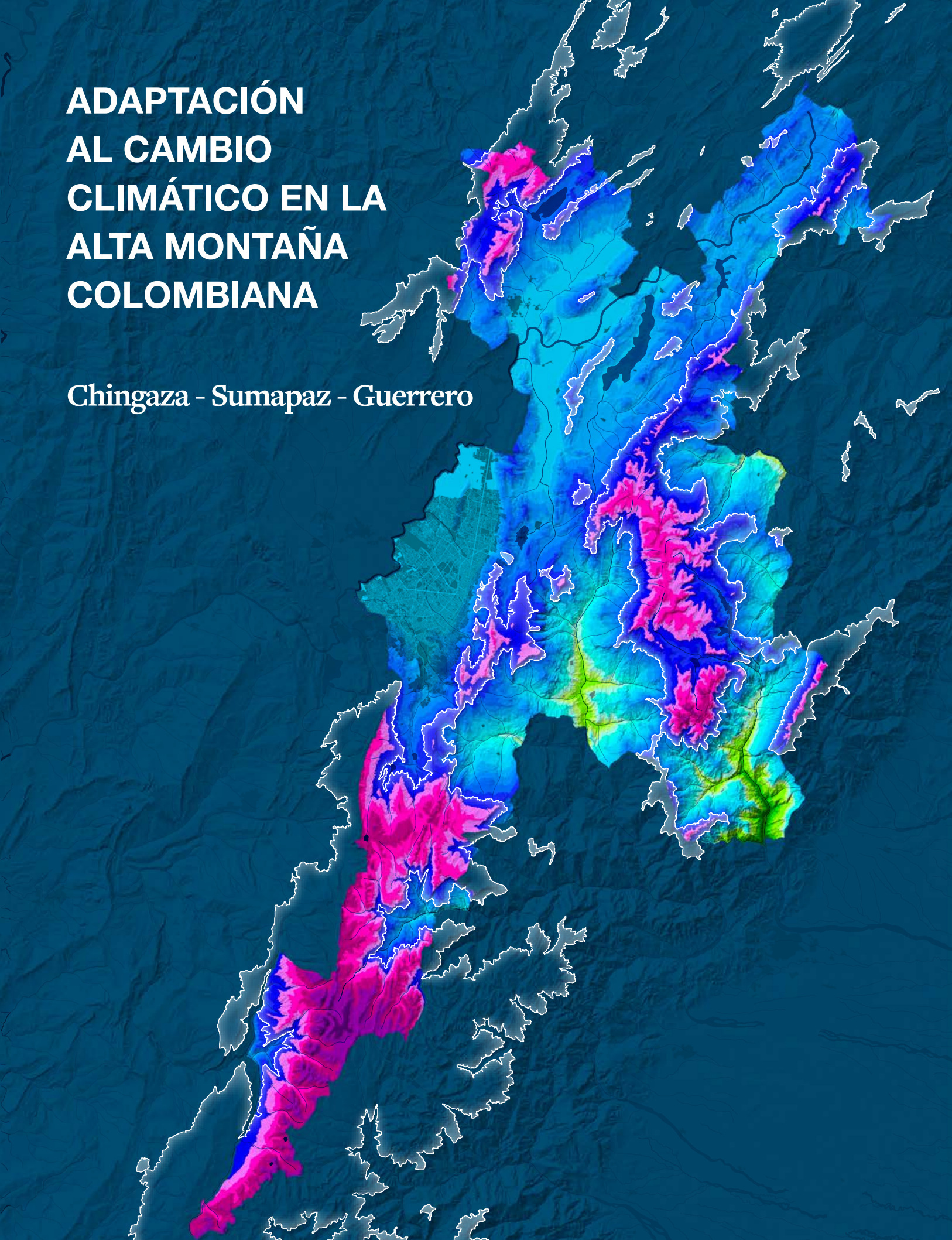
ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO EN LA ALTA MONTAÑA COLOMBIANA

Chingaza - Sumapaz - Guerrero



El ambiente es de todos | Minambiente

ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO EN LA ALTA MONTAÑA COLOMBIANA

Chingaza-Sumapaz-Guerrero

Editores: Patricia Bejarano M., Alfred Grünwaldt, Ángela Andrade.



Adaptación al cambio climático en la alta montaña colombiana

Chingaza-Sumapaz-Guerrero

Proyecto adaptación a los impactos climáticos en regulación y suministro de agua para el área de Chingaza - Sumapaz - Guerrero

República de Colombia

Iván Duque Márquez
Presidente de la República

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible

Carlos Eduardo Correa Escaf
Ministro

Álex Saer
Director de Cambio Climático y Gestión del Riesgo

Guillermo Prieto Palacios
Dirección de Cambio Climático y Gestión del Riesgo
Coordinador Grupo de Adaptación al Cambio Climático

Ana Carolina Moreno
Punto focal proyecto GEF

Diana Carolina Useche
Punto focal proyecto GEF

Banco Interamericano de Desarrollo (BID)

Alfred Grünwaldt
Especialista líder de cambio climático

María del Rosario Navia
Especialista *senior* Agua y Saneamiento Básico

Conservación Internacional Colombia (CI)

Fabio Arjona Hincapié
Vicepresidente

Ángela Andrade
Directora Política Global

Patricia Bejarano M.
Directora Paisajes Sostenibles de Alta Montaña

Natalia Acero
Directora de agua y ciudades

Felipe Cabrales
Director de Operaciones

Blanca Dorelly Estepa
Gerente Administrativa

Socios del proyecto

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM)

Yolanda González Hernández
Directora general

María Camila Hernández
Delegada ante el Comité Técnico

Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca (CAR)

Luis Fernando Sanabria Martínez
Director general

María Elena Báez
Delegada

Corporación Autónoma Regional del Guavio (Corpoguavio)

Oswaldo Jiménez Díaz
Director general

Leidy Pardo
Delegada

Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá (EAAB)

Cristina Arango Olaya
Gerente general

Edgar Rojas
Director de Recurso Hídrico
Delegado ante el Comité Directivo

Jorge Calderón
Delegado ante el Comité Técnico

Editores:
Patricia Bejarano M., Alfred Grünwaldt
Ángela Andrade

Coordinación editorial CI:
Tatiana Menjura Morales

Revisión técnica:
Camila Donnatti

Revisión de textos:
Juan Mikán
Tatiana Menjura Morales

Corrección ortotipográfica:
Juan Mikán

Cartografía
Milton Espitia
José Ville Triana

Dirección de arte:
Felipe Caro

Diseño y diagramación
Felipe Caro
Laura Gutiérrez

Fotografía:
Arts collegium
Óscar Romero
Mario Mora
Richard Anderson

Diseño .Puntoaparte editores
www.puntoaparte.com.co

Primera edición, 2022.
ISBN: 978-958-53336-6-6

Citación sugerida

Bejarano, P., Grünwaldt, A., Andrade, Á (eds.). (2022). Adaptación al cambio climático en la alta montaña colombiana. Chingaza-Sumapaz-Guerrero Monografía. Banco Interamericano de Desarrollo; Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible y Conservación Internacional: Bogotá.

Catalogación en la fuente proporcionada por la Biblioteca Felipe Herrera del Banco Interamericano de Desarrollo

Adaptación al cambio climático en la alta montaña colombiana: Chingaza-Sumapaz-Guerrero / editores, Patricia Bejarano, Alfred Grünwaldt, Ángela Andrade.
p. cm. — (Monografía del BID ; 857)
Incluye referencias bibliográficas.
1. Climatic changes-Effect of mountains on-Colombia. 2. Climatic changes-Risk management-Colombia. 3. Paramo ecology-Colombia. 4. Environmental management-Colombia. I. Bejarano, Patricia, editora. II. Grünwaldt, Alfred, editor. III. Andrade Pérez, Ángela, editora. IV. Banco Interamericano de Desarrollo. División de Cambio Climático. V. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (Colombia). VI. Conservación Internacional Colombia. VII. Serie.

Copyright © 2022. Banco Interamericano de Desarrollo (“BID”), Conservación Internacional (“CI”). Esta obra está sujeta a una licencia Creative Commons IGO 3.0 Reconocimiento-NoComercial-SinObraDerivada (CC-IGO 3.0 BYNC- ND) (http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/igo/legalcode) y puede ser reproducida para cualquier uso no comercial otorgando reconocimiento al BID y CI. No se permiten obras derivadas. Los hallazgos, interpretaciones y conclusiones expresadas en este estudio pertenecen a los autores y no reflejan necesariamente las opiniones del BID y CI, sus Directorios Ejecutivos, sus Gobernadores y/o las de los países que representan.

Códigos JEL: Q54, Q50

Palabras clave: alta montaña, adaptación basada en ecosistemas, sistemas agroforestales, seguridad hídrica, desarrollo local productivo, resiliencia climática de comunidades.

Equipo ejecutor Proyecto GEF alta montaña

Patricia Bejarano M.
Directora paisajes sostenibles de alta montaña
Coordinadora Nacional del Proyecto

Ángela Andrade
Coordinadora Nacional del Proyecto (componente 1)

Natalia Acero
Gerente de agua y ciudades
Apoyo supervisión técnica

Carlos Enrique Sarmiento Pinzón
Apoyo supervisión técnica

Adriana Lagos
Asesora unidad coordinadora

Omar Martínez
Consultor especialista de adquisiciones

Socios del proyecto

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM)

Yolanda González Hernández
Directora general

Edith González
Subdirectora IDEAM

María Camila Hernández
Delegada ante el Comité Técnico

Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca (CAR)

Luis Fernando Sanabria Martínez
Director general

José Miguel Rincón Vargas
Dirección de Gestión del Ordenamiento Ambiental y Territorial

María Elena Báez
Cambio climático

Corporación Autónoma Regional del Guavio (Corpoguavio)

Marcos Manuel Urquijo Collazos
Director general

María Fernanda Medina Quintero
Subdirectora de gestión ambiental
Delegada ante el Comité Directivo

Leidy Pardo
Biodiversidad y áreas estratégicas

Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá (EAAB)

Cristina Arango Olaya
Gerente general

Javier Sabogal Mogollón
Gerente corporativo ambiental

Héctor Andrés Ramírez Hernández
Director de gestión ambiental del recurso hídrico
Delegado ante el Comité Directivo

Ángela María Gaitán
Coordinadora financiera proyecto páramos EAAB
Delegada ante el Comité Técnico

Componente 1. Gestión de conocimiento

Milton Mauricio Espitia Falla
Ordenamiento territorial y cambio climático, acompañamiento a entidades territoriales y ambientales

Guillermo Eduardo Armenta
Escenarios de la Tercera Comunicación Nacional de Cambio climático en el área Chingaza-Sumapaz-Guerrero

José Ville Triana
Sistemas de información geográfica

Jennifer Dorado Delgado
Sistemas de información geográfica

Marinela del Carmen Valencia Giraldo
Simulación y evaluación de la respuesta hidrológica a escenarios de cambio climático

Manuel Santiago Burgos
Recomendaciones y buenas prácticas para la adaptación al cambio climático en áreas de páramo

Juan Carlos Durán Dueñas
Recomendaciones y buenas prácticas para la adaptación al cambio climático en áreas de páramo

Luz Helena Hernández
Diagnostico socio cultural

Gustavo Carrión
Diagnóstico territorial e institucional

Ruby Acosta Bastidas
Diagnóstico sistemas productivos

Luis Mario Cárdenas Camacho
Diagnóstico conservación y restauración

Componente 2. Implementación medidas de adaptación

Restauración ecológica participativa

Sandra Liboria Díaz Ibarra
Coordinadora

Oscar Ovidio Romero
Coordinador

Ana Carolina Moreno
Implementación cuencas Guandoque - Chisacá

Mario Fernando Mora
Implementación cuencas Guandoque - Chisacá
Darío Olivero
Implementación cuencas San Francisco - Chipatá

Juliana Hernández
Implementación cuencas San Francisco – Chipatá

Producción sostenible

Ana Margoth García Gómez
Coordinadora

Edgar Roncancio Arévalo
Implementación sistemas pecuarios

José Armando Vanegas
Implementación de sistemas apícolas

Harvey Yesid Lesmes Moreno
Implementación sistemas de producción agroecológicos

Martha Currea Valderrama
Implementación sistemas de producción agroecológicos

José Giovanni Ovalle Caro
Implementación sistemas de manejo eficiente del agua

Andrés Ricardo Santamaría Bueno
Generación de cadenas de valor asociados a productos funcionales y diferenciados

Estrategia de monitoreo

Luisa Fernanda Cusguen Castro
Estrategia para el monitoreo y evaluación de la respuesta ecohidrológica a las medidas de adaptación

Laura Elizabeth Holguín Villareal
Monitoreo comunitario del clima

Profesionales de campo

Alba Doris Orozco Contreras
Gestión local y apoyo a la implementación Chisacá

Luz Edilma Liberato
Gestión local y apoyo a la implementación Chisacá

Gustavo Español Alba
Interventoría y seguimiento de obras menores

Fortalecimiento de capacidades

José David Moncaleano
Facilitador, apoyo técnico y operativo

Juan Camilo López Barrera
Facilitador local

Gestión de información, conocimiento y comunicación

Natalia Borrero Morales
Coordinadora comunicaciones

Mario González
Coordinador comunicaciones

Patricia Forero
Coordinadora comunicaciones

Tatiana Menjura Morales
Coordinación editorial

Arts Collegium
Talleres en fotografía y video

Diana Paola Echeverría
Diseñadora gráfica

Revisión y evaluación

Robert Gerardus Hofstede
Consultor Evaluador medio término

Julio Antonio Guzmán Martínez
Evaluador final

Jorge Enrique Gutiérrez
Evaluación de pares análisis de vulnerabilidad

Camila Donnatti
Evaluación de pares análisis de vulnerabilidad

Equipo administrativo

María Rocío Arjona
Asesora jurídica

Amanda Belén Rivera Muñoz
Apoyo a la unidad coordinadora

Magda Corredor
Asistente administrativo Conservación Internacional

Portafolio de proyectos replicabilidad, sostenibilidad e innovación

Sandra Yolima Sguerra Castañeda
Estructuración y formulación de proyectos

Sergio Andrés Beltrán Marín
Formulación, presentación y negociación de proyectos

Martha Lucia Zarate Ospina
Conservación, restauración y gestión del conocimiento

José Alberto Rojas Albarracín
Sistemas de producción sostenibles y competitivos en la alta montaña

Aida María Giraldo Restrepo
Gobernanza y gestión social

Andrea Lizett Velandia Rodríguez
Análisis de acueductos veredales, comunitarios o municipales

Paula Rocío Veloza Martínez
Gestión logística y de coordinación con actores

Firmas consultoras

Ecosimple SAS
Análisis vulnerabilidad socioecológica a la variabilidad y el cambio climático para ecosistemas altoandinos

Biotopo
Estudio de percepciones, actitudes y comportamientos respecto a la vulnerabilidad al cambio climático

Ingeag S.A.S.
Modelo conceptual y metodológico de la Estructura Ecológica Principal en los municipios del área Chingaza-Sumapaz-Guerrero

Pontificia Universidad Javeriana
Monitoreo ecohidrológico y de contenido de carbono en suelos y vegetación de bosque altoandino y páramo
Capacitación a servidores públicos en gestión y adaptación al cambio climático

Agregua
Implementación de medidas de adaptación en restauración ecológica en predios priorizados en la microcuenca del río Chipatá

Corporación Campesina Mujer y Tierra
Implementación de medidas de adaptación en restauración ecológica en microcuenca río Chisacá

Bosque Nativo
Implementación de medidas de adaptación en restauración ecológica en microcuenca río Guandoque

Asociación de Mujeres del Municipio de Sesquilé (Amuses)
Implementación de medidas de adaptación en restauración ecológica en microcuenca río San Francisco

Puntoaparte SAS
Edición, conceptualización y propuesta visual, el diseño, diagramación, de las publicaciones del proyecto

BDO Audit SA
Auditoría externa de los estados financieros del Proyecto

Bienes y servicios

Nephix Soluciones Integrales
Equipos de computo

Sistemas y Copiadoras SAS
Equipos de computo

Jumal S.A.S
Implementación sistemas productivos
Insumos agropecuarios microcuenca del río San Francisco, segundo sector
Agro La Sabana
Insumos agropecuarios microcuenca del río Chipatá, municipio de Guasca

Ecosagro
Sistemas de aves de postura bajo pastoreo, sector San Francisco

Comapis S.A.
Insumos apícolas Chipatá

Canal Clima
Información hidrometeorológica de sitios priorizados

Líneas Escotur S.A
Servicio de transporte

Conagrosabana
Insumos de ferretería

Pedro Amaury Jiménez Muete
Cincelado, desbrozado y renovación de praderas

Grupo Evelo
Material divulgativo, evento Euroclima

La Cosmopoliana
Intercambios de experiencias

Copragro
Suministro de semillas

Turística Auyapar SAS
Taller de planeación del Proyecto

Tabla de Contenidos

Prefacio 11
Prologo 13
Agradecimientos 16
Resumen 18
Summary 19
Siglas y acrónimos 20

capítulo 1

Contexto socioeconómico y socioecológico de la alta montaña

Un escenario de servicios ecosistémicos y transformaciones 24
Procesos históricos y ancestrales 25
Sistemas de producción y aprovechamiento 26

capítulo 2

La alta montaña colombiana y su vulnerabilidad al cambio climático

Comportamiento del clima en escenarios cambiantes 32
Escenarios de cambio climático 34
Recurso hídrico y modelamiento hidrológico 42
Análisis de vulnerabilidad y riesgo climático 66
Vulnerabilidad y riesgo climático 68
Estructura ecológica territorial adaptativa (EETA) 100

capítulo 3

Hacia un proceso adaptativo transformador de largo plazo en la alta montaña

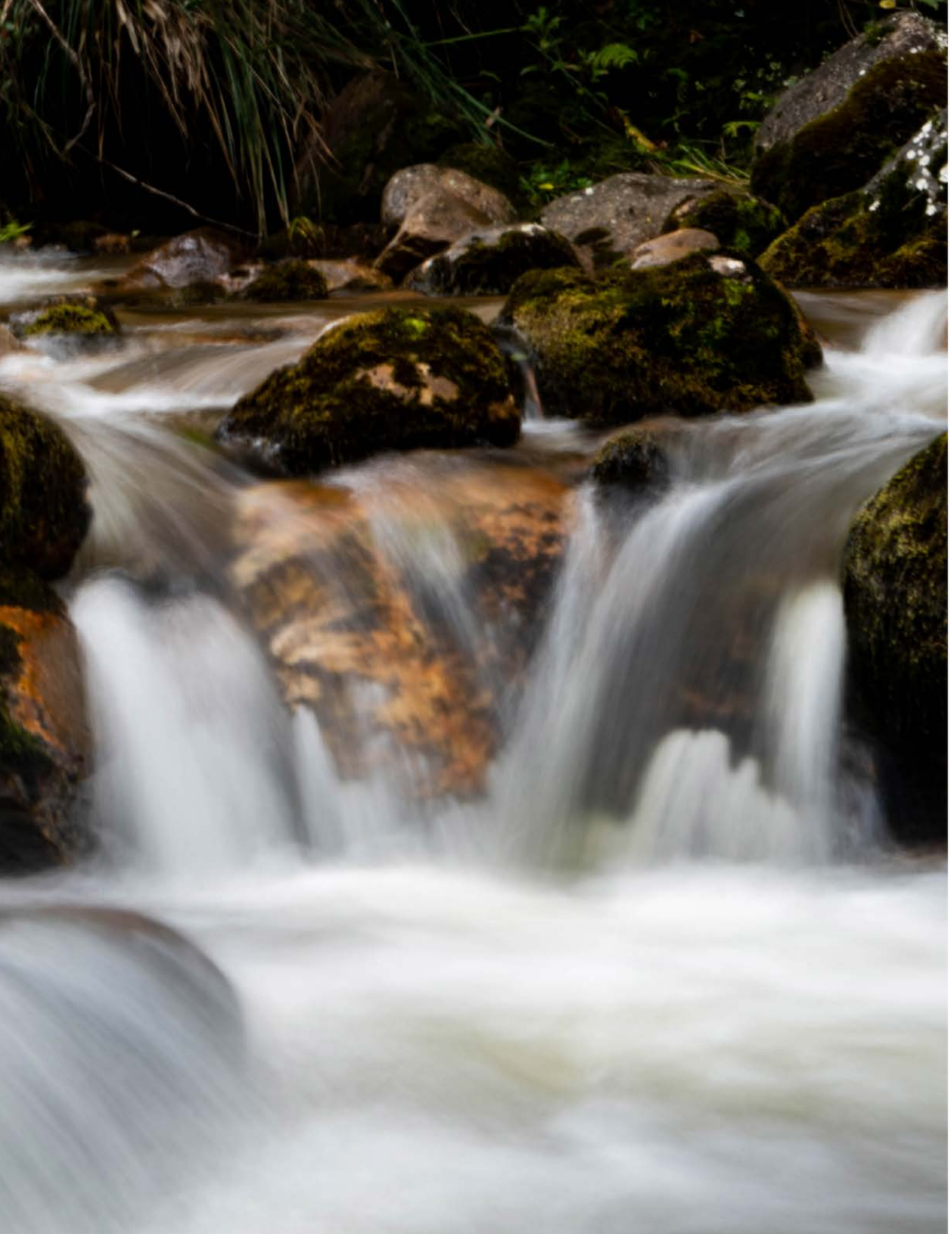
¿Qué entendemos como adaptación al cambio climático en la alta montaña? 106
Una visión del proceso de adaptación transformador requerido para el área de conservación Chingaza-Sumapaz-Guerrero 106
Priorización de áreas para implementación de medidas de adaptación 106
Construcción de portafolio de medidas de adaptación 107
Aproximación al territorio 122
Definición de la estructura ecológica principal y construcción de escenarios en relación con determinantes ambientales reglamentadas 125
Caracterización 129
Implementación de las medidas de adaptación 135
Monitoreo para la adaptación 140
La formación para el fortalecimiento de las organizaciones y las comunidades 144
Comunicar: la columna vertebral 145

capítulo 4

Lecciones aprendidas y aspectos innovadores del GEF alta montaña

Lecciones para el diseño de los proyectos 150
Lecciones para una implementación efectiva 152
Lecciones para una gestión administrativa eficiente 153
Cinco lecciones para la sostenibilidad 154

Bibliografía 160
Anexos 166



Prefacio

La emergencia climática es sin duda el principal desafío que enfrenta la humanidad en la actualidad. Quizá la percepción generalizada de nuestra especie ante esta crisis no reconoce su gravedad debido a que dependemos de nuestros sentidos para percibir la realidad y, por lo tanto, no logramos comprender fácilmente los eventos que superan la escala temporal de nuestra vida. Ha sido mucho más fácil entender la circunstancia que hoy estamos viviendo, cuando el virus al que hemos denominado SARS-CoV2, que ocasiona una enfermedad conocida como COVID-19, llegó a todo el planeta y, en un periodo de tiempo muy corto, generó una de las crisis económicas más grandes de los últimos cien años.

Esta emergencia sanitaria ha permitido evidenciar que la protección de la naturaleza es quizá la principal solución para que la biodiversidad, con sus virus asociados, mantenga una autorregulación. Sin embargo, el cambio climático está generando muchas y más graves consecuencias que las que está trayendo la COVID-19, entre las que se encuentran la extinción masiva de especies y los cambios en el comportamiento del ciclo del agua, que traen consigo el aumento en la ocurrencia de eventos extremos asociados a lluvias intensas y prolongadas sequías, así como pérdidas de vidas humanas por la aparición o aumento en la frecuencia de ciertas enfermedades, incremento de la violencia por el acceso a los beneficios ecosistémicos, grandes pérdidas económicas, entre otros efectos.

El cambio climático, cuyas dinámica y consecuencias se han abordado de manera global desde el punto de vista científico, es eminentemente un problema social con repercusiones ecológicas y económicas sin precedentes en la historia reciente. En tal sentido, además de conocer con rigor científico el comportamiento actual de la precipitación y las temperaturas y estimar las proyecciones y tendencias futuras, debemos conocer claramente las causas y los impactos sociales a los que estamos enfrentados. Luego será posible pasar a la acción mediante el entendimiento a escalas locales de las consecuencias de esta emergencia y la implementación de medidas efectivas de adaptación.

En Colombia, y específicamente en la alta montaña de Bogotá y sus alrededores, en los últimos cinco años hemos venido realizando esfuerzos para entender qué significa el cambio climático, en qué magnitud está ocurriendo, cuáles son sus consecuencias futuras y qué podemos hacer para adaptarnos a las condiciones cambiantes. En esta tarea nos encontramos involucrados la institucionalidad nacional, la cooperación internacional y, sobre todo y de manera relevante y fundamental, las comunidades que habitan desde hace varios siglos estos socioecosistemas.

Para el Banco Interamericano de Desarrollo (BID), el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (Minambiente) y Conservación Internacional (CI) es motivo de orgullo presentar en esta monografía el resultado de un trabajo interinstitucional y comunitario que se materializa en la consolidación de diferentes estrategias de adaptación a la variabilidad y el cambio climático en aproximadamente 8.500 ha pertenecientes al socioecosistema de alta montaña comprendido entre los complejos de páramos de Chingaza, Sumapaz y Guerrero; el establecimiento de una base de conocimiento actualizada y rigurosa en cuanto a escenarios de cambio climático, modelación hidrológica, estructura ecológica territorial y adaptativa, vulnerabilidad y riesgo climático, y la consolidación de un sistema de monitoreo meteorológico, ecohidrológico, socioeconómico y comunitario que deja fortalecidas y empoderadas a las comunidades locales y autoridades territoriales para la toma decisiones para hacer frente a las condiciones cambiantes del clima.



Prólogo

El cambio climático y la pérdida acelerada de biodiversidad se han convertido en dos de las mayores amenazas para nuestra sociedad en este siglo. Ambas tienen que ser atendidas de forma conjunta como parte de un desarrollo resiliente al clima y de emisiones netas cero al 2050. En esta línea, cabe tener presente que la agricultura, la deforestación y otras acciones que promuevan el cambio en el uso del suelo representan más de un 25 % de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) a nivel global. De igual forma, estos sectores generan millones de empleos y son una pieza fundamental de la seguridad alimentaria, a la vez que los bosques generan un grupo de servicios invaluables para la sociedad tales como aire limpio y regulación hídrica, entre muchísimos otros.

Dado lo anterior, las inversiones en soluciones basadas en la naturaleza tales como la restauración del bosque y la conservación de ecosistemas críticos tienen que ser acciones centrales de las Contribuciones Nacionales Determinadas (CND) en apoyo a la implementación del Acuerdo de París (AP). Es así como este proyecto piloto, a través del éxito alcanzado en la implementación de las medidas de adaptación propuestas, conecta el trabajo que el país ya venía realizando en adaptación en la alta montaña y abre la puerta para futuros proyectos más ambiciosos como, por ejemplo, los CND u otros proyectos de desarrollo a nivel nacional o municipal.

Desde el año 2006 diferentes instituciones de orden gubernamental y privado en Colombia han centrado parte de sus esfuerzos en desarrollar labores de conservación, protección y restauración ecológica, así como alternativas de producción sostenible en áreas estratégicas que proporcionan diferentes servicios ecosistémicos en la región Bogotá-Cundinamarca asociados principalmente con el abastecimiento de agua. Estas áreas se relacionan con ecosistemas de páramo y bosques andinos localizados principalmente en el área existente entre los parques nacionales naturales (PNN) Sumapaz y Chingaza, los páramos de Guacheneque y Guerrero, y la Reserva Forestal Protectora Bosque Oriental de Bogotá. Reconocidos y descritos como estratégicos para el suministro y regulación hídrica, estos ambientes se convierten en la columna vertebral para la gestión integral del agua no solo en Cundinamarca, sino también para departamentos como el Meta, cuya riqueza hídrica depende en gran medida de las acciones que se desarrollen en la vertiente oriental de los Andes.

Con estas consideraciones en mente, se consolidó la estrategia *Corredor de Conservación Chingaza-Sumapaz-Guerrero-Guacheneque,* impulsada por la Empresa de Acueducto de Bogotá (EAAB) y Conservación Internacional Colombia, quienes en el 2007 la diseñaron con el objetivo de generar mecanismos de mitigación y adaptación al cambio climático que vinculen los ecosistemas como parte integral para la adecuada gestión del recurso hídrico. Esta iniciativa fomentó procesos de conservación asociados a incentivos económicos como pago por servicios ambientales (PSA), enfocados en las comunidades rurales con arraigo en la alta montaña y en la disminución de las presiones descritas previamente.

Estos antecedentes, más los resultados del primer Proyecto Nacional de Adaptación al Cambio Climático (INAP), fueron el punto de partida para el proyecto *Adaptación a los impactos climáticos en regulación y suministro de agua para el área de Chingaza-Sumapaz-Guerrero* (*GEF Alta Montaña*).Mediante este se buscó dar un primer paso en el fortalecimiento de la capacidad de regulación y amortiguación hidrológica de la cuenca alta de estas áreas que suministran agua potable a Bogotá y a los municipios aledaños, a partir del diseño e implementación de medidas que permitan, ante la variabilidad y el cambio climático, aumentar la resiliencia de los ecosistemas y de las comunidades que los habitan. Su implementación se llevó a cabo entre 2015 y 2020 por Minambiente y CI, en articulación con el Instituto de Hidrología y Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM), la Empresa de Acueducto, Alcantarillado y Aseo de Bogotá (EAB), la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca (CAR) y la Corporación Autónoma Regional del Guavio (Corpoguavio).

De lo anterior da cuenta este libro, que presenta un contexto socioecológico de las zonas de alta montaña como un escenario de servicios ecosistémicos y transformaciones históricas, a la vez que describe los enfoques conceptuales y metodológicos definidos para el desarrollo del *GEF Alta Montaña* y el proceso de implementación de las medidas de adaptación en las áreas priorizadas, las lecciones aprendidas y los aportes en innovación del proyecto. Finalmente, a manera de estudios de caso, se presentan los resultados de la implementación de acciones mediante la participación de un número amplio de habitantes de la alta montaña, técnicos y profesionales que hicieron posible el desarrollo de un proceso complejo que apenas empieza y que requerirá la participación de todos los miembros de las comunidades locales. En este sentido, el proyecto logró demostrar exitosamente que la activa participación y el involucramiento directo de las comunidades locales en el análisis, el diseño y la ejecución de las medidas de adaptación es definitivamente la clave para lograr la sostenibilidad de un proceso adaptativo en el largo plazo.

Graham Watkins

División de Cambio Climático, Banco Interamericano de Desarrollo



Agradecimientos

Esta publicación es resultado del trabajo de un equipo interdisciplinario que puso su conocimiento y disposición para dejar en este texto una síntesis de las acciones desarrolladas por el *Proyecto GEF Adaptación a los impactos del cambio climático en la regulación y el suministro de agua en la zona de Chingaza-Sumapaz-Guerrero* entre 2015 y 2020. Por eso resaltamos y agradecemos la participación de Rodrigo Suárez y de más de 55 consultores y 80 familias beneficiarias, asociaciones locales, autoridades locales y campesinos de los municipios de Tausa, Guatavita, Sesquilé, Guasca y Usme, con quienes se inició el proceso de formulación, gestión, diseño e implementación del proyecto, y a los distintos asesores y especialistas que participaron de los espacios de discusión y planeación de las actividades del proyecto. De igual forma, nos gustaría destacar y reconocer el trabajo del equipo de profesionales del BID que lo hicieron posible.

Agradecemos a la Dirección de Cambio Climático y Gestión del Riesgo del Minambiente, especialmente a Francisco Charry, Guillermo Prieto, Andrés Oliveros, Carolina Useche y Carolina Moreno, quienes orientaron y coordinaron el desarrollo de los convenios que permitieron la implementación del proyecto. A los que durante la ejecución del proyecto apoyaron la supervisión técnica: Adriana Lagos y Carlos Sarmiento. A los directores de las entidades socias y sus delegados, por su presencia y apoyo constante durante los comités directivo y técnico.

Un agradecimiento especial a los equipos de trabajo administrativo y jurídico de CI y al equipo técnico y científico de la unidad ejecutora, así como al profesor Juan Carlos Benavides y su grupo de estudiantes e investigadores de la Pontificia Universidad Javeriana, quienes aportaron al diseño e implementación de los protocolos de campo y laboratorio para el monitoreo ecohidrológico y de contenido de carbono en diferentes coberturas de la alta montaña.

Igualmente, al equipo de proyecto le gustaría reconocer y agradecer el apoyo técnico y administrativo de la oficina del BID en Bogotá y el de las divisiones de Cambio Climático y de Agua y Saneamiento que estuvieron a cargo de la implementación del proyecto. Un agradecimiento especial a Walter Vergara por su liderazgo y por haber hecho posible este proyecto como gerente de la división de cambio climático en el periodo 2011-2014 y a Graham Watkins, actual jefe de dicha dependencia. De igual forma, el equipo quisiera agradecer el apoyo y la guía técnica ofrecida durante la implementación del proyecto por la oficina del GEF del BID, en especial a Alexandra Ortega y Annette Killner y al gerente del Departamento de Sostenibilidad del BID, Juan Pablo Bonilla, por el liderazgo y apoyo constante al proyecto.

Finalmente, a lo largo de estos años se consolidaron lazos de amistad y trabajo en equipo con las familias que viven en las zonas de implementación del proyecto, los líderes locales, miembros de las juntas de acción comunal, juntas de acueductos comunitarios y asociaciones locales. Su amor y trabajo constante son garantía de una alta montaña mejor adaptada al cambio climático en el largo plazo. A todos ellos nuestro reconocimiento y agradecimiento siempre:

Municipio de Guatavita

Carbonera Alta: José Moisés Rodríguez Gómez, Herminda Muñoz de Muñoz, Héctor Orlando Rodríguez Jiménez, Ana Tulia Cortés Cortés, Cándida Velandia Velandia, María Elena Rodríguez de Jiménez, Víctor Manuel Velandia Velandia, Néstor Horacio Muñoz Velandia, Carmen Beatriz Córdoba Muñoz, María Gloria Muñoz Muñoz, Diego Uriel Rodríguez Jiménez.

Municipio de Sesquilé

El Uval: María de los Ángeles Muñoz de Rodríguez, Israel Rodríguez Rozo, Jorge Arturo Velandia Peña, Ruth Amanda Rodríguez Rodríguez, Ana Dolores Muñoz de Quintero, Gonzalo Rodríguez Velandia, Ricardo Rodríguez Jiménez, Gilma Mercedes Rodríguez Jiménez, María Luisa Sarmiento de Peñuela, María Patricia Rodríguez Jiménez, María Helena Orjuela Córdoba, Ignacio Orjuela Córdoba, Emigdia Córdoba de Orjuela, Lilia Rodríguez Jiménez, Raquel Johana Rodríguez Jiménez, Claudia Rubiela Rodríguez Jiménez, Rosalino Rodríguez Rodríguez.

El Hato: Claudia Jannett Orjuela Orjuela, Pablo Antonio Prieto Maldonado, Fabio Antonio Rodríguez Chávez, Campo Elías Rodríguez Chávez, Araminta Orjuela Maldonado, Rosa María Maldonado Rodríguez, Gilberto Melo Sarmiento, Blanca Inés Sarmiento Moncada, Familia Rodríguez Jiménez.

Ranchería: Julio Armando Rozo Prieto, María del Campo Cortés Muñoz, Martha Castañeda Prieto, María Hermelinda Prieto Jiménez, María Elvira Moncada Maldonado, José Agustín Díaz Castañeda, Rigoberto Díaz Prieto, Olga Luz Castañeda Díaz.

Granadillo: Rogelio Prieto Jiménez, Gerardo Prieto Jiménez, Rigoberto Sánchez Piedra.

Uval: Rosa del Carmen Cortes Rodríguez, Colegio Méndez Rozo, Rector Fabio Solano.

Municipio de Guasca

Floresta II Sector: Catalina Turbay, Alejo Eduardo del Real González, Javier Mauricio Hernández Quintero, Ángel María Murillo Ramos, Luis Ángel Murillo Barajas, Luis Antonio Murillo Ramos, Clementina Barajas, Yamith González Murillo, Carmen Ramos, Crysthella Rodríguez Garzón, Ana Elisa Alvarado Ramos, Hildebrando Garzón, Juan Manuel Rodríguez Gómez, Alberto Romero Rodríguez, Alfonso Romero Rodríguez, Dioselina Murillo, Javier Hernández, Ana Elisa Alvarado Ramos.

Santa Ana: Alberto Romero Rodríguez, Alfonso Romero Rodríguez, Andrés Ávila Zambrano, Juan Rodríguez.

Bogotá, D. C./Usme

Las Margaritas: Adolfo Gutiérrez Díaz, Benedicto Tequia, Carlos Vela, Gilberto Lasso Ardila, Gloria Albina Buitrago Garzón, John Sebastián Beltrán Lasso, Jorge Enrique Tequia Marantá, Luz Janeth González Gutiérrez, Luz Mery Simbaqueba Carrasco, Marco Antonio Tequia Bernal, Miguel Antonio Tequia Bernal, Manuel Antonio Tequia, Myriam Bernal, Nelson Tequia Maranta, Pablo Eliécer Lasso Ardila, Rogelio Gutiérrez, Samuel Bernal Moreno.



Resumen

Durante los años 2015 y 2021 se llevó a cabo la ejecución del proyecto *Adaptación a los impactos climáticos en regulación y suministro de agua en el área de Chingaza-Sumapaz-Guerrero* (*GEF*), el cual fue estructurado en dos componentes. El primero se enfocó en la generación y gestión de conocimiento mediante el uso de metodologías oficiales y aportó nuevas aproximaciones para obtener información a escalas adecuadas. De este modo fue posible identificar, en cuatro de las unidades hidrológicas más vulnerables al cambio climático, los sectores en los que, en el marco del componente dos, se diseñaron e implementaron medidas de adaptación bajo el enfoque de soluciones basadas en la naturaleza (SbN), con el objetivo de aportar elementos que permitieran reducir la vulnerabilidad y mejorar la resiliencia de los pobladores rurales y de los ecosistemas de alta montaña ante los potenciales impactos asociados a los cambios del clima.

Gracias al interés y el compromiso de las comunidades y organizaciones locales, este proyecto fue el inicio de un proceso de adaptación en la alta montaña que se mantiene bajo el liderazgo de las familias beneficiarias y las autoridades territoriales que incorporaron en sus planes de desarrollo la continuidad de las acciones implementadas. Así mismo, todas las metas y los resultados del proyecto superaron los objetivos esperados, razón por la cual recibió la máxima calificación (altamente satisfactorio) según las pautas, las normas y los procedimientos establecidos por el BID. De tal modo el GEF se constituye un referente para avanzar hacia la adaptación en la alta montaña colombiana.

En esta publicación se presentan los resultados más importantes de este trabajo, partiendo de un contexto histórico y social que explica varias de las complejidades actuales encontradas en el área de implementación y que constituyen los principales desafíos que se deben atender bajo un enfoque de adaptación. Posteriormente, se describe la base técnica a partir de la cual se priorizaron las áreas por intervenir de acuerdo con la vulnerabilidad al cambio climático, y en donde se diseñaron e implementaron de manera participativa las medidas de adaptación mencionadas. Finalmente, se comparten las principales lecciones aprendidas como un insumo para la realización de futuros proyectos relacionados con la adaptación al cambio climático en los socioecosistemas de la alta montaña en el país.

Summary

The project “Adaptation to the impacts of climate on water regulation and supply in the Chingaza–Sumapaz-Guerrero area” has been conducted between 2015 and 2021. One of its main focuses has been knowledge production and management though the use of official methods. It has contributed with new approaches to obtain information at the desired scale and to identify, in four of the hydrological units most vulnerable to climate change, the sectors presenting the best enabling conditions for the design and implementation of nature-based solutions (NbS) as climate change adaptation measures to reduce the vulnerability and improve the resilience of rural communities and high-mountain ecosystems.

Thanks to the interest and commitment of local communities and organizations, this project has marked the beginning of a process of adaptation in the high mountains. This process is now carried-on under the leadership of beneficiary families and territorial authorities that have included in their development plans provisions for the continuity of the actions implemented by the project.

All the goals and results of the project exceeded expectations, which is why it has received the highest mark (highly successful) according to the guidelines, standards and procedures of the IDB and GEF, and has establishes itself as a reference to move towards adaptation in the Colombian high mountains.

This publication presents the most important results of this work, starting with the historical and social context that explains many of the complexities encountered today in the area of implementation and that constitute the main challenges to be tackled in the context of adaptation. It then describes the methodology to prioritize areas of intervention regarding vulnerability to climate change, and where the adaptation measures have been designed and implemented in a participatory manner. Finally, it shares the main lessons learned as input for the design of future projects that, in the country, will focus on climate change adaptation in high-mountain ecosystems.

Siglas y acrónimos

Sigla o acrónimo	Nombre completo
AbE-AbC	Adaptación basada en ecosistemas-adaptación basada en comunidades
AFOLU	*Agriculture, Forestry and Other Land Use* (agricultura, silvicultura y otros usos del suelo). Sector forestal y cambio de uso de suelo
BID	Banco Interamericano de Desarrollo
CAR	Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca
CC	Cambio climático
CEERCCO	Comisión Conjunta del Corredor de Ecosistemas Estratégicos de la Región Central de la Cordillera Oriental
CI	Conservación Internacional
CNP	Coordinadora nacional del proyecto
CIPAV	Centro para la Investigación en Sistemas Sostenibles de Producción Agropecuaria
Corpoguavio	Corporación Autónoma Regional del Guavio
DCC	Dirección de Cambio Climático
EAB	Empresa de Acueducto, Alcantarillado y Aseo de Bogotá
ECA	Escuelas agroecológicas campesinas
EDT	Estructura detallada de trabajo
EEP	Estructura ecológica principal
EETA	Estructura ecológica territorial adaptativa
EOT	Esquema de ordenamiento territorial
EPAM	Estudios y proyectos ambientales y mecánicos
GEF	Global Environmental Facility
IDEAM	Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales
Idiger	Instituto Distrital para la Gestión del Riesgo y el Cambio Climático
INAP	Proyecto Nacional de Adaptación al Cambio Climático
Minambiente	Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible
MVCT	Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio
MR	Matriz de resultados
ONF-A	*Office National des Forêts-andina*
PA	Plan de adquisiciones
PBOT	Plan Básico de Ordenamiento Territorial
PEM	Planes estratégicos de macrocuencas
PEP	Plan de Ejecución Plurianual del Proyecto
PGOF	Plan General de Ordenación Forestal
PMR	Matriz de seguimiento al progreso del proyecto
PNN	Parques nacionales naturales
POA	Plan Operativo del Proyecto
POMCA	Plan de Ordenación y Manejo de Cuencas Hidrográficas
POT	Plan de Ordenamiento Territorial
PRICC	Plan Regional Integral de Cambio Climático
PUJ	Pontificia Universidad Javeriana
RAPE	Región Administrativa de Planeación Especial
RFP	Reserva Forestal Protectora
SAT	Sistema de Alerta Temprana
SDA	Secretaría Distrital de Ambiente
SM&E	Sistema de Monitoreo y Evaluación
TCN	Tercera Comunicación Nacional
UPA	Unidad de producción agropecuaria
UCP	Unidad coordinadora del proyecto
UD	Universidad Distrital
USD	Dólares americanos
UTP	Universidad Tecnológica de Pereira

Capítulo

1

CONTEXTO SOCIOECONÓMICO Y SOCIOECOLÓGICO DE LA ALTA MONTAÑA

— **Patricia Bejarano M.**

La alta montaña colombiana es considerada la base del sistema hidrológico nacional, estratégica por su alto potencial de almacenamiento y regulación hídrica. Tiene influencia sobre todo lo que se encuentra a menor altitud, incluyendo los altiplanos, los valles interandinos y hasta las zonas costeras, llaneras y amazónicas (Buytaert et al., 2006; Harden, 2006).



