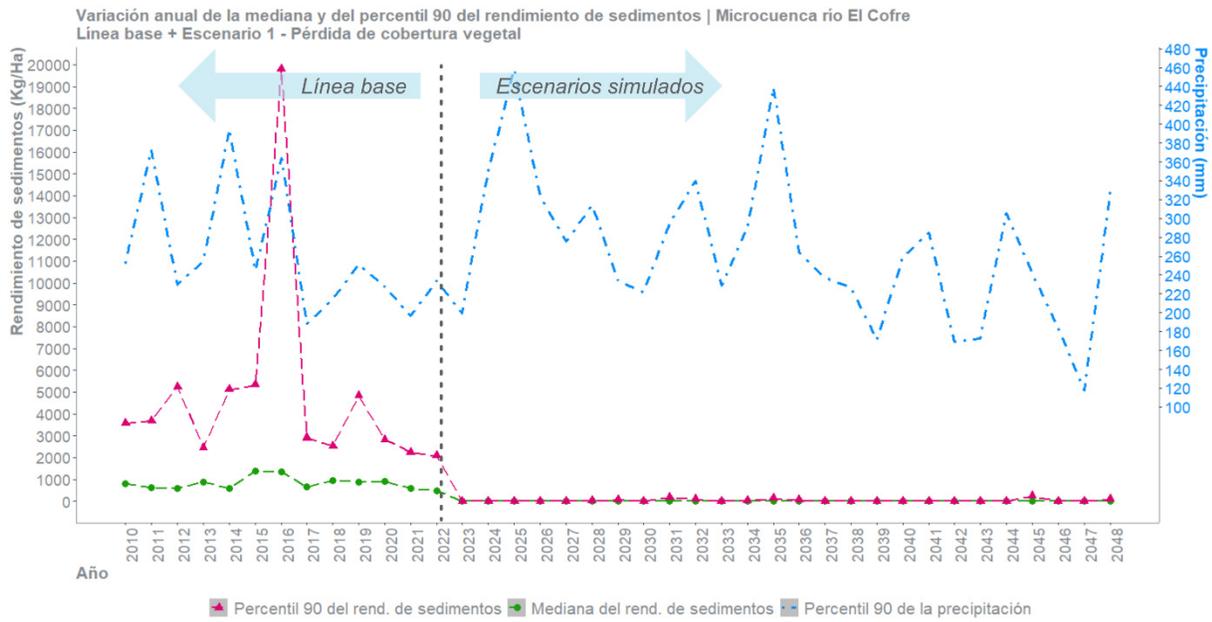
Figura F-8. Variación del caudal entre los años 2010 – 2048. Línea base y escenario de pérdida de cobertura vegetal

En la Figura F-9 se observa la variación anual del rendimiento de sedimentos¹¹ (percentil 90 y mediana). Si bien el periodo de línea base (2010 – 2048) presenta valores máximos y mínimos del rendimiento de sedimentos, esta variable para el periodo proyectado bajo el escenario de pérdida de cobertura vegetal resultó en valores muy bajos, los cuales se observan como una línea horizontal con baja variación dada la escala de la Figura F-9, a pesar de que la precipitación sí presenta variaciones típicas simuladas a partir de los registros históricos.

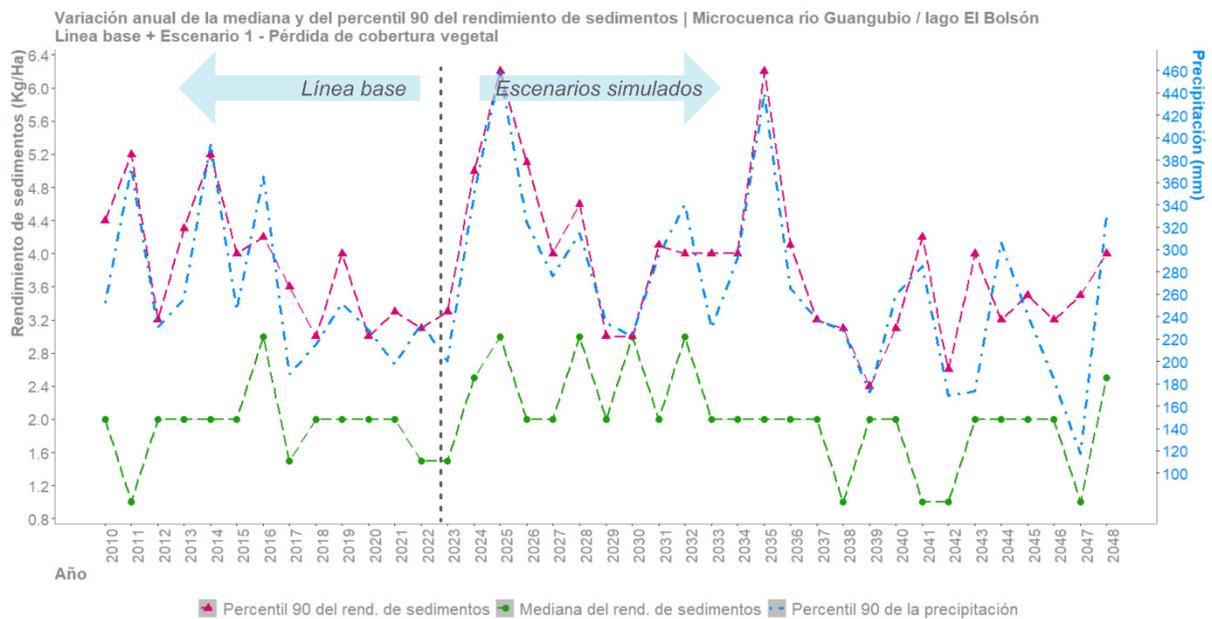


¹¹ El rendimiento de sedimentos puede entenderse como la producción de sedimentos en kilogramos por unidad de área de la microcuenca en hectáreas.

a) Microcuenca quebrada Michicao



b) Microcuenca río El Cofre

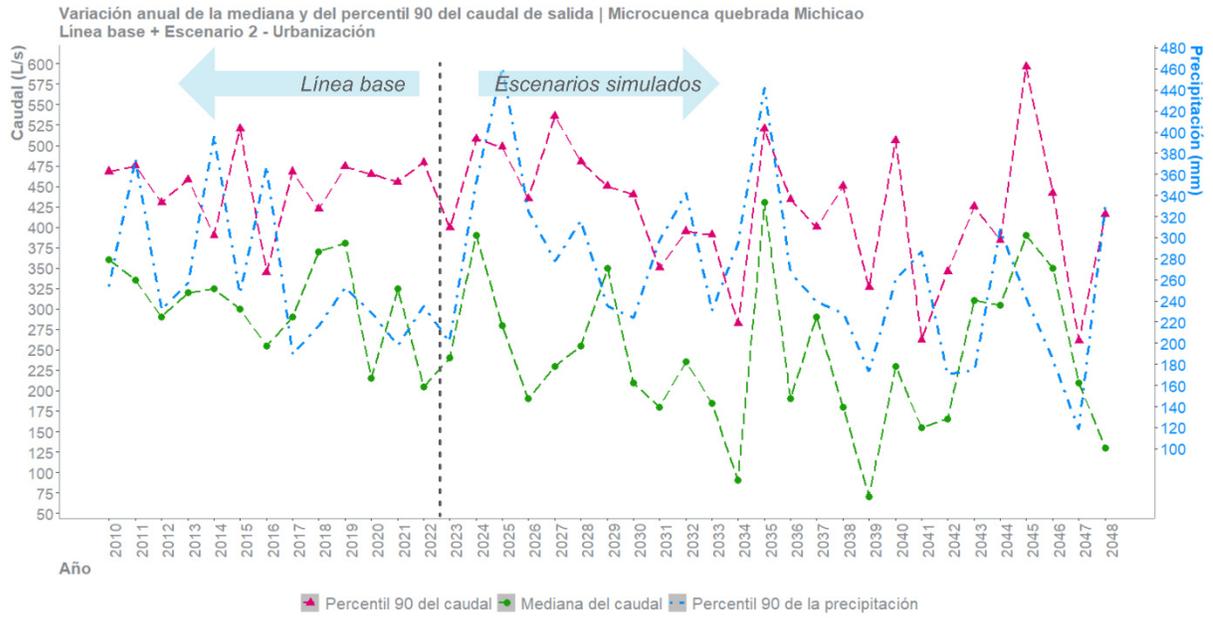


c) Microcuenca río Guangubio / Lago El Bolsón

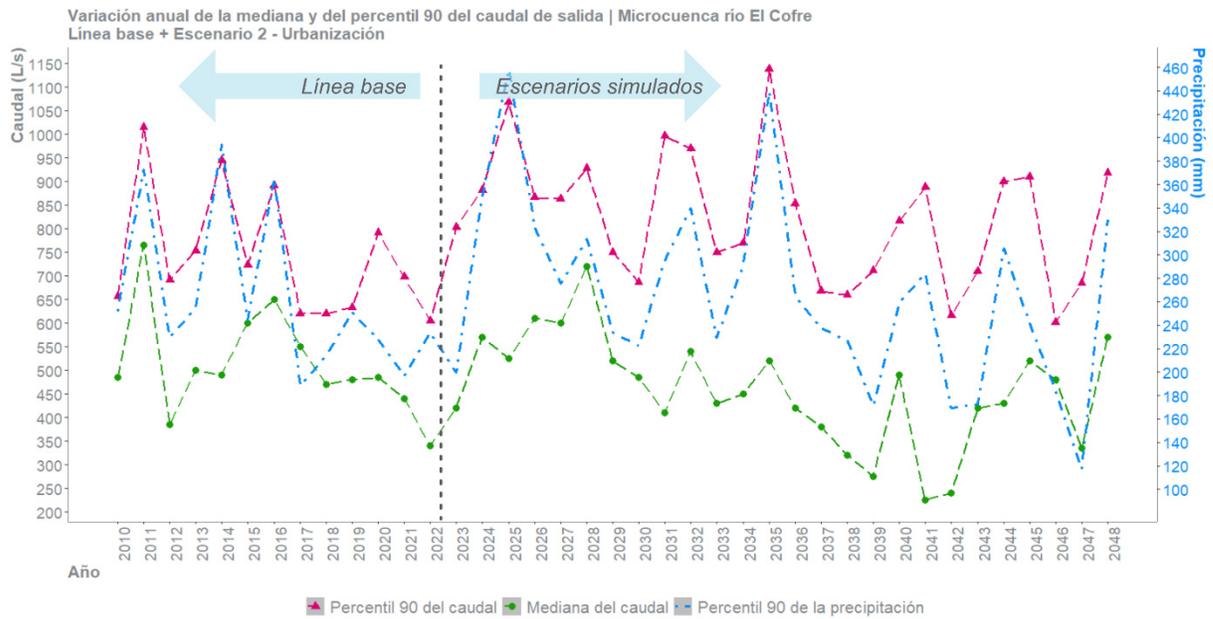
Figura F-9. Variación del rendimiento de sedimentos entre los años 2010 – 2048. Línea base y escenario de pérdida de la cobertura vegetal

3.2.2 Escenario 2: incremento de la urbanización

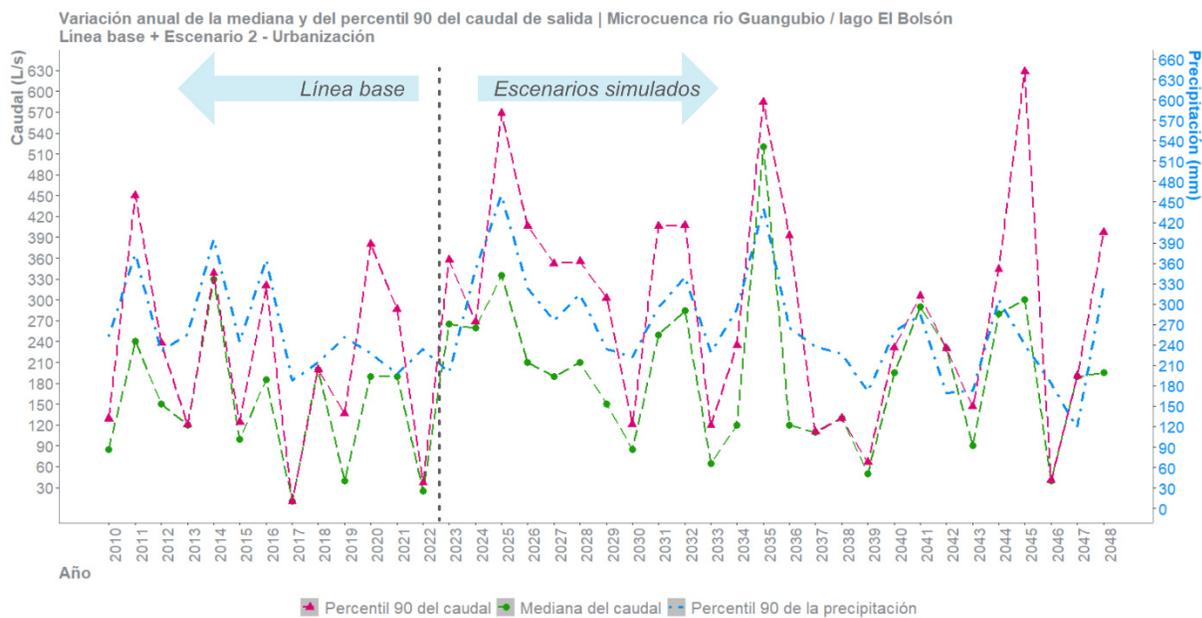
La Figura F-10 muestra las curvas de variación del caudal y la precipitación bajo el escenario de incremento de la urbanización en las veredas La Capilla, La Venta y El Cairo. Similar al escenario anterior, el incremento de la urbanización también intensifica, en comparación a la línea base, los valores máximos y mínimos del caudal. Es decir, los valores máximos son más altos y los mínimos son más bajos en el periodo 2023 – 2048.



a) Microcuenca quebrada Michicao



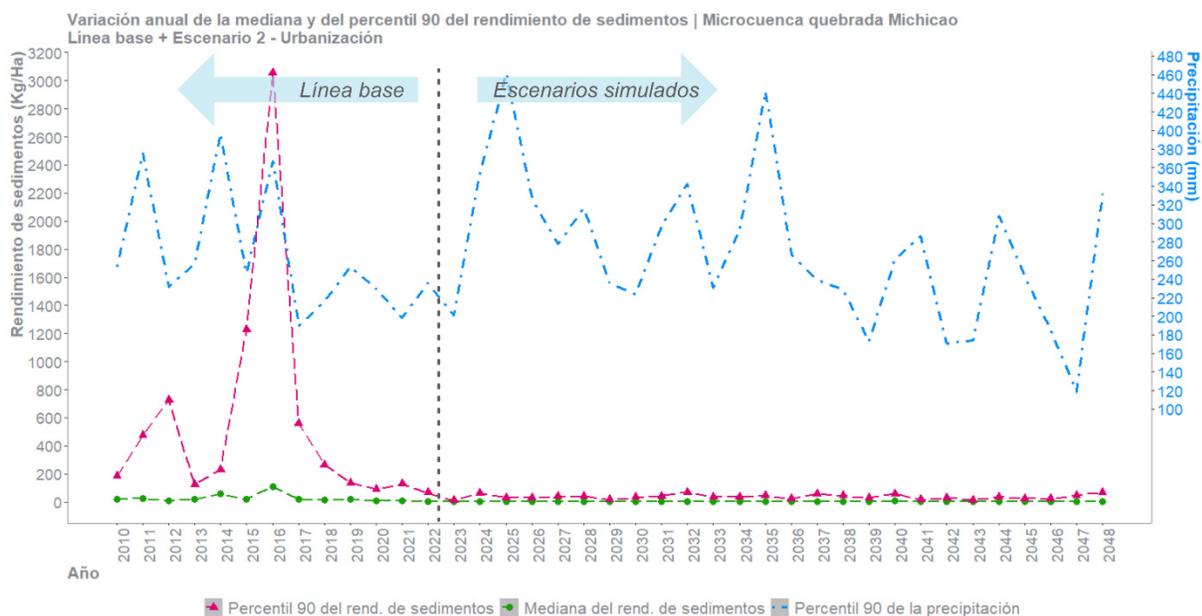
b) Microcuenca río El Cofre



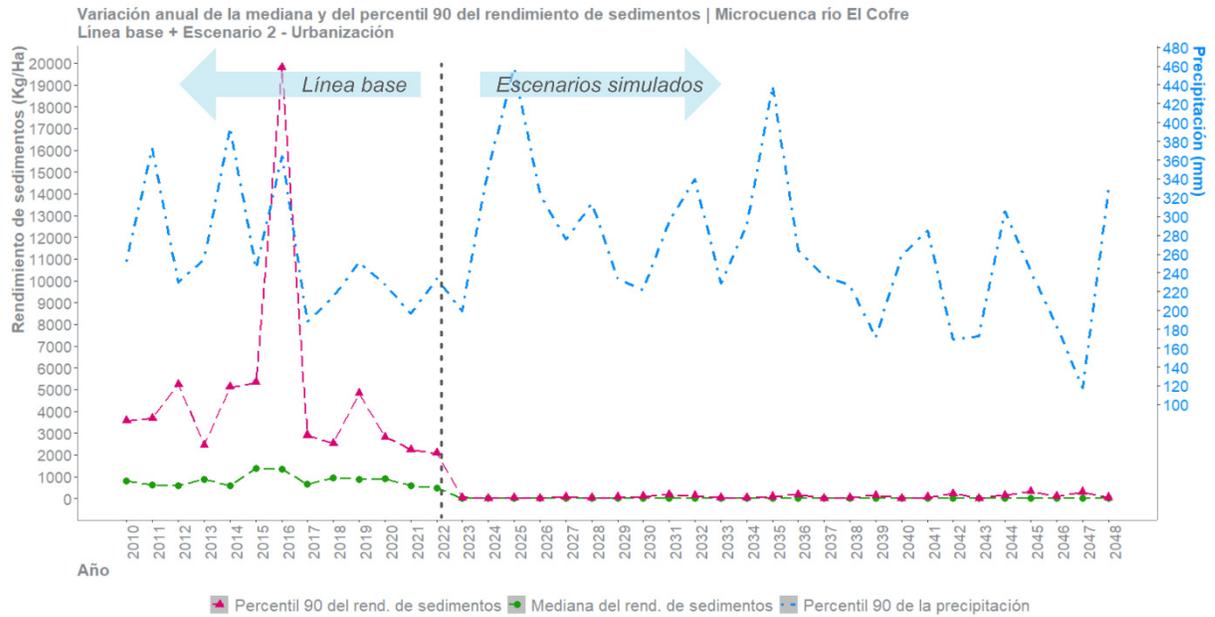
c) Microcuenca río Guangubio / Lago El Bolsón

Figura F-10. Variación del caudal entre los años 2010 – 2048. Línea base y escenario de incremento de la urbanización en las veredas La Capilla, La Venta y El Cairo

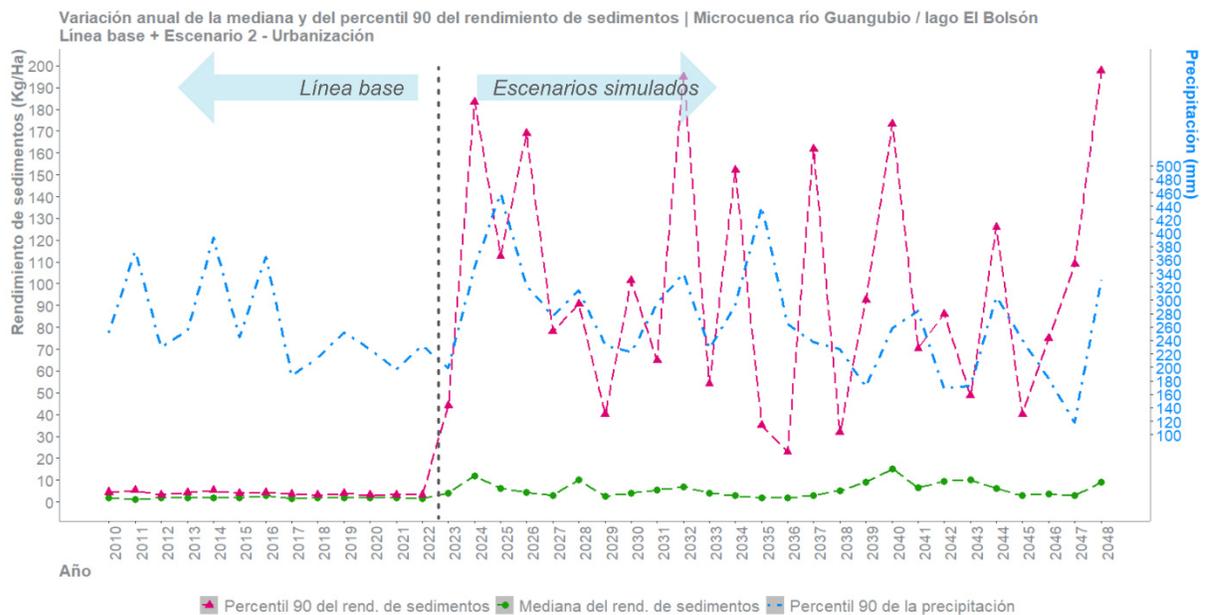
La Figura F-11 presenta la variación del rendimiento de sedimentos en las tres microcuencas consideradas para este análisis bajo el escenario de incremento de la urbanización en las veredas La Capilla, La Venta y El Cairo. Así pues, los valores de esta variable también son muy bajos en las microcuencas de la quebrada Michicao y río El Cofre. Sin embargo, en la microcuenca del río Guangubio / lago El Bosón, el incremento de la urbanización sí muestra un efecto notorio sobre el aumento de sedimentos. Esto se observa particularmente en los valores del percentil 90.