Un escenario de servicios ecosistémicos y transformaciones

En la alta montaña colombiana nacen una gran cantidad de quebradas y ríos que garantizan el abastecimiento de agua para el consumo humano, el mantenimiento de las ciudades, la producción agropecuaria e industrial y la generación de energía hidroeléctrica y que, en general, hacen posible que se mantenga el flujo de servicios ecosistémicos asociados con la dinámica económica del país (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible [Minambiente], 2002). Los socioecosistemas de alta montaña también son reconocidos por su alta capacidad de almacenamiento de carbono, donde los suelos cumplen un papel fundamental.

En el páramo particularmente, las bajas temperaturas, que inciden en las tasas de mineralización y reciclaje de nutrientes, unidas a la falta de una vegetación exuberante por encima del límite altitudinal superior de los bosques y al alto contenido de materia orgánica en los suelos, cuya profundidad es variable, explican en gran parte la importancia de los suelos en la captura de carbono (García, 2003; Becerra *et al.*, 2009). Además de agua, captura de carbono y biodiversidad, nuestra alta montaña ha sido la base de la creación de prácticas culturales únicas que permanecen en la actualidad en buena parte de los grupos humanos que la habitan, bien sean campesinos, indígenas o colonos.

Si bien el Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC) indicó en el 2007 que los efectos del cambio climático no van a afectar a toda la sociedad por igual, se considera que, en general, los socioecosistemas de montaña se encuentran entre los más vulnerables a nivel mundial (Earls, 2009). En Colombia, las poblaciones que habitan y dependen de sus servicios ecosistémicos son las más expuestas y frágiles, en especial los sistemas de producción agropecuaria, que dependen, entre otros factores, del clima.

No obstante, la alta montaña viene siendo afectada por procesos de transformación y degradación por el desarrollo de actividades agrícolas y ganaderas inadecuadas, la explotación de minerales, la desecación de turberas para incrementar la frontera agrícola, la utilización de depósitos lacustres, lagos y lagunas en programas de generación eléctrica, la explotación en exceso del recurso hídrico, los programas de reforestación inapropiados, el turismo mal dirigido, las invasiones biológicas y el incremento de áreas para usos urbanos, entre otros. Esto enmarca el gran desafío que supone la conservación del área que reúne la mayor superficie de páramos no solo a nivel nacional sino a nivel global y que hace que una ciudad como Bogotá D. C. sea posible.

Procesos históricos y ancestrales

Los veintidós municipios que hacen parte del paisaje comprendido entre los páramos Chingaza-Sumapaz-Guerrero tienen una herencia histórica y cultural que se remonta a épocas prehispánicas muy antiguas, que demuestran la temprana ocupación territorial del altiplano cundiboyacense y la transformación gradual del paisaje por efectos antrópicos. Esta ocupación, por un lado, ha moldeado unas identidades y formas de comportamiento local y, por otro lado, refleja los elementos socioantropológicos e históricos comunes que pueden incidir en la construcción de un perfil regional que determina aspectos territoriales determinantes para la configuración del paisaje, entendido como la respuesta espacial de este sistema socioecológico (Rodríguez, 2008).

La ocupación humana sobre el altiplano cundiboyacense está relacionada en gran medida con las características biofísicas que en poca distancia ofrecen variedad climática, terrenos con diversa orografía y unidades ambientales pequeñas pero diferentes en cuanto a flora y fauna, con poca simultaneidad de lluvias. En fin, es un territorio rico ambientalmente y con numerosos nichos ecológicos, los cuales se convirtieron en factores clave para los asentamientos de grupos humanos que en el pasado reciente solo establecían relaciones ocasionales con el vecino más cercano a partir del cubrimiento de algunas necesidades básicas (Rodríguez, 2008).

Las ofertas ambientales del territorio prehispánico andino eran múltiples, lo que propició una variedad de asentamientos humanos y diversidad de asentamientos nucleados (cercados, aldeas, cacicazgos, federaciones y comarcas) que se organizaban de manera específica para aprovechar las riquezas naturales. Eso puede explicar en parte por qué el desarrollo posterior del territorio se hizo sobre los ejes de mayores tamaño y oferta ambiental. Sin embargo, el año 1538 marca una fecha de ruptura abrupta en el esquema de ocupación territorial que venía desarrollando la población aborigen prehispánica: aparece una concepción del territorio diametralmente opuesta que, por supuesto, incluye una forma de apropiación y uso calcando algunos elementos del sistema arquitectónico, jerárquico, religioso y económico de la España monárquica del momento (Rodríguez, 2008).

Las reglas impuestas por la Corona española incluían una jerarquización del espacio en forma de pirámide, en donde Dios y el rey ocupan el vértice superior. Es por esto que en el momento de ordenación del espacio en el periodo colonial se hable de “tierra de blanco” y “tierra de indios”, que hace alusión directa a la villa o la ciudad y las mejores tierras para los primeros y a las áreas de menor posibilidad productiva para los segundos, pero bajo la tutela española (Rodríguez, 2008).

La tenencia de la tierra, la inequidad en la distribución predial, los usos improductivos del suelo y otra serie de fenómenos socioeconómicos que se observan hoy en día en el territorio tienen que analizarse también desde la perspectiva histórica y cultural. De tal manera debería comprenderse la herencia colonial y republicana, reconociendo que influyó en la constitución de una mentalidad individualista, el aislamiento y encerramiento frente a otras perspectivas culturales universales, la dificultad para la asociatividad y el fortalecimiento institucional, el desarrollo de obstáculos para la construcción de regionalidades y nuevas formas de ordenamiento territorial que permitieran la articulación de lo local con lo global, entre otros hechos integradores (Rodríguez, 2008).

No obstante, y a pesar de los cambios en el comportamiento social posterior a la Conquista, en el área se han mantenido formas asociativas que han posibilitado el avance en la construcción de sistemas de gestión enfocados en su protección y recuperación. Es así como, durante los últimos años, se ha observado un movimiento ciudadano encaminado hacia la defensa de las selvas altoandinas y los páramos que rodean a Bogotá y determinan la identidad territorial de los campesinos y de las comunidades asentadas en los municipios que conforman esta área de conservación. Esta misma defensa se ha acentuado inclusive en los ciudadanos de la Bogotá urbana, quienes ejecutan acciones de diversa índole para la protección de la hoy denominada estructura ecológica principal (EEP) de la ciudad-región (Bejarano, 2019).

> “Es por esto que en el momento de ordenación del espacio en el periodo Colonial se hable de “tierra de blanco” y “tierra de indios” que hace alusión directa a la villa o la ciudad”

Sistemas de producción y aprovechamiento

El elemento fundamental para hacer referencia a la importancia del paisaje Chingaza-Sumapaz-Guerrero para el país tiene que ver con la importancia de los ecosistemas de alta montaña para el funcionamiento de las ciudades. Al comparar la superficie total del área (606.000 ha aproximadamente) con el área continental de Colombia (114.200.000 ha), el primero representa tan solo el 0,53 %, cerca del 25 % del PIB nacional, y alberga a casi la cuarta parte de sus habitantes: un claro ejemplo no solo de la concentración de la población y la economía en la capital colombiana y sus alrededores, sino que también expone la alta presión que esto supone para ofertar agua, energía, alimentos, educación y salud a todos.

Por su parte, los sistemas de producción están permeados por factores determinantes como las características biofísicas y orográficas, la fertilidad de la capa orgánica, el acceso a beneficios ecosistémicos necesarios para el proceso productivo, la distancia a los centros de comercialización, la disponibilidad y facilidad de insumos para la producción, la riqueza del subsuelo y el conocimiento y acceso a tecnologías, por solo mencionar los más importantes. A partir de esas variables es factible reconocer el tipo de modelo productivo imperante en el territorio, que va desde la tradicional economía campesina de autoabastecimiento y venta de excedentes en el mercado local (minifundio-latifundio), pasando por los esquemas agroindustriales que incorporan conocimiento, tecnología y capital para garantizar alta rentabilidad, hasta llegar a la explotación minera, que abastece de materias primas cercanas y bajo condiciones favorables para el productor (Rodríguez, 2008).

En cuanto a la economía campesina tradicional, se circunscribe en la pequeña producción de autoabastecimiento, con mínimos excedentes que suelen ponerse en el circuito económico local. Esto también aplica al latifundio, que, a pesar de la gran extensión en el uso del suelo que lo caracteriza, está sujeto a bajos rendimientos por unidad predial, subutilización de la tierra por debajo de su real capacidad de aprovechamiento, baja capitalización y nivel tecnológico, y mano de obra empleada en condiciones de precariedad y, en consecuencia, con una situación por debajo de los mínimos de calidad de vida. A diferencia del minifundio, este sistema genera más factores de inestabilidad social relacionados con la existencia de un mayor número de campesinos sin tierra que terminan sometiéndose a condiciones inequitativas y desplazamientos.

Respecto a los usos agroindustriales, se puede decir que corresponden a ciertas porciones del territorio regional que ofrecen todas las ventajas para una actividad pecuaria y agrícola de alta rentabilidad, con todas las facilidades para articularse en los circuitos de mercado regional, nacional e internacional, y que cuentan con el apoyo de capitales privados y públicos para garantizar su competitividad a mediano y largo plazo. La producción agroindustrial se concentra en los municipios de la denominada provincia sabana centro de Cundinamarca (Cogua, Gachancipá, Nemocón, Sopó, Tocancipá y Zipaquirá) y en algunos municipios de la sabana de Bogotá y el valle del Teusacá (La Calera, Guasca, Guatavita y Sesquilé), donde se especializan en la floricultura de exportación, la horticultura, la producción de algunos caducifolios promisorios, la ganadería vacuna de precisión con doble propósito y el cultivo industrial de papa. De este modo se han generado fuertes presiones sobre el páramo de Guerrero, traducidas en procesos de degradación social (Chaves, 2011).

Otro uso económico del suelo está relacionado con la explotación selectiva de materiales del subsuelo que tienen una demanda continua en los ámbitos local, regional, nacional e internacional. En el caso concreto del área de conservación, varios de sus municipios practican actividades mineras desde hace varias décadas, y existen otros que promueven el desarrollo de este sector económico aprovechando el potencial existente de depósitos de materiales tradicionales que demanda el mercado: sal, carbón coque, cal, arcilla, areniscas y agregados.

Un sistema socioecológico y su expresión espacial en el paisaje

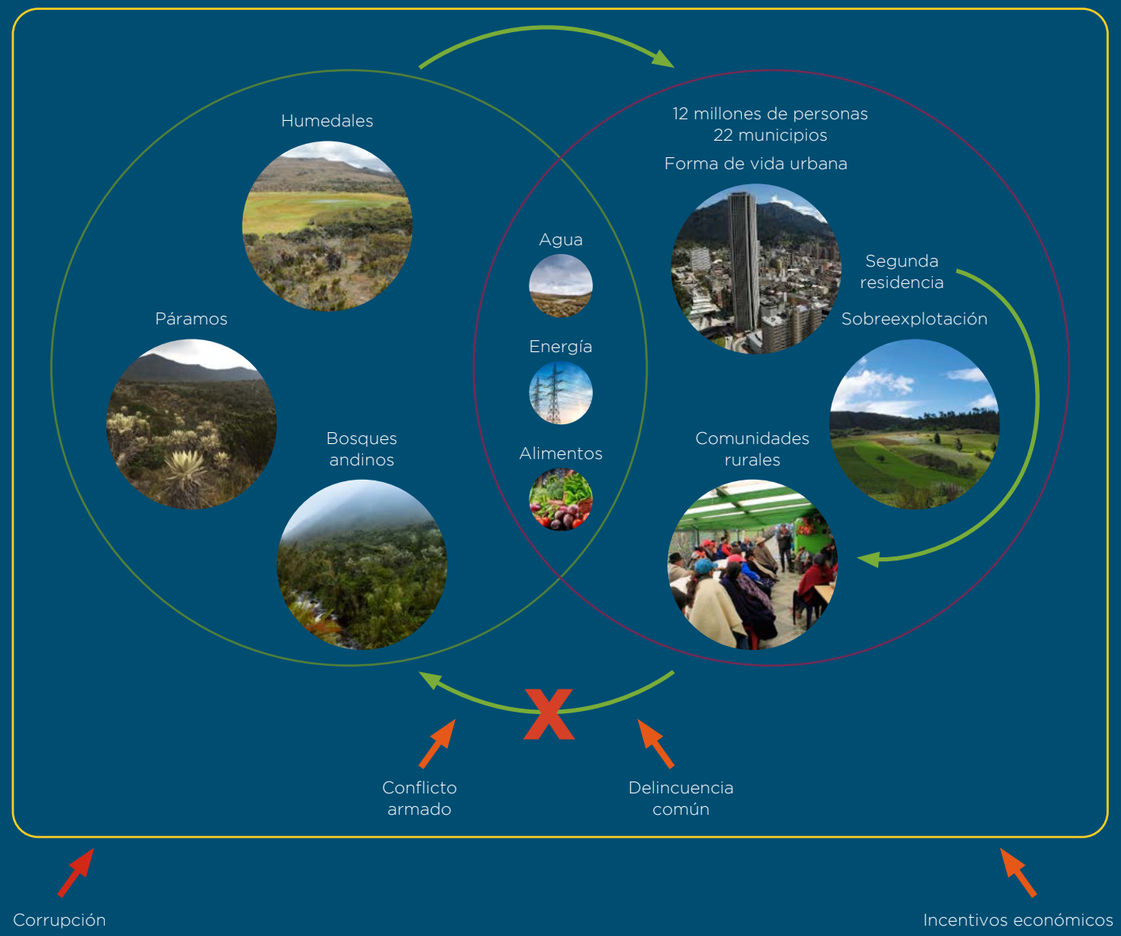
El área Chingaza-Sumapaz-Guerrero hace parte de dos regiones hidrográficas: Magdalena-Cauca y Orinoco y, dentro de estas, cinco zonas y catorce subzonas hidrográficas con incidencia directa sobre nacimientos de agua y recarga hídrica que en conjunto sustentan la conectividad entre los PNN Chingaza y Sumapaz, la Reserva Forestal Protectora (RFP) Bosque Oriental de Bogotá y los páramos de Guacheneque y Guerrero. Paisajísticamente, está constituida, en su gran mayoría, por ecosistemas de alta montaña que incluyen la mayor superficie de páramos del planeta en las inmediaciones de la ciudad de Bogotá D. C., lo que la ubica en un contexto muy particular dada la centralidad de Colombia en su distrito capital, pues en menos del 1 % de la superficie continental del país habita casi el 25 % de la población nacional (Bejarano, 2019).

Los habitantes de Bogotá demandan la mayor cantidad de beneficios de la alta montaña, especialmente agua, energía y alimentos. Las comunidades de los municipios aledaños y del ámbito rural de la capital son quienes han sufrido desplazamientos en sus formas de vida y producción asociados a fenómenos como la segunda residencia, la compra y el arriendo de tierras para el monocultivo de papa, y la falta de equidad territorial para acceder a recursos vitales como el agua potable (EAAB, 2017). A lo anterior se suman las presiones a las que son sometidas las comunidades rurales que habitan entre la ciudad y zonas de conservación estricta, como en la localidad de Usme de Bogotá, en donde, por un lado, viven en constante riesgo por la ampliación de la frontera urbana y, por el otro, son desplazadas cuando se toman decisiones de conservación o delimitación de complejos de páramos sin tener en cuenta a quienes desde décadas atrás los han habitado.

En la zona norte se encuentran los páramos de Guerrero y Guacheneque. El primero, ampliamente estudiado desde la perspectiva geográfica por autores como León (2011), Méndez (2006), Alzate (2008), González (2009), Rodríguez (2010), Chaves (2011) y Cubillos (2011), evidencia grandes conflictos sociales y degradación ecosistémica asociada a la ampliación de la frontera agrícola a gran escala por el cultivo de papa, minería de carbón y actividades ilegales como lavado de activos, convirtiéndolo en uno de los más degradados del mundo (Figura 1).

Figura 1. Descripción del sistema socioecológico del paisaje del área Chingaza-Sumapaz-Guerrero.

Fuente: Bejarano, 2019.



Presiones y dinámicas

El paisaje del área Chingaza-Sumapaz-Guerrero presenta tres agentes que determinan la dinámica del territorio y a la vez las presiones y los conflictos. Ante la falta de planeación y la expedición de normas de difícil interpretación y algunas veces contradictorias, entre ellos se configuran escenarios de confusión, enfrentamiento e inequidades, donde los beneficios ecosistémicos cumplen un papel primordial:

Crecimiento urbano y desarrollo industrial:

Colombia, al ser altamente centralizado, genera una distribución poblacional muy fuertemente concentrada en su capital, el motor de grandes presiones para los municipios aledaños relacionadas con cambios en la configuración de los usos del suelo por crecimiento urbano en suelos de vocación agropecuaria y de alto valor para su conservación como los páramos (Contreras, 2011; Alarcón, 2015; Isaza, 2008).

Los municipios que rodean a Bogotá y que hacen parte del área Chingaza-Sumapaz-Guerrero constituyen la garantía del sistema de abastecimiento de agua para la capital y se encuentran fuertemente influenciados por las decisiones del Gobierno de la ciudad. Esto genera una fuerte vulnerabilidad territorial, reflejada en la distribución inequitativa de los beneficios ecosistémicos, los desplazamientos por decisiones de conservación o intervención de obras, la pérdida de identidad, entre otros.

Además del crecimiento urbano, y ante la oferta de agua disponible, alrededor de Bogotá se localizan grandes industrias que cuentan con concesiones de agua que en algunos casos han sido sancionadas por el mal manejo de los vertimientos, lo que genera afectaciones sobre la cuenca del río Bogotá, una de las más degradadas del mundo (Betancourt y Peñaranda, 2015).

Medidas de conservación estrictas de los páramos como áreas estratégicas para la regulación y el suministro de agua:

Ante las presiones relacionadas con la demanda de vivienda, agua, energía, vías y alimentos para Bogotá, las medidas de conservación no siempre se ajustan a las necesidades requeridas para el mantenimiento y la recuperación de los beneficios ecosistémicos. Las áreas protegidas de categoría de conservación estricta más antiguas fueron los PNN Chingaza y Sumapaz.

Chingaza, declarado en 1977 como PNN, es una demostración clara de cómo la conservación del funcionamiento adecuado de los ecosistemas es fundamental para garantizar la oferta de beneficios ecosistémicos. La declaratoria se hizo para garantizar que el agua disponible se encontrara en la cantidad y la calidad suficientes para el desarrollo del proyecto de Chuza, puesto en operación en el año 1985 y del que hoy depende el 68 % del abastecimiento de agua para Bogotá (EAAB, 2017).

Adicionalmente, existen dos medidas de conservación que generan incertidumbre en las comunidades campesinas y que han generado protestas y obligado a organizar mesas de discusión y movilización como la Mesa Nacional de Páramos del 2019: la declaratoria de la RFP del Páramo de Guerrero y la sanción de la Ley de Páramos en junio de 2018. La primera, aunque buscaba frenar la alta degradación existente en este complejo de ecosistemas, no contó con los procesos de participación, y la segunda llevó a exacerbar el conflicto que había surgido desde antes de la declaratoria.

A lo anterior se sumó la necesidad de reconocer la existencia de las comunidades campesinas y de concertar con ellas procesos de reconversión y sustitución productiva que minimizaran los efectos de la papa y la ganadería sobre el funcionamiento de estas áreas. Sin embargo, la incertidumbre ante las autoridades ambientales regionales persiste con el argumento de tener que esperar la reglamentación de la ley.

Desarrollo de vida rural e identidad campesina asociada a la alta montaña

Las formas de vida campesina se encuentran bajo tensión con los dos agentes de presión mencionados anteriormente. A manera de ejemplo, las veredas Los Soches, La Requilina y Corinto (Usme), por el costado norte, se encuentran con su proyección como áreas de expansión urbana y, por el costado sur, con el PNN Sumapaz. Así las cosas, sus habitantes viven en constante riesgo de ser desplazados de su arraigo y costumbres rurales como consecuencia de la ampliación de la frontera urbana o bien por acciones de conservación estricta que no involucran a los residentes rurales o, más recientemente, en áreas delimitadas donde no se permite el uso agropecuario de ningún tipo pese a que todos los páramos en mayor o menor medida se encuentran habitados.

> “Ante la falta de planeación y la expedición de normas de difícil interpretación y algunas veces contradictorias, entre ellos se configuran escenarios de confusión, enfrentamiento e inequidades, donde los beneficios ecosistémicos cumplen un papel primordial”

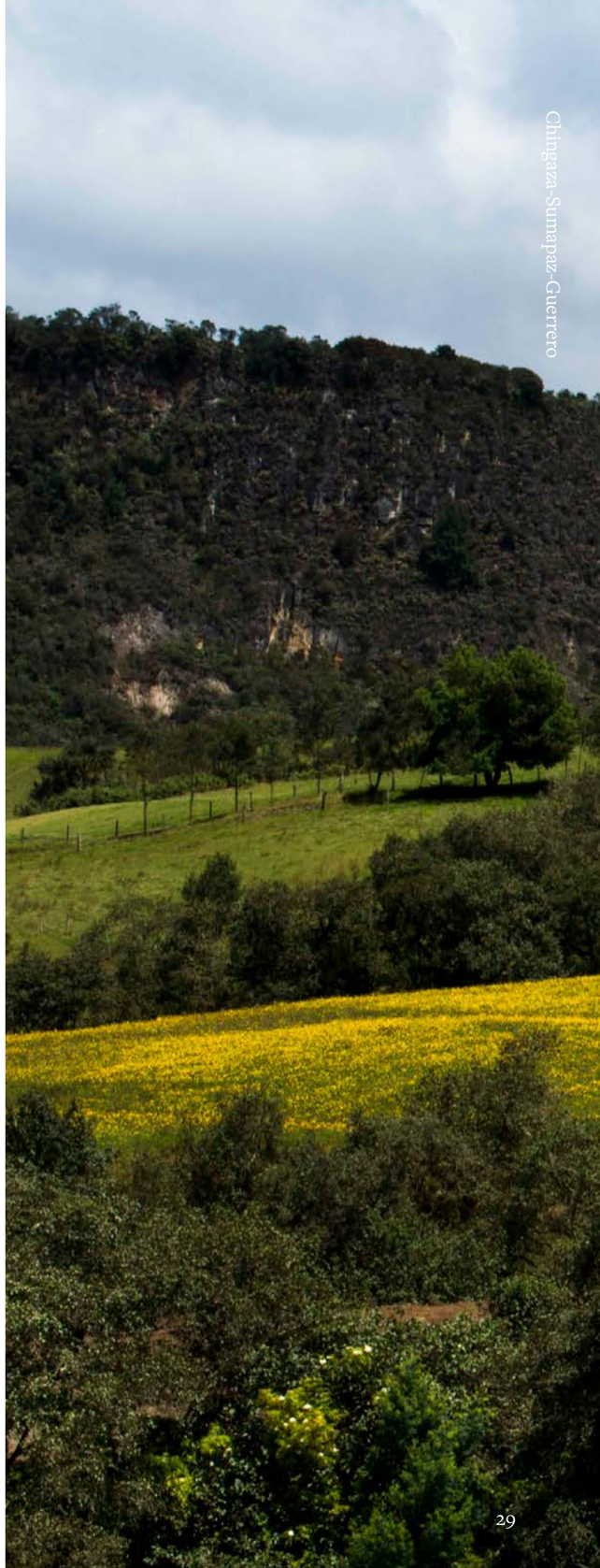
Cambio climático como un multiplicador de los retos y vacíos del desarrollo en la zona de páramos

En las últimas décadas, a nivel global se ha presentado un creciente interés por medir la intensidad y las consecuencias que el cambio climático está teniendo y va a tener en los próximos años. Se han diseñado metodologías interesantes que permiten estimar la intensidad del cambio en los regímenes de precipitación y temperaturas y las tendencias a su incremento o disminución, así como el impacto que estas variaciones causan en la biodiversidad, la economía y el bienestar. En Colombia en particular, diferentes entidades públicas, privadas y académicas, así como ONG y sociedad civil en general, han analizado mediante diversas aproximaciones la magnitud, las consecuencias y las alternativas de mitigación y adaptación que de acuerdo con las circunstancias ecológicas, económicas y sociales se pueden implementar en las regiones y ecosistemas del país.

Una de las principales herramientas que orientan la comprensión del estado de vulnerabilidad y riesgo climático en el territorio nacional son las comunicaciones nacionales de cambio climático lideradas por el IDEAM, en las que se presenta la información crítica para entender la vulnerabilidad del país, la capacidad y las alternativas de adaptación al cambio climático, así como las opciones para manejar las emisiones de GEI. De acuerdo con la Tercera Comunicación Nacional (2017), los páramos y la alta montaña en general revisten especial importancia por su alta vulnerabilidad ante las condiciones variables del clima y por ser los que ofrecen el mayor aporte para el suministro de agua para consumo humano y actividades productivas. Por esta razón los páramos, junto con los manglares y los humedales, se consideran estratégicos dentro de la legislación colombiana a la luz de los importantes servicios hidrológicos que prestan.

Con el proyecto se logró aportar al conocimiento de las implicaciones del cambio climático en cuanto a vulnerabilidad y riesgo climático asociado al recurso hídrico en el paisaje comprendido entre los páramos Chingaza-Sumapaz-Guerrero, que abarca 19 municipios de Cundinamarca, 2 del Meta y el Distrito Capital. Los resultados indican una alta vulnerabilidad asociada a los cambios en la dinámica hídrica que tendrán las cerca de 80 subcuencas presentes, de acuerdo con los modelos hidrológicos realizados y las evidencias de la alta variabilidad climática local que ha sido posible analizar gracias al monitoreo comunitario. Esto representa enormes desafíos que deben ser abordados mediante la implementación de medidas de adaptación como las que se diseñaron y pusieron en marcha, con el fin de equilibrar, a través de soluciones basadas en la naturaleza, la conservación de la biodiversidad de la alta montaña con el bienestar social de las comunidades campesinas.

Una de las principales lecciones aprendidas que se describirán más adelante consiste en entender que la adaptación es ante todo un proceso de cambio de conciencia en el que, a través de nuevas miradas científicas, artísticas y comunitarias, se ajusta el concepto de desarrollo para incluir la naturaleza y el campesinado como sujetos básicos para el desarrollo regional. Por lo tanto, los procesos que promueven una adaptación transformadora e intencional tienen que ser de largo plazo y continuos.



Capítulo

2

LA ALTA MONTAÑA COLOMBIANA Y SU VULNERABILIDAD AL CAMBIO CLIMÁTICO

— Milton Mauricio Espitia Falla, Luisa Cusguen, Diego Restrepo.

Consultores: Guillermo Eduardo Armenta, Jennifer Dorado Delgado, Marinela del Carmen Valencia Giraldo, José Ville Triana, Manuel Santiago Burgos, Juan Carlos Durán Dueñas, INGEAG S. A. S.

El proyecto generó información relacionada con los determinantes de la vulnerabilidad al cambio climático de este territorio para utilizarlo como un factor prioritario dentro de la planeación del uso de la tierra y del manejo de las cuencas priorizadas. Para esto se realizaron estudios de: (i) escenarios climáticos de alta resolución útiles para la gestión de cuencas y el ordenamiento territorial; (ii) evaluación de la respuesta hidrológica en las cuencas de interés del proyecto, y (iii) análisis de vulnerabilidad socioecológica para ecosistemas altoandinos, frente a su capacidad para suministrar y regular el agua en escenarios de cambio climático.

Comportamiento del clima en escenarios cambiantes

Diversos sectores y aspectos de la vida humana, tales como la producción, la salud y la conservación de los ecosistemas para la provisión de servicios, se han visto seriamente afectados con el inminente cambio climático. De este modo han surgido nuevos retos que afrontar con el fin de adaptarse, que no es más que reducir el impacto de este fenómeno. El estudio del comportamiento de las variables climáticas, principalmente la precipitación y la temperatura, fue, en el caso del GEF Alta Montaña, el punto de partida para entender el impacto que tendrá el cambio climático en la región que compone el paisaje sostenible de los páramos Chingaza-Sumapaz-Guerrero.

Gracias a la información de 174 estaciones pluviométricas y 28 estaciones climatológicas distribuidas entre los departamentos de Cundinamarca, Boyacá y Meta se logró establecer que el comportamiento de las lluvias en el área de estudio es de tipo bimodal hacia el costado occidental y monomodal en la zona oriental. Además, el análisis de la precipitación en el periodo 1976-2010 permitió identificar que las lluvias presentan valores bajos (entre 501-1.000 mm anuales) en el sector occidental y se incrementan hasta llegar a los 801-1.000 mm al costado límite del Meta (Figura 2).

En cuanto a la temperatura ambiente, se pudo establecer que está altamente influenciada por la orografía, con valores anuales para el corredor que oscilan entre los 4-23 ºC aproximadamente. Los valores más bajos se registran sobre el páramo de Sumapaz, entre los 4-7 ºC, seguido por Chingaza con 5-9 ºC y Guerrero con temperaturas entre los 5-10 ºC respectivamente (Figura 3).

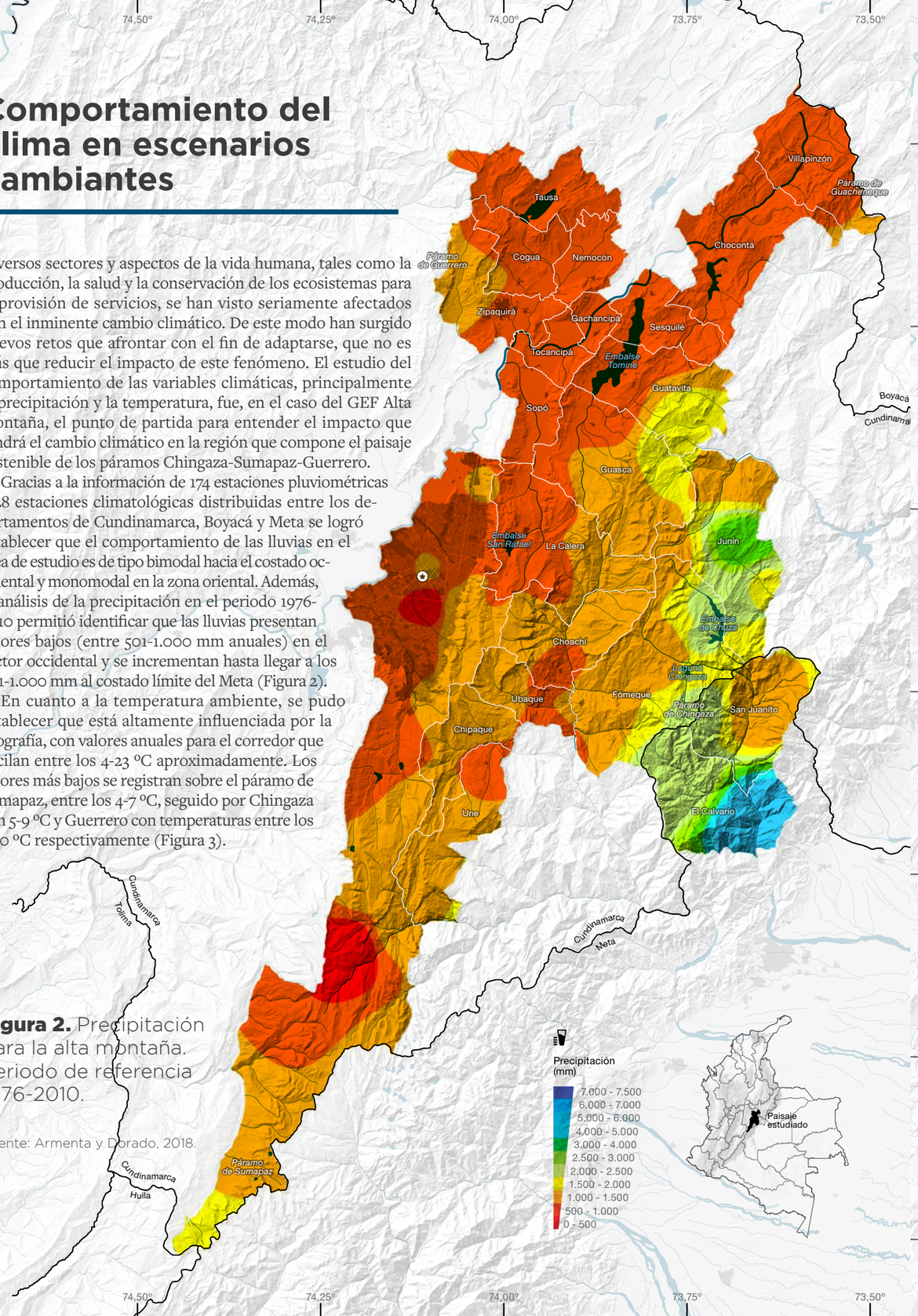


Figura 2. Precipitación para la alta montaña. Periodo de referencia 1976-2010.

Fuente: Armenta y Dorado, 2018.

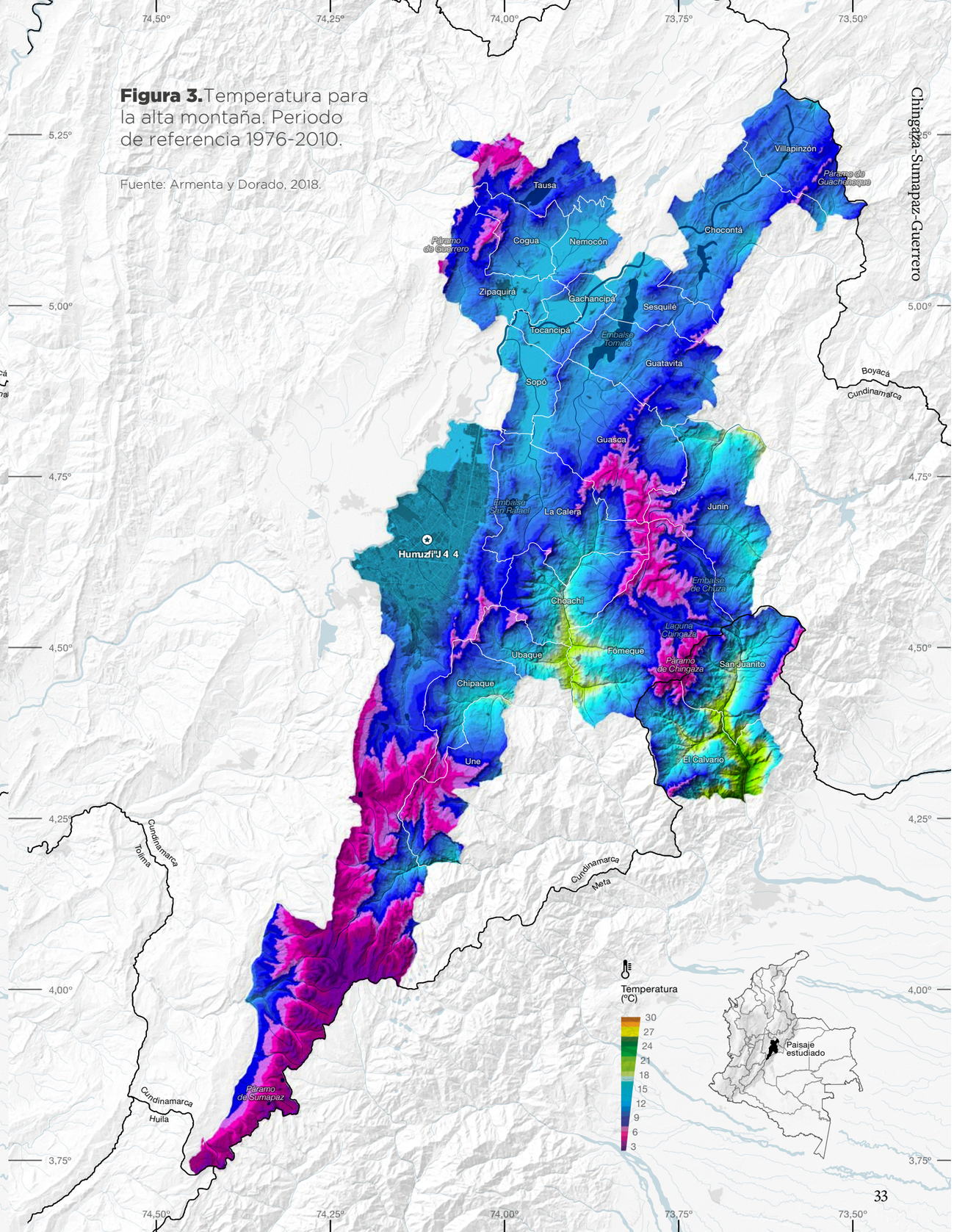


Figura 3. Temperatura para la alta montaña. Periodo de referencia 1976-2010.

Fuente: Armenta y Dorado, 2018.

Escenarios de cambio climático

Armenta y Dorado (2018) estimaron las condiciones climáticas sobre el paisaje de Chingaza-Sumapaz-Guerrero como un insumo para la toma de decisiones. El clima fue analizado respecto a las tendencias climáticas y de eventos extremos observados y la generación de proyecciones climáticas bajo los escenarios de cambio climático del Quinto Reporte del IPCC (AR5) (IPCC, 2013).

Entendiendo que cualquier cambio en la intensidad o frecuencia de los eventos climáticos extremos tendría impactos importantes en la naturaleza y en las actividades humanas (Muñoz *et al.*, 2010), se calcularon los índices estándar para el análisis de las tendencias climáticas y las de los eventos extremos (Karl, Nicholls y Ghazi, 1999; Peterson, 2005). Estos índices se obtuvieron a partir de los datos diarios de precipitación y temperaturas máxima y mínima del periodo 1978-2012 (35 años), y con ellos se evaluaron variables como: eventos extremos de precipitación, duración de los días consecutivos con lluvias, secos, con días cálidos o noches frías, entre otros.

Adicionalmente, se analizaron los escenarios de cambio climático del paisaje Chingaza-Sumapaz-Guerrero a partir de los datos mensuales para la precipitación y la temperatura a partir de la información disponible para el periodo 1976-2010 (283 estaciones para precipitación, 60 estaciones para temperatura media, 33 para temperatura máxima y 38 para temperatura mínima). Las series del ensamble multimodelo se generaron con base en los 15 modelos globales del CMIP5 utilizados en la Tercera Comunicación Nacional de Cambio Climático para Colombia (Tabla 1) (IDEAM, 2015).

Tabla 1. Listado de modelos utilizados en la Tercera Comunicación Nacional de Cambio Climático para Colombia

Fuente: IDEAM, 2015.

Modelo	Institución
bcc-csm1-1-m	Beijing Climate Center (BCC), China Meteorological Administration
CCSM4	National Center for Atmospheric Research (NCAR)
CSIRO-Mk3-6-0	Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization (CSIRO), Queensland Climate Change Centre of Excellence (QCCCE)
FIO-ESM	The First Institute of Oceanography (FIO), SOA, China
GFDL-CM3	NOAA, Geophysical Fluid Dynamics Laboratory (GFDL)
GISS-E2-H	NASA, Goddard Institute for Space Studies (GISS)
GISS-E2-R	
HadGEM2-AO	National Institute of Meteorological Research(NIMR), Korea Meteorological Administration (KMA)
IPSL-CM5A-LR	Institut Pierre-Simon Laplace (IPSL)
IPSL-CM5A-MR	
MIROC5	Atmosphere and Ocean Research Institute (The University of Tokyo) (MIROC), National Institute for Environmental Studies, Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology
MIROC-ESM-CHEM	
MIROC-ESM	
MRI-CGCM3	Meteorological Research Institute (MRI)
NorESM1-ME	Norwegian Climate Centre (NCC)

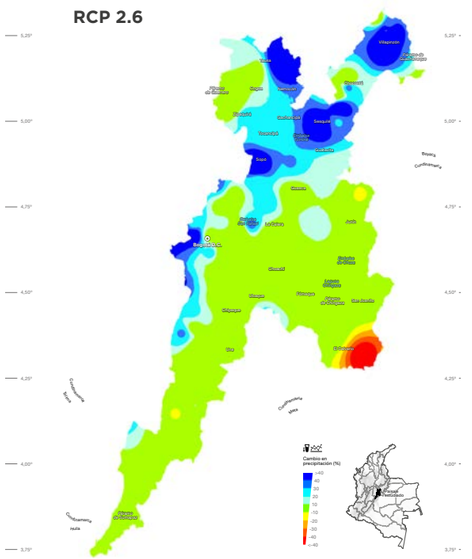
Precipitación bajo escenarios de cambio climático

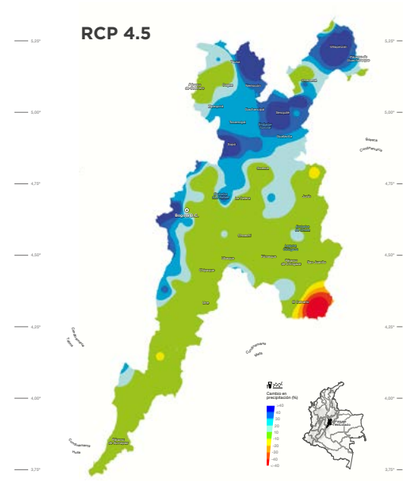
En el estudio realizado por Espitia (2019) se encontró que la precipitación observada en el área, en comparación con los escenarios, presentaría pocas variaciones significativas en cuanto al volumen anual. Hacia el sur del Sumapaz se registrarían incrementos importantes, mientras que la parte alta de Chingaza reflejaría reducciones significativas. En el caso de Guerrero los cambios no son significativos. Ahora bien, considerando la totalidad de la zona, los cambios significativos se darían hacia el norte, con aumentos de precipitación superiores al 20 %, y hacia el sur y el centro de Chingaza, donde se presentarían reducciones importantes de más del 20 %, así como en el oriente y el norte de Sumapaz (reducción entre 10-20 %).