a) Microcuenca quebrada Michicao



b) Microcuenca río El Cofre

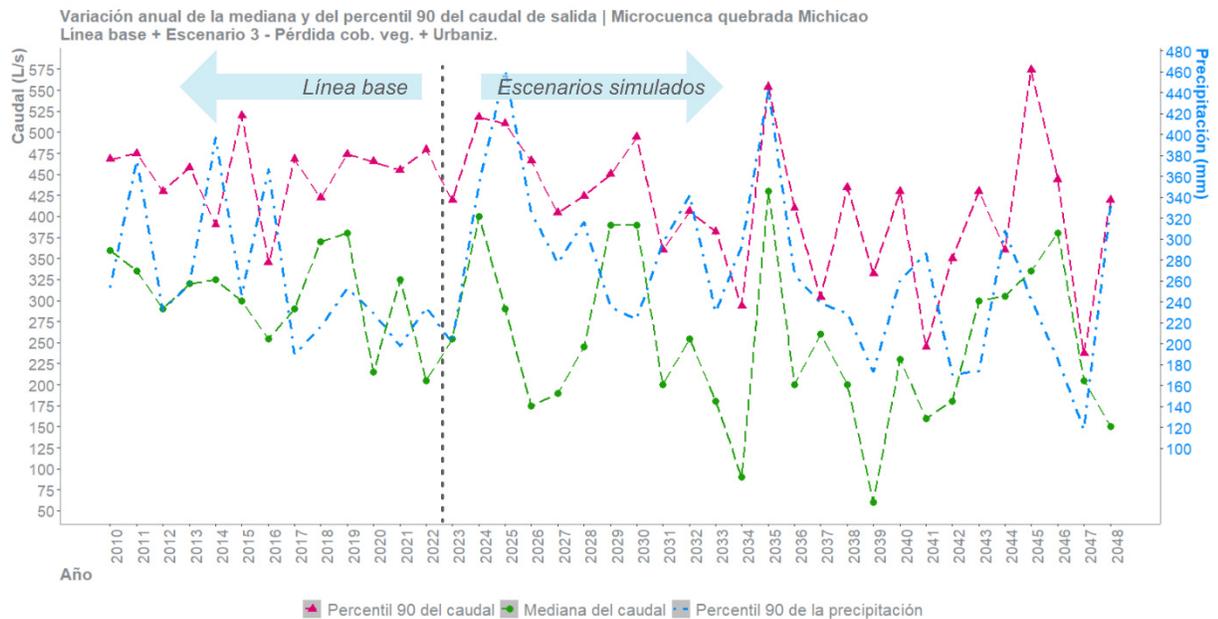


c) Microcuenca río Guanguibio / Lago El Bolsón

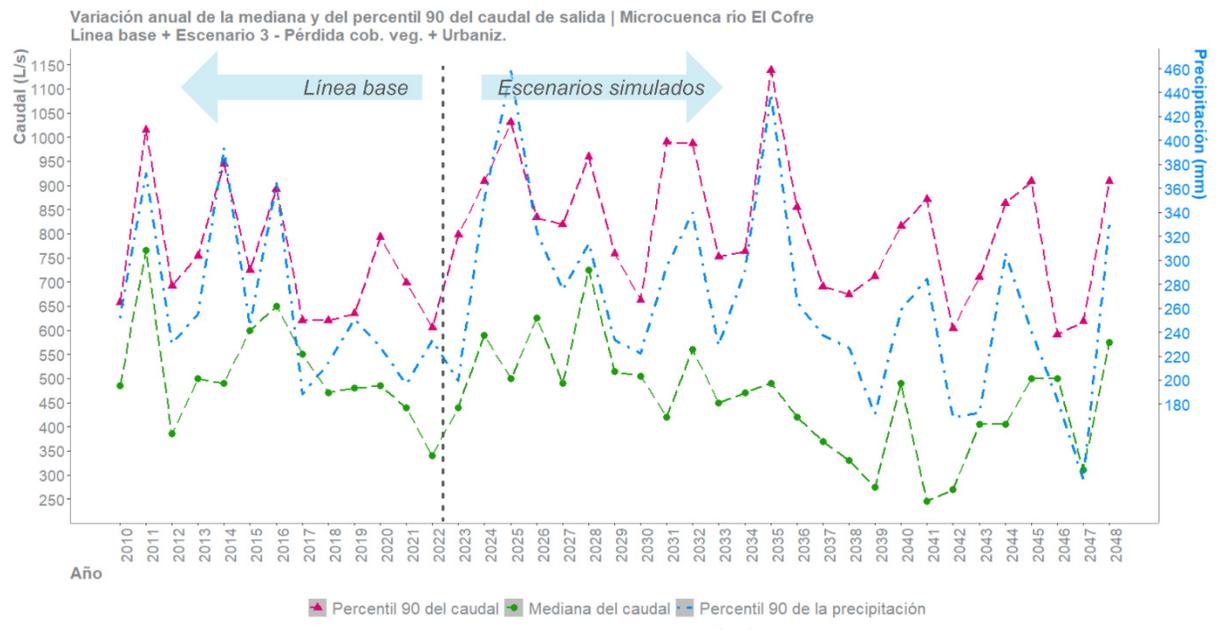
Figura F-11. Variación del rendimiento de sedimentos entre los años 2010 – 2048. Línea base y escenario de incremento de la urbanización en las veredas La Capilla, La Venta y El Cairo

3.2.3 Escenario 3: pérdida de la cobertura vegetal e incremento de la urbanización

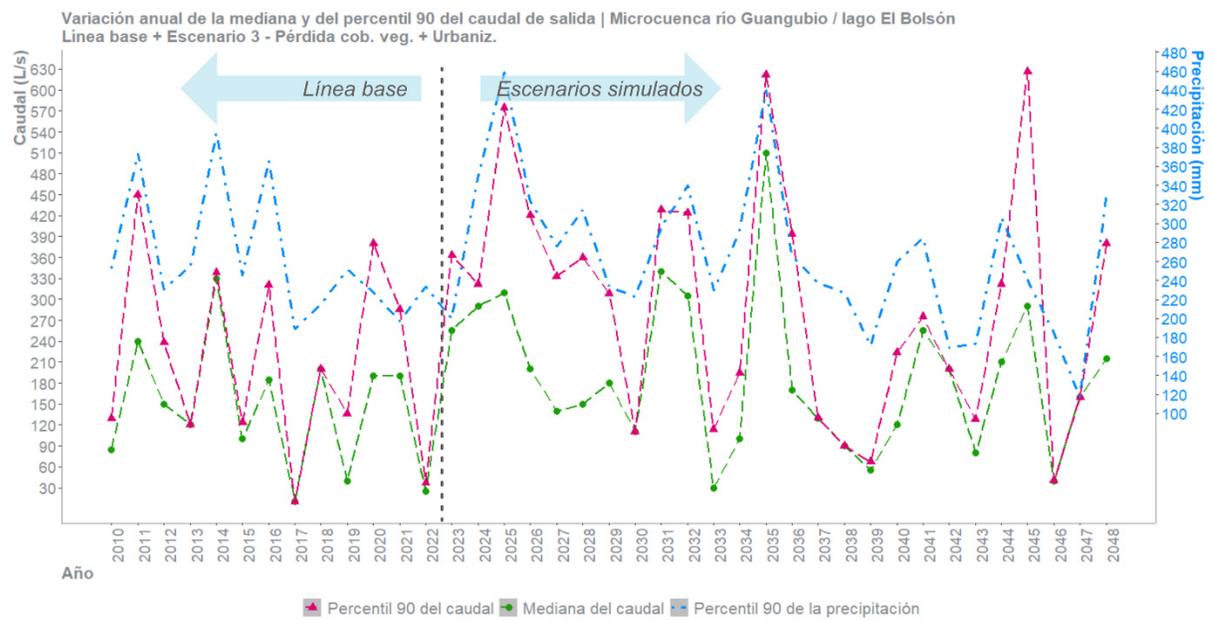
La variación del caudal en el escenario 3, que incorpora la pérdida de cobertura vegetal y aumento de la urbanización en las veredas La Capilla, La Venta y El Cairo, se muestra en la Figura F-12. Al igual que en los escenarios 1 y 2, ambas condiciones sucediendo simultáneamente también causa que los valores picos máximos y mínimos de caudal en el periodo 2023 – 2048 se intensifiquen en el futuro.



a) Microcuenca quebrada Michicao



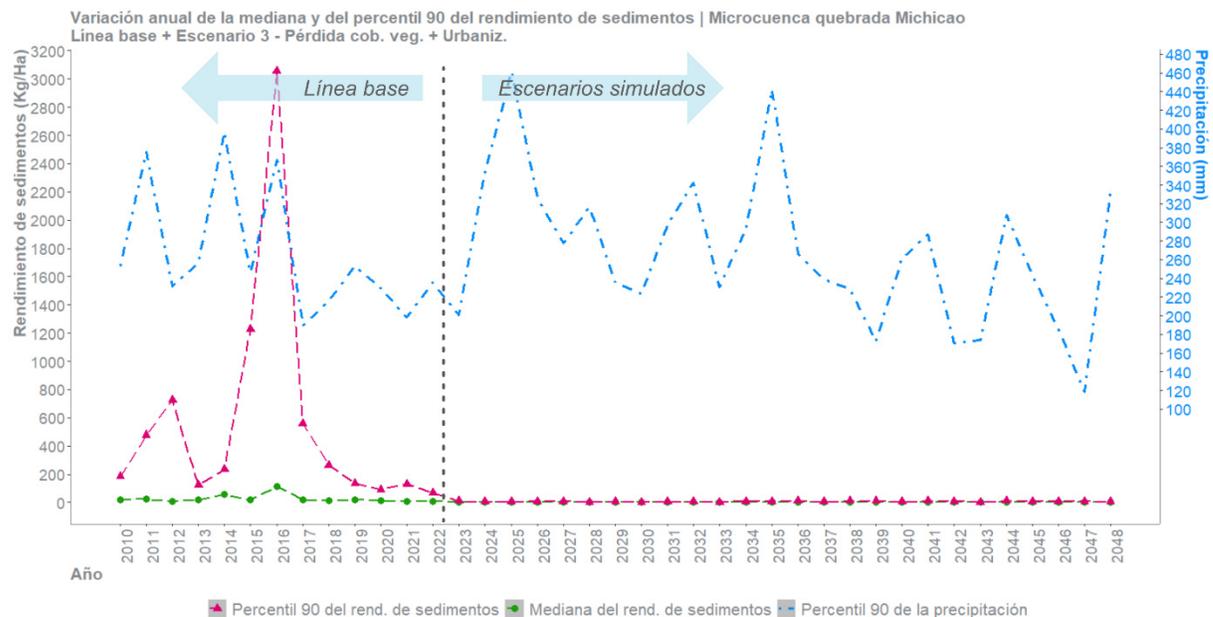
b) Microcuenca río El Cofre



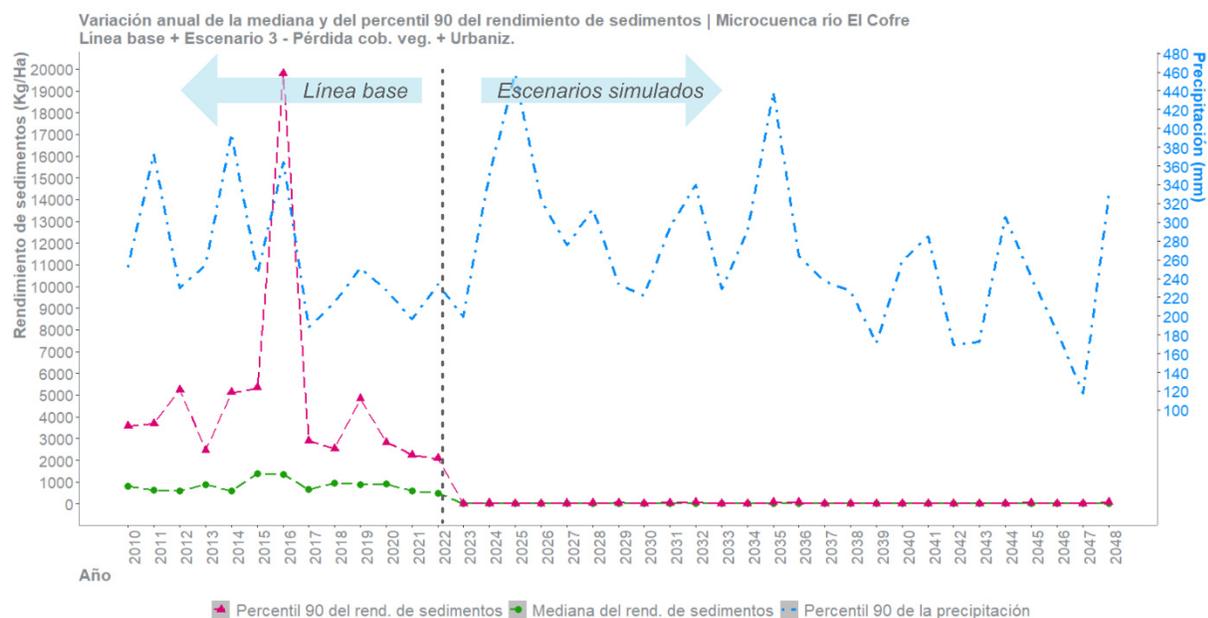
c) Microcuenca río Guangubio / Lago El Bolsón

Figura F-12. Variación del caudal entre los años 2010 – 2048. Línea base y escenario de pérdida de cobertura vegetal e incremento de la urbanización en las veredas La Capilla, La Venta y El Cairo

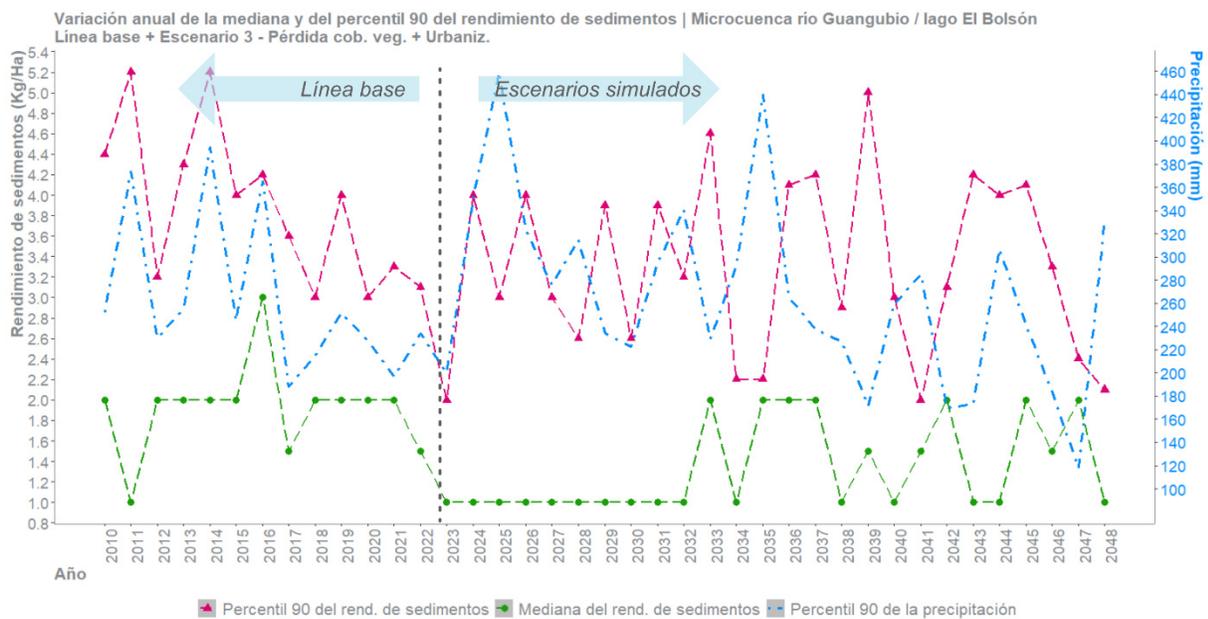
En Figura F-13 se observa la variación anual del rendimiento de sedimentos, para el periodo 2010 – 2048, bajo el escenario de pérdida de cobertura vegetal y aumento de la urbanización en las veredas La Capilla, La Venta y El Cairo ocurriendo simultáneamente. El efecto de estos cambios en el uso del suelo se observa únicamente en la microcuenca del río Guangubio / lago El Bolsón; particularmente en los valores del percentil 90.



a) Microcuenca quebrada Michicao



b) Microcuenca río El Cofre



c) Microcuenca río Guangubio / Lago El Bolsón

Figura F-13. Variación del rendimiento de sedimentos entre los años 2010 – 2048. Línea base y escenario de pérdida de cobertura vegetal e incremento de la urbanización en las veredas La Capilla, La Venta y El Cairo

3.3 VARIACIONES TEMPORALES DEL CAUDAL Y RENDIMIENTO DE SEDIMENTOS EN TRES MICROCUENCAS

Con el fin de refinar el análisis de resultados, revisamos el comportamiento del promedio mensual de caudal (Figura F-14) y rendimiento de sedimentos (Figura F-15), en el periodo 2010 – 2048, para las microcuencas quebrada Michicao y ríos El Cofre y Guangubio / lago El Bolsón. Se seleccionaron algunos meses representativos de las temporadas lluviosas anuales, las cuales corresponden al periodo febrero – abril y octubre – diciembre (Figura F-16).

En general, se observa que el efecto de los cambios en los usos del suelo sobre el caudal y el rendimiento de sedimentos es similar. Esto se ve en las curvas que se superponen casi exactamente unas sobre otras en el periodo 2023 – 2048. Sin embargo, el escenario de incremento de la urbanización tiene un impacto más notorio sobre el rendimiento de sedimentos en las microcuencas quebrada Michicao y río Guangubio / lago El Bolsón, ya que estos se aumentan en el periodo 2023 – 2048. Como se observó con los valores de la mediana y percentil 90 anuales del caudal de salida de las tres microcuencas, los promedios mensuales de los meses lluviosos muestran que los cambios en el uso del suelo podrían incrementar el rango de variación del caudal en el futuro, en comparación con la línea base. Es decir, que los valores más bajos se reducen aun más y los más altos se incrementan.

Cabe destacar que, en los meses de temporada seca, el caudal y el rendimiento de sedimentos se reducen, pero el modelo no puede reproducir valores consistentes en condiciones de pocas lluvias. Un ejemplo de esto se muestra en la Figura F-17a para el mes de julio en la microcuenca río El Cofre. En el capítulo 4 discutimos las limitaciones del modelo hidrológico disponible para la subcuenca del río Palacé.

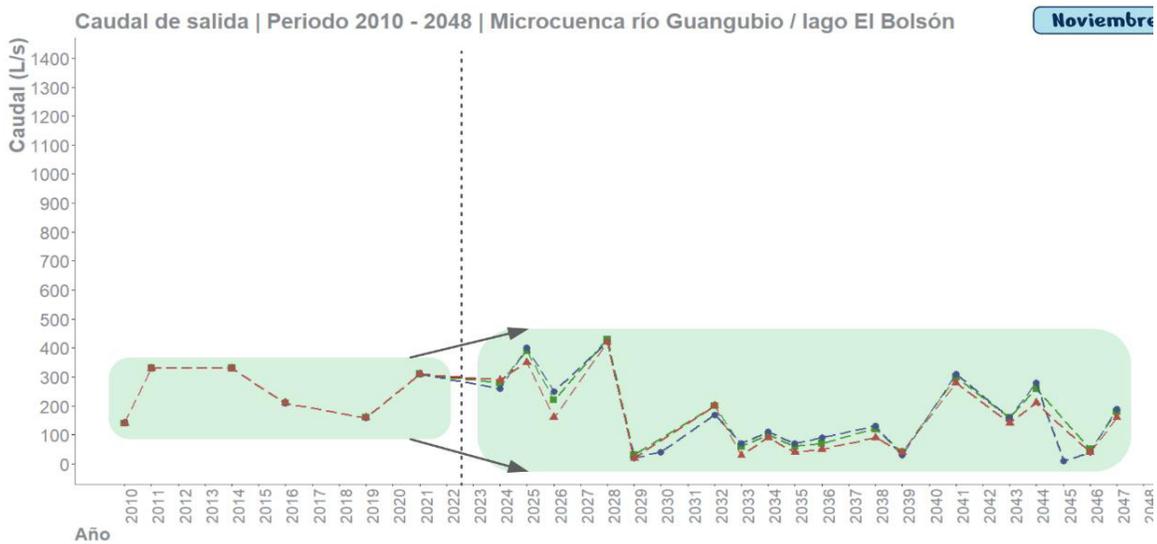
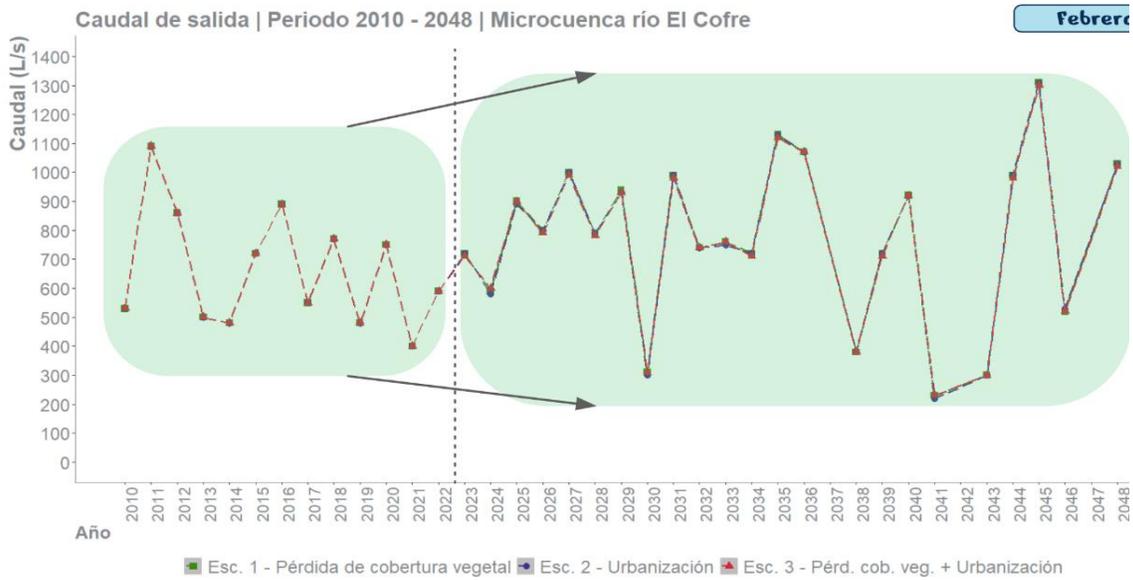
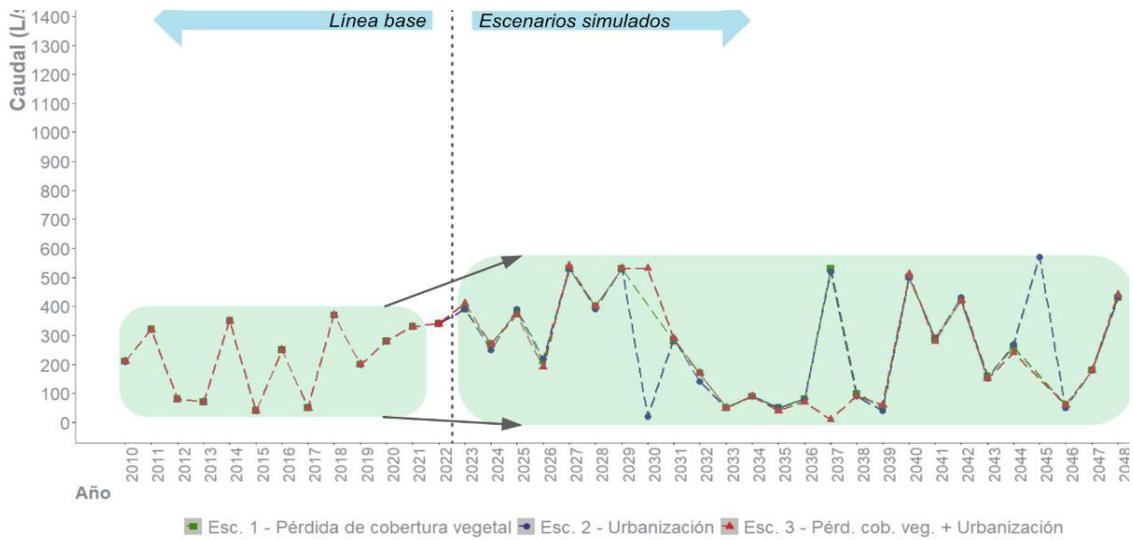


Figura F-14. Variaciones temporales del promedio mensual del caudal en las microcuencas quebrada Michicao y ríos El Cofre y Guangubio / lago El Bolsón