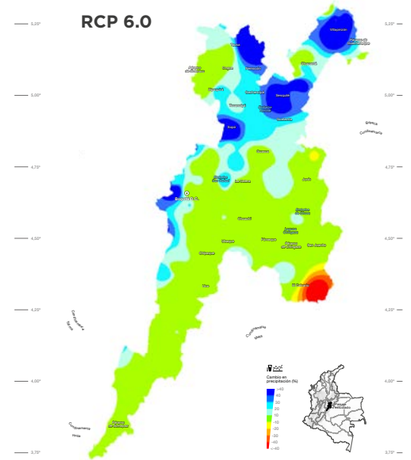
En general los escenarios de cambio climático para precipitación en el área de Chingaza-Sumapaz-Guerrero para el periodo 2011-2100 muestran que podría presentar un comportamiento variado, con incrementos superiores al 20 % para el norte de Sumapaz y una reducción de al menos un 20 % al oriente y en la parte alta de Chingaza, así como un aumento de hasta el 30 % en Guerrero. A nivel estacional, las temporadas de precipitaciones serían las más afectadas, principalmente para Chingaza y Sumapaz, puesto que los escenarios muestran una posible reducción de las precipitaciones superiores al 20 % desde mitad de siglo en adelante (Figuras 4, 5 y 6).

Figura 4. Cambio porcentual de la precipitación proyectado por los 4 escenarios RCP para el periodo 2011-2040.

Fuente: Armenta y Dorado, 2018.







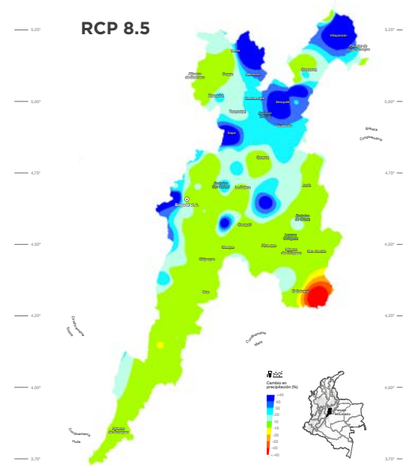


Figura 5. Cambio porcentual de la precipitación proyectado por los 4 escenarios RCP para el periodo 2041-2070.

Fuente: Armenta y Dorado, 2018.

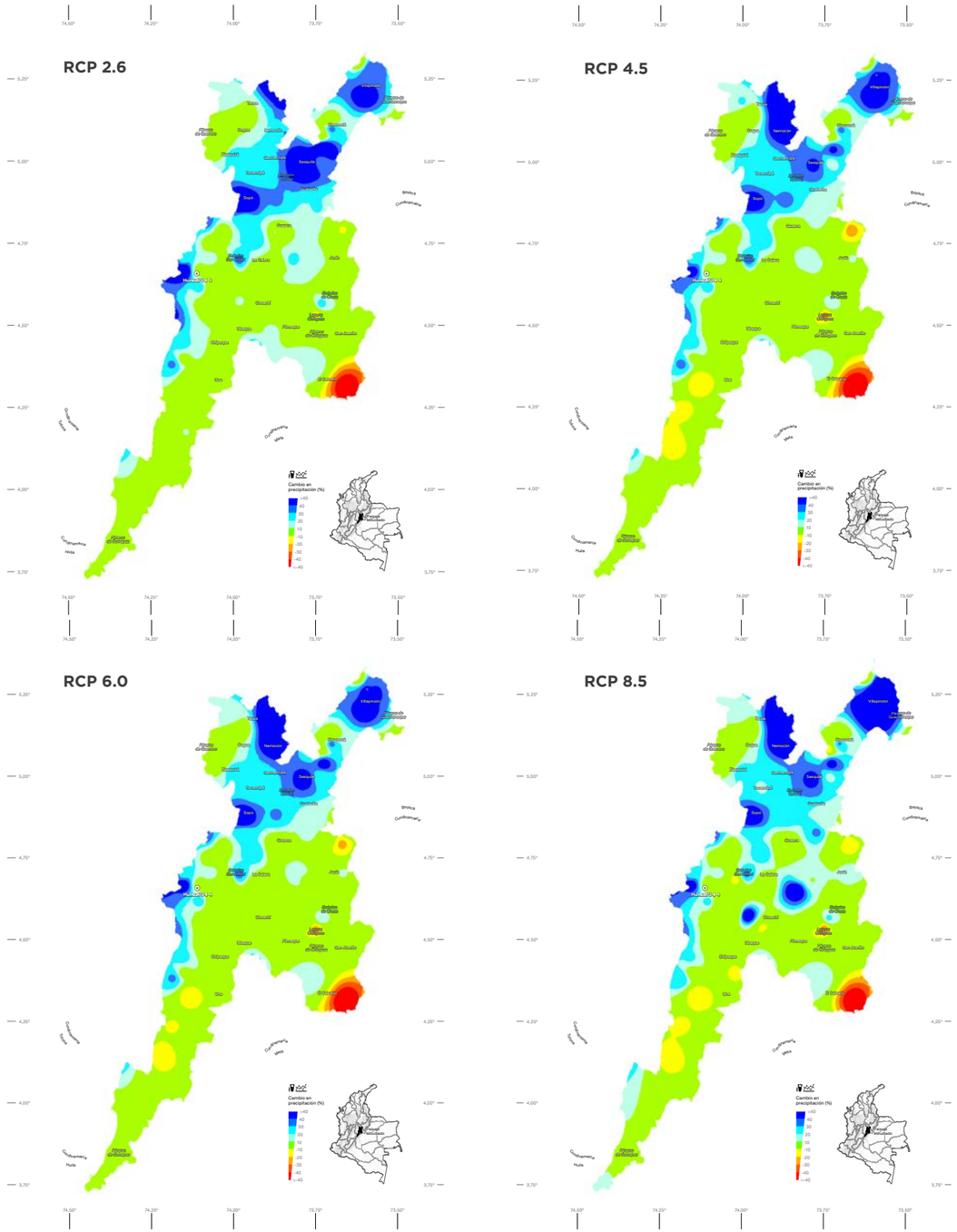
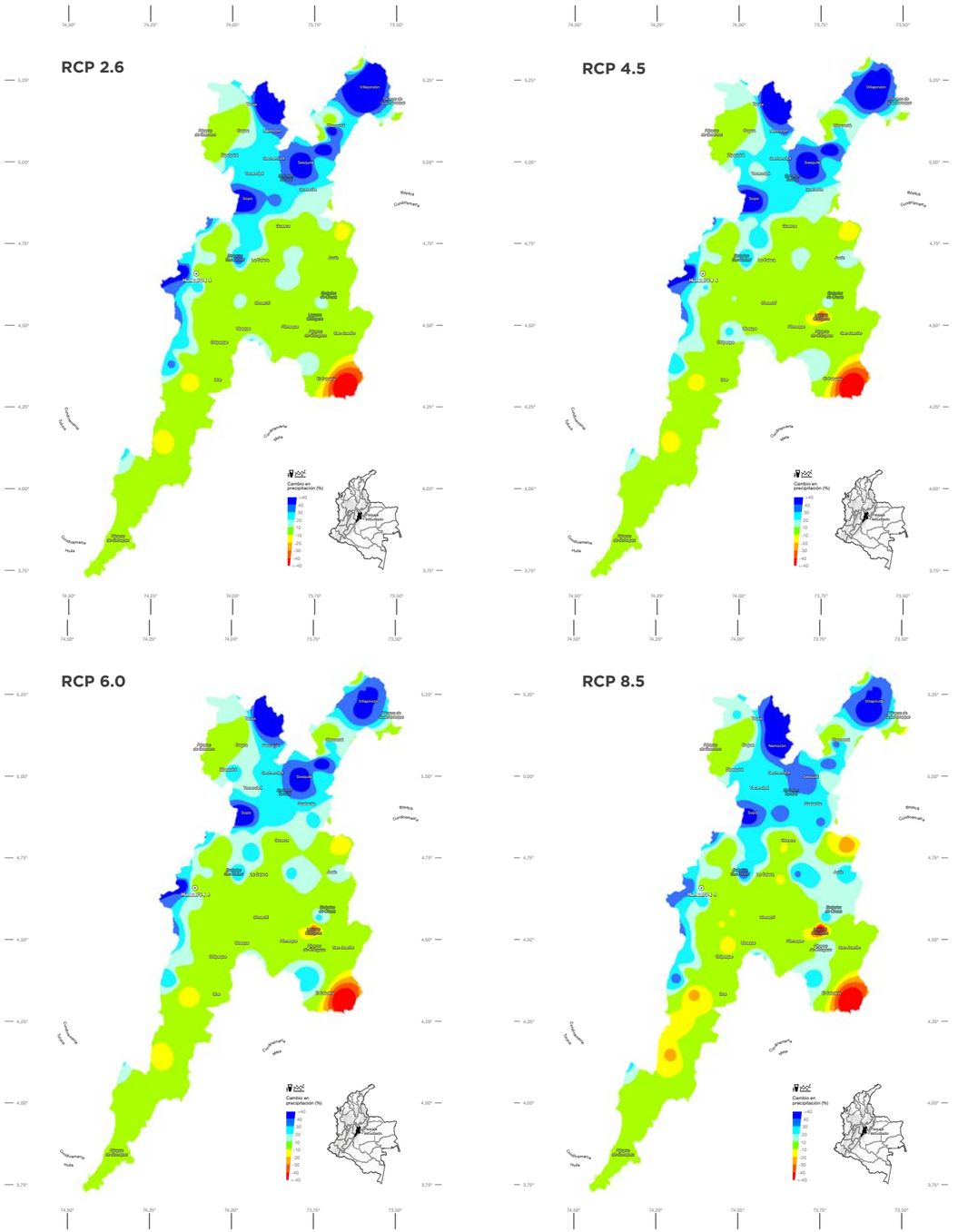


Figura 6. Cambio porcentual de la precipitación proyectado por los 4 escenarios RCP para el periodo 2071-2100.

Fuente: Armenta y Dorado, 2018.



Temperatura bajo escenarios de cambio climático

En cuanto a la temperatura, las proyecciones dejan ver que se presentarían cambios poco significativos para el periodo 2011-2040. No obstante, en Chingaza se aprecia un incremento en un 1°C para este lapso (Figura 8). En el rango 2041-2070, los cambios son más marcados para Chingaza y Guerrero, con temperaturas superiores en al menos 1°C (Figura 9). Hacia finales de siglo (Figura 10), toda la zona ya presentaría cambios en por lo menos 1 °C. Chingaza y Guerrero serían las regiones donde la temperatura habría cambiado en forma más crítica pasando de 4-6 °C a 7-9 °C.

Los escenarios dejan ver que hacia 2040 los cambios serían entre 0,5-1 °C (Figura 8). Para 2070, las variaciones son superiores, del orden de 1,3 °C, y en mayor grado en el RCP 8.5, entre 1,5-2 °C (Figura 9). A finales de siglo, las anomalías de temperatura serían entre 1,3 °C y más de 3 °C (Figura 10), especialmente bajo el escenario "pesimista" (RCP 8.5). En los tres periodos, las alteraciones más importantes se presentarían particularmente al oriente de Chingaza y Sumapaz, con lo que se prevén cambios en la configuración ecológica actual que, de no atenderse mediante acciones de adaptación, pueden llevar a estos ecosistemas a una alta vulnerabilidad derivada de los efectos del cambio climático (Figura 7) (Ecosimple, 2019).

Figura 7. Temperatura media observada anual.

Fuente: Armenta y Dorado, 2018.

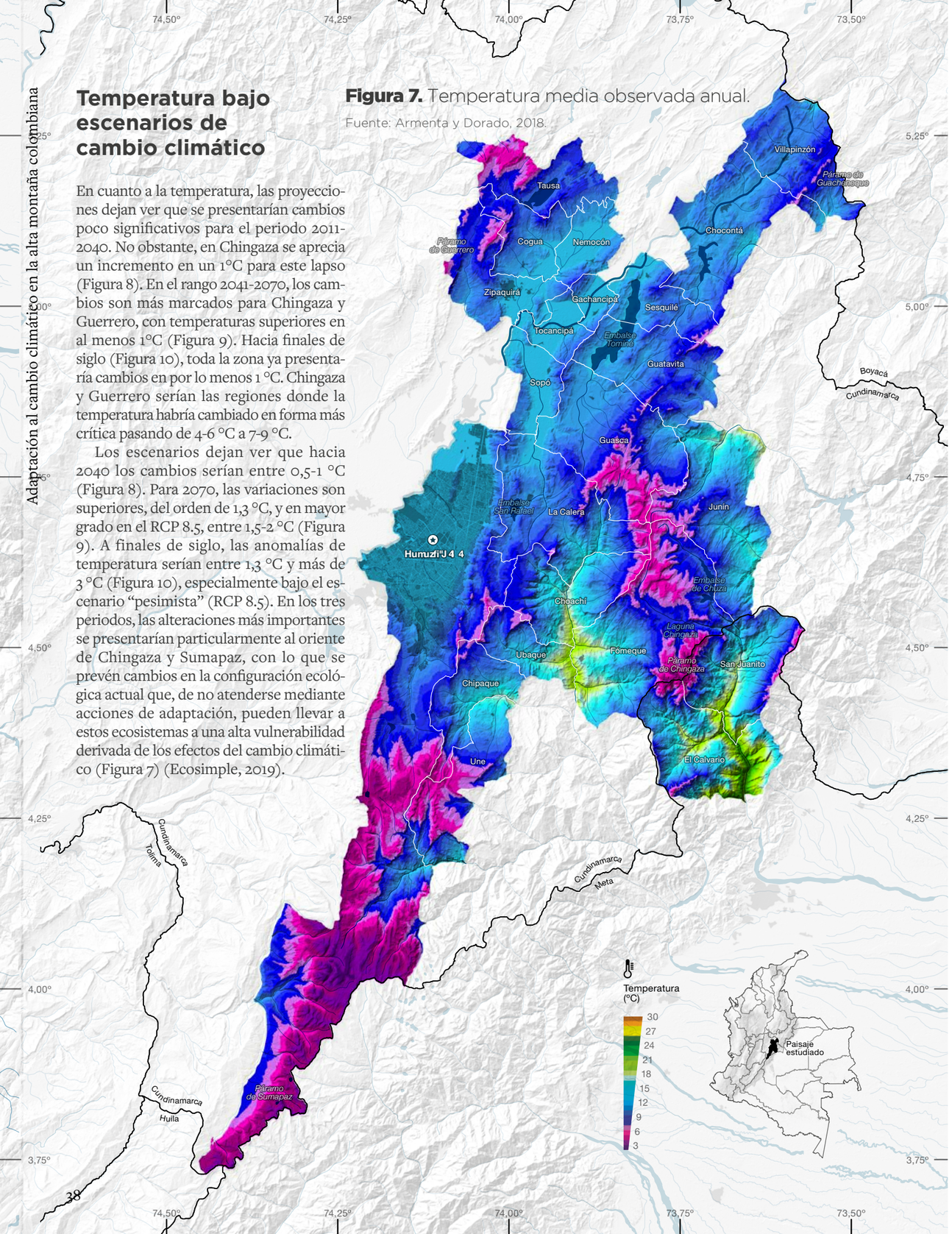


Figura 8. Comparación de la temperatura media observada en el periodo 1976-2010 con los cuatro escenarios RCP para el periodo 2011-2040.

Fuente: Armenta y Dorado, 2018.

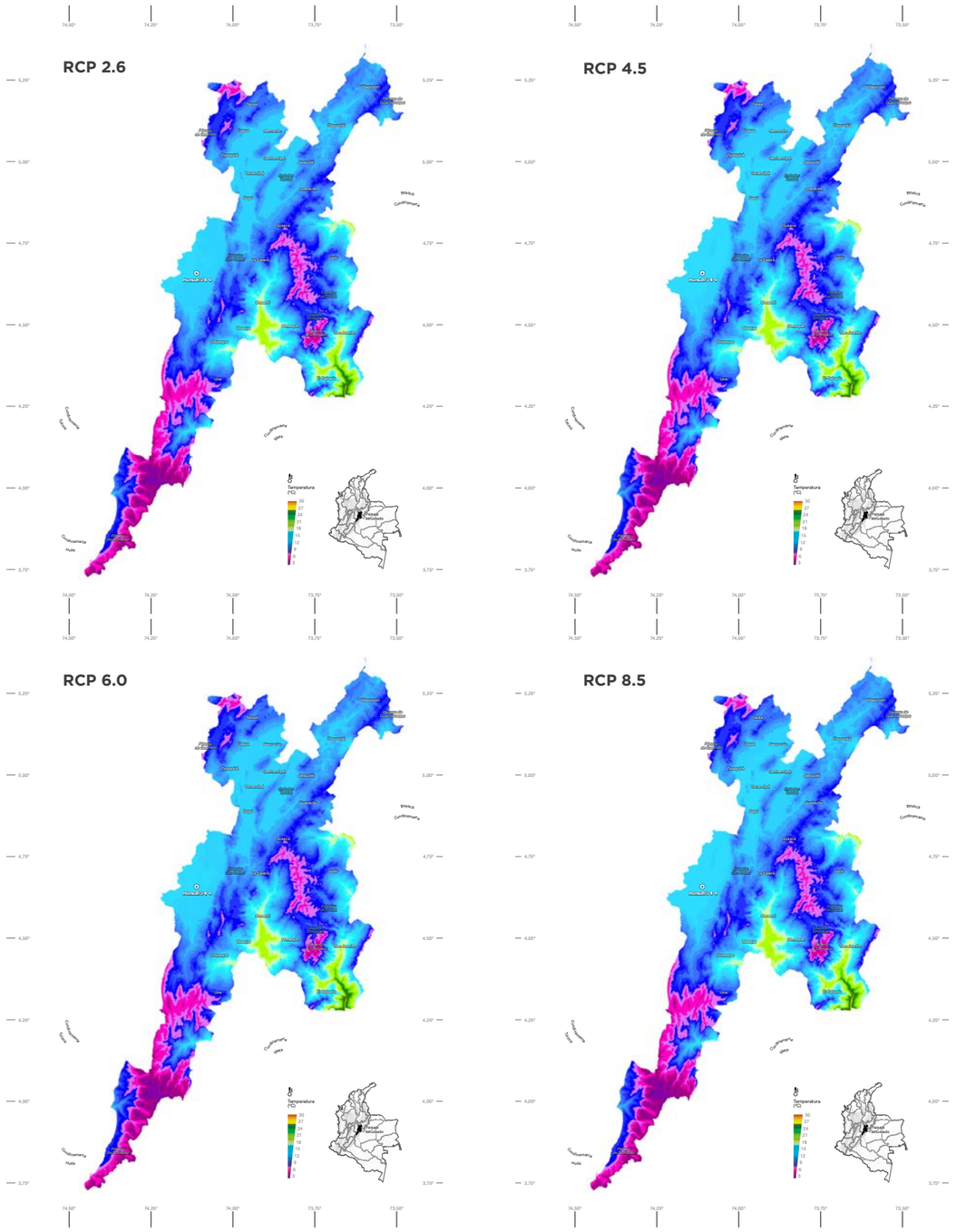


Figura 9. Comparación de la temperatura media observada en el periodo 1976-2010 con los cuatro escenarios RCP para el periodo 2041-2070.

Fuente: Armenta y Dorado, 2018.

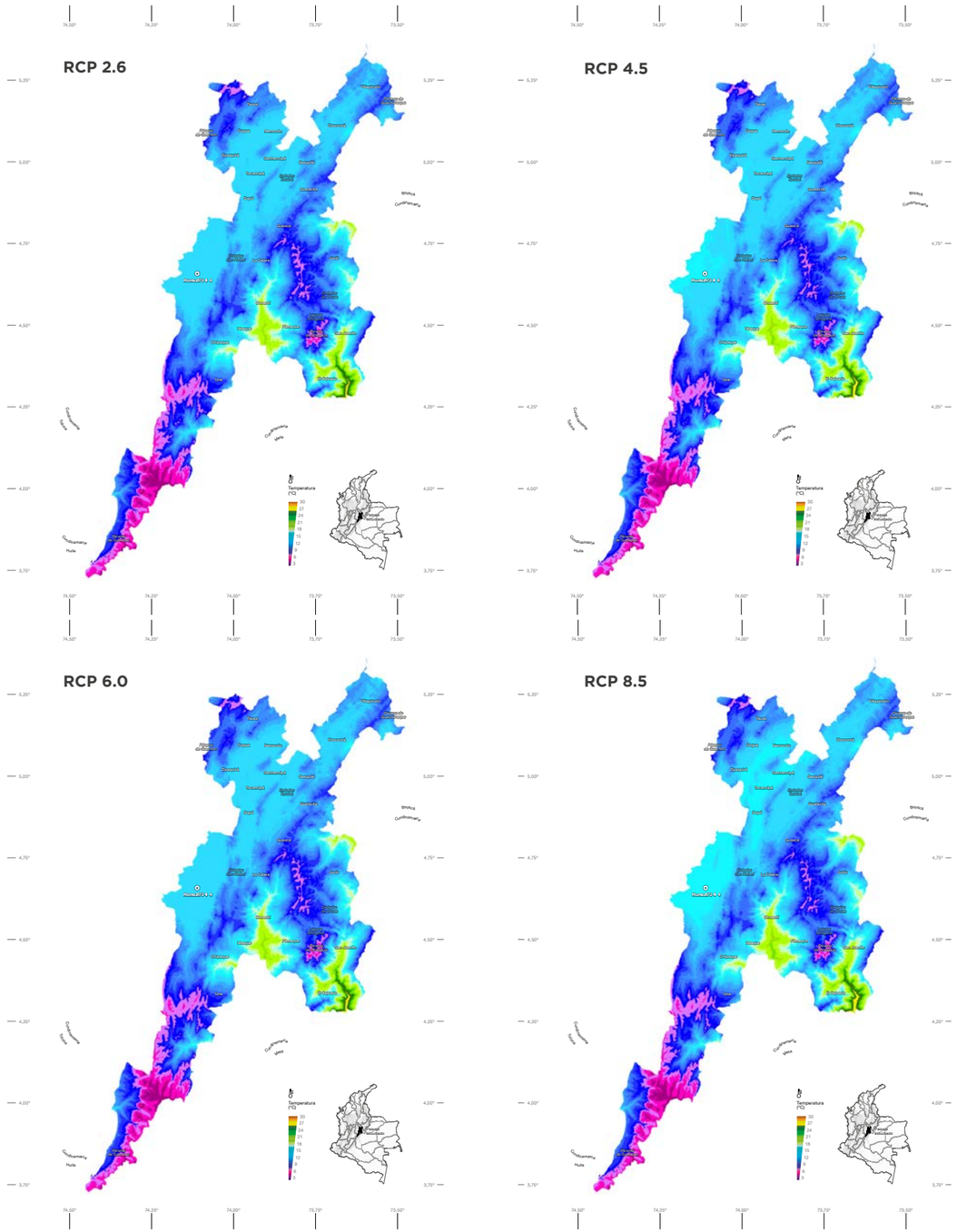
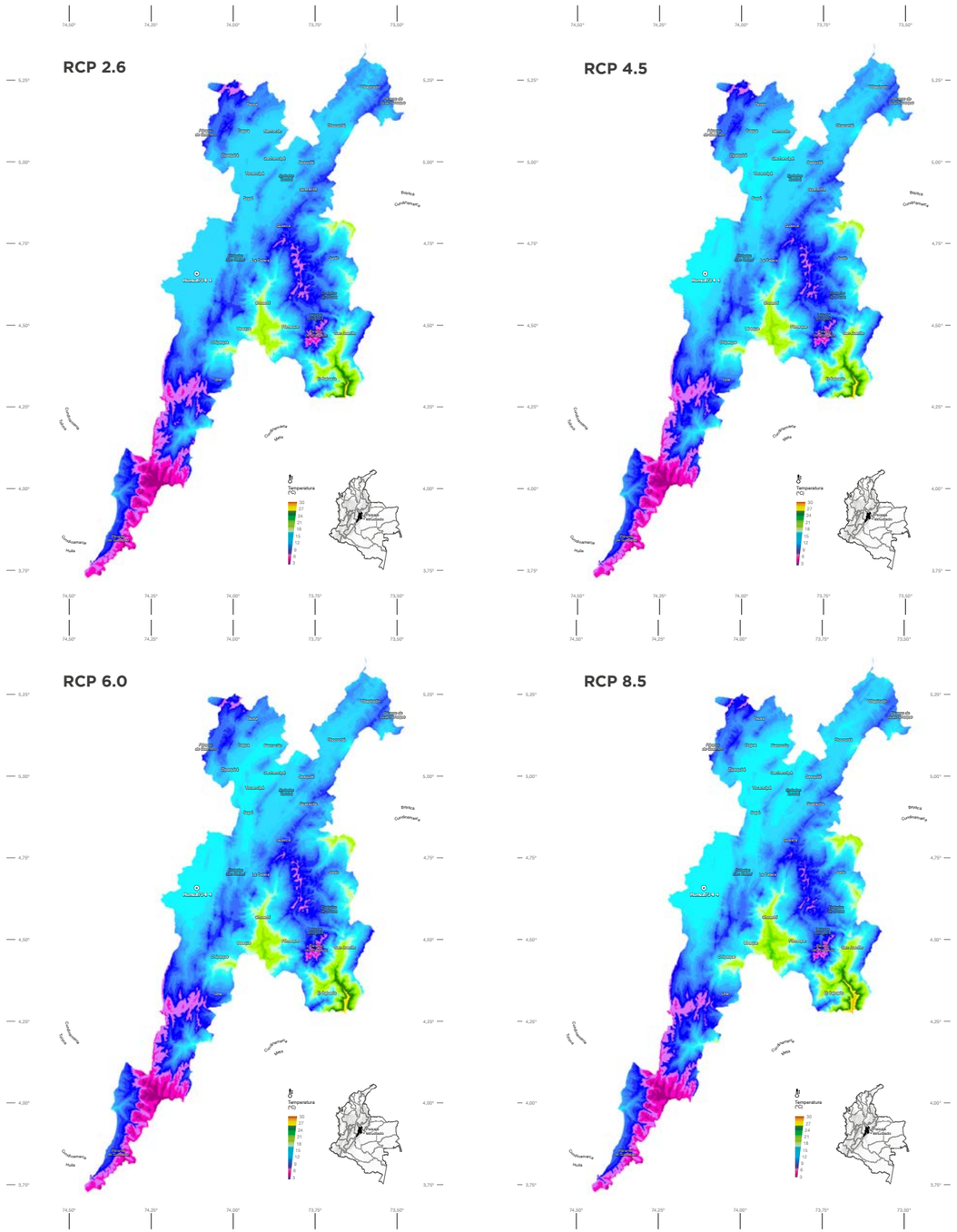
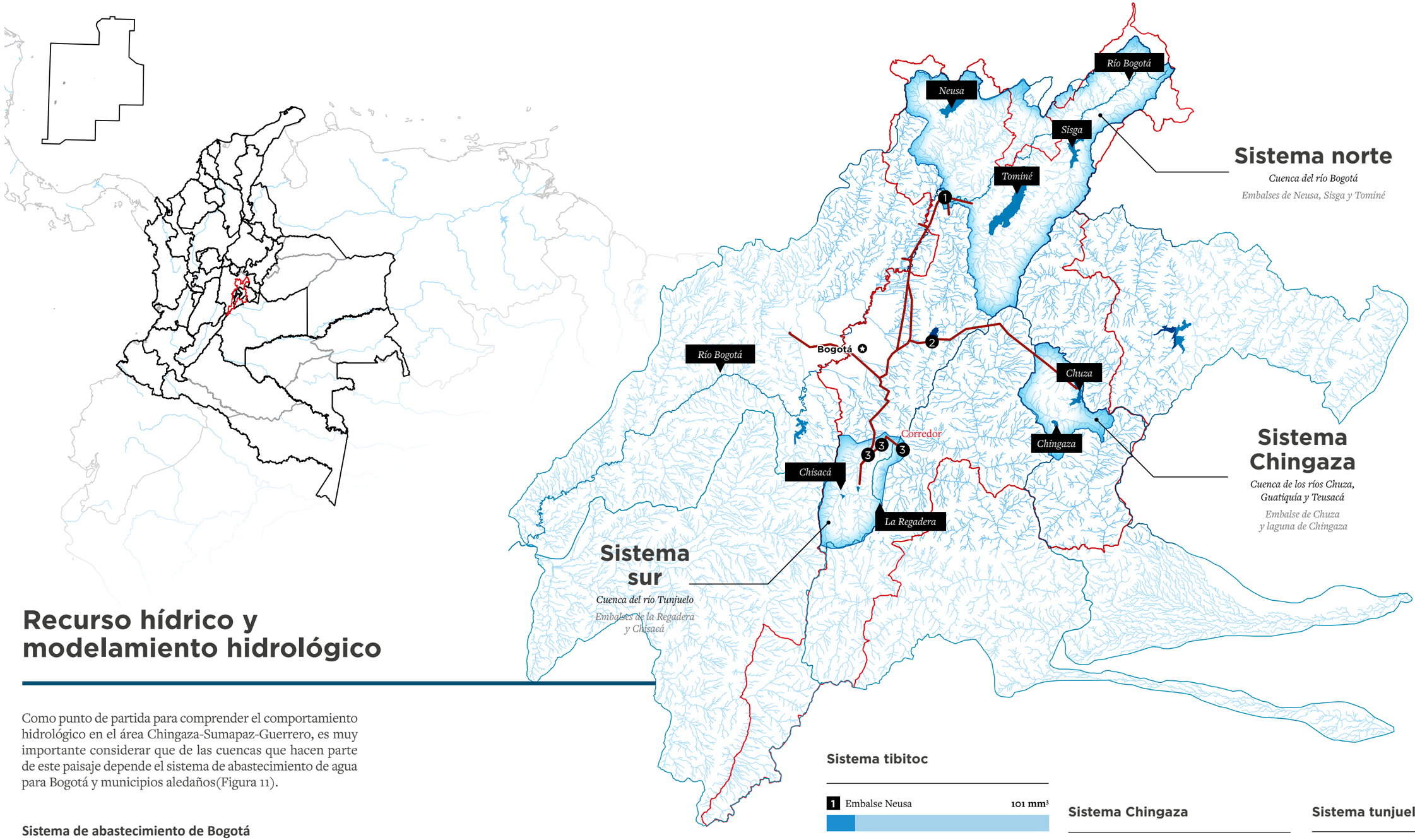


Figura 10. Comparación de la temperatura media observada en el periodo 1976-2010 con los cuatro escenarios RCP para el periodo 2071-2100.

Fuente: Armenta y Dorado, 2018.





Recurso hídrico y modelamiento hidrológico

Como punto de partida para comprender el comportamiento hidrológico en el área Chingaza-Sumapaz-Guerrero, es muy importante considerar que de las cuencas que hacen parte de este paisaje depende el sistema de abastecimiento de agua para Bogotá y municipios aledaños(Figura 11).

Sistema de abastecimiento de Bogotá

Figura 11. Modelo hidrológico y sistema de abastecimiento de Bogotá.

Fuente: Proyecto GEF Alta Montaña.

Sistema tibitoc

1	Embalse Neusa	101 mm³
2	Embalse Sisga	90,1 mm³
3	Embalse Tominé	690 mm³

Sistema Chingaza

4	Embalse San Rafael	75 mm³
5	Embalse Chuza	250 mm³

Sistema tunjuelito

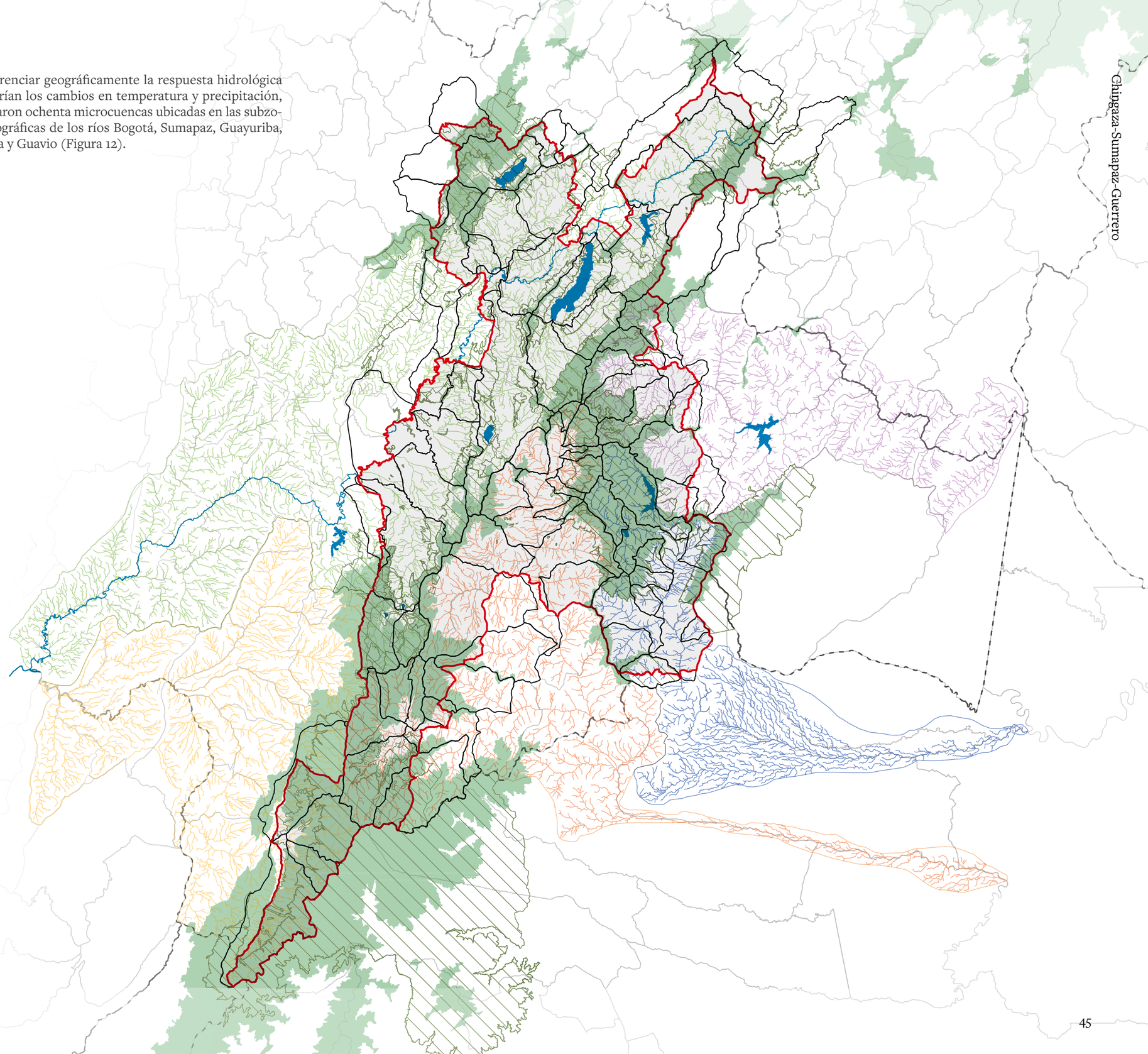
6	Embalse La Regadera	4,1 mm³
7	Embalse Chisacá	6,3 mm³

CI, en una serie de estudios complementarios al GEF Alta Montaña, ha venido adelantando modelos de servicios ecosistémicos para entender la dinámica hidrológica del paisaje del corredor Chingaza-Sumapaz-Guerrero y los posibles impactos que tendría el cambio climático (Restrepo, 2020).

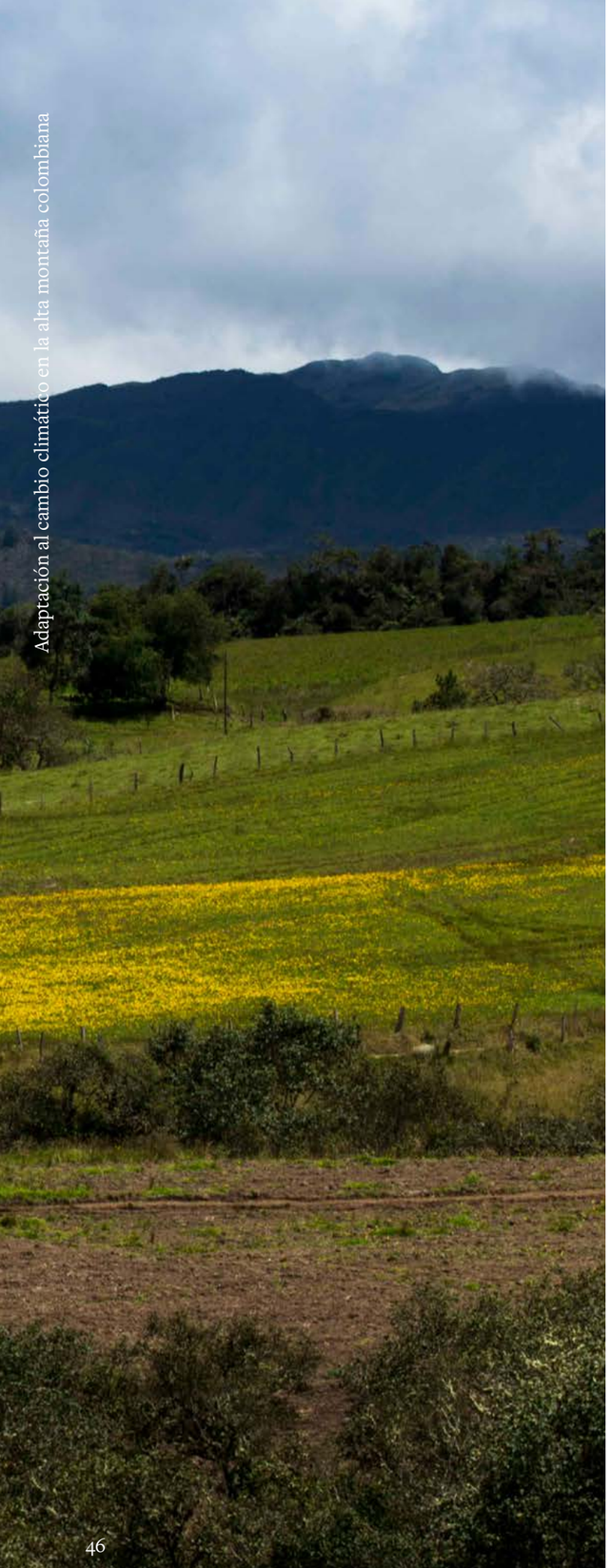
Para diferenciar geográficamente la respuesta hidrológica que tendrían los cambios en temperatura y precipitación, se analizaron ochenta microcuencas ubicadas en las subzonas hidrográficas de los ríos Bogotá, Sumapaz, Guayuriba, Guatiquía y Guavio (Figura 12).

Figura 12. Subzonas hidrográficas asociadas al paisaje y subcuencas del área Chingaza-Sumapaz-Guerrero.





Fuente: IDEAM.



Se realizaron modelaciones hidrológicas de balance hídrico tomando como información base los datos de lluvia, evapotranspiración, características físicas del suelo, sus propiedades, tipos de vegetación y usos del suelo. Los modelos se realizaron en el software InVEST (https://naturalcapitalproject.stanford.edu/software/invest), con el que se pueden definir las áreas estratégicas donde es más eficiente, desde el punto de vista hídrico, la implementación de acciones de manejo y uso sostenible del recurso hídrico.

El modelo de servicios ecosistémicos hídricos es una herramienta que permite conocer y entender el comportamiento de las cuencas respecto a los cambios en los usos del suelo y a otras condiciones físicas en las cuencas. De tal forma, los modelos InVEST son muy útiles para la toma de decisiones relacionadas con inversiones en soluciones basadas en la naturaleza, pues ayudan a identificar áreas estratégicas para el suministro y la regulación hídrica, y por ende permiten orientar dónde es más beneficioso realizar actividades que contribuyan a mejorar las condiciones de regulación hídrica en las cuencas.

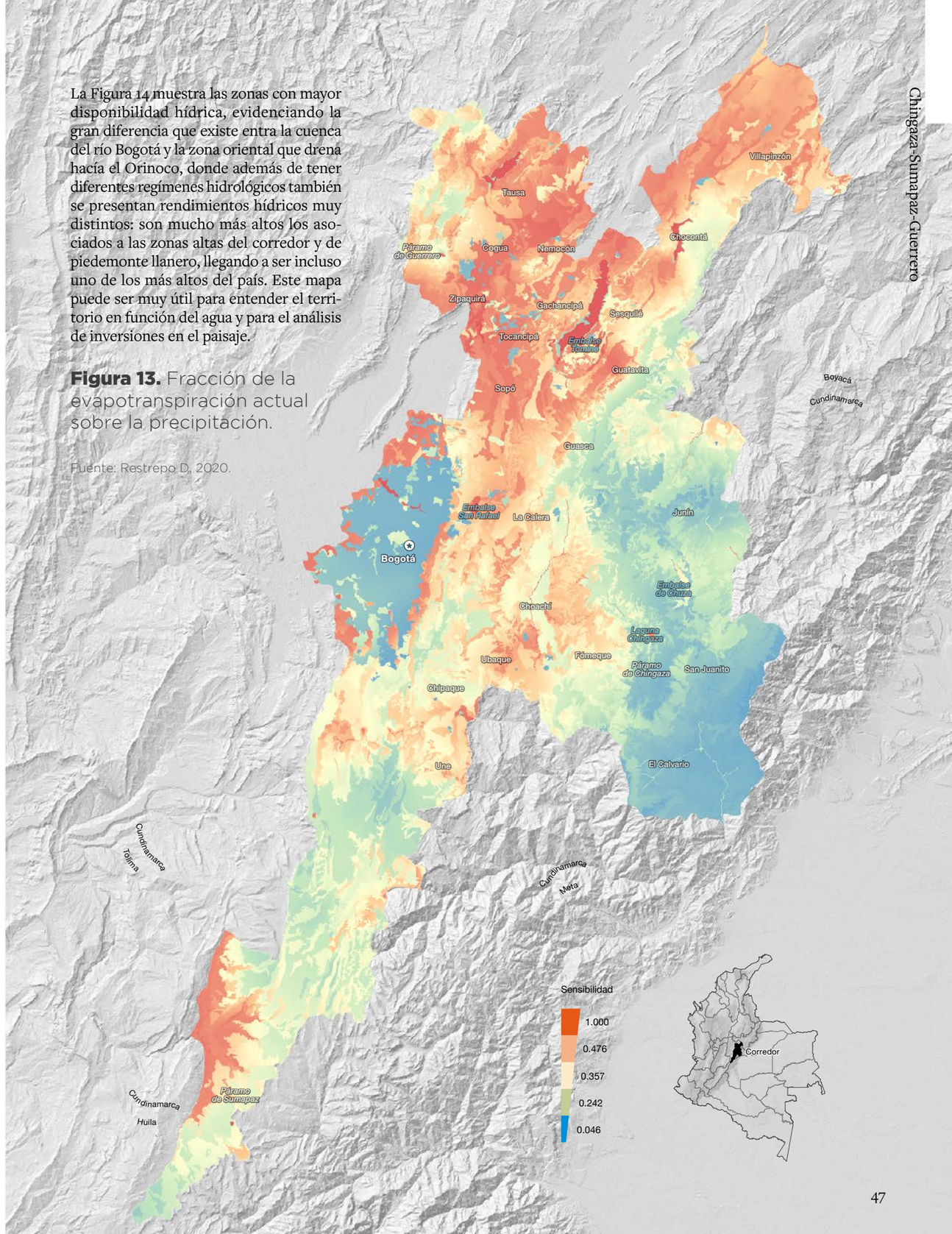
Una característica fundamental en los páramos es la baja evapotranspiración de la vegetación. Esto permite que el agua, en vez de ser consumida y transpirada por esta vegetación, sea acumulada en los suelos porosos de los páramos. Por otro lado, el aporte de lluvia horizontal del páramo ocasiona que las plantas condensen la humedad del ambiente formando gotas de agua que luego se precipitan engrosando los caudales de aguas subterráneas, ríos y arroyos. Así, según estudios realizados en estos ecosistemas, la contribución de esta puede ser de hasta un 40 % más que la de la lluvia vertical (Cárdenas, 2016). Por esta razón la restauración de las zonas de páramo debe ser una prioridad desde el punto de vista hídrico, pues contribuye al mejoramiento de la regulación y el suministro hídrico de una cuenca.

Según el estudio realizado por Restrepo (2020), el paisaje Chingaza-Sumapaz-Guerrero tiene una oferta hídrica variada: presenta cuencas que tienen un rendimiento hídrico alto y otras con rendimiento medio y bajo. Podría decirse que allí se manifiestan gran parte de las condiciones climáticas del país concentradas en el mismo territorio. La zona del piedemonte llanero registra altas precipitaciones, de modo que es una de las áreas del país que cuentan con la mayor cantidad de agua disponible en el territorio. Es importante aclarar que esto ocurre aguas abajo del sistema Chingaza, de donde se surte cerca del 70 % del agua que se consume en Bogotá D. C., y donde el rendimiento hídrico es la mitad que aguas abajo del sistema. El mapa de fracción entre la evapotranspiración actual y la precipitación indica que las áreas más áridas del paisaje del corredor se encuentran en la cuenca alta del río Bogotá, y las de mayor exceso de agua están en los páramos y cerros orientales (Figura 13).

La Figura 14 muestra las zonas con mayor disponibilidad hídrica, evidenciando la gran diferencia que existe entra la cuenca del río Bogotá y la zona oriental que drena hacía el Orinoco, donde además de tener diferentes regímenes hidrológicos también se presentan rendimientos hídricos muy distintos: son mucho más altos los asociados a las zonas altas del corredor y de piedemonte llanero, llegando a ser incluso uno de los más altos del país. Este mapa puede ser muy útil para entender el territorio en función del agua y para el análisis de inversiones en el paisaje.

Figura 13. Fracción de la evapotranspiración actual sobre la precipitación.

Fuente: Restrepo D, 2020.



En el modelo de rendimiento estacional histórico se visualizan resultados similares. La mayor recarga de flujo base se encuentra en las zonas de páramo, resaltando la importancia del paisaje comprendido entre Chingaza-Sumapaz-Guerrero en el aporte hídrico al sistema Bogotá-Región (Figura 15).

Figura 14.
Rendimiento hídrico milimetros al año (mm/año) por subcuenca del corredor hídrico.

Fuente: Restrepo D, 2020.

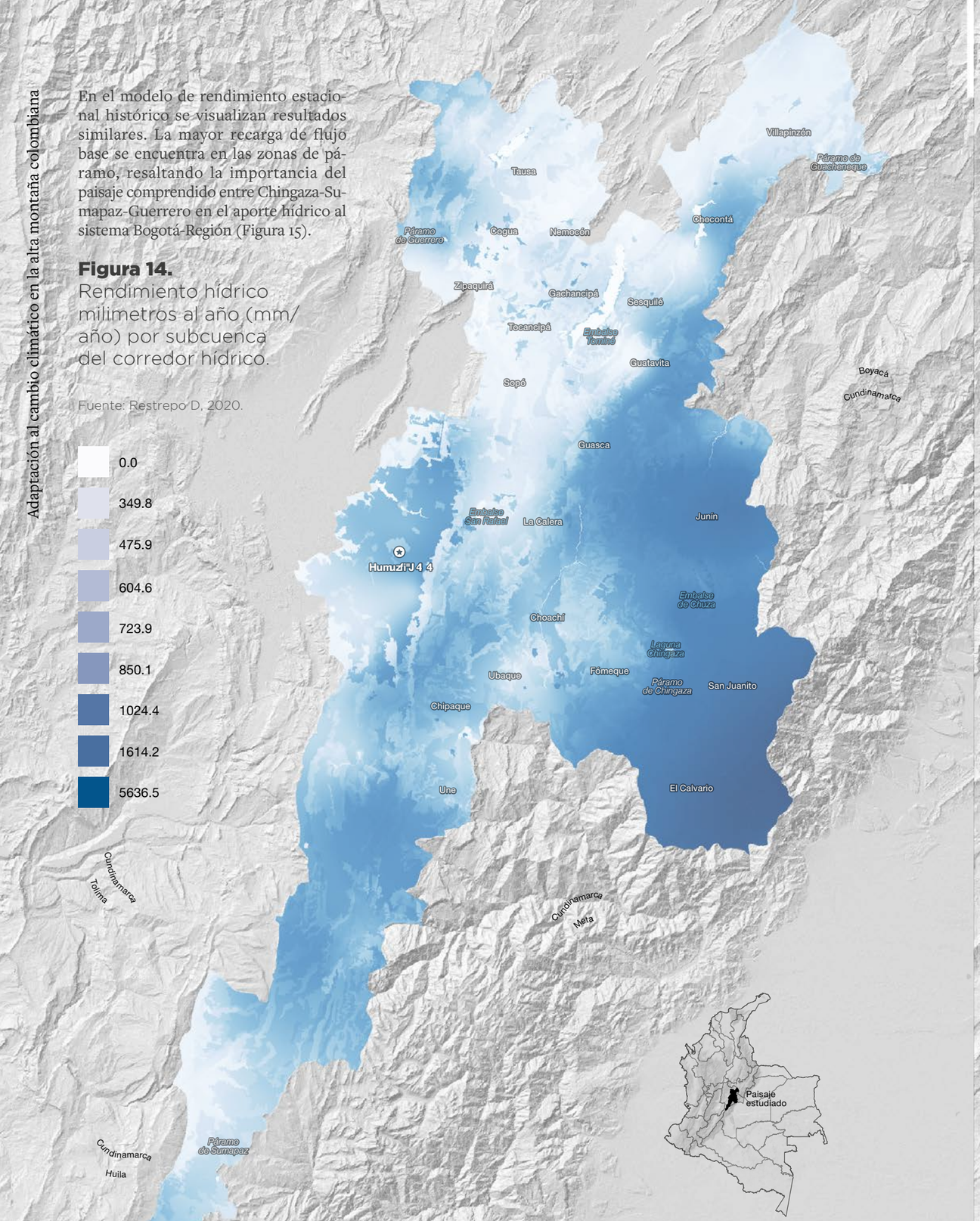


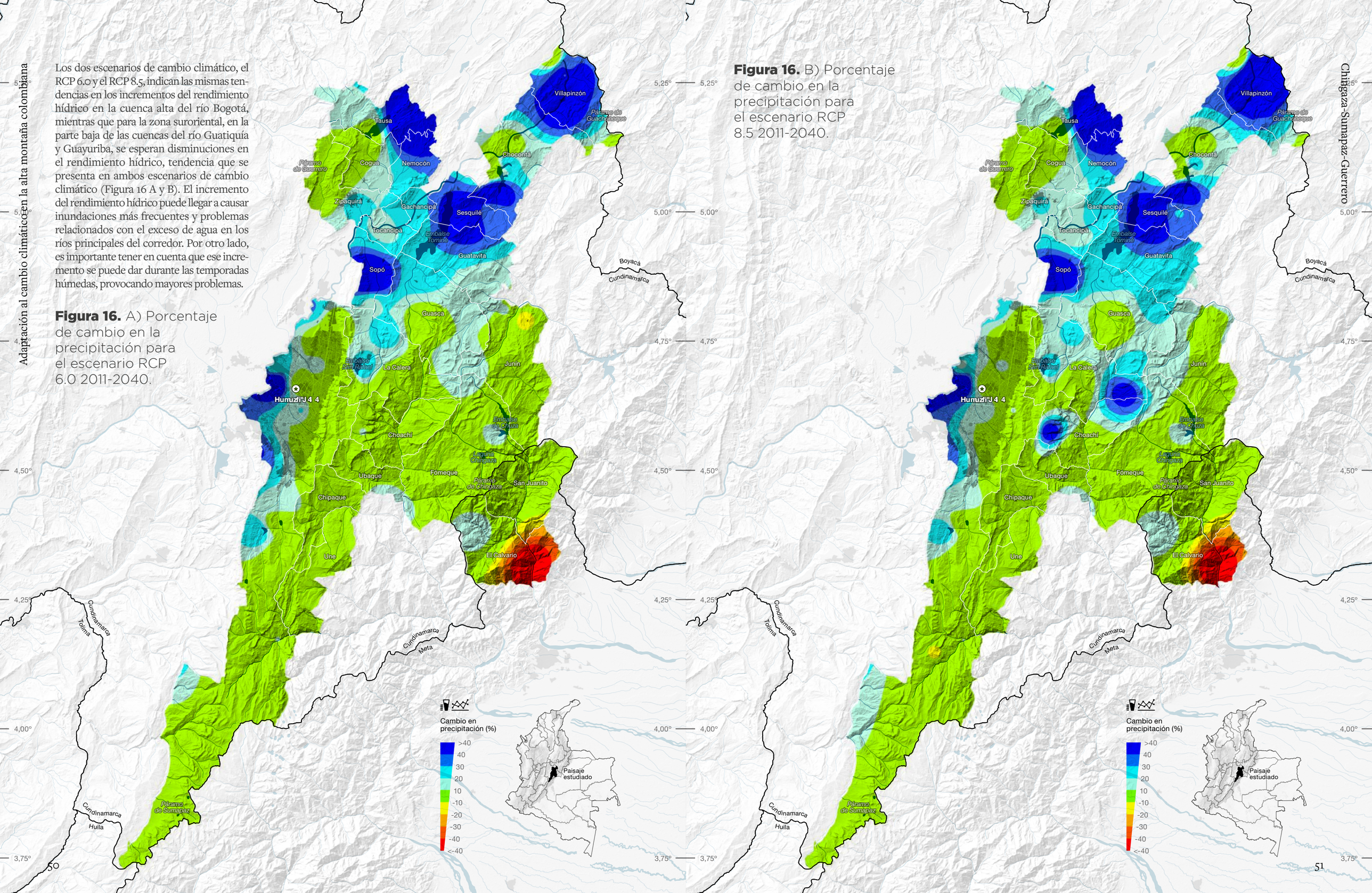
Figura 15.
Mapa de flujos base.

Fuente: Restrepo D, 2020.

Los dos escenarios de cambio climático, el RCP 6.0 y el RCP 8.5, indican las mismas tendencias en los incrementos del rendimiento hídrico en la cuenca alta del río Bogotá, mientras que para la zona suroriental, en la parte baja de las cuencas del río Guatiquía y Guayuriba, se esperan disminuciones en el rendimiento hídrico, tendencia que se presenta en ambos escenarios de cambio climático (Figura 16 A y B). El incremento del rendimiento hídrico puede llegar a causar inundaciones más frecuentes y problemas relacionados con el exceso de agua en los ríos principales del corredor. Por otro lado, es importante tener en cuenta que ese incremento se puede dar durante las temporadas húmedas, provocando mayores problemas.

Figura 16. A) Porcentaje de cambio en la precipitación para el escenario RCP 6.0 2011-2040.

Figura 16. B) Porcentaje de cambio en la precipitación para el escenario RCP 8.5 2011-2040.



El escenario RCP 6.0 aparentemente es más crítico que el RCP 8.5. Esto se debe a que los modelos climáticos en los 30 primeros años, es decir, en el periodo 2000-2030, tienen un comportamiento algo distinto al del periodo 2030-2100. Durante estos primeros 30 años, el escenario RCP 6.0 indica forzamientos radiactivos mayores a los del escenario RCP 8.5, lo que causa que, en este primer lapso, este escenario sea más crítico. A pesar de escoger el escenario RCP 6.0 como el de cambio climático para los análisis (por ser un intermedio), es importante realizar las comparaciones pertinentes con el RCP 8.5 dentro de la ventana de estudio, ya que en este periodo se podría considerar al 6.0 como el escenario más pesimista.

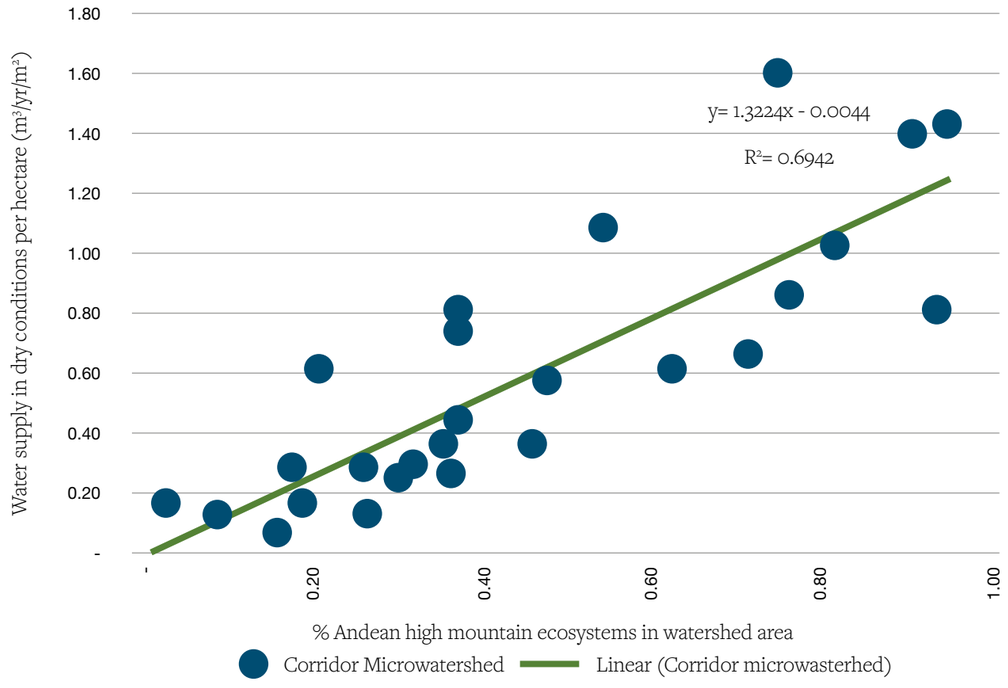
Por otro lado, el GEF Alta Montaña seleccionó cuatro unidades hidrológicas para implementar medidas de adaptación con base en un análisis base del grado de vulnerabilidad a las inundaciones o escasez de agua debido a la variabilidad y cambio climático. Además, se tuvieron en cuenta las características específicas de estas áreas que permiten, mediante acciones de adaptación basada en ecosistemas, mejorar las respuestas en regulación y suministro de los ecosistemas de la alta montaña (páramos y bosques altoandinos).

Para lo anterior, se identificaron las unidades hidrológicas de paisaje del corredor y se priorizaron aquellas relacionadas con sistemas de abastecimiento de agua municipal y el sistema de abastecimiento de Bogotá. Así se obtuvieron 27 unidades hidrológicas priorizadas, y posteriormente se adoptaron criterios de evaluación bajo cuatro componentes: regional (cuenca abastecedora de Bogotá y municipios), hidrológico (capacidad morfométrica para regular caudales, escasez de agua), social (necesidades básicas insatisfechas [NBI]), porcentaje de cobertura de cultivos y pastos) y ambiental (conectividad ambiental, porcentaje de páramo y bosque). De esta forma, se seleccionaron las unidades hidrológicas de río Cuevas, embalse del Sisga, río Siecha y río Chisacá.

La formulación inicial del proyecto tuvo como principal supuesto el cambio en el uso de la tierra a través de la implementación de las medidas de adaptación propuestas para tratar los impactos del cambio climático en la provisión de agua y la capacidad de regulación natural. Este impacto se estimó por medio de una correlación lineal de datos históricos de oferta hídrica (Figura 17); de esta forma, se correlacionó el rendimiento hídrico medio multianual histórico en época seca[1] y el porcentaje de área con cobertura vegetal de alta montaña en las 27 cuencas priorizadas donde existía una estación medidora de caudal, en el paisaje del corredor Chingaza-Sumapaz-Guerrero.

1. El rendimiento hídrico en época seca se calculó a partir de la curva de duración de caudales construida con los datos entre los años 1970 al 2000, definiendo el caudal que excede el 97.5% del tiempo.

Figura 17. Relación lineal entre el área de los ecosistemas de alta montaña y rendimiento hídrico en época seca.



En el caso de las cuatro microcuencas priorizadas por el proyecto durante la fase de diseño, a partir de la información disponible en ese momento se logró inferir que un cambio del 3 % al 4 % del uso del suelo, transformando la cobertura vegetal a páramo y bosque altoandino, logrará un aumento en el rendimiento hídrico en época seca bajo escenarios de cambio climático de un 10 % a 20 %.

Sin embargo, a pesar de que la correlación lineal que soporta la hipótesis es óptima, se asume que el comportamiento histórico del clima es el mismo que se espera con los escenarios de cambio climático, y no se tuvo en cuenta una escala mayor de las unidades hidrológicas, es decir, no se diferencia el comportamiento hidrológico en las cuencas aferentes de menor orden o que conforman las microcuencas priorizadas. Por ende, fue necesario estimar cómo los escenarios de cambio climático (RCP 2.6, RCP 4.5, RCP 6.0 y RCP 8.5) impactan la oferta hídrica en las microcuencas de alta montaña priorizadas por medio de la modelación hidrológica.

> “El proyecto durante la fase de diseño, a partir de la información disponible en ese momento se logró inferir que un cambio del 3 al 4% del uso del suelo, transformando la cobertura vegetal a páramo y bosque altoandino, logrará un aumento en el rendimiento hídrico en época seca bajo escenarios de cambio climático de un 10 a 20%.”



Cuenca del río Neusa

cuenca del río Guandoque

En el páramo de Guerrero las precipitaciones más altas se registran en el segundo y cuarto trimestres del año. Las menores precipitaciones anuales de las cuatro unidades hidrológicas analizadas se presentan en Guandoque, donde los valores están alrededor de los 700-900 mm/año.

Se encuentran estaciones meteorológicas e hidrológicas de los socios del proyecto como la CAR y el IDEAM, entre las que se destacan cuatro estaciones pluviométricas-pluviográficas, una estación climatológica principal y tres estaciones hidrológicas (Figura 18). De acuerdo con los registros históricos de la estación hidrológica El Volador, ubicada aguas arriba de la desembocadura al embalse del Neusa, la microcuenca del río Guandoque-Cuevas presenta una oferta hídrica promedio de 0,78 m^3/s, y una oferta hídrica en época seca de 0,093 m^3/s.

Adicionalmente, para el análisis de la oferta hídrica con mayor resolución espacial, se efectuó una delimitación de cuencas de hasta orden cinco. De tal forma se obtuvieron 23 que tienen un área entre 1,47-33,2 km^2 (Figura 19), donde se observa un régimen bimodal con caudales pico entre octubre y noviembre y caudales de estiaje entre enero y febrero (Figura 20).

Figura 18. Estaciones meteorológicas e hidrológicas en la unidad del embalse del Neusa y microcuenca del Guandoque.

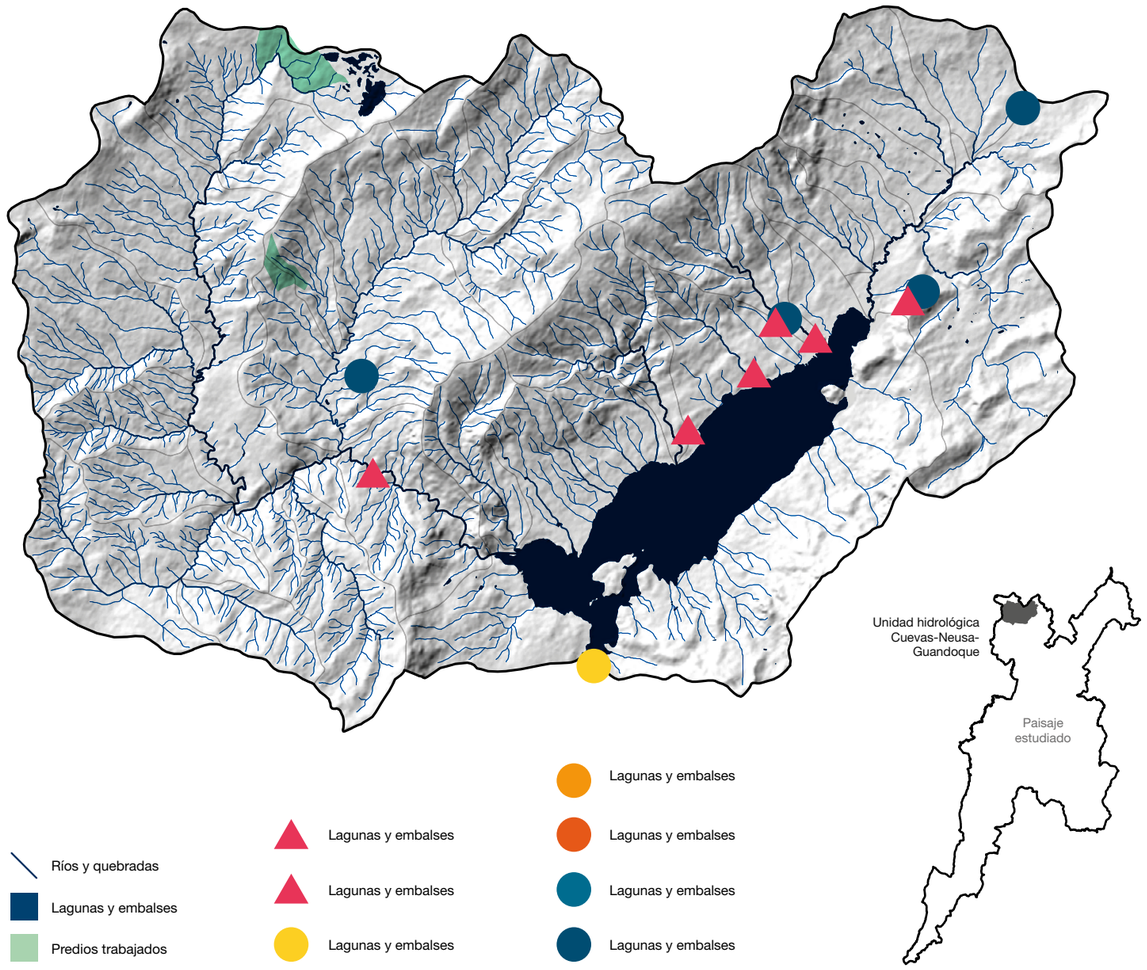


Figura 19. Delimitación de cuencas de hasta orden cinco en la unidad del embalse del Neusa y microcuenca del Guandoque.

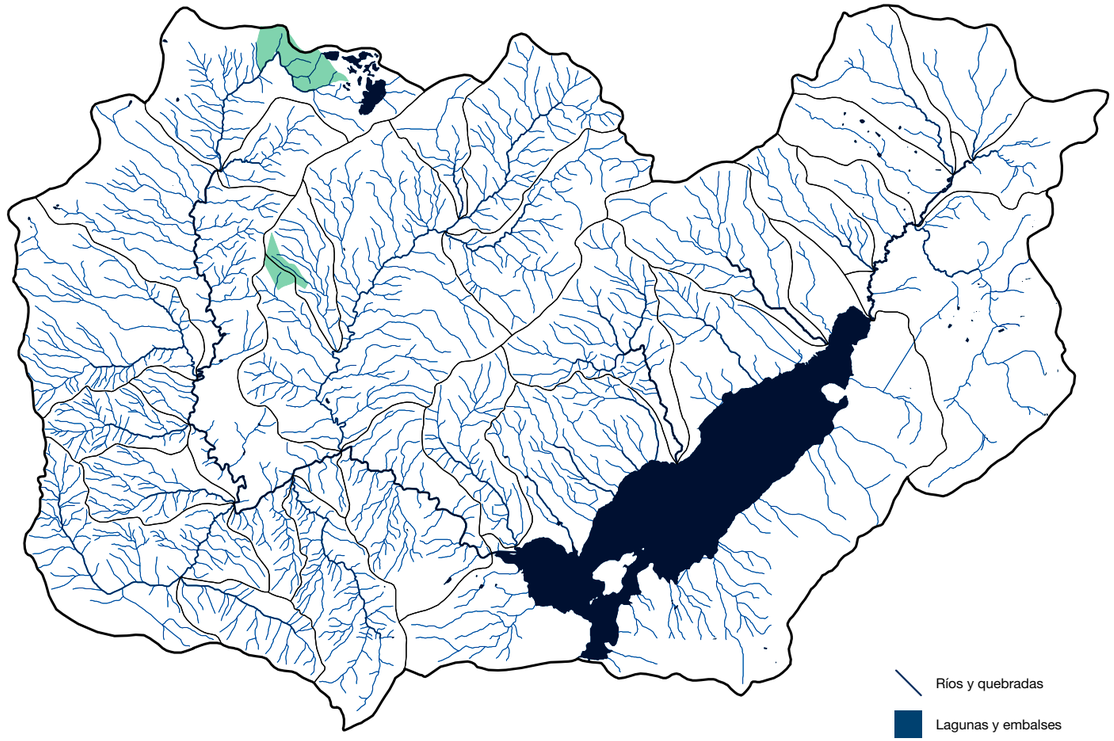
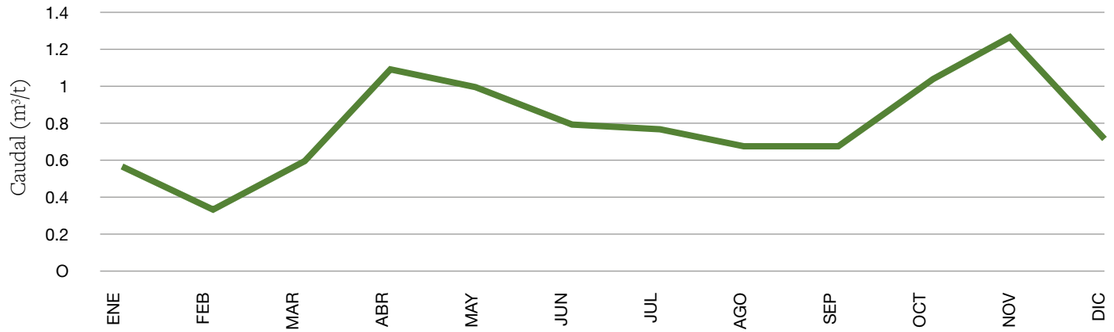


Figura 20. Caudal medio mensual multianual en la microcuenca del río Guandoque.



Embalse Sisga

cuenca del río San Francisco

La corriente principal de esta unidad hidrológica, el río San Francisco, se forma a partir de la unión de las quebradas El Chuscal y Guayabal, y conforma una microcuenca con un área de 89,41 km², drenando en sentido suroeste y, después de pasar a la parte media de esta microcuenca, en sentido sureste hasta llegar al embalse del Sisga. En su recorrido recibe las aguas de las quebradas El Potrero, Solacá, Carvajal, entre otras. Además, el embalse del Sisga tiene como afluentes las quebradas Honda, El Cristal, La Fuente, San Jerónimo y El Cangrejo.

Las unidades hidrográficas de Chingaza y Sumapaz muestran unas precipitaciones considerablemente superiores, lo que se debe en gran medida a la humedad que proviene de la cuenca del Orinoco. Las unidades Siecha y San Francisco, en particular, tienen precipitaciones entre los 650-1.250 mm/año.

En este caso se encuentran estaciones meteorológicas e hidrológicas de los socios del proyecto como la CAR y el IDEAM, entre las que se destacan siete estaciones pluviométricas-pluviográficas, una estación climatológica principal y tres estaciones hidrológicas (Figura 21). De acuerdo a los registros históricos de la estación hidrológica La Iberia, ubicada aguas arriba de la desembocadura al embalse del Sisga, la microcuenca del río San Francisco presenta una oferta hídrica promedio de 1,63 m³/s y una oferta hídrica en época seca de 0,028 m³/s.

Con el fin de efectuar un análisis de la oferta hídrica con mayor resolución espacial, se hizo una delimitación de cuencas de hasta orden cinco, lo que dio como resultado 18 que tienen un área entre 2,06-27,6 km² (Figura 22). El régimen en la cuenca del río San Francisco es monomodal, con caudales pico entre junio y julio, y caudales de estiaje entre enero y febrero (Figura 23).

Figura 21. Estaciones meteorológicas e hidrológicas en la unidad del embalse del Sisga.

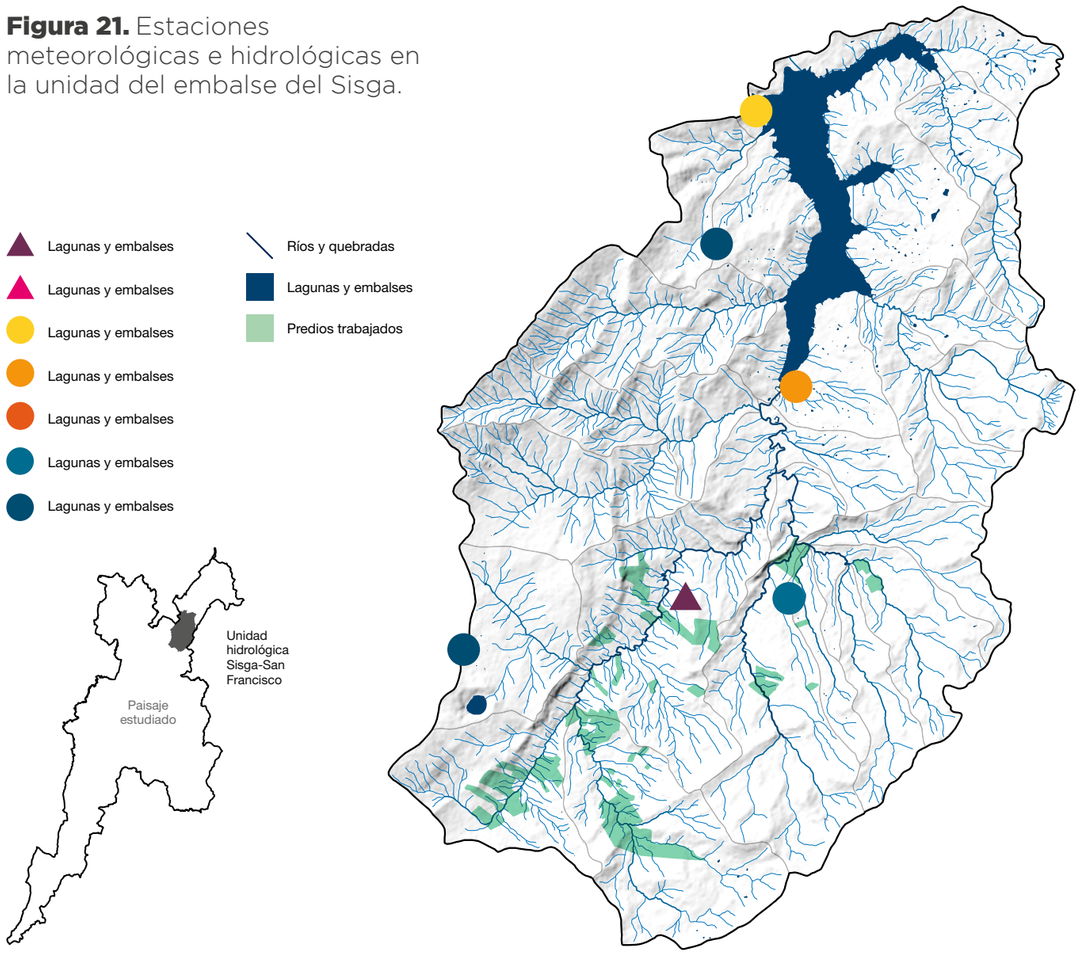


Figura 22. Delimitación de cuencas de hasta orden cinco en la unidad del embalse del Sisga.

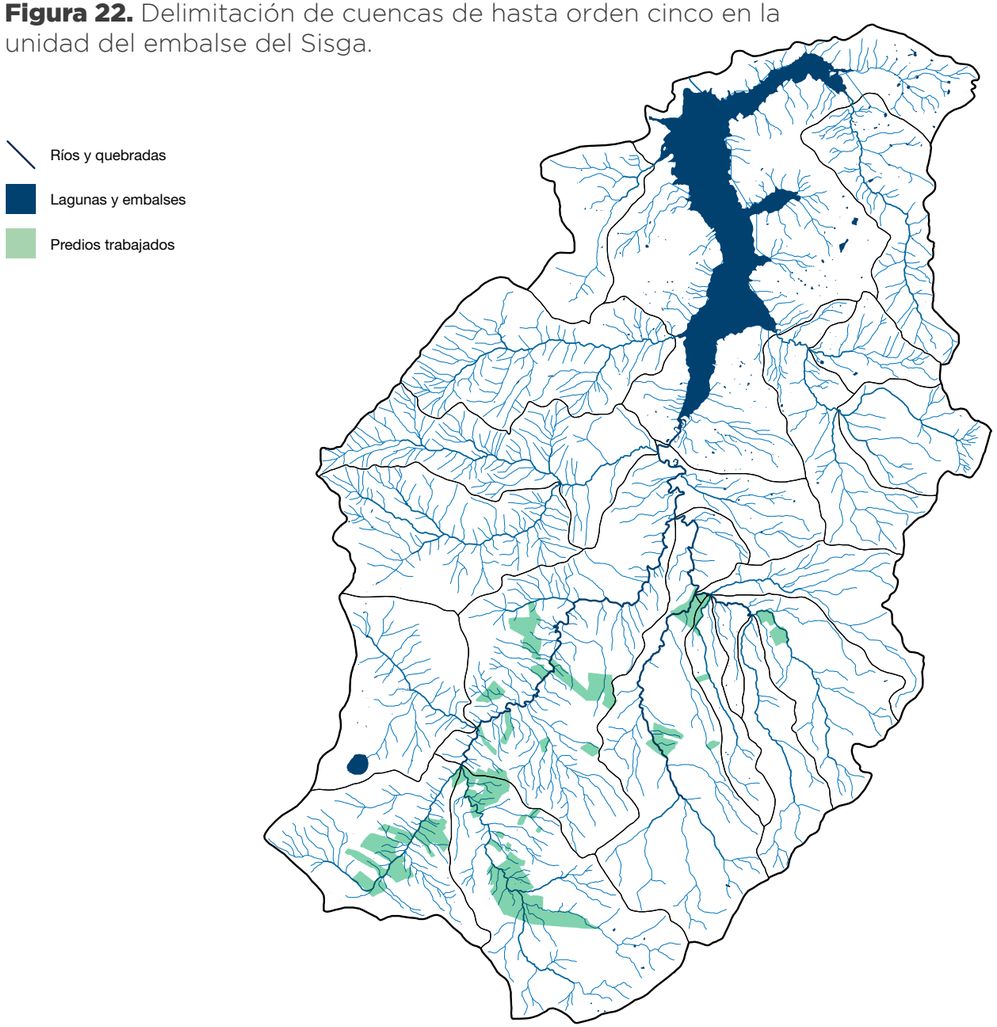
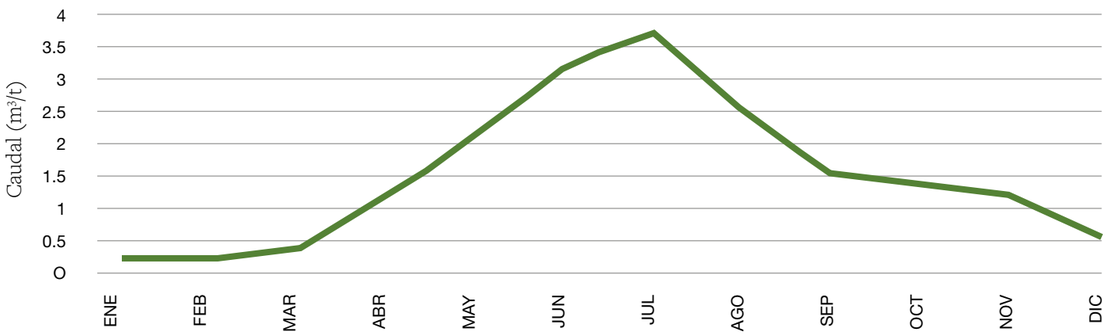


Figura 23. Caudal medio mensual y multianual en la microcuenca del río San Francisco.



Embalse Tominé
cuenca del río Chipatá

La corriente principal de esta unidad es el río Siecha, que en la parte alta recibe aguas de las quebradas Salitres y Honda, y tiene afluentes de importancia como el río Chipatá, el río Chiguanos y las quebradas Chavarria, Motilón, El Uval y El Santuario. La microcuenca alta del río Chipatá-Siecha tiene un área de 113,91 km² y drena hacía el suroeste , mientras que en sentido norte drena hacia el embalse de Tominé. Como se mencionó en el caso anterior, esta unidad tiene precipitaciones entre los 650-1.250 mm/año.

Se encuentran estaciones meteorológicas e hidrológicas de los socios del proyecto como la CAR y el IDEAM, entre las que se destacan cinco estaciones pluviométricas, una estación climatológica principal y dos estaciones hidrológicas (Figura 24). De acuerdo con los registros históricos de la estación hidrológica Santo Domingo, ubicada sobre el río Chipatá, se presenta una oferta hídrica promedio de 0,79 m³/s, y una oferta hídrica en época seca de 0,009 m³/s.

Con el fin de efectuar un análisis de la oferta hídrica con mayor resolución espacial, se hizo una delimitación de cuencas de hasta orden uno. Así se obtuvieron nueve cuencas que tienen un área entre 2,22-68,43 km² (Figura 25). La cuenca del río Chipatá presenta un régimen monomodal, con caudales pico entre junio y julio, y caudales de estiaje entre enero y febrero. Ahora bien, es importante señalar en esta oportunidad que esta cuenca, al ser de transición, también registra algunos años con caudales pico en el segundo semestre del año, entre los meses de agosto, septiembre y noviembre (Figura 26).

Figura 24. Estaciones meteorológicas e hidrológicas en la unidad del río Chipatá-Siecha.

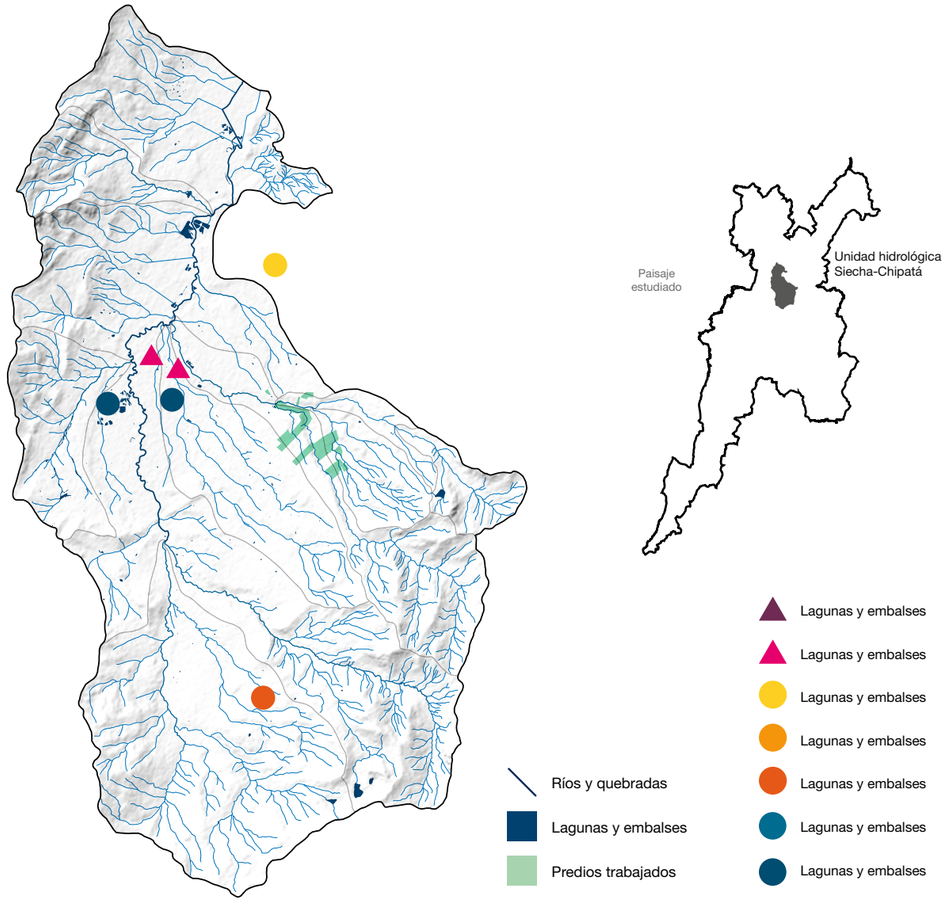


Figura 25. Delimitación de cuencas de hasta orden uno en la unidad del río Chipatá-Siecha.