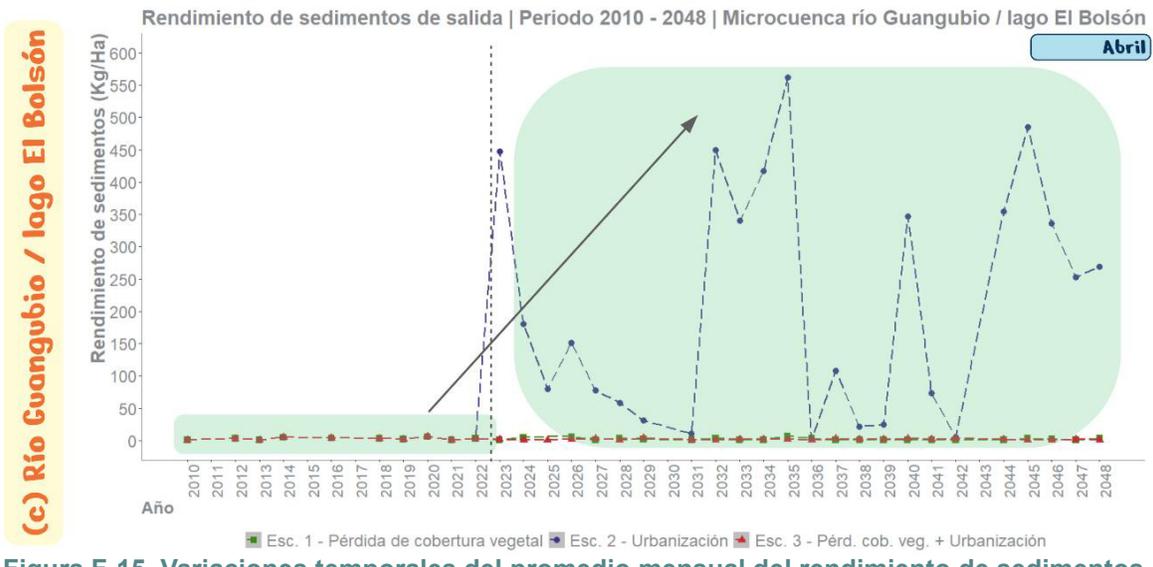
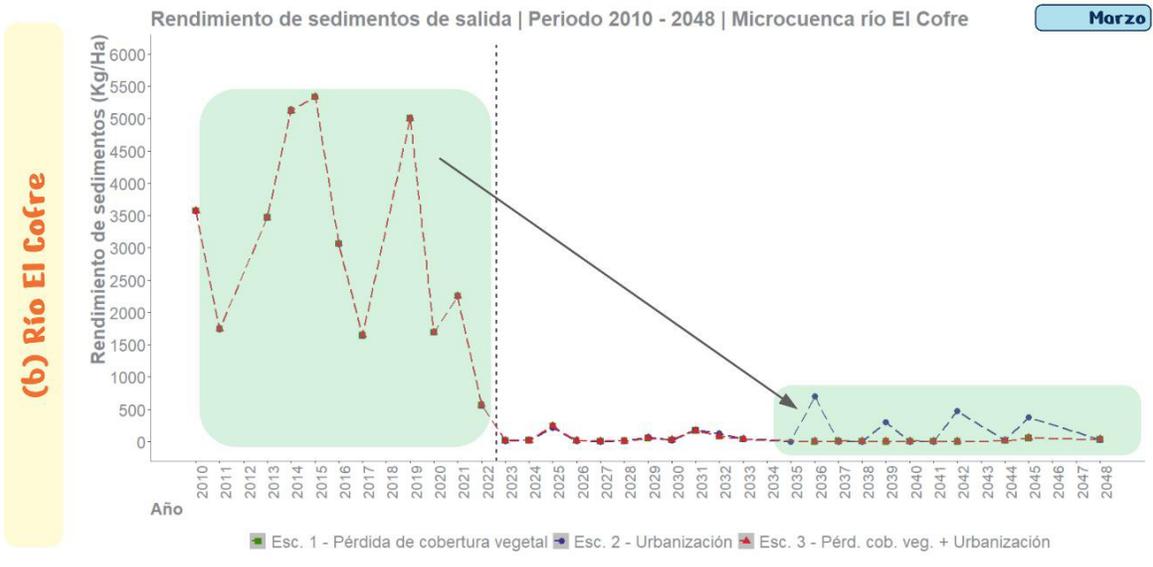
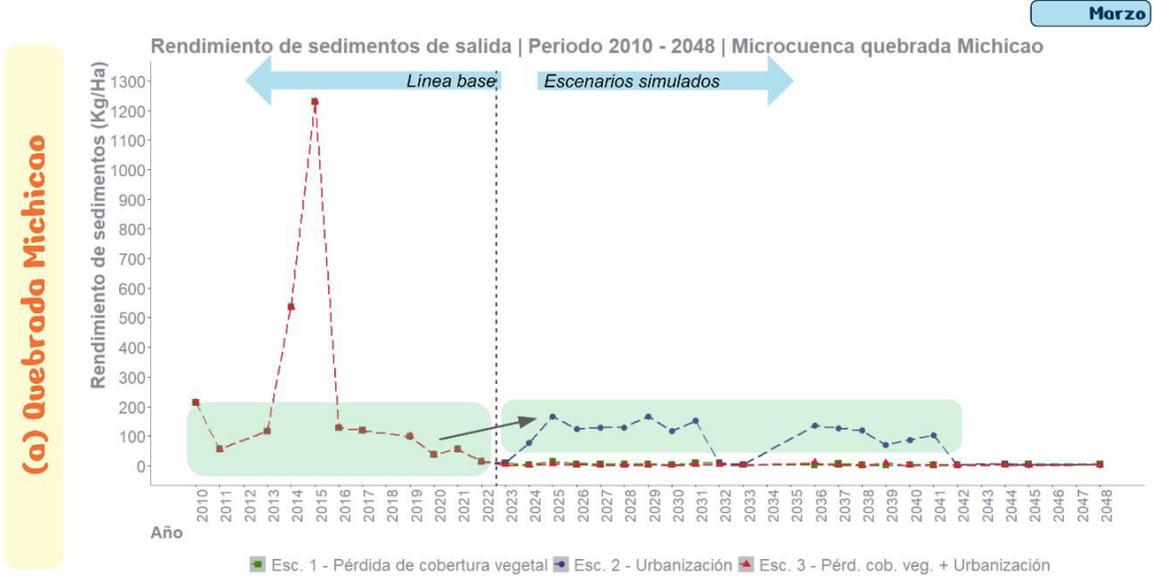


Figura F-15. Variaciones temporales del promedio mensual del rendimiento de sedimentos en las microcuencas quebrada Michicao y ríos El Cofre y Guangubio / lago El Bolsón

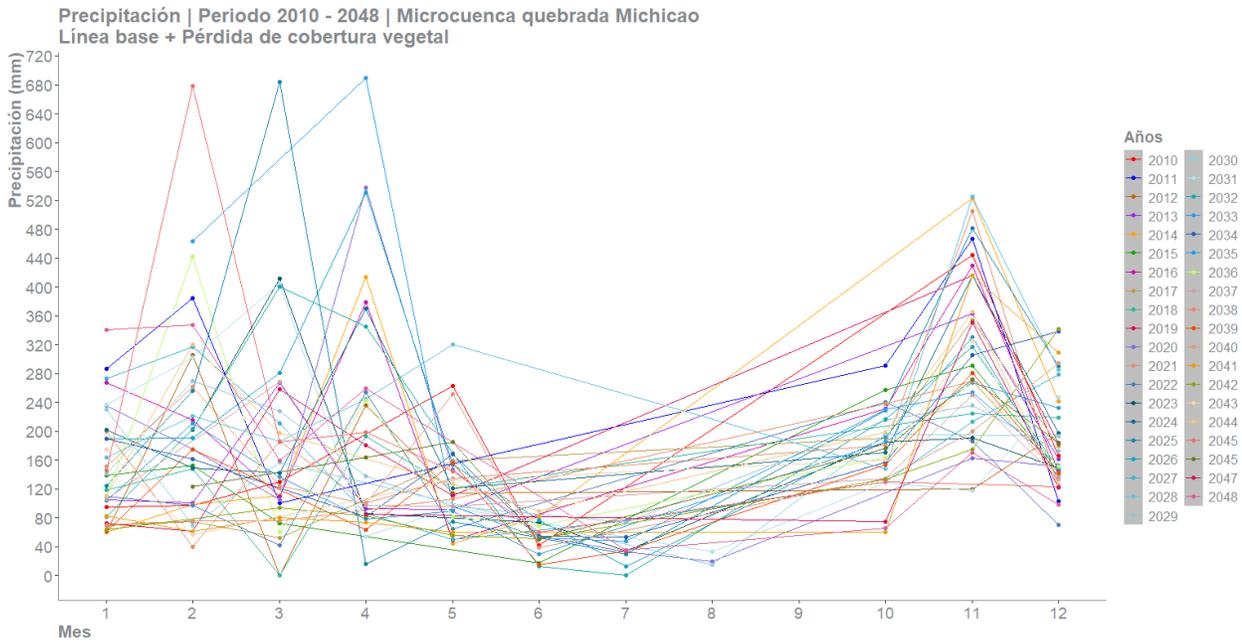


Figura F-16. Variación del promedio mensual de la precipitación en el periodo 2010 – 2048 en la microcuenca quebrada Michicao

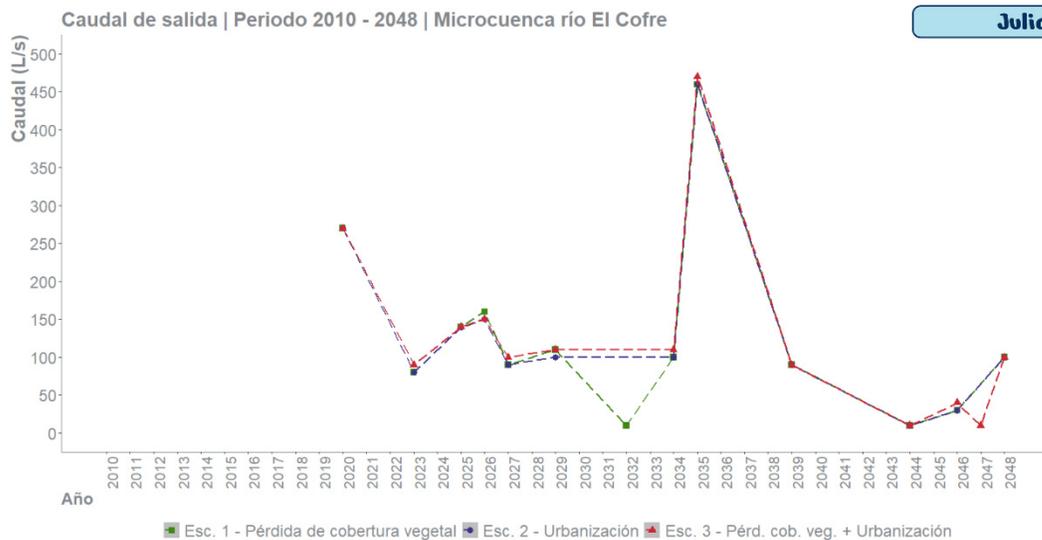


Figura F-17. Variación temporal del promedio mensual en julio del caudal en la microcuenca río El Cofre durante el periodo 2010 - 2048

4 DISCUSIÓN DE RESULTADOS

A través de un modelo hidrológico, basado en el software SWAT, para la subcuenca del río Palacé fue posible simular los caudales promedios y sus medianas mensuales en la mayoría de las 62 microcuencas. Tales caudales fueron simulados para las condiciones de la línea base (2010 – 2022) y tres escenarios futuros de cambios de uso del suelo (2023 – 2048). Los caudales promedio de salida del año 2023 de cada una de las tres microcuencas consideradas en este estudio fueron usados para calcular el índice de escasez de agua.