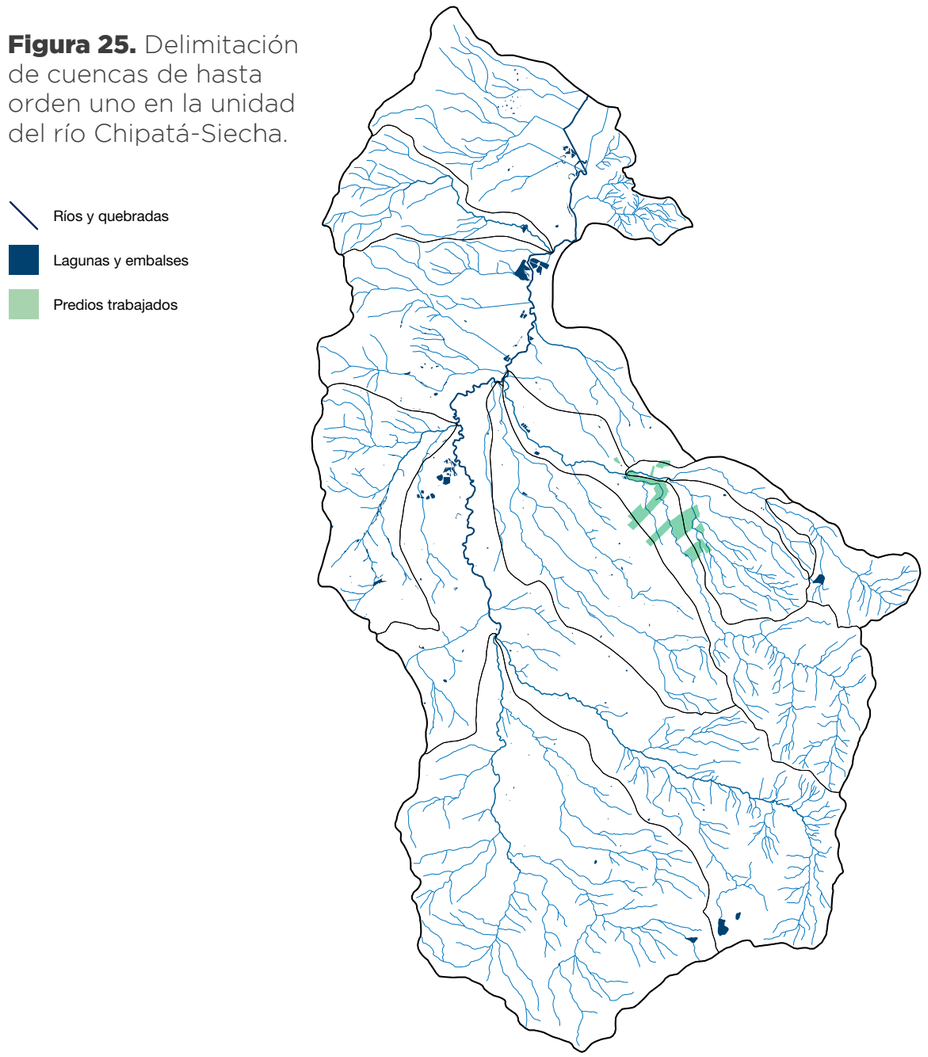
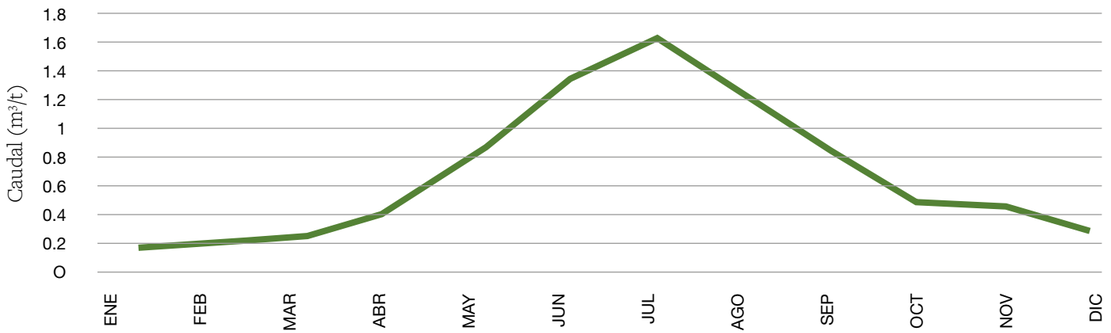


Figura 26. Caudal medio mensual multianual en la microcuenca del río Chipatá.



Cuenca del río Tunjuelito
Cuenca del río Chisacá

Al embalse Chisacá confluyen dos corrientes principales: el río Chisacá, que se encuentra hacia el oeste, y el río Mugrosos, hacia el este de la unidad hidrológica. Estos cuerpos de agua conforman una microcuenca con un área de 89,41 km², drenando en sentido norte. En su recorrido el río Chisacá recibe las aguas de las quebradas Bariloche, La Plata, Los Tunjos, La Porquera, Hoya Honda y La Mistela, mientras que los afluentes del río Mugrosos son las quebradas Crudos, Amarillos, Puente Piedra, Calaveras, Balcones, Alguacil, y al embalse de Chisacá llega directamente la quebrada Guaduas.

En la unidad hidrológica del embalse Chisacá no se encuentran áreas urbanas, pero en la parte sur, hacia el embalse La Regadera, se ubica el área urbana de la localidad de Usme. Así, aunque la zona tiene un uso de conservación a través de figuras territoriales de protección, también se desarrollan actividades productivas agropecuarias como cultivos de papa y pastoreo para ganado, en su mayoría productor de leche. Asimismo, el embalse de Chisacá hace parte del sistema de abastecimiento del sistema sur del acueducto de la ciudad de Bogotá, que suministra agua a través de la planta El Dorado a la localidad de Usme. Esta unidad es la que presenta los registros más altos de precipitación, con valores que oscilan entre 800-1.400 mm/año.

Como en las unidades anteriores, aquí se encuentran estaciones meteorológicas e hidrológicas de los socios del proyecto como la CAR, la EAB y el IDEAM, entre las que se destacan tres estaciones pluviométricas-pluviográficas, una estación climatológica principal y tres estaciones hidrológicas (Figura 27). De acuerdo con los registros históricos de la estación hidrológica La Toma (código 2120746), ubicada aguas arriba de la desembocadura al embalse de Chisacá, la microcuenca del río Chisacá presenta una oferta hídrica promedio de 0,74 m³/s, y una oferta hídrica en época seca de 0,046 m³/s.

De igual forma, con el fin de analizar la oferta hídrica con mayor resolución espacial, se efectuó una delimitación de cuencas de hasta orden uno y se obtuvieron 18, que tienen un área entre 1,63-38,05 km² (Figura 28). En este caso se observa un régimen bimodal con caudales pico entre abril y junio, y caudales de estiaje entre enero y febrero (Figura 29).

Figura 27. Estaciones meteorológicas e hidrológicas en la unidad del embalse y río Chisacá.

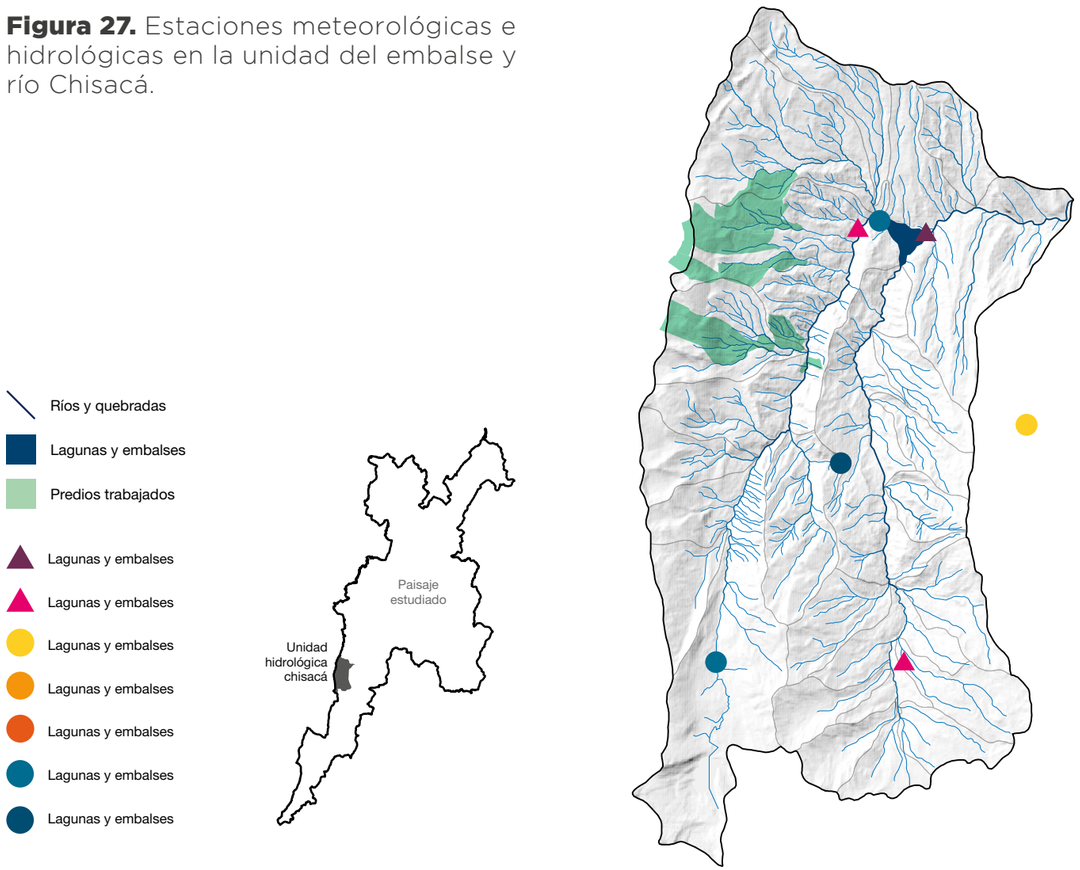


Figura 28. Delimitación de cuencas de hasta orden uno en la unidad del embalse y río Chisacá.

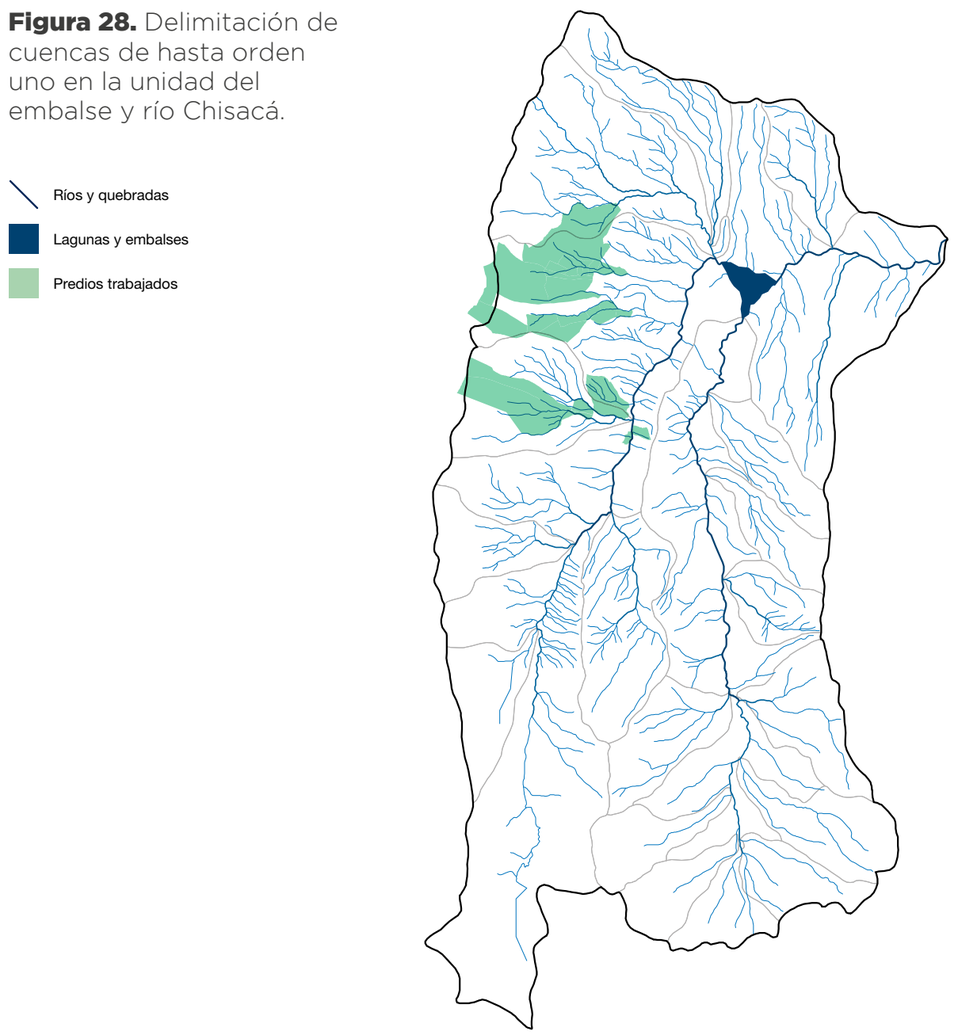
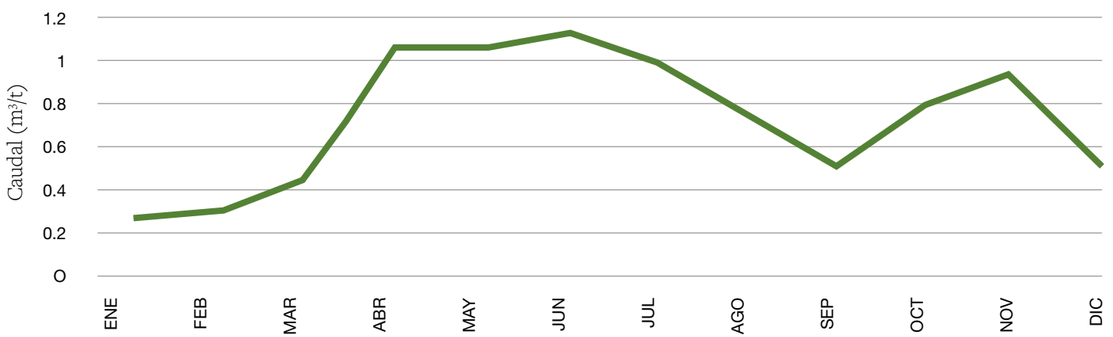


Figura 29. Caudal medio mensual multianual en la microcuenca del río Chisacá.





En la modelación hidrológica realizada se evaluaron diferentes modelos hidrológicos que podrían representar mejor la influencia de la cobertura y de los escenarios de cambio climático en la respuesta hidrológica, esto es, los modelos distribuidos que tienen en cuenta la variabilidad espacial de las variables y son basados en los procesos físicos que se dan en las cuencas (Logreira, 2008). Como resultado, se seleccionó el modelo hidrológico TETIS V 9.0 propuesto por Vélez (2001) y desarrollado por la Universidad Politécnica de Valencia (DIHMA, 1996; Vélez *et al.*, 2002a, 2002b, 2002c y 2002d, citado por Valencia, 2016). Se trata de un modelo conceptual de tanques que representa los procesos físicos del ciclo hidrológico relacionados con evapotranspiración, interflujo, infiltración, percolación, almacenamiento estático, flujo base, pérdida de agua subterránea y escorrentía directa.

La modelación empleó información climatológica e hidrológica de las estaciones del IDEAM, de la CAR y de la EAB-ESP obtenida en el marco del sistema de monitoreo del proyecto. Los datos de entrada se ingresaron de acuerdo con la ubicación espacial de la estación correspondiente, e internamente el modelo efectuó una interpolación lineal de las variables de precipitación y evapotranspiración. En este sentido cabe anotar que para calcular la evapotranspiración de referencia se empleó el método FAO Penman-Monteith por medio del software CROPWAT 8.0.

La información espacial empleada para cada unidad hidrológica correspondió al modelo de elevación digital (DEM por sus siglas en inglés), en resolución 12,5 m, cobertura vegetal a 1:25.000, unidades del suelo en páramo a 1:25.000 y en Cundinamarca a 1:100.000, y unidades hidrogeológicas a 1:100.000. Luego se incorporaron datos espaciales de entrada como pendientes, velocidad de ladera, dirección de flujo y flujo acumulado, almacenamiento de agua en el suelo, capacidad de infiltración y percolación (calculada por medio funciones pedológicas de transferencia del programa Rosetta Lite V 1.1), y conductividad hidráulica de interflujo, del acuífero (definidas a partir de estudios desarrollados por la CAR) y del acuífero profundo.

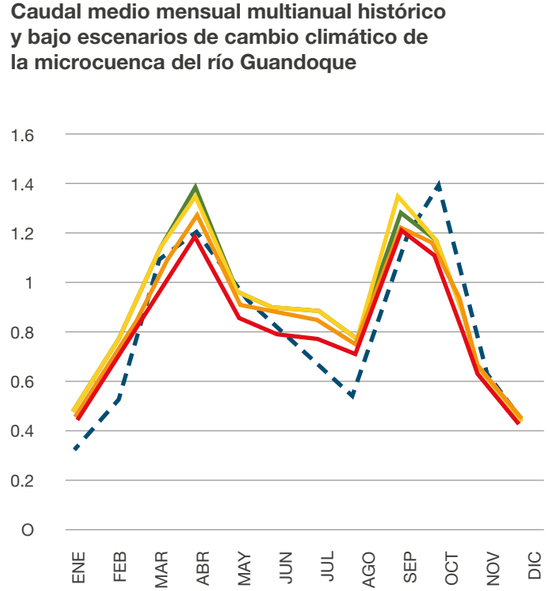
Los parámetros de calibración ajustados fueron los factores correctores del modelo de almacenamiento estático, evapotranspiración, infiltración, escorrentía directa, percolación, interflujo, flujo subterráneo profundo, flujo base, velocidad de la red fluvial, escalamiento del diseño hidrológico, exponente de infiltración al tanque estático y capacidad máxima de tanque gravitacional. Esta calibración fue evaluada por medio de las métricas de desempeño Nash-Sutcliffe, el *bias*, y el error cuadrático (RMSE por sus siglas en inglés).

Así pues, a partir de los modelos hidrológicos, se simularon los escenarios de cambio climático para el periodo 2011-2040. De esta manera es posible analizar, en la Tabla 2, el impacto que se producirá respecto al régimen hidrológico simulado para el periodo histórico.

Tabla 2. Simulación de escenarios de cambio climático en cada microcuenca priorizada

Cuenca del río Guandoque

Caudal medio mensual multianual histórico y bajo escenarios de cambio climático de la microcuenca del río Guandoque



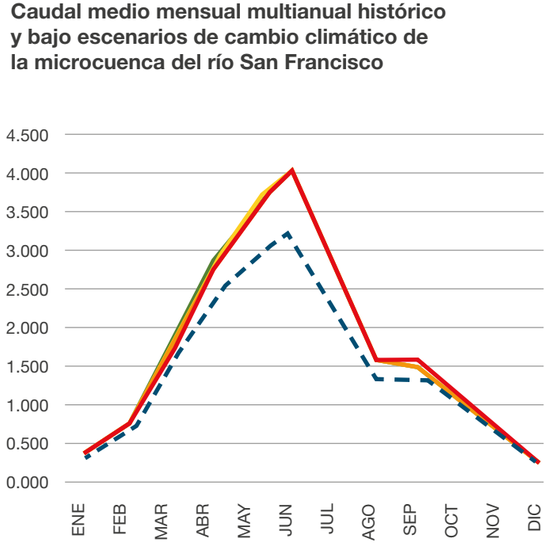
Se proyecta un aumento de caudales medios mensuales la mayor parte del año, a excepción de los meses de octubre a diciembre, en los cuales se destaca una reducción de caudales en el mes pico de octubre. Para el caso de aumento, se destacan los meses de febrero y agosto, con aumentos de mínimo 0,18 m3/s y 0,17 m3/s respectivamente, es decir, de 37,9 % y 30,8 %. Por su parte, se observa una reducción mínima del 0,3 m3/s en el mes de octubre, siendo un 21,5 %.

Comparando los impactos entre los escenarios de cambio climático RCP, se evidencian diferencias entre sí. Se estima en promedio una mayor oferta hídrica bajo el escenario RCP 4.5 y una menor oferta hídrica con el RCP 8.5. En promedio, se establece un aumento de oferta hídrica bajo los escenarios de cambio climático entre el 1,1 % para el RC P8.5 y el 11,4 % para el RCP 4.5.

Lo anterior implica un aumento general de oferta hídrica, por lo cual es importante implementar medidas de adaptación que permitan promover la función de regulación hídrica y almacenar agua para el último trimestre del año.

Cuenca del río San Francisco

Caudal medio mensual multianual histórico y bajo escenarios de cambio climático de la microcuenca del río San Francisco



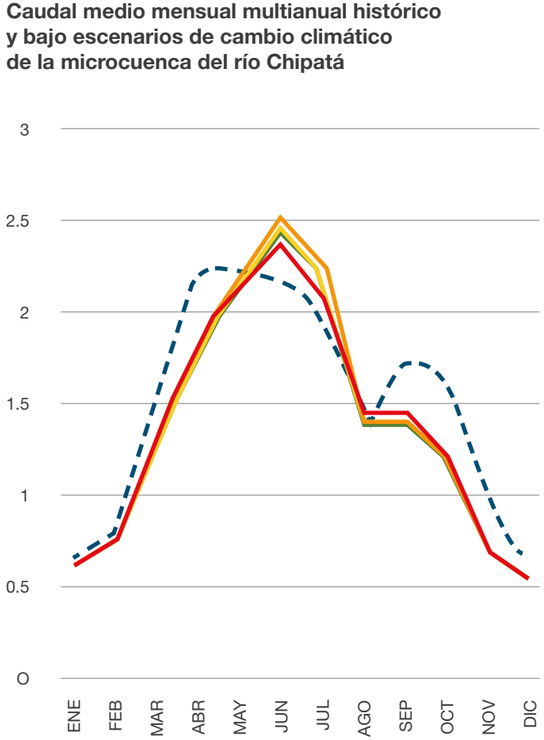
Se proyecta un marcado aumento en el caudal medio mensual del mes de junio, con un incremento mínimo de 0,83 m3/s, es decir, del 26,3 %. Los caudales en época seca presentan una ligera reducción, que es máxima en el mes de diciembre, con una reducción mínima de 0,029 m3/s, la cual, comparada con el periodo histórico simulado, es del 11,2 %.

Contrastando los impactos entre los escenarios de cambio climático RCP, no se evidencian grandes diferencias entre sí. Se estiman en promedio una mayor oferta hídrica bajo el escenario RCP 4.5 y una menor oferta hídrica con el RCP 6.0. En promedio, se establece un aumento de oferta hídrica bajo los escenarios de cambio climático entre el 18,8 % para el RC P6.0 y el 20,9 % para el RCP 4.5.

Lo anterior implica un aumento general de oferta hídrica, por lo cual es importante implementar medidas de adaptación que permitan promover la función de regulación hídrica.

Cuenca del río Chipatá

Caudal medio mensual multianual histórico y bajo escenarios de cambio climático de la microcuenca del río Chipatá



Se proyecta un desplazamiento de las dos épocas húmedas del año, presentando una tendencia bimodal acentuada.

Bajo los escenarios de cambio climático, se estiman una reducción en la oferta hídrica en el segundo semestre del año y un ligero aumento para los meses de junio y julio.

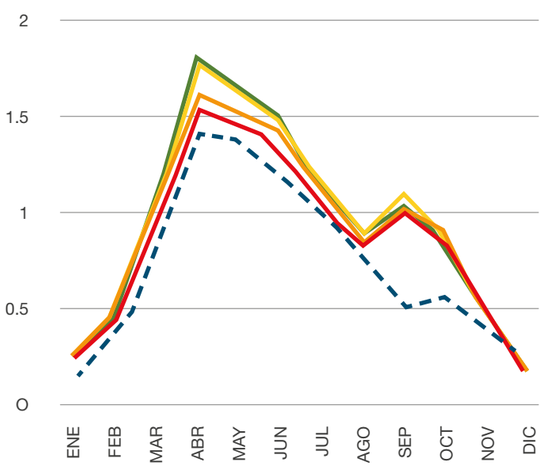
Se estima un aumento especialmente en el mes de junio, con un incremento mínimo de 0,186,3 m3/s, es decir, de un 8,5 %. También se espera una reducción en los caudales del mes de octubre de 0,49 m3/s, esto es de un 29,8 % respecto al caudal simulado. Se prevén reducciones de caudales para los primeros y últimos meses del año, en un promedio de 0,016 m3/s, lo que representa una reducción mínima del 20 %.

Comparando los impactos entre los escenarios de cambio climático RCP, no se evidencian grandes diferencias. Se estiman en promedio una mayor oferta hídrica bajo el escenario RC P4.5 y una menor oferta hídrica con el RCP 8.5. Efectuando un análisis promedio anual, se destaca la reducción de caudales, que oscila entre 6,7 % y 9,7 %.

Lo anterior implica un exceso y un déficit en volumen de agua, que demandan medidas de adaptación que permitan promover la función de regulación hídrica y una adaptación de los sistemas productivos con miras al almacenamiento de agua.

Cuenca del río Chisacá

Caudal medio mensual multianual histórico y bajo escenarios de cambio climático de la microcuenca del río Chisacá



Se proyecta un marcado aumento de caudales medios mensuales en los dos periodos con caudales máximos registrados, especialmente para los meses de septiembre y octubre. Este primero se destaca llegando a ser mínimo del 0,502 m3/s, es decir, de alrededor del 99,8 % respecto al caudal histórico simulado. Para los caudales en época seca se observa solo una reducción para el mes de diciembre, del 38 % o 0,1 m3/s.

Comparando los impactos entre los escenarios de cambio climático RCP, se evidencian diferencias entre sí, especialmente en época húmeda. Se estima en promedio una mayor oferta hídrica bajo el escenario RCP 4.5 y una menor oferta hídrica con el RCP 8.5. En promedio se establece un aumento de oferta hídrica bajo los escenarios de cambio climático entre el 18,8 % para el RCP 8.5 y el 31,1 % para el RCP 4.5.

Lo anterior implica un aumento general de oferta hídrica, por lo cual es importante implementar medidas de adaptación que permitan promover la función de regulación hídrica y el almacenamiento de agua para el mes de diciembre.

En el proyecto se adelantó la intervención de 605,5 ha con acciones de restauración ecológica y reconversión productiva hacia la sostenibilidad, orientadas a devolver condiciones ambientales y ecológicas que reduzcan la vulnerabilidad e incrementen la resiliencia y la capacidad adaptativa de las comunidades que habitan en estos territorios priorizados. Al mismo tiempo, con estas medidas se propende a la regulación hídrica del sistema de abastecimiento de agua del centro del país.

La recuperación y la conservación del suelo en la alta montaña son indiscutiblemente dos de las medidas primordiales en los procesos de adaptación al cambio climático. Los suelos, particularmente en los páramos andinos, a pesar de presentar características variables, en buena medida están conformados por un alto contenido de materia orgánica y ceniza volcánica, cuya combinación crea estructuras con baja densidad aparente y estructura abierta y porosa. De tal modo, los suelos de dichos ecosistemas manifiestan una conductividad hidráulica alta y una capacidad de retención de agua y nutrientes muy alta (Llambí *et al.*, 2012); de ahí que se les reconozca el papel de absorber humedad y liberarla lentamente al igual que una esponja.

No obstante, al importante rol del suelo en la regulación hídrica se suman otros elementos como la topografía y el mismo clima, particularmente la temperatura y la precipitación, a los que se les reconoce un aporte fundamental en la regulación hídrica de las cuencas (Buytaert y Célleri, 2006). Análisis realizados por el proyecto evidencian que el aporte de la vegetación en la captura de humedad (lluvia horizontal) para ecosistemas con coberturas vegetales que presenten arbustales, bosques de niebla o vegetación de páramo puede estar entre el 30 % y el 60 % de la humedad disponible.

Por otro lado, la restauración ecológica se conoce como "el proceso de ayudar a la recuperación de un ecosistema que se ha degradado, dañado o destruido" (SER, 2004, citado por Murcia y Guariguata, 2014). Ahora bien, en la actualidad esta no es una medida que se orienta exclusivamente al restablecimiento de los ecosistemas pretendiendo devolverles sus condiciones originales u homologar con otros ecosistemas de referencia que se consideren conservados; hoy día la restauración ecológica debe entenderse como una estrategia que favorece la adaptación. Esto implica que las estrategias de recuperación de los ecosistemas deben conectar con las condiciones cambiantes del clima y las necesidades de las comunidades, a la par que estas últimas deben ser conscientes de que las formas de relación entre ellas y la naturaleza también deben modificarse (Vanegas, Ospina, Escobar, Ramírez y Sánchez, 2015).

En los últimos años la dinámica de cambio en uso del suelo, las demandas socioeconómicas y ahora los efectos de la variabilidad y el cambio climático han generado que las estrategias de restauración ecológica contemplen la necesidad de orientarse principalmente a tres posibles objetivos, los cuales dependen del escenario en el que se trabaje. Es así como se habla de la restauración ecológica que busca iniciar o acelerar procesos de restablecimiento de los elementos asociados a la su función, estructura y composición del ecosistema; la rehabilitación para recuperar la productividad o los servicios del ecosistema en relación con los atributos funcionales o estructurales, y la recuperación o reclamación para retornar la utilidad del ecosistema respecto a la prestación de servicios ambientales diferentes a los del ecosistema original, integrándose ecológica y paisajísticamente a su entorno (Brown y Lugo, 1994; Hobbs y Norton, 1996; Hobbs y Harris, 2001; Hobbs, 2002; SER, 2004; Van Andel y Grootjans, 2006; Hobbs, 2007; Holl y Aide, 2011; Vanegas *et al.*, 2015).

La restauración ecológica de bosques y la rehabilitación de los agroecosistemas y de los paisajes rurales se reconocen como medidas de adaptación que le apuestan a reparar y equilibrar los servicios ecosistémicos, principalmente la regulación del recurso hídrico y el almacenamiento de carbono. Además, generan notables beneficios a la sostenibilidad de la fertilidad y, en consecuencia, a la estabilidad de los servicios ecosistémicos de aprovisionamiento, beneficiando a la agricultura y los demás usos afines de la tierra (Altieri y Nicholls, 2012; McGuire, 2014, citado por Sabogal, Besacier y McGuire, 2015).

Así pues, el proyecto desarrolló una estrategia de monitoreo como un mecanismo para la evaluación de los impactos de las medidas implementadas, tanto en la regulación hídrica de las áreas priorizadas como en el bienestar de las comunidades involucradas. Para esto, se establecieron distintas escalas espaciales y temporales (corto a largo plazo) para el diseño y puesta en marcha de este sistema, así como los diferentes componentes o ámbitos temáticos en los cuales se enmarcó: hidrometeorológico-climatológico, ecohidrológico y de diversidad funcional, y monitoreo comunitario asociado al cambio climático (Capítulo 3).



Análisis de vulnerabilidad y riesgo climático

Para la toma de decisiones respecto a la priorización de áreas estratégicas en las unidades hidrológicas donde se deben implementar medidas de adaptación, así como para diseñar dichas medidas, resulta indispensable conocer las condiciones del territorio que definen su vulnerabilidad actual y futura a los impactos del cambio climático. Dicha comprensión fue el punto de partida para evaluar los riesgos de cambio climático y los mecanismos de respuesta para mitigarlos. En ese sentido, una de las preguntas que se intentaba responder era cómo el cambio climático podría afectar la hidrología de la alta montaña poniendo en riesgo los medios de vida de miles de personas que dependen de los ecosistemas allí presentes para subsistir.

Teniendo en cuenta lo anterior, el estudio de vulnerabilidad y el riesgo empleó un análisis de variables alrededor de la regulación hídrica para definir diferentes niveles de afectación. Con la idea de realizar una evaluación con la menor incertidumbre posible, se analizó la información disponible en el paisaje Chingaza-Sumapaz-Guerrero y se eligieron las fuentes de datos más confiables que más se aproximaron a la realidad del territorio.

La propuesta metodológica partió de los lineamientos expuestos en el reporte AR5 del IPCC (2014) y las fundamentaciones teóricas establecidas en la Tercera Comunicación Nacional sobre cambio climático (Figura 30). Luego, sobre esa base se estableció un modelo que permitió evaluar las condiciones del territorio frente a su grado de susceptibilidad a las variaciones del clima, principalmente el recurso hídrico (Figura 31).

Figura 30. Modelo conceptual de análisis de vulnerabilidad.

Fuente: IPCC, 2014.

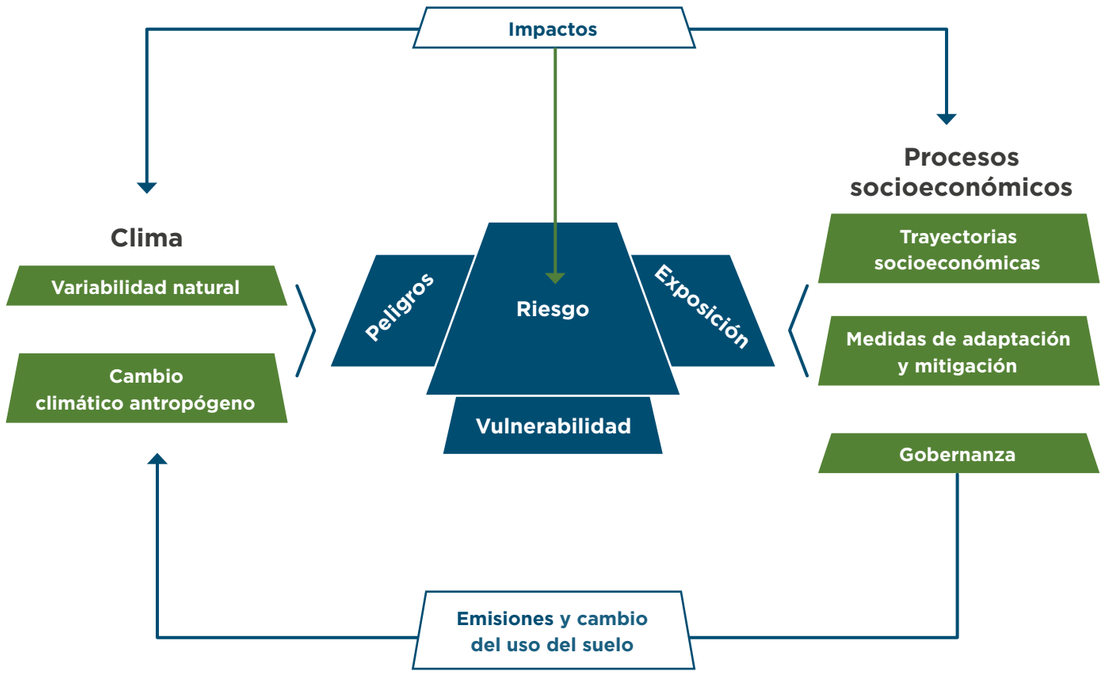
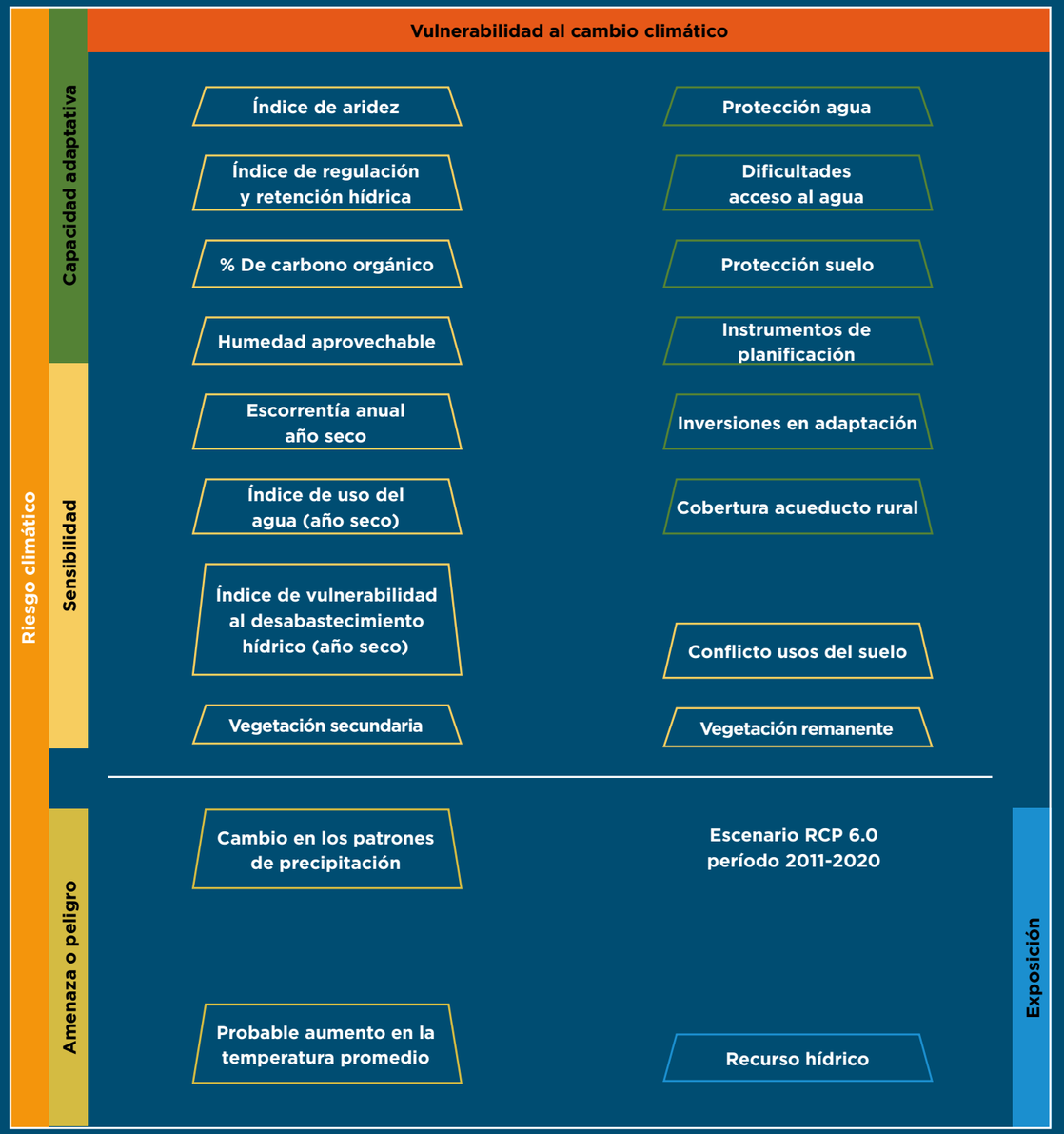


Figura 31. Modelo metodológico de análisis de vulnerabilidad y riesgo climático en la alta montaña.

Fuente: Espitia, 2020.



La vulnerabilidad es el resultado de la relación entre los aspectos que hacen sensible al territorio y su capacidad de respuesta para afrontar los retos del clima. Las amenazas o peligros se establecieron en función del cambio probable de la precipitación y temperatura como variables incidentes en el elemento expuesto, que para el estudio de caso es el recurso hídrico. Todo esto da paso al riesgo climático, relacionando las condiciones de vulnerabilidad con la amenaza. Así se evidencian los posibles impactos por cambio climático en la alta montaña.

vulnerabilidad y riesgo climático

Los parámetros de sensibilidad, capacidad adaptativa y amenaza se evaluaron mediante indicadores que fueron seleccionados a partir de la aplicación de los siguientes criterios, los cuales permitieron establecer los mejores caminos para la comprensión del socioecosistema del área Chingaza-Sumapaz-Guerrero:

Disponibilidad de información uniforme:

dentro de la selección de cada uno de los indicadores, se revisó la disponibilidad de información existente para toda el área de estudio. Este criterio descartó información parcial o no existente para cualquiera de los 22 municipios que hacen parte del paisaje del área de estudio.

Calidad de la información:

durante el proceso de revisión de información secundaria, se evaluaron las condiciones de veracidad sobre el territorio, con base en la experticia de los diferentes profesionales que trabajan en campo, así como en la validación con las comunidades.

Escala de la información:

los análisis de vulnerabilidad y riesgo al cambio climático requieren un procesamiento cartográfico elaborado; por lo tanto, exigen que la información de entrada sea lo más detallada posible con el propósito de reducir la incertidumbre frente a los resultados finales obtenidos. Según esa premisa, cuando se analizaba información con poco detalle, esta era descartada.

Posibilidad de réplica:

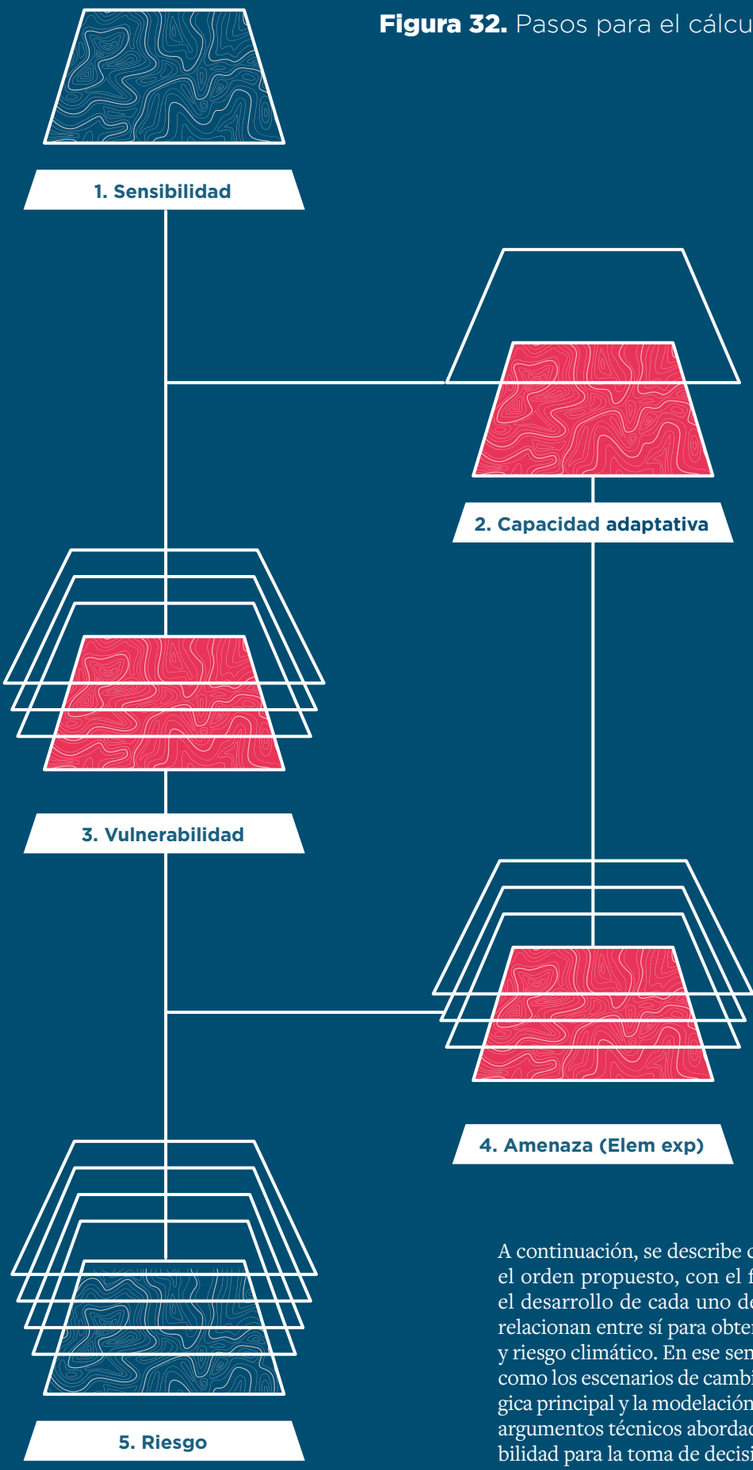
se propone una metodología que pueda replicarse fácilmente sin perder la rigurosidad técnica. El propósito de esto es generar ejercicios futuros comparables en el paisaje Chingaza-Sumapaz-Guerrero. Para este análisis se establecen una serie de pasos metodológicos que permiten su desarrollo siguiendo los lineamientos establecidos en el marco de la Tercera Comunicación Nacional sobre Cambio Climático y las directrices establecidas en el reporte AR5 del IPCC.

El tratamiento de la información se dio a través de métodos estadísticos por análisis de cuantiles, utilizando clasificaciones por natural breaks de Jenks. De esta manera fue posible analizar el conjunto de datos a través de una distribución uniforme de cinco rangos, donde para todas las variables se determinó que uno (1) es lo más positivo, y cinco (5), lo más negativo. Los cruces entre cada una de las variables están dados en relación numérica con el propósito de generar un análisis conjunto explicativo de su interacción.

Una vez se obtuvo la información normalizada en cinco rangos, se construyeron cada uno de los aspectos de acuerdo con la metodología aquí propuesta para determinar el grado de vulnerabilidad y riesgo climático presente en cada uno de los veintidós municipios que hacen parte del corredor. Para ello se establecen cinco pasos: sensibilidad, capacidad adaptativa, vulnerabilidad, amenaza (en función de los elementos expuestos) y el riesgo climático (Figura 32).

> El tratamiento de la información se dio a través de métodos estadísticos por análisis de cuantiles, utilizando clasificaciones por natural breaks de Jenks. De esta manera fue posible analizar el conjunto de datos a través de una distribución uniforme de cinco rangos, donde para todas las variables se determinó que uno (1) es lo más positivo, y cinco (5), lo más negativo.

Figura 32. Pasos para el cálculo del riesgo climático



A continuación, se describe cada uno de los pasos siguiendo el orden propuesto, con el fin de orientar la lectura sobre el desarrollo de cada uno de los aspectos y cómo estos se relacionan entre sí para obtener el análisis de vulnerabilidad y riesgo climático. En ese sentido, la elaboración de insumos como los escenarios de cambio climático, la estructura ecológica principal y la modelación hidrológica permitió establecer argumentos técnicos abordados desde el análisis de vulnerabilidad para la toma de decisiones en materia de adaptación

Sensibilidad

Para el cálculo del análisis de la sensibilidad, la información se estandarizó bajo 5 rangos y colores (Tabla 3) y se seleccionaron los 10 indicadores que se describen en la Tabla 4. De este modo se generó una comparación y se realizó un análisis de correlación para identificar aquellas condiciones críticas que pueden llegar a afectar negativa o positivamente por cambio climático el recurso hídrico.

La sensibilidad en la regulación hídrica está dada principalmente por tres factores: (i) los cambios en la escorrentía consecuentes de la interacción clima-territorio; (ii) la probabilidad del desabastecimiento resultante de las altas presiones al agua, y (iii) la poca vegetación existente en áreas estratégicas. Los municipios más sensibles son aquellos que poseen ecosistemas estratégicos susceptibles a variaciones en el clima como los páramos y el bosque altoandino y, por tanto, presentan una calificación media-alta (Figura 33).

Figura 33. Sensibilidad.

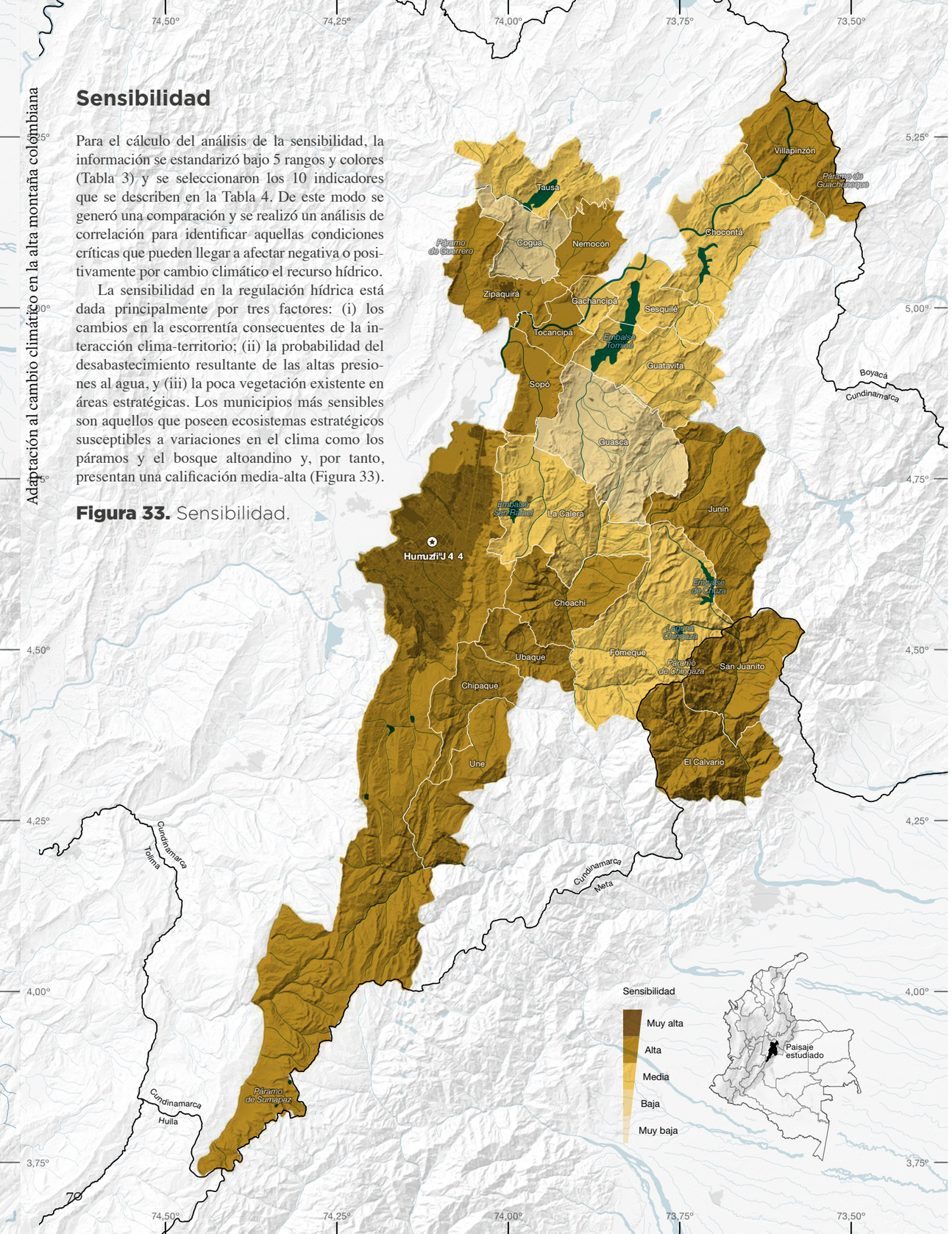


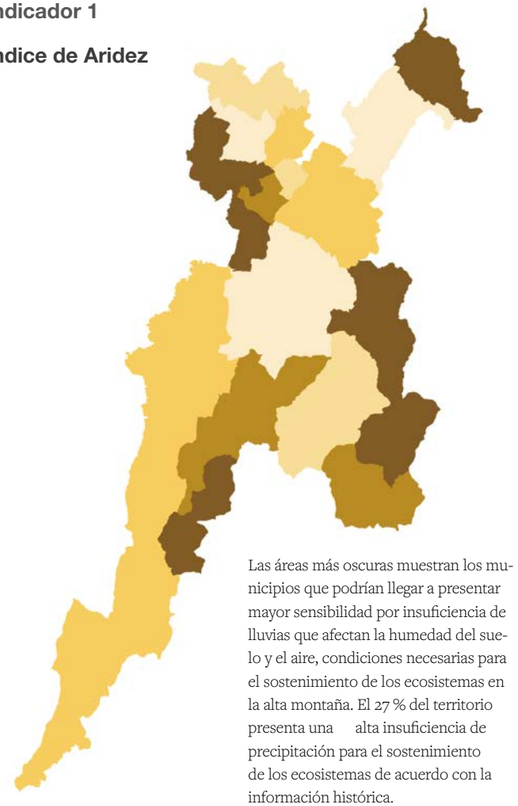
Tabla 3. Índice de sensibilidad

RANGO	ÍNDICE DE SENSIBILIDAD (1S)	
S1	**Muy baja (1)**	MB
1<X≤2	**Baja (2)**	B
2<X≤3	**Media (3)**	M
3<X≤4	**Alta (4)**	A
>4	**Muy alta (5)**	MA

Tabla 4. Indicadores de sensibilidad

Indicador 1

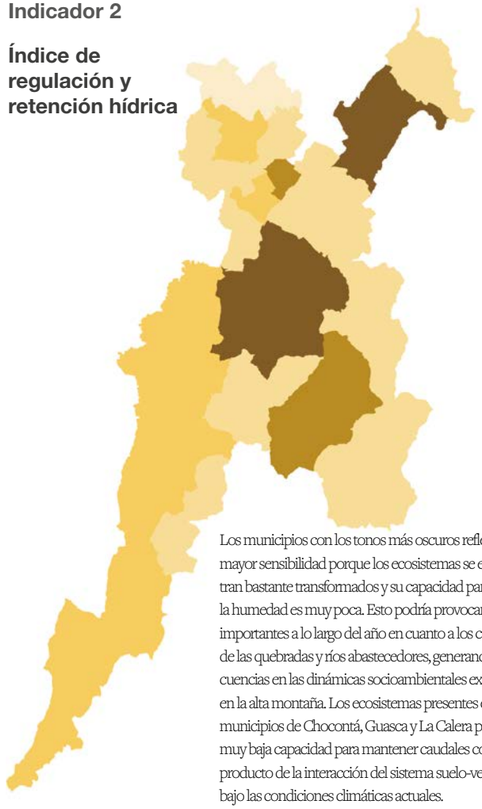
Índice de Aridez



Las áreas más oscuras muestran los municipios que podrían llegar a presentar mayor sensibilidad por insuficiencia de lluvias que afectan la humedad del suelo y el aire, condiciones necesarias para el sostenimiento de los ecosistemas en la alta montaña. El 27 % del territorio presenta una alta insuficiencia de precipitación para el sostenimiento de los ecosistemas de acuerdo con la información histórica.

Indicador 2

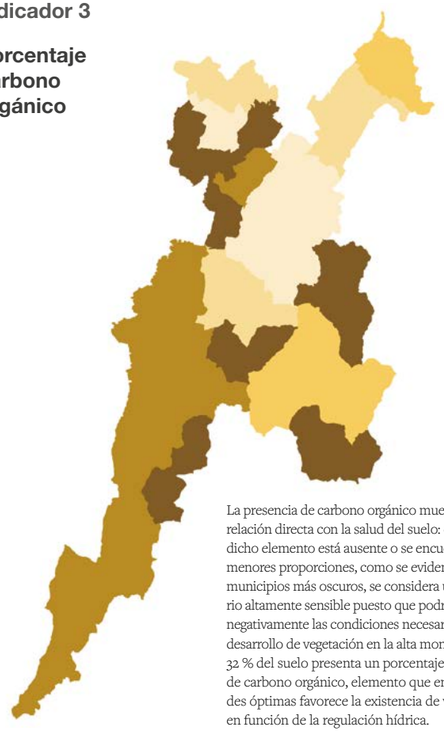
Índice de regulación y retención hídrica



Los municipios con los tonos más oscuros reflejan una mayor sensibilidad porque los ecosistemas se encuentran bastante transformados y su capacidad para retener la humedad es muy poca. Esto podría provocar cambios importantes a lo largo del año en cuanto a los caudales de las quebradas y ríos abastecedores, generando consecuencias en las dinámicas socioambientales existentes en la alta montaña. Los ecosistemas presentes en los municipios de Chocontá, Guasca y La Calera presentan muy baja capacidad para mantener caudales constantes, producto de la interacción del sistema suelo-vegetación bajo las condiciones climáticas actuales.

Indicador 3

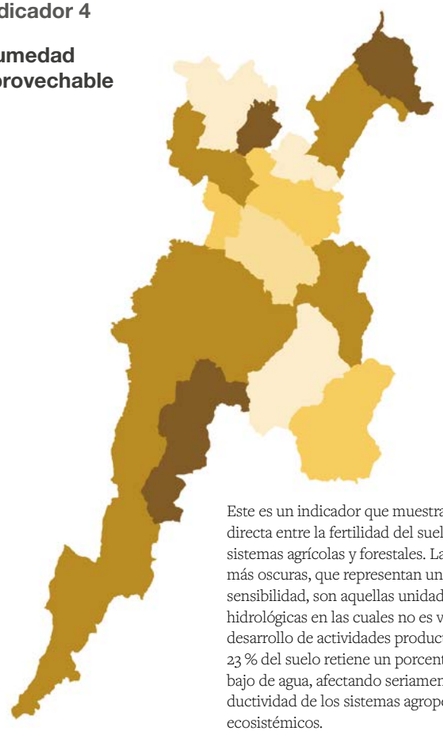
Porcentaje carbono orgánico



La presencia de carbono orgánico muestra una relación directa con la salud del suelo: cuando dicho elemento está ausente o se encuentra en menores proporciones, como se evidencia en los municipios más oscuros, se considera un territorio altamente sensible puesto que podría afectar negativamente las condiciones necesarias para el desarrollo de vegetación en la alta montaña. El 32 % del suelo presenta un porcentaje muy bajo de carbono orgánico, elemento que en cantidades óptimas favorece la existencia de vegetación en función de la regulación hídrica.

Indicador 4

Humedad aprovechable



Este es un indicador que muestra relación directa entre la fertilidad del suelo y los sistemas agrícolas y forestales. Las áreas más oscuras, que representan una mayor sensibilidad, son aquellas unidades hidrológicas en las cuales no es viable el desarrollo de actividades productivas. El 23 % del suelo retiene un porcentaje muy bajo de agua, afectando seriamente la productividad de los sistemas agropecuarios y ecosistémicos.

Indicador 5

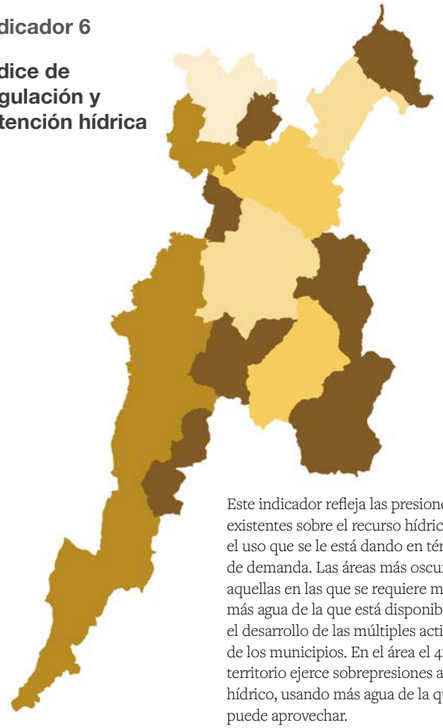
Escorrentía anual (año seco)



Los municipios en los que se evidencian los tonos más oscuros contienen sistemas hídricos en los cuales el escurrimiento del agua va a ser muy bajo para los tiempos secos, en relación entre la cantidad de cobertura vegetal, la precipitación y las características del suelo principalmente. En los años en los que la precipitación se reduce drásticamente se puede observar que en el 55 % del territorio la disponibilidad de agua está bastante comprometida.

Indicador 6

Índice de regulación y retención hídrica



Este indicador refleja las presiones existentes sobre el recurso hídrico por el uso que se le está dando en términos de demanda. Las áreas más oscuras son aquellas en las que se requiere mucha más agua de la que está disponible para el desarrollo de las múltiples actividades de los municipios. En el área el 41 % del territorio ejerce sobrepresiones al recurso hídrico, usando más agua de la que se puede aprovechar.

Indicador 7

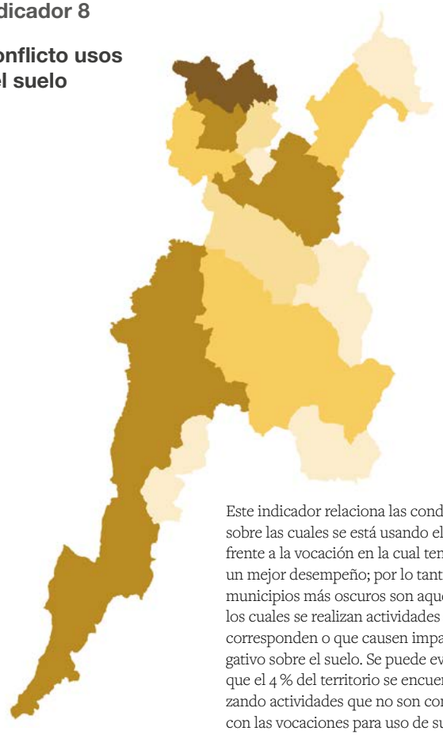
Índice de vulnerabilidad al desabastecimiento hídrico (año seco)



La vulnerabilidad por desabastecimiento es la relación entre las altas presiones sobre el recurso hídrico y su oferta. Los municipios en los cuales se evidencian colores más oscuros son aquellos donde el agua presenta una mayor sensibilidad, la cual es más notoria en un año seco. En el área el 45 % del territorio ejerce sobrepresiones al recurso hídrico, usando más agua de la que se puede aprovechar en periodos secos, cuando la oferta hídrica disminuye considerablemente.

Indicador 8

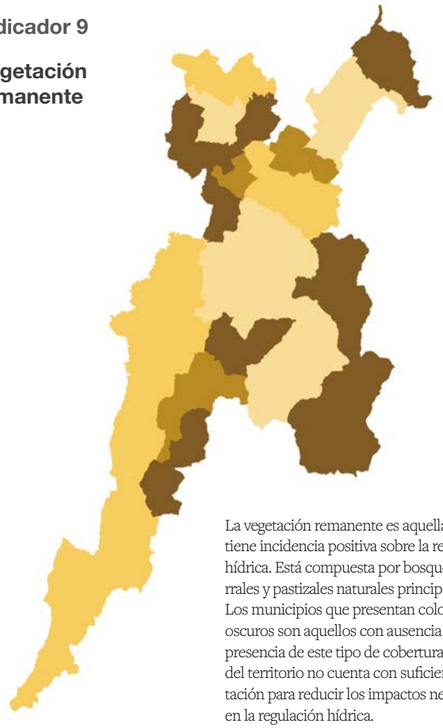
Conflicto usos del suelo



Este indicador relaciona las condiciones sobre las cuales se está usando el suelo frente a la vocación en la cual tendría un mejor desempeño; por lo tanto, los municipios más oscuros son aquellos en los cuales se realizan actividades que no corresponden o que causen impacto negativo sobre el suelo. Se puede evidenciar que el 4 % del territorio se encuentra realizando actividades que no son compatibles con las vocaciones para uso de suelo.

Indicador 9

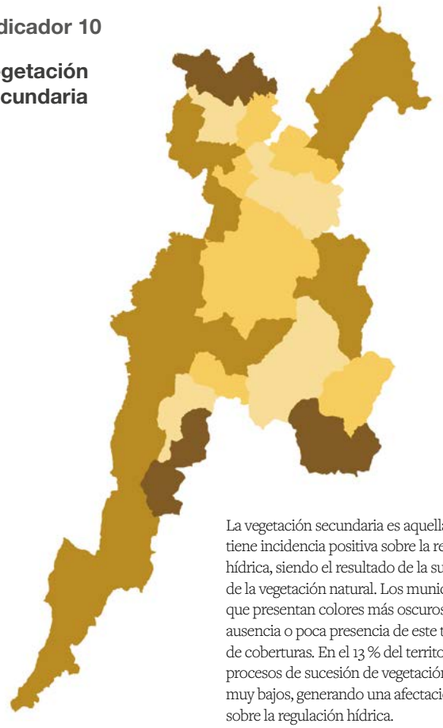
Vegetación remanente



La vegetación remanente es aquella que tiene incidencia positiva sobre la regulación hídrica. Está compuesta por bosques, matorrales y pastizales naturales principalmente. Los municipios que presentan colores más oscuros son aquellos con ausencia o poca presencia de este tipo de coberturas. El 41 % del territorio no cuenta con suficiente vegetación para reducir los impactos negativos en la regulación hídrica.

Indicador 10

Vegetación secundaria



La vegetación secundaria es aquella que tiene incidencia positiva sobre la regulación hídrica, siendo el resultado de la sucesión de la vegetación natural. Los municipios que presentan colores más oscuros tienen ausencia o poca presencia de este tipo de coberturas. En el 13 % del territorio los procesos de sucesión de vegetación son muy bajos, generando una afectación directa sobre la regulación hídrica.

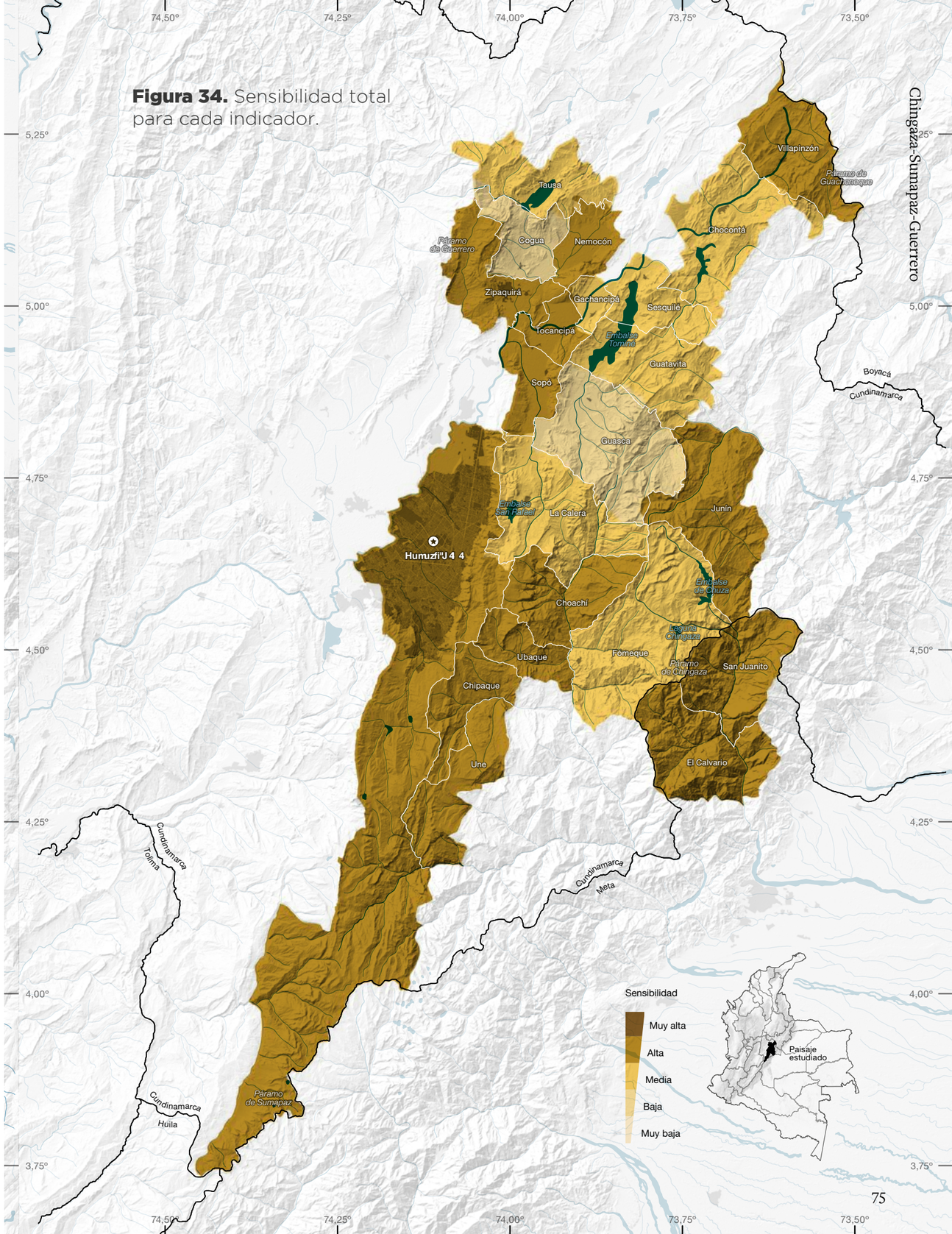
Los indicadores referidos en la Tabla 4 fueron ponderados de acuerdo con su relevancia en la estimación de la sensibilidad de acuerdo con la Tabla 5. El resultado de sensibilidad total de la Figura 38 es el promedio resultante de todos los indicadores con sus respectivos pesos[2] ponderados.

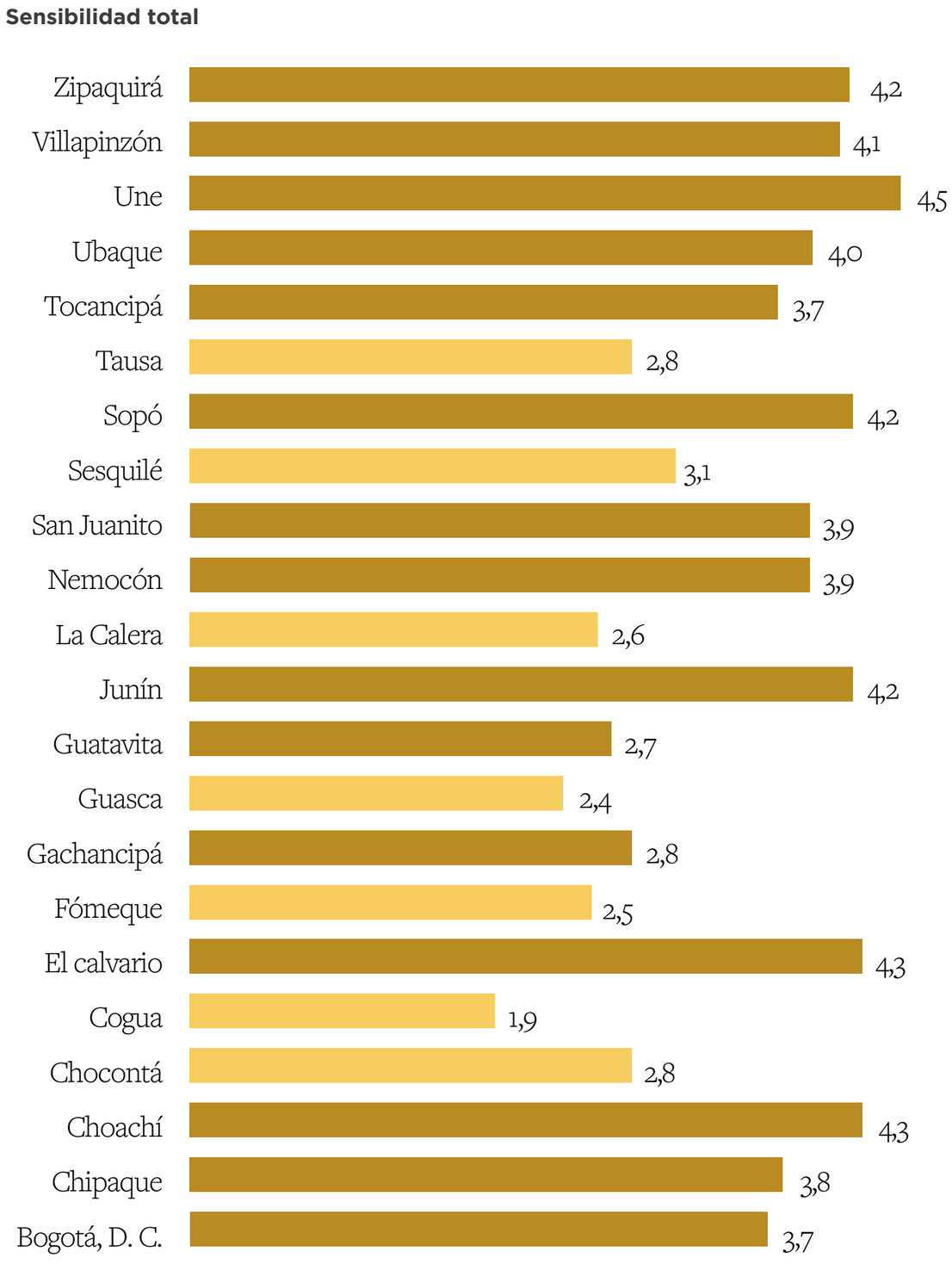
2. Estos se establecieron a través de la metodología juicio de expertos. En ese orden de ideas, fueron expuestos en varios escenarios técnicos donde se determinó una importancia de acuerdo con el grado de incidencia en la regulación y suministro de agua.

Tabla 5. Fuente de información indicadores de sensibilidad y pesos de importancia

Indicadores	Peso (%)	Fuente de información	Año	Supuesto
Índice de Aridez	8%	Estudio Nacional del Agua (ENA). IDEAM	2018	A mayor insuficiencia del recurso hídrico, mayor sensibilidad
Índice de regulación y retención hídrica	8%	Estudio Nacional del Agua (ENA). IDEAM	2018	A menor regulación del recurso hídrico, mayor sensibilidad
% Carbono Orgánico	8%	Sistemas Morfogénicos. Corredor Conservación. CI Fases anteriores	2018	A menor % carbono, mayor sensibilidad
Humedad Aprovechable	8%	Sistemas Morfogénicos. Corredor Conservación. CI Fases anteriores	2018	A menor humedad, mayor sensibilidad
Escorrentía Anual Año Seco	8%	Estudio Nacional del Agua (ENA). IDEAM	2018	A mayor pérdida de la escorrentía, mayor sensibilidad
Índice de Uso del Agua (Año Seco)	8%	Estudio Nacional del Agua (ENA). IDEAM	2018	A mayor sobre uso del agua, mayor sensibilidad
Índice de vulnerabilidad al desabastecimiento hídrico (Año Seco)	8%	Estudio Nacional del Agua (ENA). IDEAM	2018	A mayor vulnerabilidad por sobre uso del agua, mayor es su sensibilidad
Conflicto Usos del Suelo	8%	Conflictos de Uso. IGAC	2012	A mayor conflicto del uso del suelo, mayor sensibilidad
Vegetación Remanente	20%	Coberturas de la Tierra. Corredor Conservación. CI Fases anteriores	2018	A mayor vegetación remanente, menor sensibilidad
Vegetación secundaria	20%	Coberturas de la Tierra. Corredor Conservación. CI Fases anteriores	2018	A mayor vegetación secundaria, menor sensibilidad
PORCENTAJE TOTAL	100%			

Figura 34. Sensibilidad total para cada indicador.





El porcentaje ponderado, de acuerdo con lo descrito en la Tabla 5, permitió estimar la sensibilidad para cada municipio del paisaje del corredor Chingaza-Sumapaz-Guerrero (Tabla 6). Los municipios que presentan una mayor sensibilidad son Zipaquirá, Villapinzón, Une, Ubaque, Tocancipá, Sopó, San Juanito, Nemocón, Junín, El Calvario, Choachí, Chipaque y Bogotá, como consecuencia de las altas presiones sobre los ecosistemas estratégicos que afectan la regulación hídrica y se verán incrementadas como consecuencia del cambio climático (Figura 34).

Tabla 6. Sensibilidad paisaje del área Chingaza-Sumapaz-Guerrero

N.°	Municipios	Área (ha)	Índice de aridez	Índice de regulación y retención hídrica	% carbono orgánico	Humedad aprovechable	Escorrentía anual en año Seco	Índice de uso del agua (Año Seco)	Índice de vulnerabilidad al desabastecimiento hídrico (Año Seco)	Conflicto usos del Suelo	Vegetación remanente	Vegetación secundaria	Sensibilidad total	Sensibilidad ajustada
1	Bogotá	160.474,60	3	3	4	4	4	4	4	4	3	4	4	4
2	Chipaque	14.991,77	4	3	4	5	5	4	5	4	4	2	4	4
3	Choachí	21.254,40	4	2	5	4	5	5	5	3	5	4	4	4
4	Chocontá	29.549,56	1	5	2	4	1	2	3	3	2	4	3	3
5	Cogua	13.290,62	1	3	1	1	2	1	2	4	2	2	2	2
6	El Calvario	27.473,57	4	2	5	3	5	5	5	1	5	5	4	4
7	Fómeque	45.904,08	2	4	3	1	3	3	4	3	2	2	3	3
8	Gachancipá	4.291,60	2	4	4	3	3	3	4	1	3	2	3	3
9	Guasca	36.267,01	1	5	1	2	2	2	3	2	2	3	2	2
10	Guatavita	24.427,03	3	2	1	3	3	3	3	4	3	2	3	3
11	Junín	34.239,39	5	2	5	4	5	5	5	1	5	4	4	4
12	La Calera	33.720,68	1	5	2	4	1	2	3	3	2	3	3	3
13	Nemocón	10.072,81	3	2	5	5	4	5	5	2	5	3	4	4
14	San Juanito	23.347,68	5	2	3	3	5	5	5	3	5	3	4	4
15	Sesquilé	14.226,69	3	2	1	1	5	3	3	4	4	3	3	3
16	Sopó	10.899,25	5	2	5	3	5	5	5	2	5	4	4	4
17	Tausa	19.465,37	2	1	2	1	3	1	1	5	3	5	2	3
18	Tocancipá	7.107,91	4	3	4	4	5	3	4	4	4	3	4	4
19	Ubaque	10.929,35	4	2	4	5	5	5	5	4	4	3	4	4
20	Une	21.072,58	5	2	5	5	5	5	5	1	5	5	4	4
21	Villapinzón	22.556,39	5	2	3	5	5	5	5	1	5	4	4	4
22	Zipaquirá	20.309,56	5	2	5	4	5	4	4	3	5	4	4	4

Las altas presiones sobre el territorio inciden directamente en la disponibilidad y la regulación del recurso hídrico. Los municipios más sensibles son aquellos que presentan los mayores conflictos por el uso del suelo y poca cobertura vegetal. Como consecuencia de esto, la retención de humedad viene disminuyendo, lo que afecta la salud de los ecosistemas presentes y las actividades productivas que se desarrollan en ellos.



Capacidad adaptativa

Tabla 7. Índice de sensibilidad

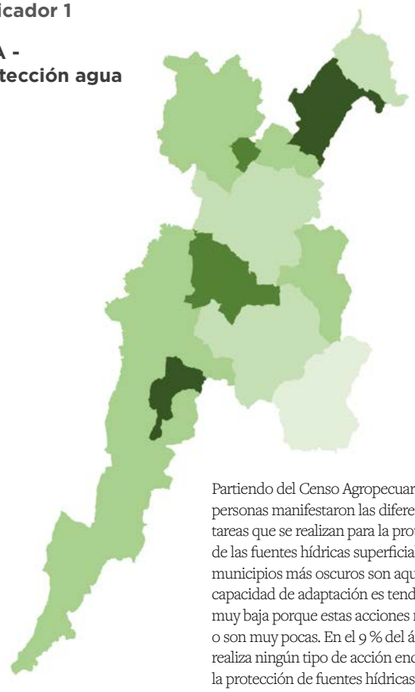
RANGO	ÍNDICE DE SENSIBILIDAD (1S)	
S1	**Muy baja (1)**	MB
1<X≤2	**Baja (2)**	B
2<X≤3	**Media (3)**	M
3<X≤4	**Alta (4)**	A
>4	**Muy alta (5)**	MA

Para el cálculo del análisis de la capacidad adaptativa, la información se estandarizó en 5 rangos y colores (Tabla 7) y se seleccionaron los indicadores que se describen en la Tabla 8.. De este modo fue posible establecer una comparación y generar un análisis de correlación que permite identificar aquellas condiciones de respuesta frente a los retos del clima futuro en relación con el recurso hídrico.

Tabla 8. Indicadores asociados a la capacidad de adaptación

Indicador 1

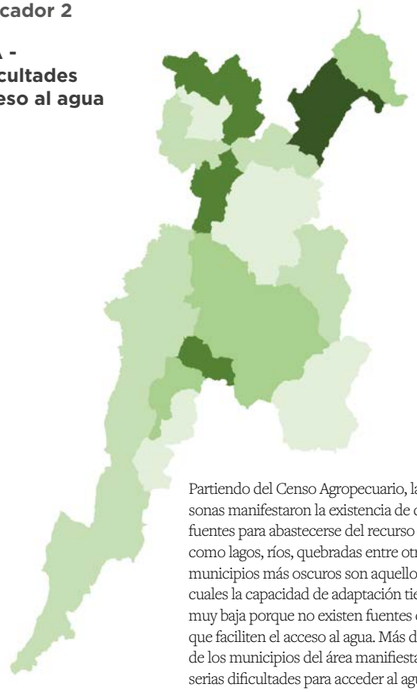
UPA - Protección agua



Partiendo del Censo Agropecuario, las personas manifestaron las diferentes tareas que se realizan para la protección de las fuentes hídricas superficiales. Los municipios más oscuros son aquellos cuya capacidad de adaptación es tendiente a ser muy baja porque estas acciones no existen o son muy pocas. En el 9 % del área no se realiza ningún tipo de acción encaminada a la protección de fuentes hídricas.

Indicador 2

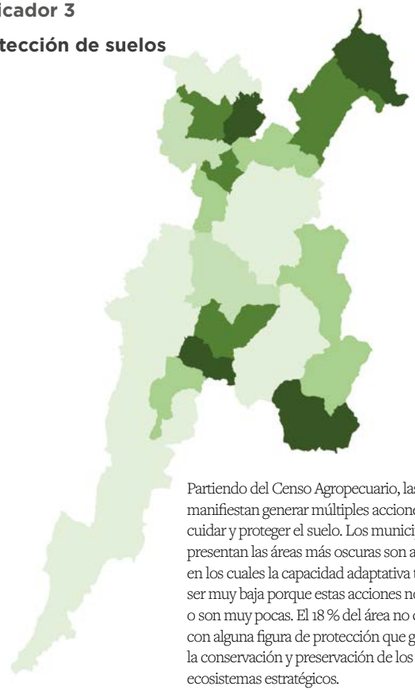
UPA - Dificultades acceso al agua



Partiendo del Censo Agropecuario, las personas manifestaron la existencia de diversas fuentes para abastecerse del recurso hídrico como lagos, ríos, quebradas entre otros. Los municipios más oscuros son aquellos en los cuales la capacidad de adaptación tiende a ser muy baja porque no existen fuentes cercanas que faciliten el acceso al agua. Más del 5 % de los municipios del área manifiestan tener serias dificultades para acceder al agua.

Indicador 3

Protección de suelos



Partiendo del Censo Agropecuario, las personas manifiestan generar múltiples acciones para cuidar y proteger el suelo. Los municipios que presentan las áreas más oscuras son aquellos en los cuales la capacidad adaptativa tiende a ser muy baja porque estas acciones no existen o son muy pocas. El 18 % del área no cuenta con alguna figura de protección que garantice la conservación y preservación de los diferentes ecosistemas estratégicos.

Indicador 4

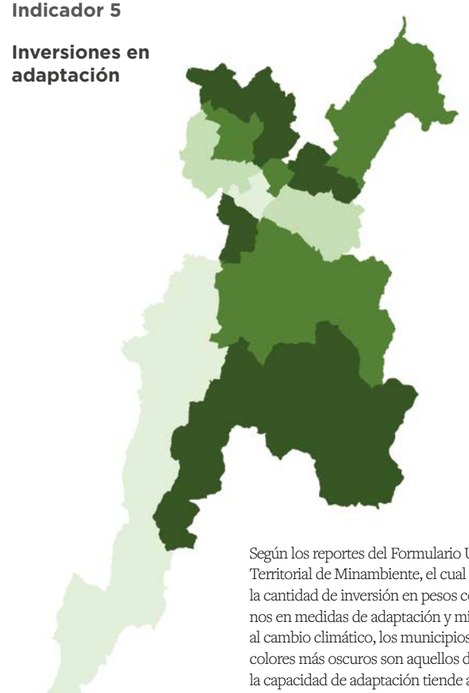
Instrumentos de planificación



De acuerdo con los reportes presentados a 2016, ningún municipio había incluido el cambio climático dentro de las herramientas de planificación. Por lo tanto, su capacidad adaptativa es muy baja.