El modelo pudo predecir los caudales futuros bajo escenarios de cambios de uso del suelo, encontrándose que dichos escenarios ocasionan que el rango de variación sea más amplio, donde los valores mínimos se hacen aún más pequeños y los valores máximos más altos. Sin embargo, el modelo no permitió identificar diferencias en los caudales de los cuerpos principales entre los escenarios simulados en la mayoría de las microcuencas y, en particular, de las tres microcuencas de interés. Trabajos similares realizados, por ejemplo, en cuencas ubicadas en China¹² y en Irán¹³ también encontraron que cambios en los usos del suelo como la deforestación e incremento de las zonas urbanas y los cultivos aumentan el caudal en la cuenca (caudal del cauca principal o escorrentía).

En el caso del rendimiento de sedimentos, tampoco se observaron diferencias marcadas entre los tres escenarios. Sin embargo, sí se notaron diferencias marcadas en el escenario de incremento de la urbanización sobre el aumento del rendimiento de sedimentos, principalmente en la microcuenca río Guangubio / lago El Bolsón y las microcuencas ubicadas en la zona más baja del área de estudio (No. 1, 9, 16 y 36). Estudios realizados en cuencas hidrográficas de diversas ubicaciones geográficas como Etiopía^{14,15}, Tanzania¹⁶, China¹⁷, India¹⁸ e Irán¹⁹ encontraron que los sedimentos se incrementan cuando el uso del suelo cambia, principalmente por creación de más zonas urbanas, deforestación o aumento de las áreas cultivadas.

Una posible explicación de que el actual modelo disponible para simular la cuenca del río Palacé no arrojó resultados concluyentes de los efectos de la pérdida de la cobertura vegetal e incremento de la pérdida de vegetación sobre la cantidad de agua (caudal de salida del cuerpo principal de agua) y calidad de agua (sedimentos) estaría relacionada con la baja resolución del modelo de elevación digital, lo cual reduce la precisión de los cálculos, particularmente de las microcuencas pequeñas. Adicionalmente, como se explicó en la metodología, los datos de

¹² Wang, J., Wang, H., Ning, S., & Hiroshi, I. (2018). Predicting future land cover change and its impact on streamflow and sediment load in a trans-boundary river basin. *Proceedings of the International Association of Hydrological Sciences*, 379, 217–222. <https://doi.org/10.5194/piahs-379-217-2018>.

¹³ Aghsaei, H., Mobarghaee Dinan, N., Moridi, A., Asadolahi, Z., Delavar, M., Fohrer, N., & Wagner, P. D. (2020). Effects of dynamic land use/land cover change on water resources and sediment yield in the Anzali wetland catchment, Gilan, Iran. *Science of The Total Environment*, 712, 136449. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.136449>.

¹⁴ Chelkeba Tumsa, B. (2023). The Response of Sensitive LULC Changes to Runoff and Sediment Yield in a Semihumid Urban Watershed of the Upper Awash Subbasin Using the SWAT+ Model, Oromia, Ethiopia. *Applied and Environmental Soil Science*, 2023(1), 6856144. <https://doi.org/https://doi.org/10.1155/2023/6856144>.

¹⁵ Regasa, M. S., & Nones, M. (2023). SWAT model-based quantification of the impact of land use land cover change on sediment yield in the Fincha watershed, Ethiopia. *Frontiers in Environmental Science*, 11, 1146346. <https://doi.org/10.3389/FENVS.2023.1146346/BIBTEX>.

¹⁶ Chilagane, N. A., Kashaigili, J. J., Mutayoba, E., Lyimo, P., Munishi, P., Tam, C., Burgess, N., Chilagane, N. A., Kashaigili, J. J., Mutayoba, E., Lyimo, P., Munishi, P., Tam, C., & Burgess, N. (2021). Impact of Land Use and Land Cover Changes on Surface Runoff and Sediment Yield in the Little Ruaha River Catchment. *Open Journal of Modern Hydrology*, 11(3), 54–74. <https://doi.org/10.4236/OJMH.2021.113004>.

¹⁷ Wang, J., Wang, H., Ning, S., & Hiroshi, I. (2018). Predicting future land cover change and its impact on streamflow and sediment load in a trans-boundary river basin. *Proceedings of the International Association of Hydrological Sciences*, 379, 217–222. <https://doi.org/10.5194/piahs-379-217-2018>.

¹⁸ Sinha, R. K., Eldho, T. I., & Subimal, G. (2023). Assessing the impacts of land use/land cover and climate change on surface runoff of a humid tropical river basin in Western Ghats, India. *International Journal of River Basin Management*, 21(2), 141–152. <https://doi.org/10.1080/15715124.2020.1809434>.

¹⁹ Aghsaei, H., Mobarghaee Dinan, N., Moridi, A., Asadolahi, Z., Delavar, M., Fohrer, N., & Wagner, P. D. (2020). Effects of dynamic land use/land cover change on water resources and sediment yield in the Anzali wetland catchment, Gilan, Iran. *Science of The Total Environment*, 712, 136449. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.136449>.

precipitación provienen de una sola estación meteorológica disponible en esta subcuenca y no hay datos primarios de sedimentos para alimentar al modelo y mejorar así la precisión de las simulaciones.

5 CONCLUSIÓN

El modelo hidrológico de la subcuenca del río Palacé permitió identificar que cambios en los usos del suelo podrían alterar las condiciones históricas de los últimos 12 años sobre la disponibilidad física del agua y su calidad. Se recomienda mejorar significativamente el monitoreo hidrometeorológico en las cuencas hidrográficas del departamento del Cauca, así como el acceso público a estos datos para mejorar los modelos de predicción que se desarrollan en el sector académico y de consultoría en ingeniería. Este modelo hidrológico podría ser una herramienta valiosa de gestión del recurso hídrico a largo plazo ya que permite analizar los efectos de cambios del suelo y de las condiciones climáticas provocadas por el calentamiento global.

13.7 ANEXO G
METODOLOGÍA DE CÁLCULO DE LAS TASAS DE PÉRDIDA DE COBERTURA VEGETAL
Y URBANIZACIÓN EN LA SUBCENCA DEL RÍO PALACÉ

ANEXO G: METODOLOGÍA PARA CALCULAR LAS TASAS DE CAMBIO ANUAL DE COBERTURA VEGETAL Y ZONAS CONSTRUIDAS PARA SIMULACIONES HIDROLÓGICAS EN LA SUBCUENCA DEL RÍO PALACÉ

PROCEDIMIENTO PRIMARIO

El cálculo de las tasas de cambio de cobertura vegetal y urbanización en la subcuenca del río Palacé siguió la metodología resumida en la Figura G-1. A continuación, detallamos los aspectos más relevantes de este procedimiento.

1. **Plataforma web.** Este procedimiento se realizó principalmente en la plataforma de Google Earth Engine, el cual es de acceso abierto y gratuito para actividades educativas y de investigación. El procesamiento de las imágenes se realizó a través de un código de programación en lenguaje JavaScript.
2. **Definición del área de estudio.** Esta es una actividad cíclica ya que, idealmente, lo que se quiere es obtener imágenes satelitales que cubran toda el área de estudio y con poca o nula nubosidad, pero esto no siempre es posible. Por lo tanto, entre más grande sea el área, más difícil es obtener imágenes completas de una misma fecha que la cubran completamente. Para definir el área de estudio, empezamos con el polígono que representa el perímetro del municipio de Cajibío y con un rectángulo que encierra dicho polígono. Así, obtuvimos pocas imágenes que cubrieran completamente estas dos áreas.

Dado que el modelo hidrológico SWAT es para la subcuenca del río Palacé, seguimos probando con el polígono que representa a esta subcuenca y con un rectángulo encerrándolo. Obtuvimos entonces más imágenes con mayor cobertura, pero muchas de ellas estaban cortadas por una línea que coincide con el lado oriental de la carretera Silvia – Popayán. Por lo tanto, decidimos reducir el área de estudio a un rectángulo que cubriera una gran porción de la zona occidental de la subcuenca del río Palacé y delimitado por el lado oriental de la carretera Silvia – Popayán (Figura G-2). De esta forma incrementamos las oportunidades de obtener más imágenes que cubrieran toda el área de estudio.

3. **Mosaicos.** El procedimiento incluyó la creación de mosaicos para unir varias imágenes de la misma fecha y así cubrir toda el área de estudio. Así pues, obtuvimos en total 274 imágenes, de las cuales 115 cubren toda el área de estudio.

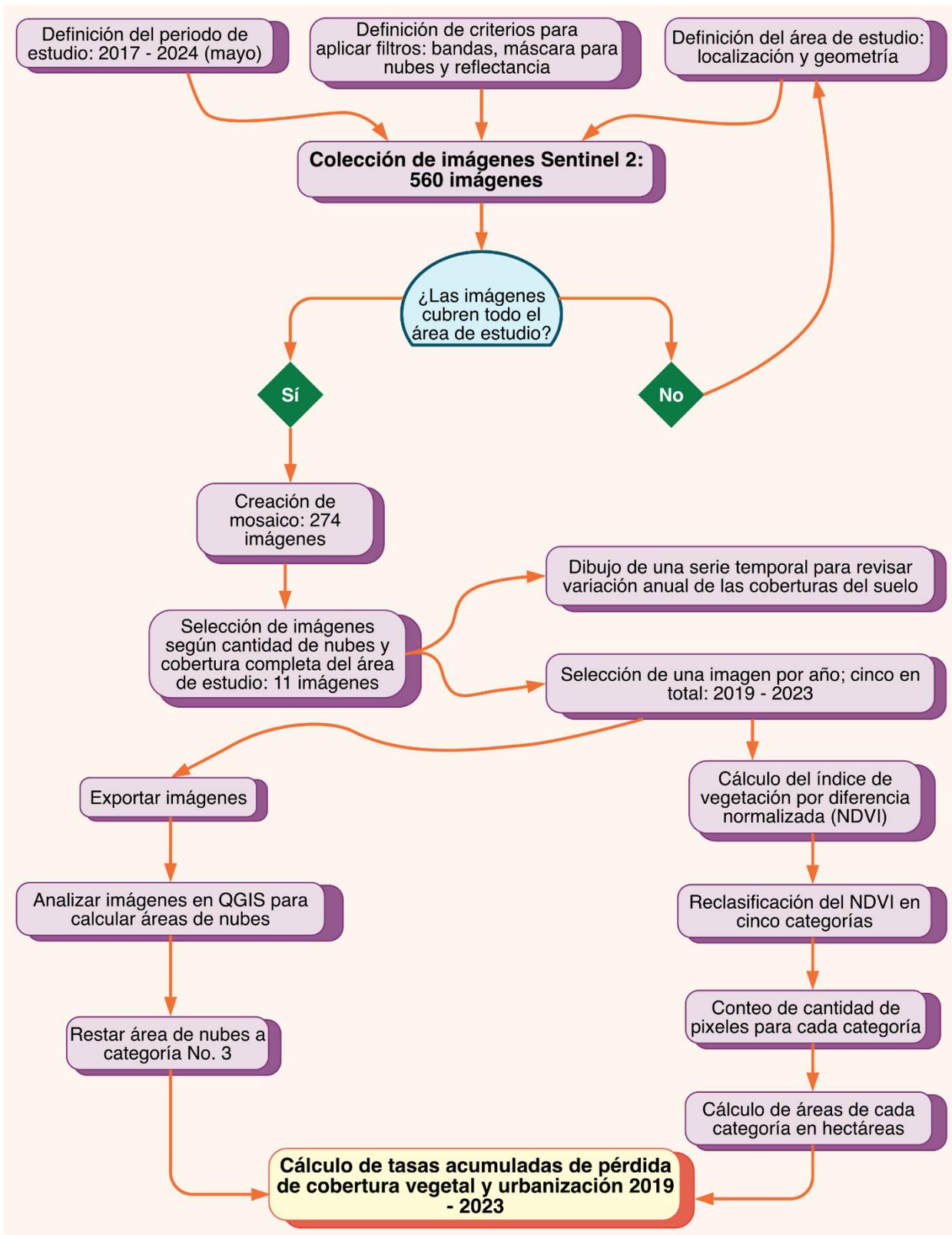


Figura G-1. Esquema metodológico para el cálculo de las tasas de cambio de cobertura vegetal y urbanización en la subcuenca del río Palacé