Indicador 5

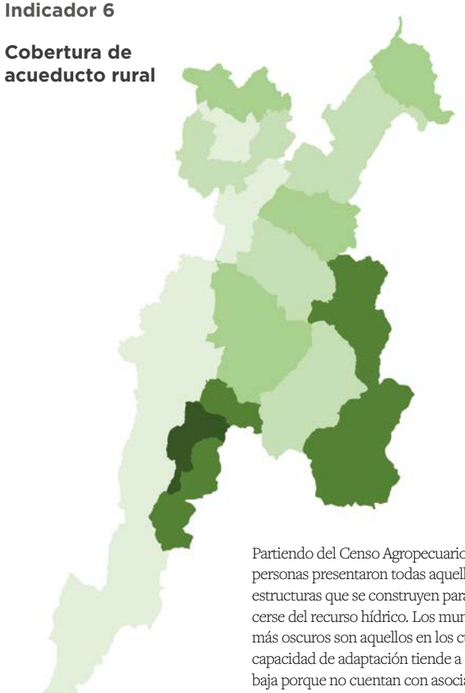
Inversiones en adaptación



Según los reportes del Formulario Único Territorial de Minambiente, el cual evidencia la cantidad de inversión en pesos colombianos en medidas de adaptación y mitigación al cambio climático, los municipios con colores más oscuros son aquellos donde la capacidad de adaptación tiende a ser más baja por presentar valores muy bajos o ninguno. El 50 % de los municipios no realizan inversiones puntuales en temas de adaptación y mitigación al cambio climático.

Indicador 6

Cobertura de acueducto rural



Partiendo del Censo Agropecuario, las personas presentaron todas aquellas estructuras que se construyen para abastecerse del recurso hídrico. Los municipios más oscuros son aquellos en los cuales la capacidad de adaptación tiende a ser muy baja porque no cuentan con asociación o infraestructuras para la conformación de acueductos en el área rural. Más del 4 % de los municipios manifiestan que la cobertura de acueductos veredales es muy baja.

La falta de instrumentos de planificación que aborden las temáticas de la gestión del cambio climático constituye una de las grandes debilidades frente a la respuesta que requieren los retos del clima. A esta problemática se suman las acciones en contravía de las figuras de protección del suelo y la poca asociatividad para asegurar un suministro para las comunidades existentes en la alta montaña.

Los indicadores referidos en la Tabla 8 fueron ponderados de acuerdo con su relevancia en la estimación de la capacidad adaptativa de acuerdo con la Tabla 9. El resultado de la capacidad adaptativa total de la Figura 18 es el promedio resultante de todos los indicadores con sus respectivos pesos ponderados.



Tabla 9. Fuentes de información sobre indicadores de capacidad adaptativa y pesos de importancia

Indicadores	Peso (%)	Fuente de información	Año	Supuesto
UPA - Protección Agua	17%	UPA - Censo Agropecuario DANE	2014	A mayor manifestación de comunidad protegiendo el agua, mayor es la capacidad adaptativa
UPA - Dificultades Acceso al Agua	17%	UPA - Censo Agropecuario DANE	2014	A mayor manifestación de comunidad con dificultades para acceder al agua, menor capacidad adaptativa
UPA - Protección Suelo	17%	UPA - Censo Agropecuario DANE	2014	A mayor manifestación de comunidad protegiendo el suelo, mayor capacidad adaptativa
Instrumentos de Planificación	17%	Reportes CAR - CORPOGUAVIO - CORMACARENA - CORPORINOQUIA	2016	Si existen instrumentos de planificación alineados con la gestión del cambio climático, mayor capacidad adaptativa
Inversiones en adaptación	17%	Formulario Único Territorial Minambiente	2016	A menor inversión en adaptación y mitigación, menor capacidad adaptativa
UPA -Cobertura Acueducto rural	17%	Estudio Nacional del Agua (ENA). IDEAM	2018	A mayor sobre uso del agua, mayor sensibilidad
UPA - Censo Agropecuario DANE	2014	A mayor cobertura de acueductos rurales, mayor es su capacidad adaptativa	2018	A mayor vulnerabilidad por sobre uso del agua, mayor es su sensibilidad
PORCENTAJE TOTAL	100%			

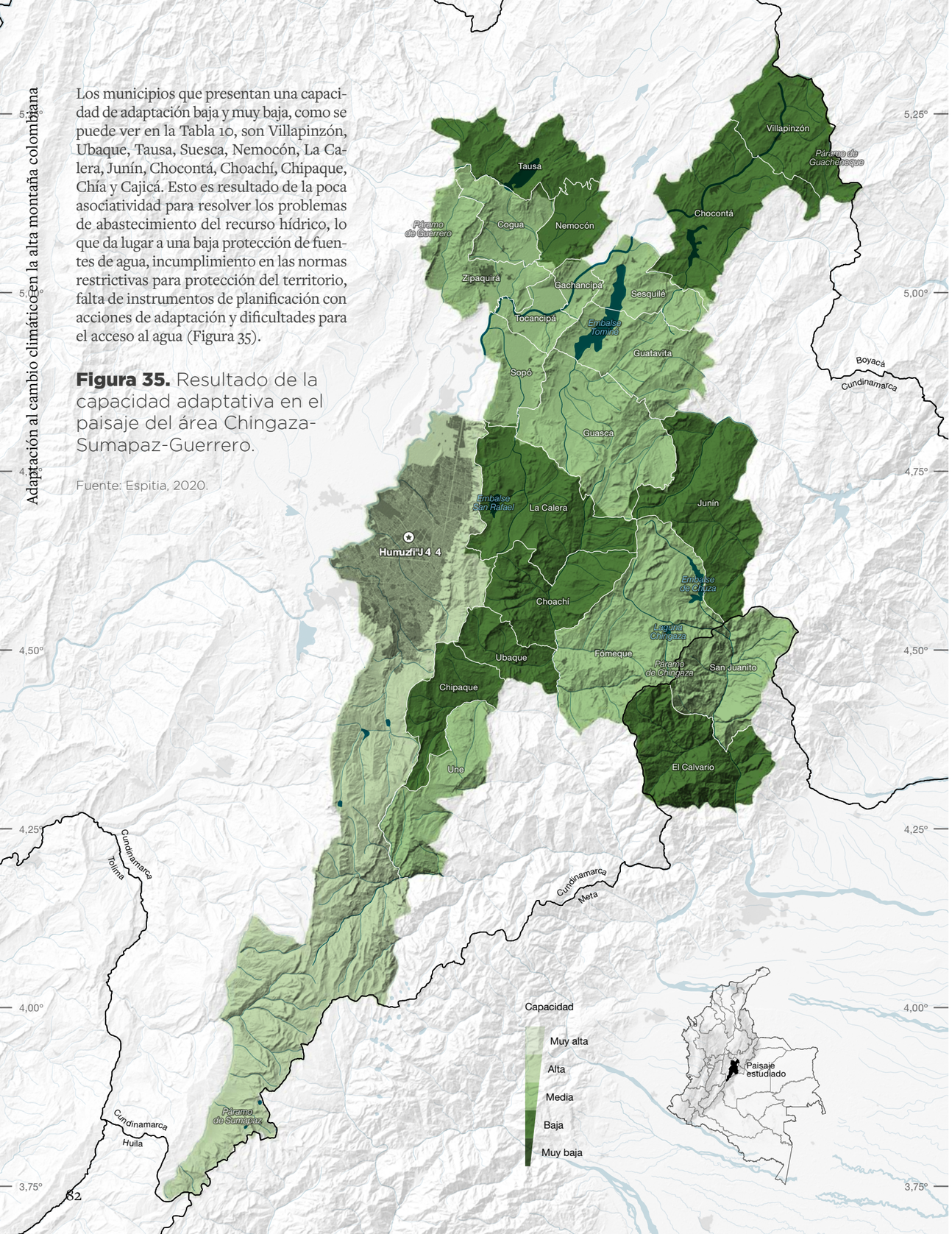
Tabla 10. Capacidad adaptativa en el área Chingaza-Sumapaz-Guerrero

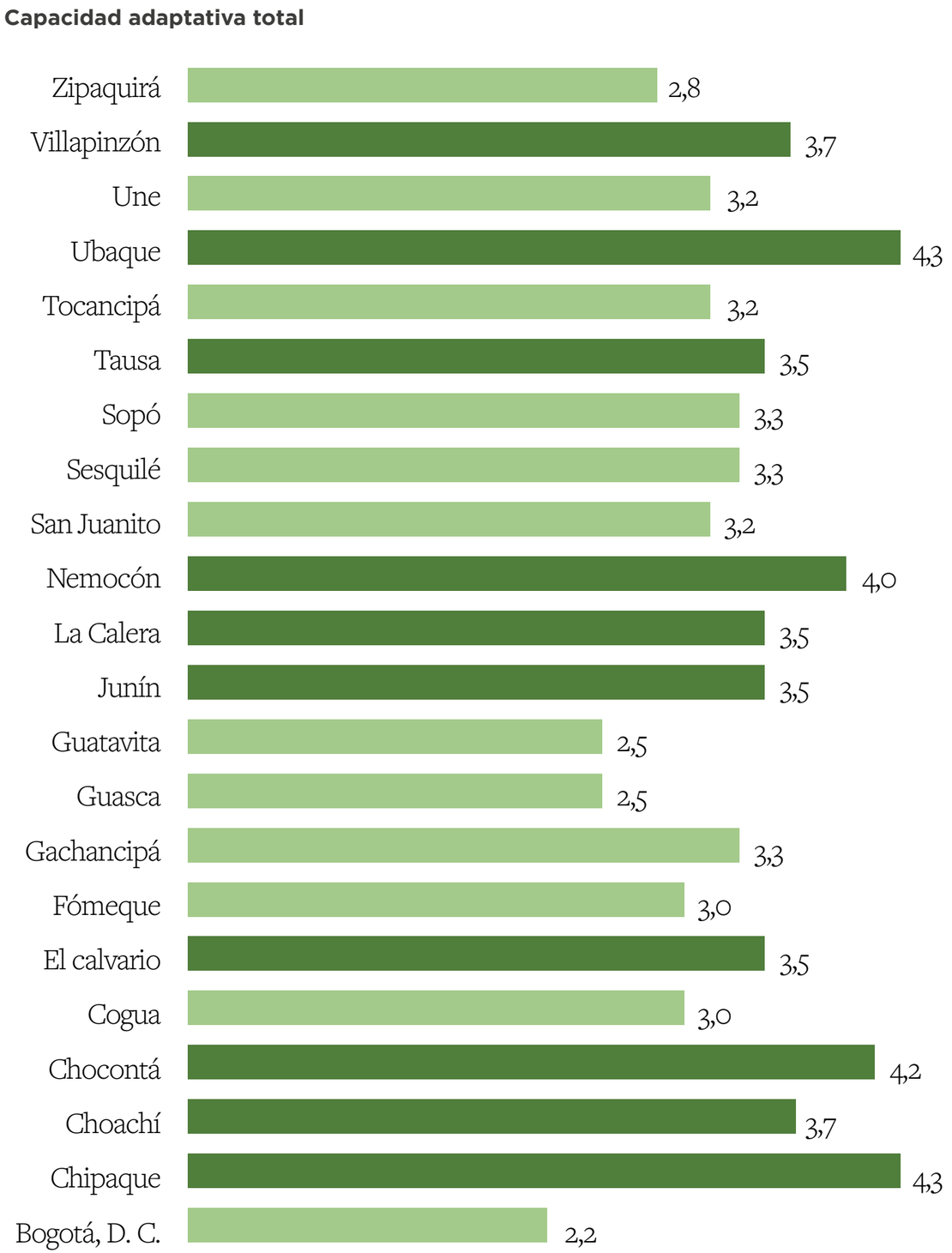
N.°	Municipios	Área (ha)	UPA - Protección del agua	UPA - Dificultades de acceso al agua	Protección del suelo	Instrumentos de planificación	Inversiones en adaptación	UPA -Cobertura de acueducto rural	Capacidad adaptativa con ajuste
1	Bogotá	160.474,60	3	2	1	5	1	1	2
2	Chipaque	14.991,77	5	3	3	5	5	5	4
3	Choachí	21.254,40	2	3	4	5	5	3	4
4	Chocontá	29.549,56	5	5	4	5	4	2	4
5	Cogua	13.290,62	3	1	4	5	4	1	3
6	El Calvario	27.473,57	1	1	5	5	5	4	4
7	Fómeque	45.904,08	2	3	1	5	5	2	3
8	Gachancipá	4.291,60	4	3	3	5	4	1	3
9	Guasca	36.267,01	2	1	1	5	4	2	3
10	Guatavita	24.427,03	2	1	1	5	3	3	3
11	Junín	34.239,39	3	2	3	5	4	4	4
12	La Calera	33.720,68	4	3	2	5	4	3	4
13	Nemocón	10.072,81	3	4	5	5	5	2	4
14	San Juanito	23.347,68	1	1	3	5	5	4	3
15	Sesquilé	14.226,69	3	2	3	5	5	2	3
16	Sopó	10.899,25	2	4	3	5	5	1	3
17	Tausa	19.465,37	3	4	1	5	5	3	4
18	Tocancipá	7.107,91	3	4	4	5	2	1	3
19	Ubaque	10.929,35	3	4	5	5	5	4	4
20	Une	21.072,58	3	1	1	5	5	4	3
21	Villapinzón	22.556,39	2	3	5	5	4	3	4
22	Zipaquirá	20.309,56	3	2	2	5	3	2	3

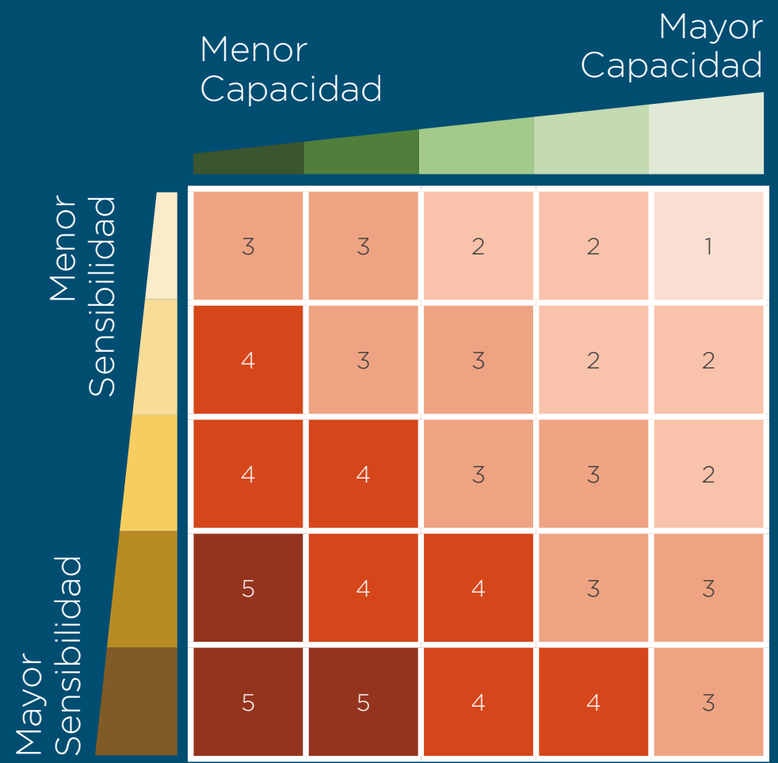
Los municipios que presentan una capacidad de adaptación baja y muy baja, como se puede ver en la Tabla 10, son Villapinzón, Ubaque, Tausa, Suesca, Nemocón, La Calera, Junín, Chocontá, Choachí, Chipaque, Chía y Cajicá. Esto es resultado de la poca asociatividad para resolver los problemas de abastecimiento del recurso hídrico, lo que da lugar a una baja protección de fuentes de agua, incumplimiento en las normas restrictivas para protección del territorio, falta de instrumentos de planificación con acciones de adaptación y dificultades para el acceso al agua (Figura 35).

Figura 35. Resultado de la capacidad adaptativa en el paisaje del área Chingaza-Sumapaz-Guerrero.

Fuente: Espitia, 2020.







Riesgo climático

Vulnerabilidad a los impactos del cambio climático sobre la regulación y el suministro hídrico

De acuerdo con los escenarios de cambio climático que se describieron en el presente capítulo, se evidencia que en todo el paisaje del área Chingaza-Sumapaz-Guerrero se presentarán alteraciones en la dinámica hidrológica, bien sea por aumento en el rendimiento hídrico, particularmente en las unidades hidrológicas pertenecientes a las cuencas de los ríos Bogotá y Sumapaz, como por disminución, concretamente en las unidades hidrológicas de las cuencas de Guavio, Guatiquía y Guayuriba. Esto implica que, en todos los casos, tanto la biodiversidad como las comunidades que han hecho de este paisaje su territorio están expuestas a las condiciones cambiantes del clima; por tanto, la vulnerabilidad se puede estimar a partir de la relación entre la sensibilidad y la capacidad adaptativa, tal como lo establece la Tercera Comunicación Nacional (2017).

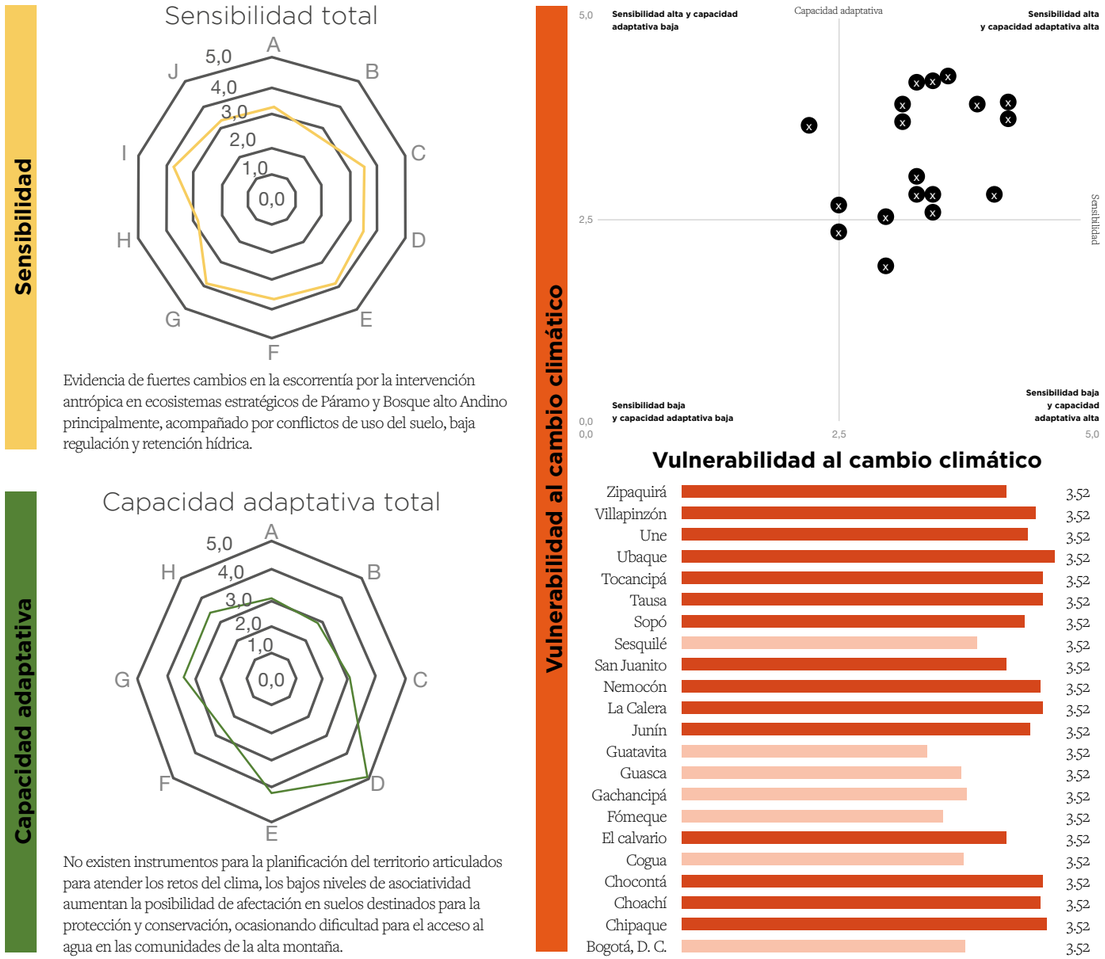
Para el caso de los municipios que se encuentran actualmente expuestos a alguna amenaza del tipo hidrometeorológico, como por ejemplo inundaciones producidas por eventos de precipitación extrema, sequías, granizadas, entre otras, se parte del supuesto de que todos tendrán el mismo nivel de exposición. Así, por ejemplo, los municipios en las cuencas de los ríos Bogotá y Sumapaz, en donde se espera un aumento del rendimiento hídrico, tendrían todos un mismo nivel de exposición a las inundaciones (Figura 36).

Esta metodología construye un panorama de vulnerabilidad a los impactos del cambio climático sobre la regulación y el suministro hídrico que permite orientar las acciones de adaptación para cada uno de los municipios objeto de análisis. Para dicho fin se establecen cinco rangos comparativos, con los cuales se puede determinar, a través de números y colores, el grado de vulnerabilidad al cambio climático obtenido de la relación entre sensibilidad y capacidad adaptativa (Tabla 11).

Tabla 11. Índice de vulnerabilidad al cambio climático

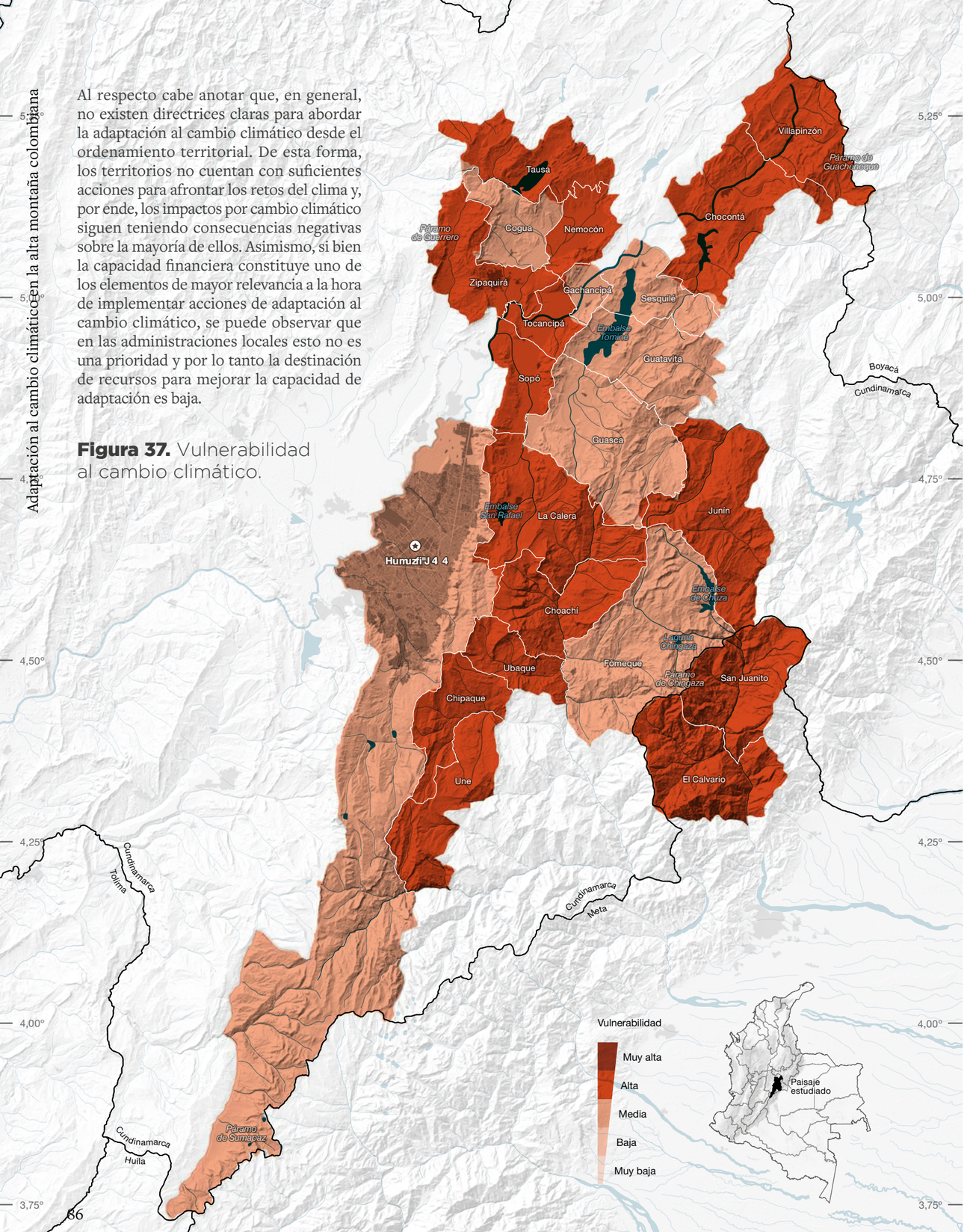
RANGO	ÍNDICE DE VULNERABILIDAD AL CAMBIO CLIMÁTICO	
S1	**Muy baja (1)**	MB
1<X≤2	**Baja (2)**	B
2<X≤3	**Media (3)**	M
3<X≤4	**Alta (4)**	A
>4	**Muy alta (5)**	MA

Figura 36. Vulnerabilidad al cambio climático estimada para el paisaje del área Chingaza-Sumapaz-Guerrero.



Al respecto cabe anotar que, en general, no existen directrices claras para abordar la adaptación al cambio climático desde el ordenamiento territorial. De esta forma, los territorios no cuentan con suficientes acciones para afrontar los retos del clima y, por ende, los impactos por cambio climático siguen teniendo consecuencias negativas sobre la mayoría de ellos. Asimismo, si bien la capacidad financiera constituye uno de los elementos de mayor relevancia a la hora de implementar acciones de adaptación al cambio climático, se puede observar que en las administraciones locales esto no es una prioridad y por lo tanto la destinación de recursos para mejorar la capacidad de adaptación es baja.

Figura 37. Vulnerabilidad al cambio climático.





Las áreas con mayor vulnerabilidad al cambio climático se caracterizan por tener altas afectaciones sobre los ecosistemas estratégicos, comprometiendo seriamente la disponibilidad hídrica para el abastecimiento de sus habitantes y el sostenimiento natural de las especies de flora y fauna. Por otra parte, la mayoría de los municipios que presentan sensibilidad alta también tienen una capacidad de adaptación baja, lo que se refleja en la falta de conocimiento para adoptar acciones frente a los eventos adversos consecuentes del clima y en la desarticulación existente entre diversas entidades gubernamentales con las comunidades. Por lo tanto, en estos casos no se ejerce un mayor control sobre las labores que se desarrollan en los territorios, haciéndolos vulnerables. En ese orden de ideas, los municipios con mayor susceptibilidad de sufrir efectos adversos consecuentes del clima para el recurso hídrico se representan en la Figura 37 con un color más oscuro, tendiente a una vulnerabilidad alta.

Amenaza o peligro

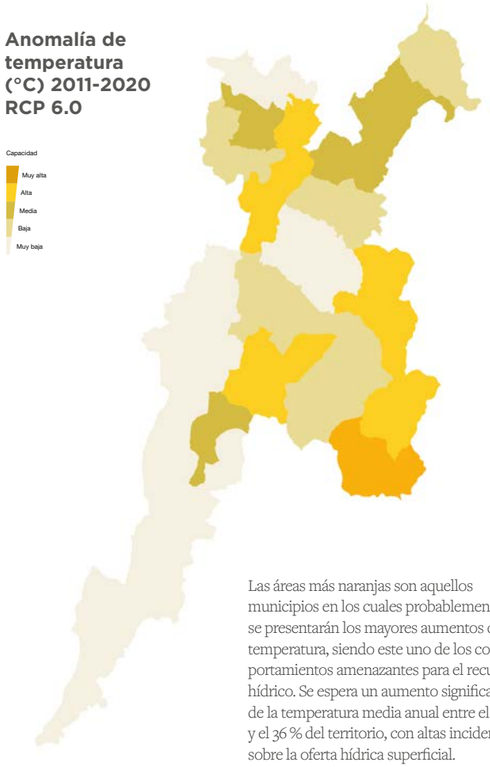
Las amenazas hidroclimáticas a futuro se evalúan a partir del probable comportamiento de la precipitación y de la temperatura según los insumos de los escenarios de cambio climático RCP 6.0 para el periodo 2011-2040. Recuérdese que estos cambios (aumento o disminución) constituyen factores amenazantes en la regulación y el abastecimiento del recurso hídrico. Así pues, la amenaza se expresa a través de cinco rangos que permiten diferenciar el posible grado de afectación para cada uno de los municipios del área (Tabla 12), siendo la precipitación la variable que mayor implicación tiene sobre la oferta hídrica por el aumento o la disminución de la escorrentía (Tabla 13).

Tabla 12. Índice de amenaza

RANGO	ÍNDICE DE AMENAZA(IA)	
S1	**Muy baja (1)**	MB
1<X≤2	**Baja (2)**	B
2<X≤3	**Media (3)**	M
3<X≤4	**Alta (4)**	A
>4	**Muy alta (5)**	MA

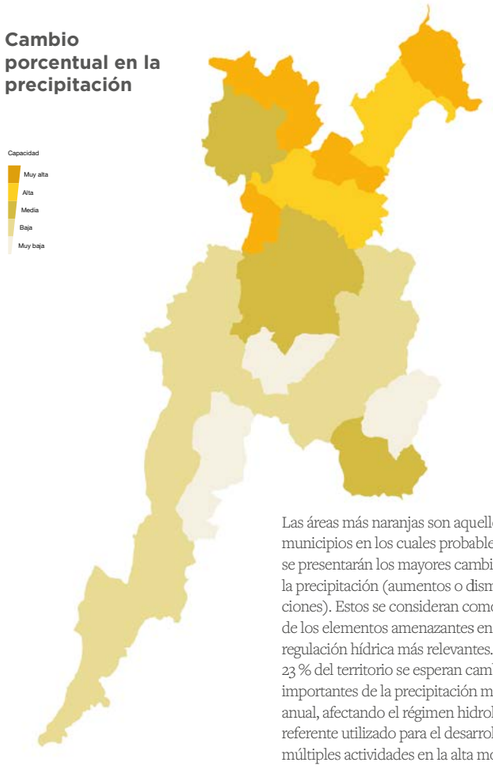
Tabla 13. Indicadores asociados a la amenaza o peligro

Anomalía de temperatura (°C) 2011-2020 RCP 6.0



Las áreas más naranjas son aquellos municipios en los cuales probablemente se presentarán los mayores aumentos de la temperatura, siendo este uno de los comportamientos amenazantes para el recurso hídrico. Se espera un aumento significativo de la temperatura media anual entre el 5 % y el 36 % del territorio, con altas incidencias sobre la oferta hídrica superficial.

Cambio porcentual en la precipitación



Las áreas más naranjas son aquellos municipios en los cuales probablemente se presentarán los mayores cambios en la precipitación (aumentos o disminuciones). Estos se consideran como uno de los elementos amenazantes en la regulación hídrica más relevantes. En el 23 % del territorio se esperan cambios importantes de la precipitación media anual, afectando el régimen hidrológico, referente utilizado para el desarrollo de múltiples actividades en la alta montaña.

Se espera que los municipios Sopó, Chocontá, El Calvario, Gachancipá, Tausa, Tocancipá, Villapinzón y Nemocón presenten las mayores variaciones de precipitación y temperatura con respecto a los promedios anuales históricos, convirtiéndolos en los entes territoriales con mayor probabilidad con amenaza de afectación a la escorrentía media anual (Tabla 14) (Figura 38).

Figura 38. Amenaza por cambio climático

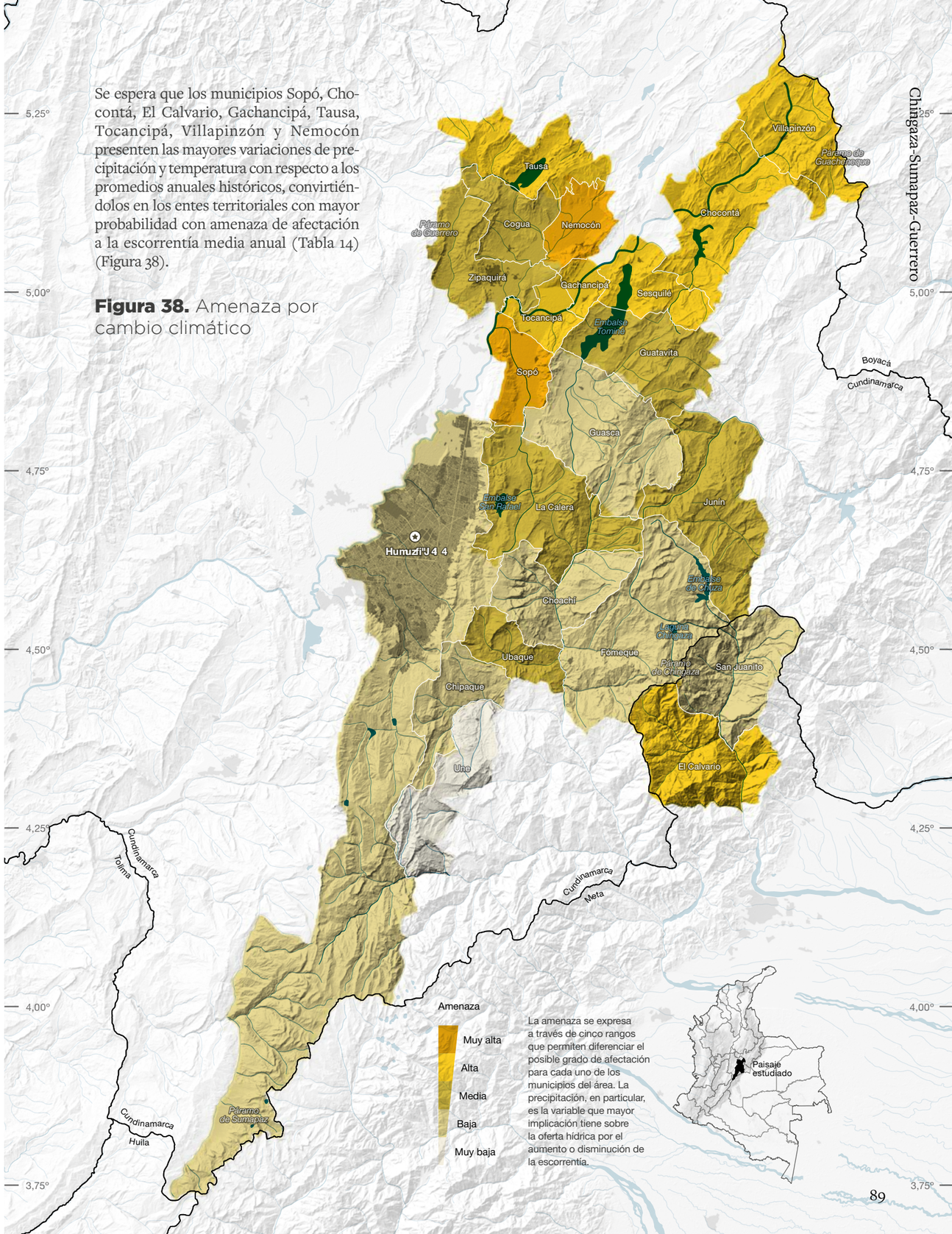
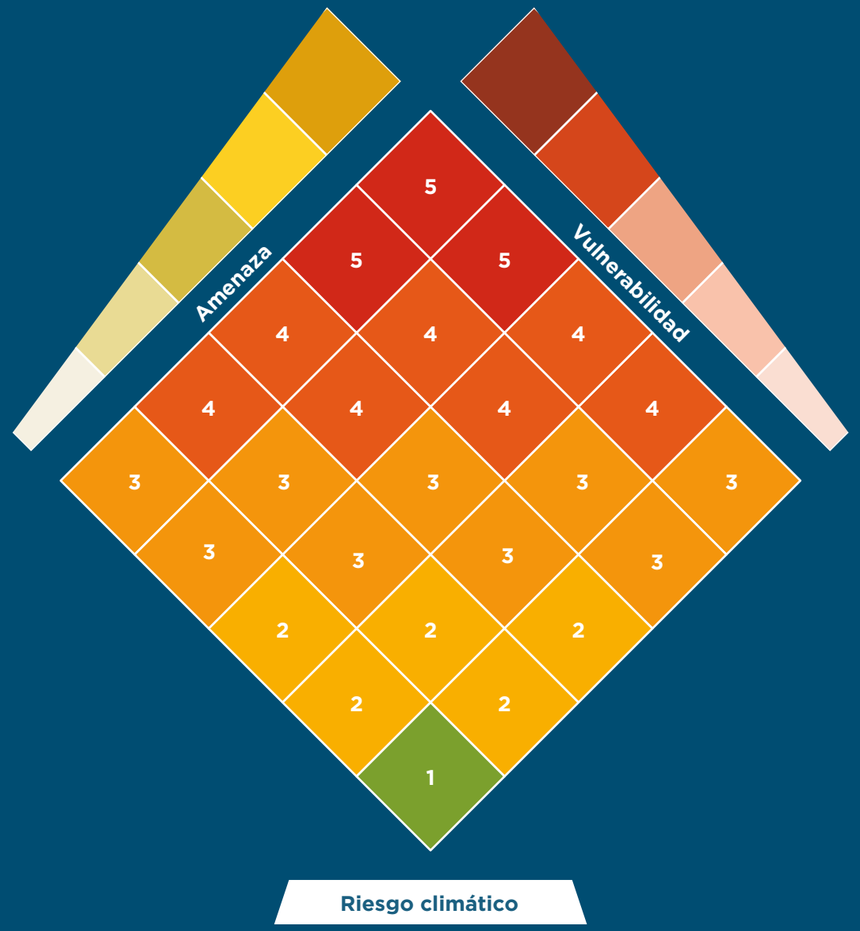


Tabla 14. Amenaza en el área Chingaza-Sumapaz-Guerrero

N°	Municipios	Área (ha)	Anomalía temperatura	Cambio en la precipitación	Amenaza
1	Bogotá, D.C.	160474,60	1	2	2
2	Chipaque	14991,77	3	1	2
3	Choachí	21254,40	4	1	2
4	Chocontá	29549,56	3	4	4
5	Cogua	13290,62	3	3	3
6	El Calvario	27473,57	5	3	4
7	Fómeque	45904,08	2	2	2
8	Gachancipá	4291,60	4	4	4
9	Guasca	36267,01	1	3	2
10	Guatavita	24427,03	2	4	3
11	Junín	34239,39	4	2	3
12	La Calera	33720,68	2	3	3
13	Nemocón	10072,81	4	5	5
14	San Juanito	23347,68	4	1	2
15	Sesquilé	14226,69	3	5	4
16	Sopó	10899,25	4	5	5
17	Tausa	19465,37	1	5	4
18	Tocancipá	7107,91	4	4	4
19	Ubaque	10929,35	4	2	3
20	Une	21072,58	1	1	1
21	Villapinzón	22556,39	2	5	4
22	Zipaquirá	20309,56	2	3	3





Riesgo climático

El análisis del riesgo climático evidencia las probables afectaciones que tendría un territorio cuando no se cuenta con respuestas eficientes para asumir los retos del clima. Esto es fundamental en la propuesta de medidas de adaptación al cambio climático, como herramienta para reducir los posibles impactos por dicho fenómeno en la regulación y el abastecimiento del recurso hídrico.

Para identificar el potencial de consecuencias que tendría el cambio climático sobre la regulación hídrica, metodológicamente se conjugó la vulnerabilidad con las amenazas hidroclimáticas a través de una relación numérica y cromática que permitió establecer un grado de riesgo para cada uno de los municipios (Tabla 15).

En particular, es preciso considerar aquellos municipios donde se presenta una vulnerabilidad alta debido a las bajas capacidades de adaptación y su alta sensibilidad y que se ven enfrentados a cambios significativos del clima bajo el escenario RCP 6.0 para precipitación y temperatura, que inciden fuertemente en la regulación y disponibilidad hídrica. De esta manera se clasifican con riesgo climático alto: Chocontá, El Calvario, Gachancipá, Junín, La Calera, Sesquilé, Tausa, Tocancipá, Ubaque, Villapinzón y Zipaquirá (Tabla 16).