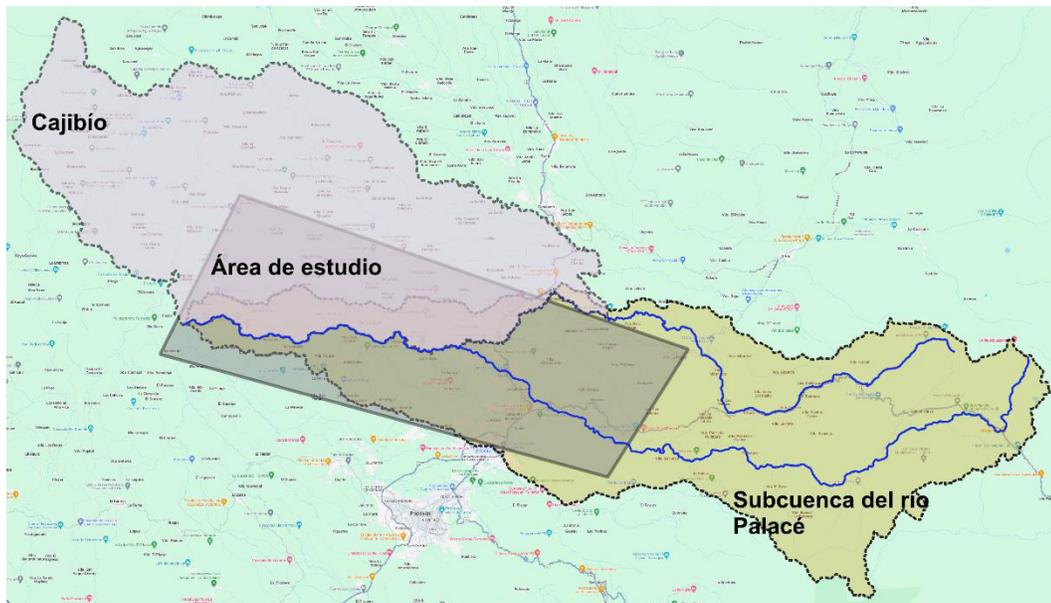


Figura G-2. Área de estudio para calcular las tasas de cambio de cobertura vegetal y urbanización

4. **Cálculo del índice de vegetación por diferencia normalizada (NDVI).** Se utilizó el NDVI, propuesto por Rouse et al. (1974)¹, el cual calcula la diferencia normalizada de la reflectancia de la cobertura o follaje de dos bandas (reflectancia de onda de los casi rojo y reflectancia de la onda roja). Ya que el NDVI está normalizado, el resultado son valores entre -1 y +1. Este índice es ampliamente usado en teledetección ya que su cálculo matemático es sencillo y es menos sensible que otros índices a las propiedades ópticas del suelo y el fondo (Gilabert et al., 1997)². El NDVI se calculó usando la Ecuación G-1.

$$NDVI = \frac{(NIR - RED)}{(NIR + RED)} \quad \text{Ecuación G-1}$$

Donde:

NIR: reflectancia de onda de los casi rojo

RED: reflectancia de la onda roja

5. **Cinco categorías para reclasificar el NDVI.** La reclasificación del NDVI siguió el método supervisado, en el que, a partir del conocimiento que tenemos del área de estudio, identificamos los valores del NDVI en varios píxeles que corresponden a cuerpos grandes de agua como el lago El Bolsón, carreteras como la vía Panamericana y otras, zonas con bosques consolidados, zonas residenciales (techos de viviendas), canchas de fútbol, zonas verdes y arbustos. Al agrupar los valores del NDVI identificados, obtuvimos cinco categorías

¹ Rouse, J. W., Schell J. A., & Deering D. W. (1974). Monitoring vegetation systems in the Great Plains with ERTS. *Proceedings of the Third Earth Resources Technology Satellite-1 Symposium*, 301–317. <https://ntrs.nasa.gov/api/citations/19740022614/downloads/19740022614.pdf>

² Gilabert, M. A., González-Piqueras, J., & García-Haro, J. (1997). Acerca de los índices de vegetación. *Revista de Teledetección*, 8. https://www.aet.org.es/revistas/revista8/AET8_4.pdf

como se describen en la Tabla G-1. En la Figura G-3 se muestra un ejemplo de la reclasificación obtenida para la imagen del 2022.

Tabla G-1. Categorías de reclasificación del NDVI

Categoría No.	Rango del NDVI	Nombre de la categoría	Color y código hex
1	Menor a cero	Cuerpos grandes de agua	Azul #17B8E2
2	0,00 – 0,50	Suelos desnudos, viviendas, carreteras, nubes y ríos	Crema #D6B291
3	0,50 – 0,85	Pastos	Verde limón #76A532
4	0,85 – 0,87	Vegetación media	Verde esmeralda #4AC368
5	0,87 – 1,00	Vegetación densa	Verde oscuro #2D603A

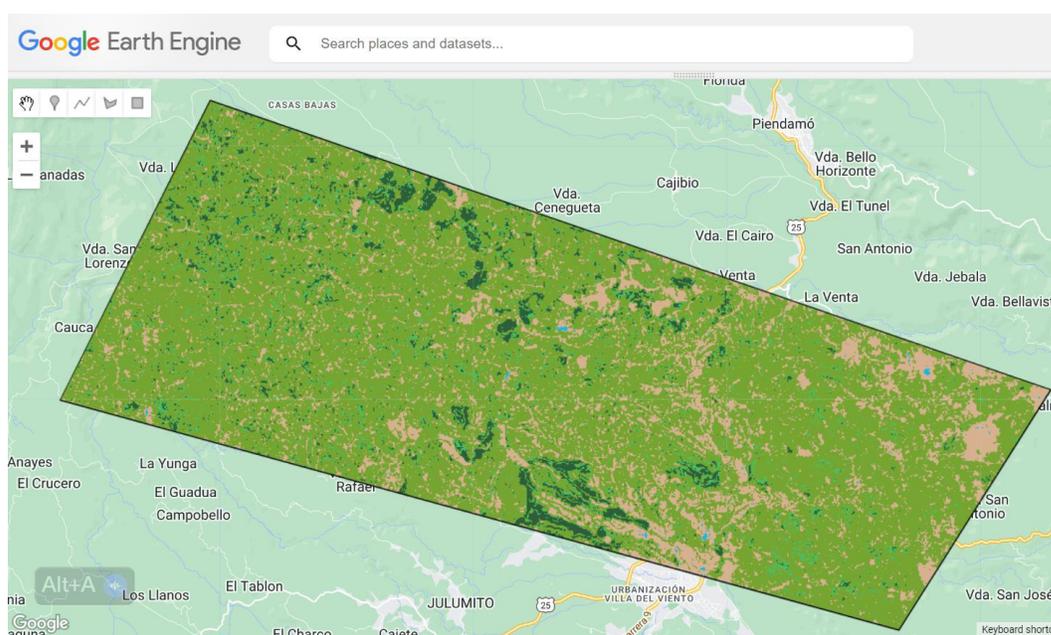


Figura G-3. Reclasificación del NDVI para la imagen del 30 de julio del 2022

- Tasas acumuladas de cambio de cobertura vegetal y urbanización.** Para cada categoría del NDVI, se calculó la tasa de cambio, usando la ecuación propuesta por Puyravaud (2003)³ para la tasa anual de cambio de deforestación específicamente, la cual está basada en la ecuación de la FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations, 1996)⁴ (Ecuación G-2).

³ Puyravaud, J.-P. (2003). Standardizing the calculation of the annual rate of deforestation. *Forest Ecology and Management*, 177(1), 593–596. [https://doi.org/10.1016/S0378-1127\(02\)00335-3](https://doi.org/10.1016/S0378-1127(02)00335-3)

⁴ Food and Agriculture Organization of the United Nations. (1996). *Forest resources assessment 1990. Survey of tropical forest cover and study of change processes*. <https://www.fao.org/4/w0015e/W0015E00.htm#TOC>

$$r = \frac{1}{t_2 - t_1} \ln \frac{A_2}{A_1} \times 100 \quad \text{Ecuación G-2}$$

Donde:

r: tasa de cambio del NDVI de cada categoría (% por año)

t2: 2023

t1: 2019

A2: área de cada categoría en el 2023

A1: área de cada categoría en el 2019

7. **Resultado tasa acumulada de cambio de cobertura vegetal.** El resultado final se presenta en la Tabla G-2. La tasa de cambio de cobertura vegetal resultante para la subcuenca del río Palacé fue -19,58%/año; como el valor es negativo se asume que esta tasa representa pérdida de la cobertura vegetal.

Tabla G-2. Tasa de cambio de cobertura vegetal

Fecha de la imagen	Área de Vegetación densa y media (Ha)	Tasa de cambio
02/01/2019	11858.94	--
11/02/2020	10972.41	-7.77%
31/01/2021	10267.86	-6.64%
30/07/2022	10529.00	2.51%
23/09/2023	5417.86	-66.44%
Tasa acumulada de cambio de cobertura vegetal 2019 - 2023	-19.58% por año	

VERIFICACIÓN POSTERIOR Y DECISIÓN FINAL SOBRE TASA DE URBANIZACIÓN

La categoría No. 2 establecida anteriormente incluye cinco coberturas (suelos desnudos, viviendas, carreteras, nubes y ríos), lo cual dificultó calcular una tasa de urbanización asociada únicamente a viviendas y carreteras. Por esto, verificamos las áreas y tasas con otras dos bases de datos de coberturas de suelos:

- a) Coberturas del suelo por ESRI⁵. Este conjunto de datos de coberturas del suelo está basada en imágenes Sentinel 2 y usa un algoritmo de inteligencia artificial para clasificar las coberturas. Este procesamiento se realizó directamente en ArcGis.

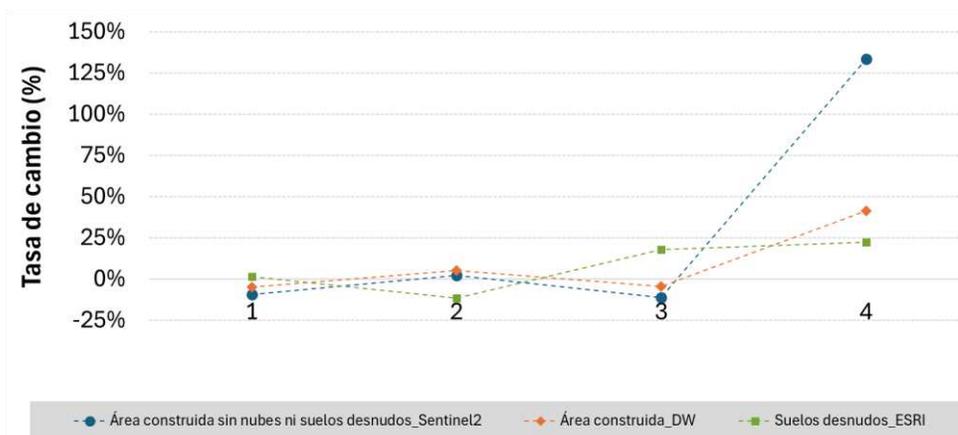
⁵ ESRI. Sentinel-2 10m Land Use/Land Cover Time Series. Disponible en: <https://www.arcgis.com/home/item.html?id=cfcfb7609de5f478eb7666240902d4d3d>. Accedido el 20/06/2024.

b) Coberturas del suelo Dynamic World⁶. Este conjunto de datos de coberturas también está basada en imágenes Sentinel 2, incluye nueve usos del suelo y coberturas y también aplica inteligencia artificial para clasificar las coberturas del suelo. Este procesamiento se realizó en Google Earth Engine.

A pesar de restarle el área correspondiente a nubes en las imágenes reclasificadas según el NDVI, las áreas y tasas obtenidas por este método difirieron mucho de las calculadas con el conjunto de datos de ESRI y Dynamic World, mientras que los resultados usando estas dos últimos son más cercanos, particularmente para el periodo 2022-2023 (Figura G-4). Por lo tanto, la decisión final fue usar la tasa de urbanización calculada con el conjunto de datos de Dynamic World. Esta tasa acumulada para el periodo 2019 – 2023 fue de 9,39%/año.



a) Áreas de suelos desnudos. Las principales diferencias están en el método NDVI en el año 2023



b) Tasas de cambio de suelos desnudos. Las principales diferencias están en el método NDVI en el periodo 4 (2022-2023)

Figura G-4. Comparación de áreas y tasas de urbanización calculadas por tres métodos / conjunto de datos diferentes: NDVI, ESRI y Dynamic World

⁶ Brown, C. F., Brumby, S. P., Guzder-Williams, B., Birch, T., Hyde, S. B., Mazzariello, J., Czerwinski, W., Pasquarella, V. J., Haertel, R., Ilyushchenko, S., Schwehr, K., Weisse, M., Stolle, F., Hanson, C., Guinan, O., Moore, R., & Tait, A. M. (2022). Dynamic World, Near real-time global 10 m land use land cover mapping. Scientific Data, 9(1), 251. <https://doi.org/10.1038/s41597-022-01307-4>. Datos disponibles aquí: <https://dynamicworld.app/>

TASAS DE CAMBIO DEFINITIVAS USADAS EN LAS SIMULACIONES HIDROLÓGICAS

El propósito de calcular las tasas de cambio de cobertura vegetal y de urbanización en la subcuenca del río Palacé fue usarlas como parámetros para crear tres escenarios de coberturas del suelo. Tales escenarios fueron incluidos en las simulaciones hidrológicas de esta subcuenca, usando el software SWAT. Estas simulaciones incluyeron una línea base a partir de datos de precipitación entre los años 2010 y 2022. Los tres escenarios fueron incluidos para simular la respuesta futura en términos de caudal y sedimentos entre los años 2023 y 2048⁷.

Los boletines No. 36⁸ y No. 38⁹ del IDEAM con las alertas tempranas de deforestación indican que el departamento del Cauca presentó una deforestación del 2,4% entre julio y septiembre del 2023 y del 0,2% entre enero y marzo del 2024. Estas tasas son significativamente más bajas que las tasas de pérdida de cobertura vegetal calculadas a partir de la metodología aplicada en este estudio. Esta diferencia se debe principalmente a que nosotros identificamos coberturas de vegetación y no bosques primarios, porque el método aplicado no identifica árboles de otro tipo de vegetación. Adicionalmente, otros eventos puntuales que ocurrieron durante el año 2023 en la zona de estudio (Figura G-3) pudieron incrementar las tasas de pérdida de cobertura vegetal (Tabla G-2) y de incremento de suelos desnudos o de áreas construidas (Figura G-4b), tales como la construcción de la segunda calzada de la vía Panamericana.

Por otra parte, aplicar las tasas de cambio de cobertura vegetal y de urbanización obtenidas como se explicó anteriormente (-19,58% por año y 9,39% por año) en el periodo futuro de 25 años (2023 – 2048) representaba que el área total de bosques en el modelo SWAT se agotaría en cinco años y el de pastos o cultivos para transformarlos en áreas construidas se agotarían en 11 años.

Dado que la tasa de pérdida de cobertura vegetal obtenida mediante el método de umbrales del NVDI es notoriamente mayor que las tasas de deforestación reportadas por el IDEAM recientemente y que dicha tasa y la de urbanización no permitirían evaluar el efecto de los cambios de las coberturas sobre la cantidad y calidad del agua a lo largo de todo el periodo futuro simulado, decidimos establecer unas tasas de cambio más bajas. Así pues, adoptamos un cuarto de las tasas originalmente calculadas para incorporarlas al modelo hidrológico, las cuales se reportan en la Tabla G-3.

⁷ Todos los detalles de la metodología y resultados del modelo se encuentran en el Anexo G.

⁸ Boletín No. 36, julio – septiembre del 2023. Detección temprana de deforestación. Disponible en https://www.ideam.gov.co/sites/default/files/prensa/boletines/boletin_36_iii_trimestre2023.pdf. [Consultado el 26/07/2024]

⁹ Boletín No. 38, enero – marzo del 2024. Detección temprana de deforestación. Disponible en https://www.ideam.gov.co/sites/default/files/prensa/boletines/boletin_38_i_trimestre_2024.pdf. [Consultado el 26/07/2024]

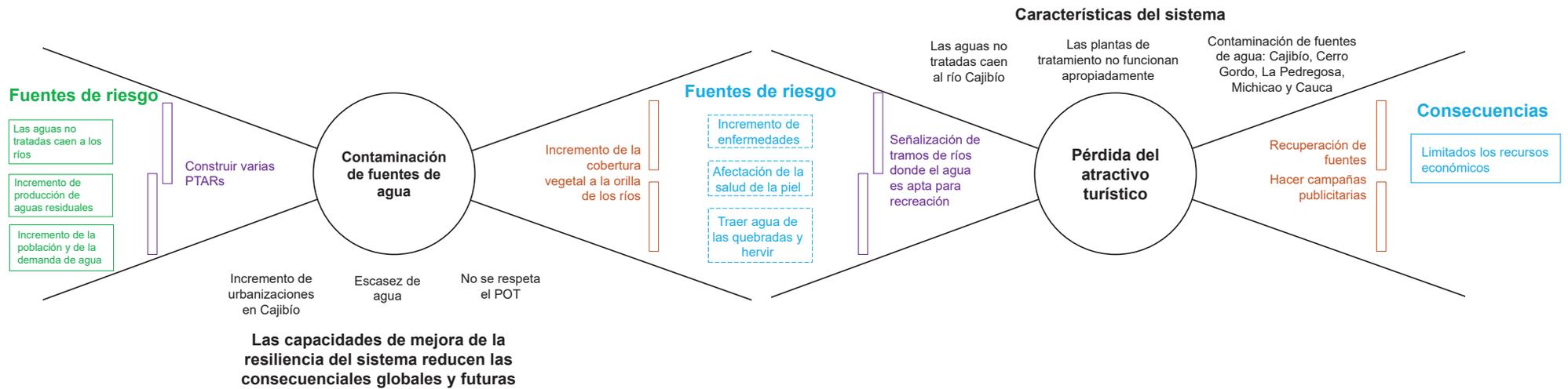
Tabla G-3. Tasas de cambio de cobertura vegetal y de urbanización incluidas en el modelo hidrológico de la subcuenca del río Palacé

	Tasa de cambio acumulada	
	Cobertura vegetal	Urbanización
Cálculos mediante el método de umbrales del NVDI	-19,58% por año	9,39% por año
Tasas reducidas usadas para simular escenarios de cambios de uso del suelo en el modelo SWAT	-4,90% por año	2,35% por año

13.8 ANEXO H
ESQUEMAS CORBATÍN ELABORADOS EN LOS TALLERES DEL PASO 6

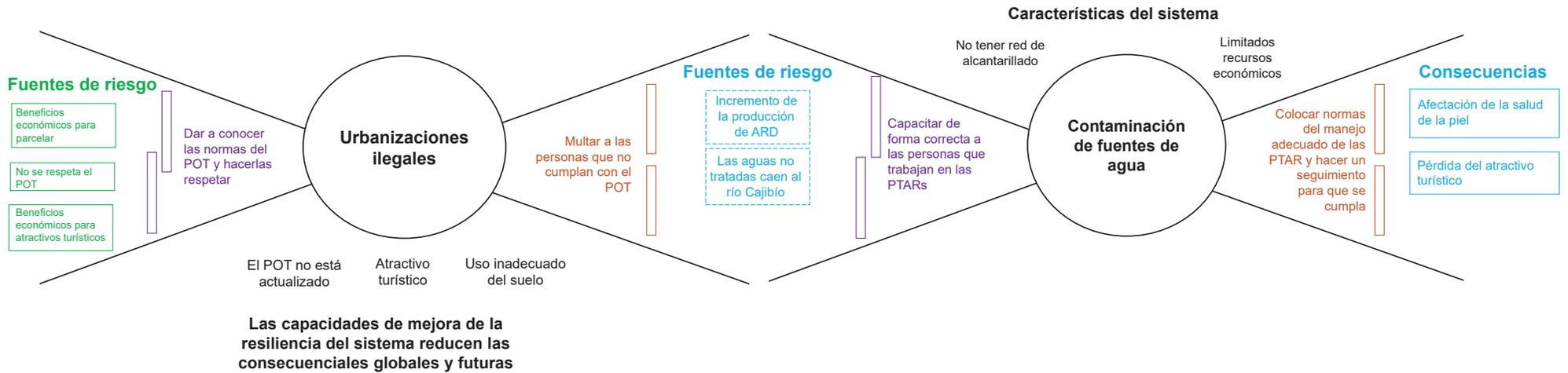
Esquema corbatín doble

Grupo JAC / Ciudadano” – Grupo A

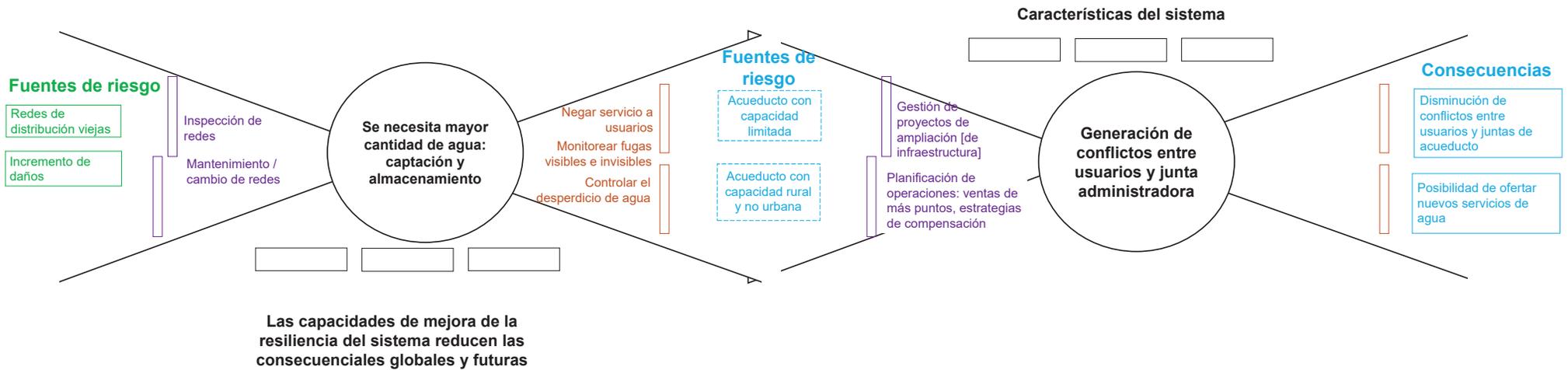


Esquema corbatín doble

Grupo JAC / Ciudadanos – Grupo B



Esquema corbatín doble Grupo Servicio de acueducto



Financiadores:



Este trabajo contó con el apoyo del Water Security and Sustainable Development Hub, el cual fue financiado por el Global Challenges Research Fund (GCRF) de Investigación e Innovación del Reino Unido [número de subvención: ES/Soo8179/1].

This work was supported by the Water Security and Sustainable Development Hub funded by the UK Research and Innovation's Global Challenges Research Fund (GCRF) [grant number: ES/Soo8179/1].

MUISKA
MULTIdimensional rISK Analysis
for water security



Lees, Reino Unido | Cajibío, Cauca, Colombia
Septiembre 4 de 2024