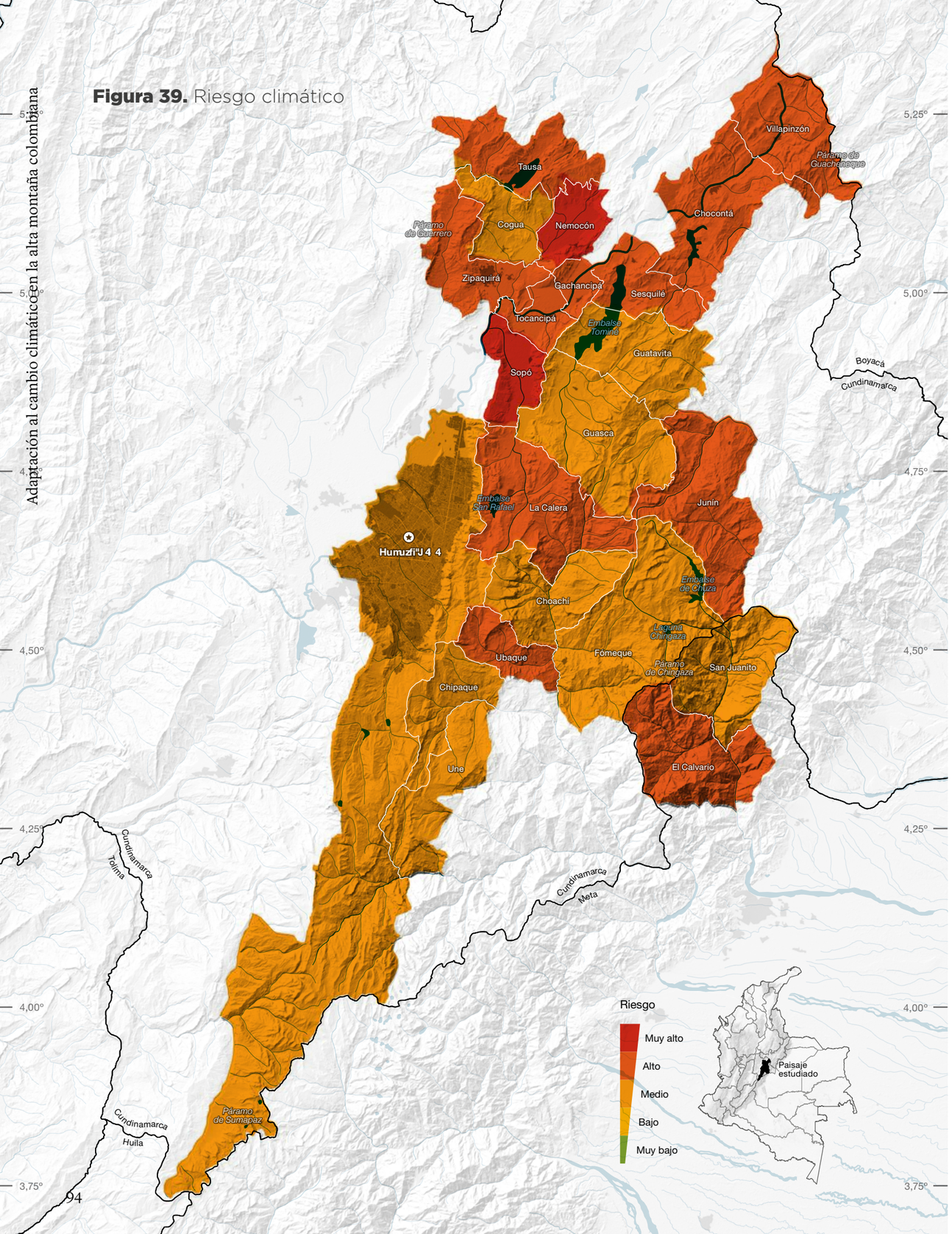
Tabla 15. Índice de riesgo climático

RANGO	ÍNDICE DE RIESGO CLIMÁTICO (IRC)	
S1	**Muy baja (1)**	MB
1<X≤2	**Baja (2)**	B
2<X≤3	**Media (3)**	M
3<X≤4	**Alta (4)**	A
>4	**Muy alta (5)**	MA

Tabla 16. Resultados de riesgo climático en el área

Municipios	Número municipio	Vulnerabilidad	Amenaza	Riesgo climático
Bogotá, D.C.	1	3,00	1,65	3
Chipaque	2	4,05	1,70	3
Choachí	3	3,97	2,05	3
Chocontá	4	4,00	3,65	4
Cogua	5	3,00	3,00	3
El Calvario	6	3,54	3,70	4
Fómeque	7	2,77	2,00	3
Gachancipá	8	3,07	4,00	4
Guasca	9	3,00	2,30	3
Guatavita	10	2,58	3,30	3
Junín	11	3,85	2,70	4
La Calera	12	4,00	2,65	4
Nemocón	13	3,97	4,65	5
San Juanito	14	3,55	2,05	3
Sesquilé	15	3,20	4,30	4
Sopó	16	3,77	4,65	5
Tausa	17	4,00	3,60	4
Tocancipá	18	4,00	4,00	4
Ubaque	19	4,15	2,70	4
Une	20	3,82	1,00	3
Villapinzón	21	3,90	3,95	4
Zipaquirá	22	3,52	2,65	4

Figura 39. Riesgo climático



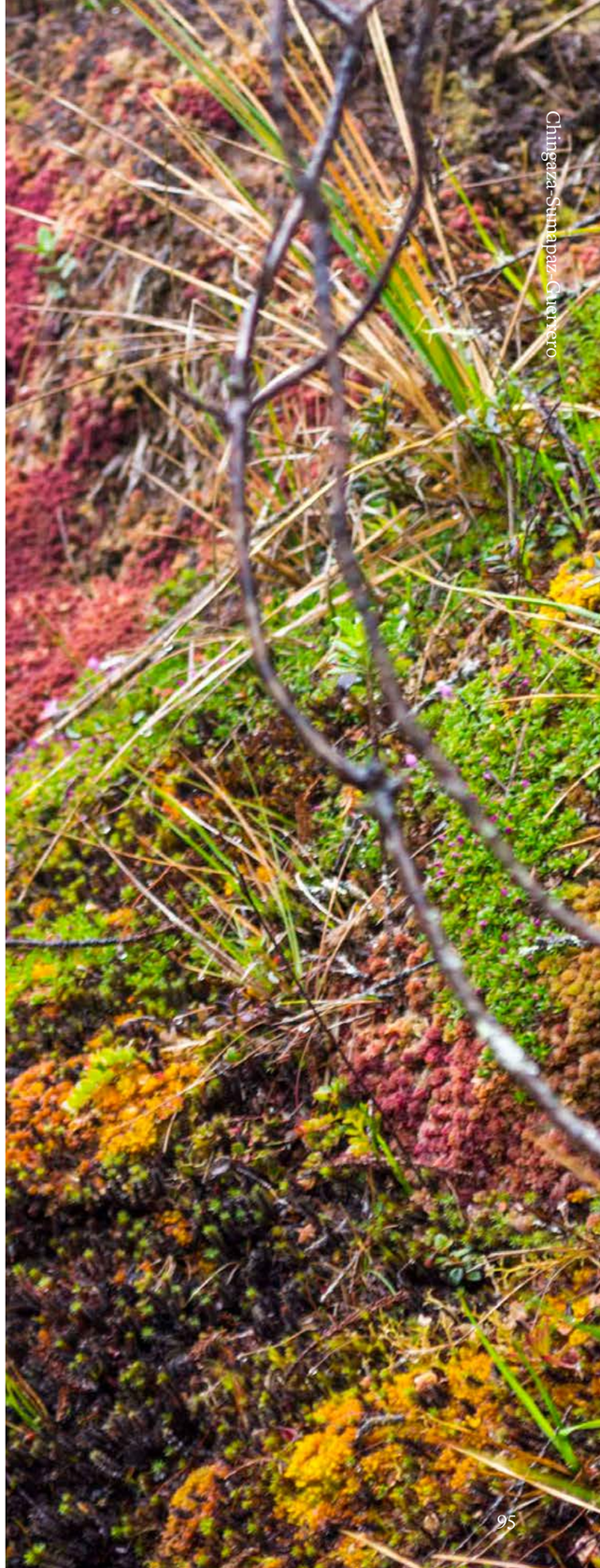
Los municipios de Nemocón y Sopó, que se aprecian en la Figura 39 de color rojo, son los que mayor probabilidad de afectación tienen sobre el recurso hídrico puesto que los cambios esperados en la temperatura y en la precipitación bajo el escenario RCP 6.0, seleccionado como el futuro más probable, son altos. A esto se suma un grado de la vulnerabilidad alto, donde el nivel de respuesta ante los retos del clima es bajo, con alteraciones significativas de los ecosistemas estratégicos existentes. En resumen, el área se encuentra con un riesgo climático entre los rangos de medio-alto, lo que pone en evidencia que, de cumplirse los impactos anticipados bajo el escenario RCP 6.0 para precipitación y temperatura, se podría afectar seriamente la regulación hídrica, especialmente para los páramos Chingaza y Guerrero.

La variación en la precipitación, en particular es la variable que mayor incidencia ejerce sobre el riesgo, pues puede desencadenar impactos potenciales como desabastecimiento del recurso hídrico para distintas actividades desarrolladas por diferentes actores en la alta montaña. Los efectos sobre el territorio podrían estar asociados con el aumento de los periodos secos, cambio en el régimen de lluvias, desecación y pérdida de suelos, erosión y pérdida de cobertura natural consecuente de la interacción de los indicadores anteriormente descritos.

Es importante asegurar que las acciones de adaptación o mitigación que se vayan a implementar en el territorio no solo se encuentren bajo el enfoque de la vulnerabilidad (fortalecimiento de la capacidad adaptativa), sino que también se logre preparar los actores sociales ante las posibles variaciones de la precipitación y la temperatura como detonante de amenaza para el recurso hídrico ante una vulnerabilidad existente en el territorio.

A la luz de los resultados, el proyecto evidenció la urgencia de la toma de decisiones sobre un territorio cambiante, en el cual se pueden percibir señales claras de los impactos potenciales por cambio climático que afectan la regulación hídrica y las actividades que de este recurso dependen. En efecto, el hecho de que a estos indicios se sumen las altas intervenciones antrópicas sobre los ecosistemas estratégicos hace que los escenarios no sean los más alentadores, por lo que se avanzó en la puesta en marcha de acciones de adaptación que aportaran a la superación de los retos del clima.

Con ese fin, se establecieron cuatro escenarios (Tabla 17) que permiten interpretar la lectura frente al grado de riesgo climático con el propósito de orientar las acciones de adaptación al cambio climático, considerando que mientras más alta sea su vulnerabilidad, mayores deben ser los esfuerzos para fortalecer las condiciones de respuesta frente al comportamiento del clima actual. Si el grado de amenaza tiende a ser muy alto, las acciones deben estar encaminadas a la atención de la reducción de los impactos por cambio climático en la regulación y el desabastecimiento del recurso hídrico (Figura 40).

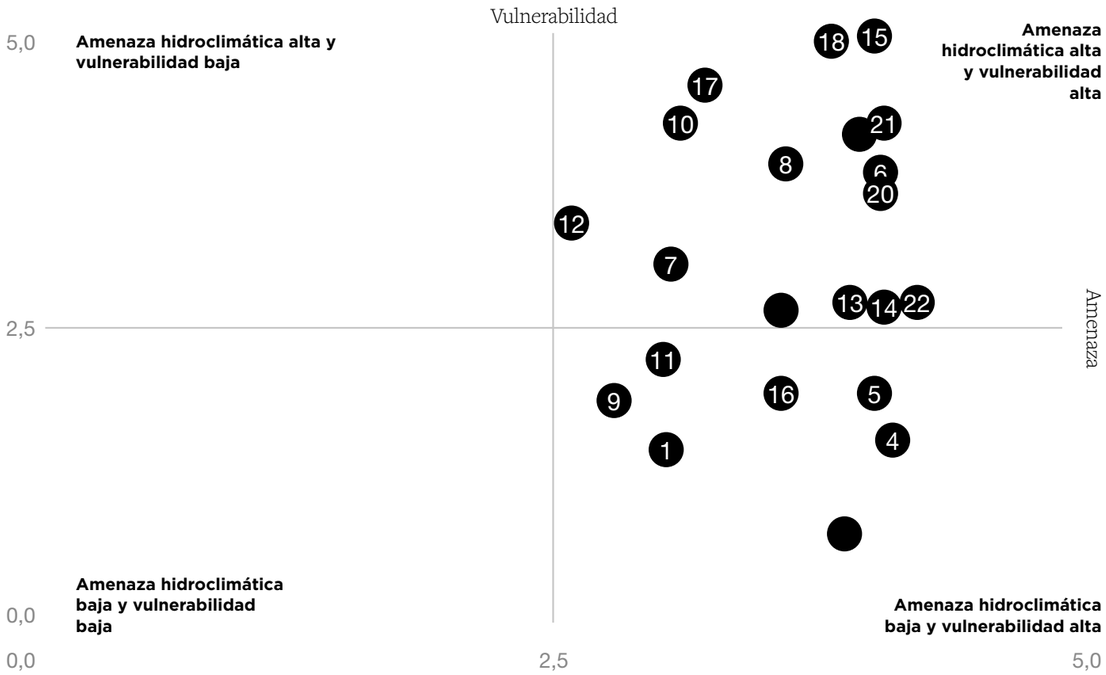


Chingaza-Sumapaz-Guerrero

Tabla 17. Escenarios para la identificación de las medidas de adaptación

Escenario	Característica	Municipios	Tipo de adaptación
Amenaza alta - vulnerabilidad baja	Tiene fortalezas en su capacidad de adaptación con sensibilidad baja. Sin embargo, se esperan cambios en la precipitación y en la temperatura significativos.	Ninguno	Las acciones de adaptación deben estar orientadas a la preparación para el aumento de la temperatura y aumentos o disminuciones de la precipitación.
Amenaza alta - vulnerabilidad alta	Su capacidad de adaptación es baja, con sensibilidad alta. Se esperan cambios en la precipitación y en la temperatura significativos.	Chocontá, El Calvario, Tausa, Tocancipá, Villapinzón, Gachancipá, Sesquilé, Nemocón, Sopó, Cogua, Guatavita, Junín, La Calera, Ubaque y Zipaquirá.	Las acciones de adaptación deben estar orientadas a la preparación para el aumento de la temperatura y aumentos o disminuciones de la precipitación, así como al fortalecimiento de la capacidad adaptativa.
Amenaza baja - vulnerabilidad baja	Tiene fortalezas en su capacidad de adaptación, con sensibilidad baja. No se esperan cambios significativos de la precipitación y la temperatura.	Ninguno	Las acciones de adaptación deben estar orientadas primordialmente al fortalecimiento de la capacidad adaptativa, relacionada con acciones de protección de agua y suelo, adecuado diseño y aplicación de instrumentos de ordenamiento, mejoramiento en la cobertura de acueductos rurales y aumento en la inversión en adaptación.
Amenaza baja - vulnerabilidad alta	Su capacidad de adaptación es baja, con sensibilidad alta. Sin embargo, no se esperan cambios significativos de la precipitación y la temperatura.	Bogotá, Chipaque, Choachí, Fómeque, Guasca, San Juanito, Suesca, Ubaque y Une.	Las acciones de adaptación deben estar orientadas primordialmente al fortalecimiento de la capacidad adaptativa.

Figura 40. Escenarios de cambio climático analizados



Impactos potenciales por cambio climático

De acuerdo con las evidencias técnicas mostradas en el análisis de vulnerabilidad y riesgo climático y la información recopilada en el territorio, el proyecto determinó los impactos por cambio climático sobre la alta montaña en torno al suministro y la regulación del recurso hídrico. En la Tabla 18 se presenta cada uno de los efectos sobre los sistemas naturales y antrópicos para el área de estudio.

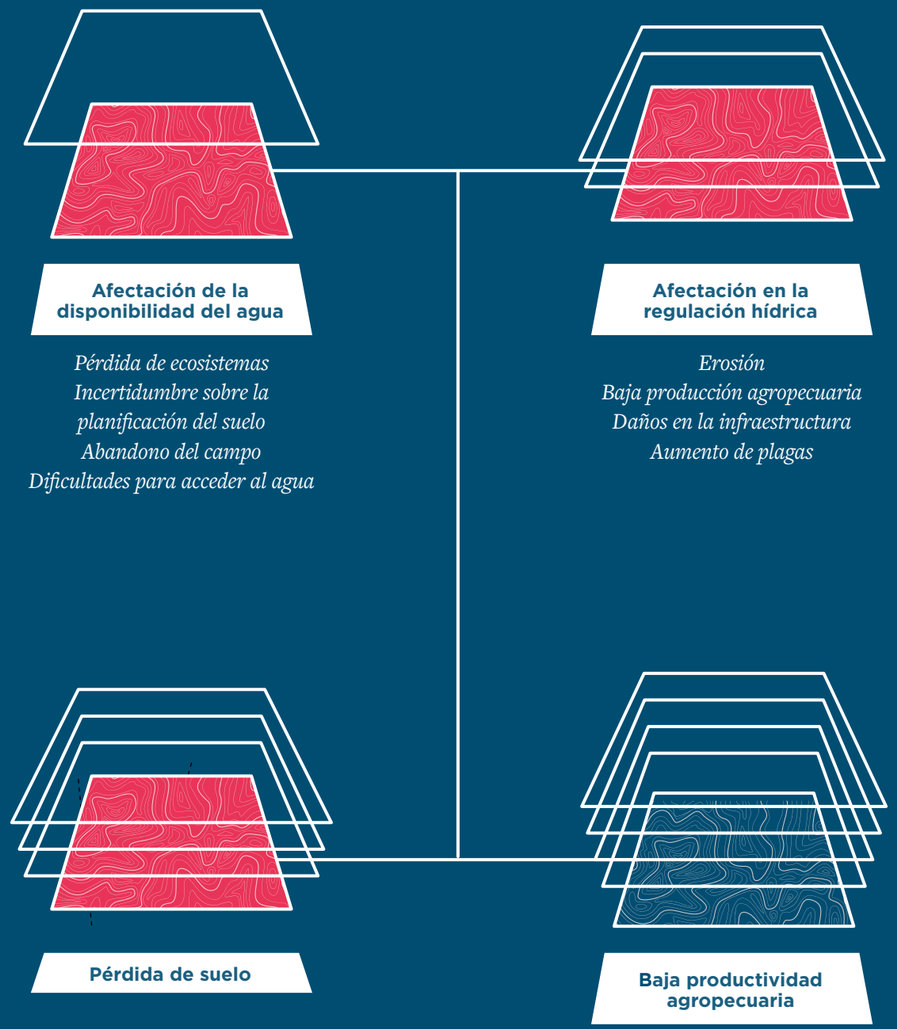
Tabla 18. Impactos potenciales por el cambio climático

Impacto por cambio climático	Riesgo climático		
	Capacidad adaptativa	Sensibilidad	Amenaza
Afectación de la disponibilidad de agua	» Poca asociatividad para acceder al agua. » Herramientas de planificación del territorio deficientes. » Baja cobertura de acueductos rurales. » Pocas acciones sociales para el cuidado de fuentes hídricas.	» Pérdida de ecosistemas estratégicos. » Alteraciones en la regulación hídrica. » Altas presiones sobre el recurso hídrico.	» Probable disminución de la escorrentía media anual entre 10 – 20%
Afectación en la regulación hídrica	» Pocas acciones para proteger al suelo. » Herramientas de planificación del territorio deficientes.	» Pérdida de ecosistemas estratégicos. » Alteraciones en la regulación hídrica. » Altas presiones sobre el recurso hídrico. » Altos conflictos por uso del suelo.	» Probable disminución de la escorrentía media anual entre 10 – 20%
Pérdida de la aptitud del suelo	» Pocas acciones para proteger al suelo. » Herramientas de planificación del territorio deficientes. » Bajos niveles de inversión para adaptar los suelos.	» Pérdida de ecosistemas estratégicos. » Alteraciones en la regulación hídrica. » Aumento de la aridez. » Altos conflictos por uso del suelo.	» Probable disminución de la escorrentía media anual entre 10 – 20%
Baja productividad agropecuaria	» Poca asociatividad para acceder al agua. » Pocas acciones para proteger al suelo. » Pocas acciones sociales para el cuidado de fuentes hídricas. » Bajos niveles de inversión para el fortalecimiento de medidas de adaptación.	» Alteraciones en la regulación hídrica. » Aumento de la aridez » Altos conflictos por uso del suelo.	» Probable disminución de la escorrentía media anual entre 10 – 20%

Dados sus efectos sobre los componentes biofísicos de un territorio, se estimaron los impactos potenciales del cambio climático con el propósito de formular medidas de adaptación (Figura 41). De esta manera, el presente estudio constituye uno de los insumos para la toma de decisiones en la construcción de acciones para afrontar los diversos retos que nos imponen las condiciones cambiantes del clima.

Figura 41. Impactos asociados a los efectos de variabilidad y cambio climático

Fuente: Proyecto GEF Alta Montaña.

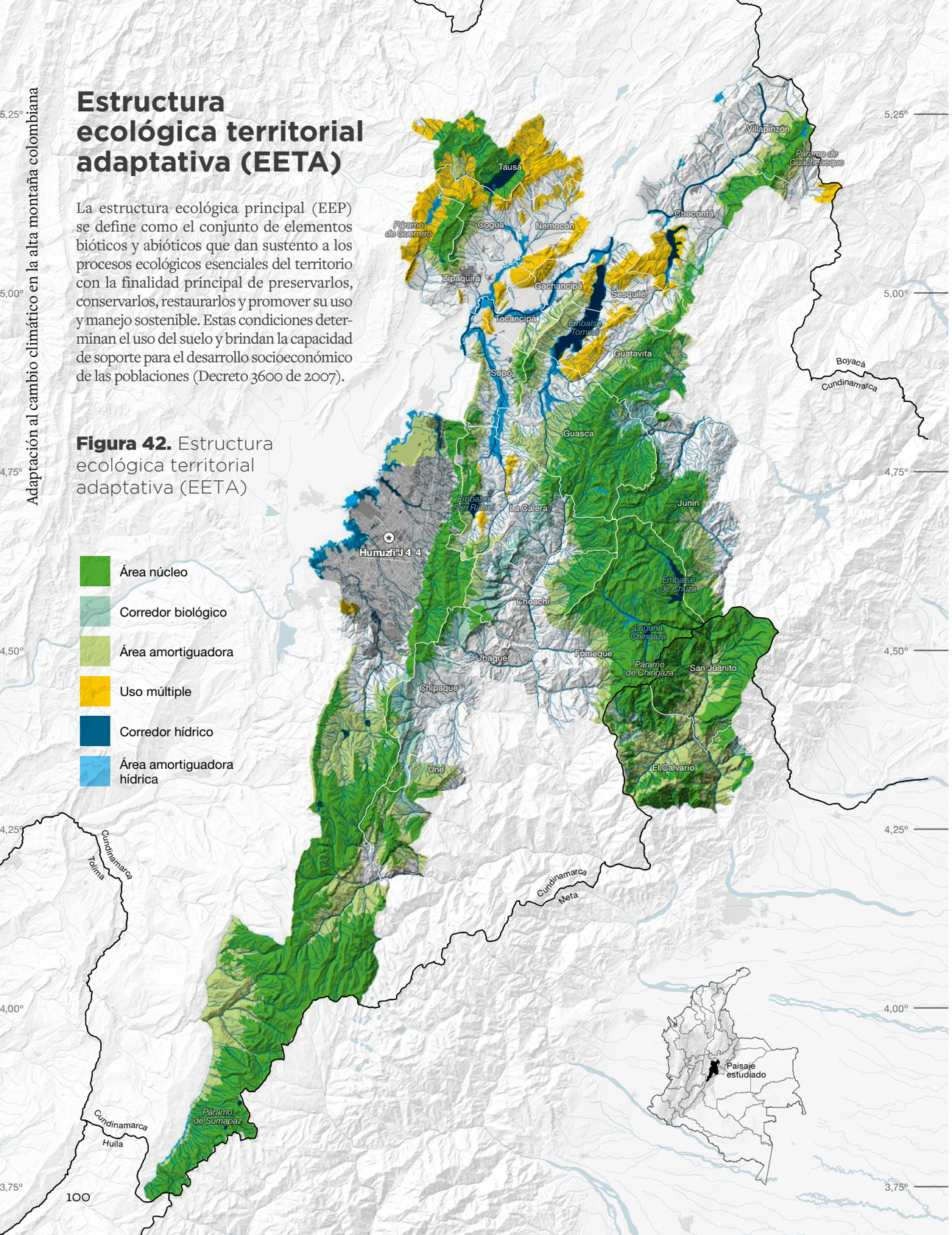


Chingaza-Sumapaz-Guerrero

Estructura ecológica territorial adaptativa (EETA)

La estructura ecológica principal (EEP) se define como el conjunto de elementos bióticos y abióticos que dan sustento a los procesos ecológicos esenciales del territorio con la finalidad principal de preservarlos, conservarlos, restaurarlos y promover su uso y manejo sostenible. Estas condiciones determinan el uso del suelo y brindan la capacidad de soporte para el desarrollo socioeconómico de las poblaciones (Decreto 3600 de 2007).

Figura 42. Estructura ecológica territorial adaptativa (EETA)



En el marco del GEF Alta Montaña, la estructura ecológica territorial adaptativa (EETA) se convirtió en una herramienta que permitió orientar la planeación de uso del suelo en el área de influencia. Para ello se empleó un modelo conceptual y metodológico mapeado de la EEP que incluyó insumos provenientes del análisis de vulnerabilidad al cambio climático. Con este material se llevó a cabo un proceso de análisis comparativo y de ajuste cartográfico, bajo una construcción conjunta técnica y de expertos (Figura 42).

Los análisis de vulnerabilidad y riesgo climático y de otras presiones relacionadas con los usos del suelo fueron interpretados de forma geográfica con el fin de incorporarlos en el modelo de la red ecológica, identificando áreas de amortiguación, áreas núcleo y corredores que a través de adaptación basada en ecosistemas deben consolidarse en el paisaje. En el área amortiguadora, la gestión de procesos de reconversión, ordenamiento productivo y planificación predial con criterios de conservación y manejo sostenible es fundamental ya que se deben impedir actividades productivas desarrolladas en áreas de páramo, subpáramo y bosque alto andino como la minería y los monocultivos. En este sentido, cabe tener presente que el sustento de gran parte de los pobladores asentados en esta zona depende de estas últimas actividades; por tanto, repensar conjuntamente con las comunidades el territorio y sus predios es quizá la mejor estrategia, con miras a tomar acciones de adaptación encaminadas a la protección y conservación de los ecosistemas estratégicos cercanos.

Las medidas de reconversión y restauración pueden y deben desarrollarse de forma mancomunada: Gobiernos regional y local, autoridades ambientales, propietarios de predios, sociedad civil, ONG y universidades, explorando opciones cooperadas tales como la reducción de impuestos o la provisión de insumos para el diseño e implementación de obras: cercas vivas, material vegetal, abonos, planificación predial conjunta, etc.

En cuanto al área núcleo y al corredor biológico, se deben estudiar actividades como el ecoturismo, ya que puede ser una opción sostenible dada la belleza escénica de los paisajes y el sinnúmero de sitios sin estudiar en detalle aún. Las medidas de adaptación en este caso deben estar encaminadas a fortalecer la riqueza ecosistémica y a proteger las áreas conservadas existentes.

El manejo adaptativo se refleja además en la identificación de zonas y medidas de preservación, restauración ecológica, reconversión y manejo de sistemas productivos, manejo integral del agua y del suelo, entre otras, que contribuyen al mantenimiento de los procesos ecológicos territoriales y a la provisión de servicios ecosistémicos que satisfacen las necesidades básicas de los habitantes del área y demás personas que los demandan y demandarán.



El resultado final de todos estos análisis fue un mapa EETA para el área priorizada, mediante el cual se pudo observar que el área de estudio cuenta con una superficie importante de zonas con alta calidad ambiental, concentrada en los parques Chingaza y Sumapaz, la Reserva Forestal Protectora Bosque Oriental de Bogotá o "Cerros Orientales", el páramo de Guerrero y las áreas del páramo de Guacheneque (nacimiento del río Bogotá). No obstante, de acuerdo con el análisis de conectividad, estas áreas, tan estratégicas para el desarrollo regional, ya no cuentan con un grado de conexión suficiente para garantizar procesos de migración, relación, reproducción e intercambio genético y funciones ecológicas fundamentales. En particular, en el área núcleo de Guerrero no se evidencian posibilidades de conexión con las demás áreas núcleo –Chingaza, Sumapaz y Cerros Orientales—como consecuencia de la alta intervención antrópica que se exacerba por el comportamiento del clima, imposibilitando la regeneración vegetal y alterando la regulación hídrica.

En tal sentido, para cumplir con la meta y los objetivos planteados para la EEP y la EETA, relacionados con las necesidades de conservar y restaurar el área mínima requerida de infraestructura verde para garantizar la provisión de servicios ecosistémicos, en las condiciones actuales pero sobre todo en las condiciones de vulnerabilidad y riesgo climático bajo el escenario futuro RCP 6.0, es prioridad, por un lado, gestionar e implementar las medidas propuestas para garantizar la conectividad y funcionalidad. En primera instancia, es preciso abordar con estas acciones el corredor Chingaza-Cerros-Sumapaz, que se encuentra fragmentado, especialmente en la parte central, en los municipios de Choachí y Calera. Por otro lado, urge implementar acciones en el área de influencia del páramo de Guerrero, que permitan establecer conexión física entre las otras áreas núcleo definidas. También se requiere diseñar una matriz de usos sostenibles en el paisaje y propiciar la conectividad hacia otros sectores del norte de la cordillera no considerados en este estudio.

A la luz de la propuesta de EEP y de EETA obtenida para el paisaje Chingaza-Sumapaz-Guerrero, quedan algunos elementos de análisis que pueden ayudar a hacer más robusta la metodología empleada y mejorar los resultados obtenidos para otros ejercicios de carácter regional y para zonas de alta montaña:

- En primer lugar, la escala 1:100.000 se considera pertinente para ejercicios de carácter regional. Sin embargo, insumos tales como mapas de cobertura vegetal con leyendas unificadas y de periodos recientes, análisis regionales del agua (nivel de cuencas) superficial y subterránea, y estudios de biodiversidad, así como los modelos de escenarios de cambio climático, si se trabajan a escalas de mayor detalle, permiten una mejor aproximación y, por ende, facilitan la toma de decisiones.

- Para identificar los elementos de la red ecológica, especialmente para las áreas núcleo, se recomienda iniciar con la delimitación de áreas bajo alguna figura legal de conservación y ecosistemas estratégicos. Una vez obtenida esta primera propuesta, se pueden incorporar a la EEP las demás áreas producto de la aplicación de los lineamientos/criterios planteados. Esto permite evidenciar la efectividad en la delimitación de las áreas protegidas, pero además las zonas definidas a través de los lineamientos pueden, como se planteó en este ejercicio, integrar las propuestas de áreas de amortiguación de las AP, así como las áreas de uso múltiple.

- Con relación a estas últimas, si bien forman parte de red ecológica y surgen de la aplicación de los lineamientos, en términos generales, se considera que los demás espacios territoriales del área estudiada no definidos como núcleos, zonas de amortiguación o corredores deben integrar esa figura. En tal medida se entiende que lo que se busca son territorios o matrices de paisajes con usos y manejos sostenibles que garanticen en el tiempo la funcionalidad ecosistémica y el mantenimiento de servicios ecosistémicos fundamentales para el desarrollo socioeconómico de las poblaciones asentadas y la región, incluso bajo escenarios de cambio climático.

- Para efectos de la definición de la EEP se establecieron principios, criterios e indicadores que fueron considerados como organizadores temáticos de la información y para fines explicativos de los resultados. Este es un análisis que dista de la propuesta planteada a nivel nacional ya que allí los criterios también surten un proceso de ponderación y de análisis multicriterio para definir las áreas con mayor calidad ambiental. Sin embargo, en este ejercicio se dio prelación a los indicadores/criterio con base en la selección de áreas que tuvieran información más amplia y de mayor detalle relacionadas con los objetivos de la definición del modelo de EEP: provisión y regulación hídrica y cambio climático.

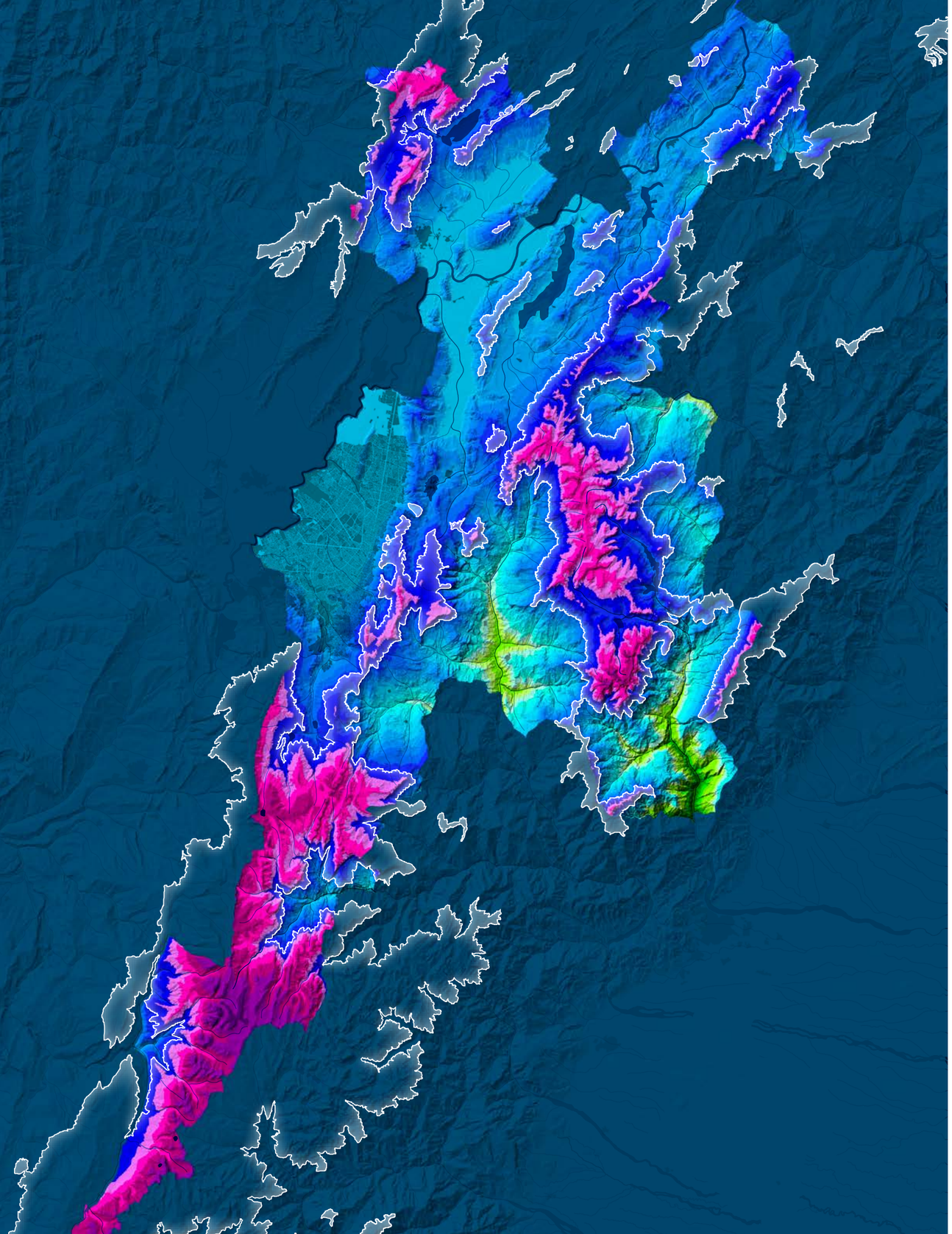
- Dado que el concepto de EETA no obedece a un mandato o norma legal, se recomienda incorporar en la propuesta metodológica de EEP de escala nacional y regional (la cual se está consolidando a través de ejercicios piloto) un paso en donde, una vez definidas las áreas núcleo y los corredores biológicos e hídricos, se integre el análisis de presiones naturales y antrópicas (con prelación a las relacionadas con el cambio climático) para la definición de las áreas de amortiguación. De hecho, en el enfoque de red, las áreas de amortiguación se definen para proporcionar una función de protección para mitigar o filtrar las perturbaciones externas que surgen de paisajes más amplios. En tal sentido, el análisis de presiones puede ser pertinente para el diseño de estas áreas, articulado a los lineamientos de los criterios para la definición de estas áreas, tal como se especificó en esta propuesta.

- Si bien la EEP es un determinante para los POT municipales, modelos de carácter regional como el avanzado en el proyecto son una herramienta muy valiosa que permite la articulación de instrumentos de ordenamiento y planificación ambiental y sectorial regional como: i) el ordenamiento ambiental regional competencia de las autoridades regionales, ii) los POMCA, que deben definir y considerar las áreas de importancia ambiental y de provisión de servicios ecosistémicos; iii) los POT departamentales, que deben brindar los lineamientos y directrices de ordenamiento territorial departamental; iv) los planes de adaptación, que deben establecer las áreas con mayores riesgos al cambio climático y, con base en ello, plantear las medidas de adaptación, etc.

- De otra parte, la EEP regional facilita y orienta la gestión y cooperación entre los municipios. En el caso de la EEP y de la EETA diseñadas para el proyecto, competen a más de una unidad administrativa. Igualmente, a nivel local, las propuestas de EEP y de EETA regionales orientan en cuanto a las áreas en las cuales se podrán centrar los esfuerzos para detallar tanto en la EEP municipal como en las medidas de conservación y uso del suelo.







Capítulo

3

HACIA UN PROCESO ADAPTATIVO TRANSFORMADOR DE LARGO PLAZO EN LA ALTA MONTAÑA

— Margoth García, Óscar Romero, Ana Carolina Moreno, Mario Fernando Mora, Natalia Borrero Morales, Sandra Liboria Díaz, José David Moncaleano, Sandra Sguerra, Laura Holguín, Patricia Bejarano M. y Omar Martínez.

Consultores: Édgar Roncancio Arévalo, José Armando Vanegas, Harvey Yesid Lesmes Moreno, Juan Camilo López Barrera, José Giovanni Ovalle, Andrés Ricardo Santamaría Bueno, Alba Doris Orozco Contreras, Luz Edilma Liberato, Gustavo Español Alba, Arts Collegium, Juliana Hernández y Darío Olivero.

Los resultados de los análisis de vulnerabilidad y riesgo climático, junto con los modelos hidrológicos y la EETA, fueron el insumo técnico para escoger las áreas donde se implementarían las medidas de adaptación, cuyos impactos se podrán evidenciar en el mediano y largo plazo. Esto se debe, precisamente, a que en el GEF Alta Montaña la adaptación fue concebida como un proceso cuya sostenibilidad depende de la apropiación de las comunidades, los entes territoriales y las autoridades ambientales.

¿Qué entendemos como adaptación al cambio climático en la alta montaña?

Uno de los principales objetivos que se buscó con el proyecto fue lograr definir en términos prácticos lo que es "adaptarse a los impactos del cambio climático" en la alta montaña, esto es, pasar de una definición teórica y genérica dada por el IPCC a una que pudiera ser entendida y apropiada por las comunidades locales y entidades gubernamentales al nivel municipal. En este sentido, la adaptación al cambio climático en la alta montaña no es más que el conjunto de actividades que: (i) por un lado, permite a las familias que viven en estas zonas hacer una transición hacia un desarrollo sostenible del territorio y prepararse para responder de forma más eficiente a los retos que el cambio climático trae y traerá sobre sus medios de vida, y (ii) por el otro, promueve la protección de los ecosistemas cuyos servicios de captación y regulación del recurso hídrico pueden verse afectados por los cambios en las variables hidrometeorológicas.

Dado lo anterior, las medidas de adaptación, como se describen en amplio detalle en este capítulo, son diseñadas de forma integral y complementaria, incluyendo a las comunidades desde el principio para maximizar los beneficios al corto plazo, pero siempre con el fin último de establecer un "marco modelo" de desarrollo sostenible para este territorio que sea compatible con un futuro resiliente y bajo en carbono.

Una visión del proceso de adaptación transformador requerido para el área de conservación Chingaza-Sumapaz-Guerrero

La experiencia del proyecto permitió evidenciar que los pilares fundamentales para consolidar un proceso de adaptación transformador son la solidez científica, la participación comunitaria y el involucramiento de las autoridades territoriales y ambientales en los diferentes niveles de incidencia (nacional, regional y local). La solidez científica brinda las herramientas para priorizar e identificar las áreas estratégicas por intervenir para lograr resultados de impacto en las unidades hidrológicas vulnerables al cambio climático. La participación incidente, por su parte, permite complementar y vincular el conocimiento local en la toma de decisiones frente a la selección, localización y magnitud de las medidas de adaptación que se implementan. Finalmente, el involucramiento de la institucionalidad permite internalizar la experiencia en la política pública y los instrumentos de ordenamiento, lo que convierte este ejercicio piloto en un método para responder a las necesidades de la adaptación al cambio climático en la alta montaña.

Dentro de los aspectos sociales y humanos está el reconocimiento del bienestar como el elemento orientador de las medidas de adaptación. Este principio, junto con los beneficios a la biodiversidad, fundamenta las soluciones basadas en la naturaleza. De tal forma, se entiende que la adaptación al cambio climático debe partir de la reconstrucción del vínculo íntimo e inherente y a veces olvidado con la naturaleza, y sobre el cual se basa la cultura del habitante de la montaña.

Priorización de áreas para implementación de medidas de adaptación

En el caso de la alta montaña colombiana, la apuesta actual de conservación consiste en construir territorios protegidos y resilientes que soporten los eventos cambiantes del clima. Dicho proceso debe partir de la implementación de acciones integrales que apunten a la restauración ecológica de áreas estratégicas para la regulación hídrica y a la rehabilitación y recuperación ecológica, diversificación y reconversión productiva, manejo eficiente del agua, fortalecimiento de capacidades y establecimiento de un sistema de monitoreo comunitario de los sistemas de producción, de acuerdo con la vocación del suelo y las necesidades de sus habitantes.

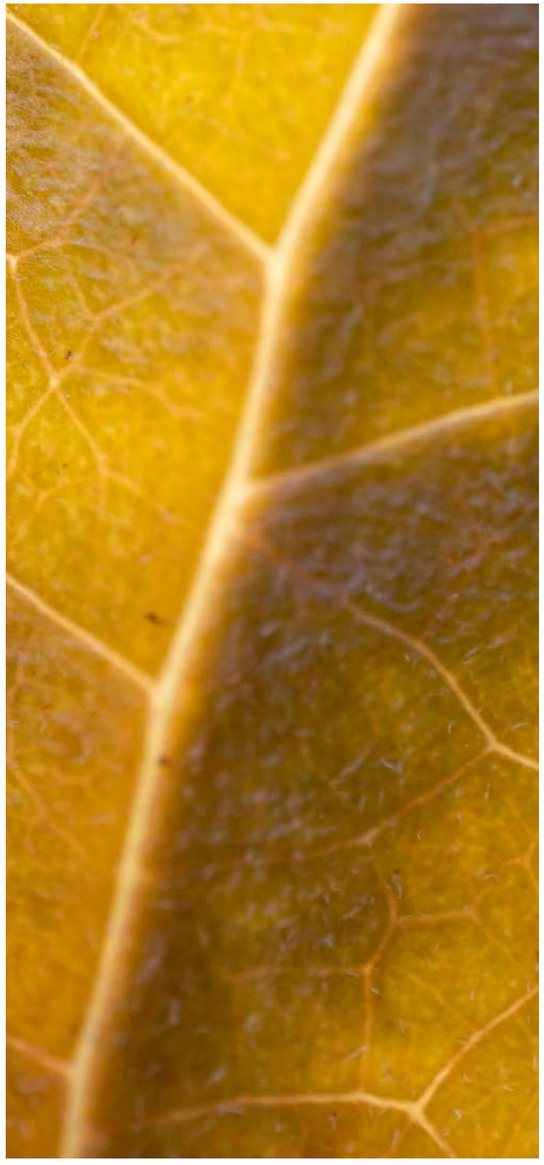
En el proyecto, el análisis de riesgo climático adelantado al corredor de conservación de páramos Chingaza-Sumapaz-Guerrero permitió identificar cuáles de las microcuencas de quinto orden presentan mayor riesgo de sufrir efectos adversos por los cambios del clima[3] y, sobre estas, orientar las acciones, iniciando por la selección del portafolio de medidas más convenientes para abordar los factores generadores de riesgo.

Una vez priorizada la microcuenca de quinto orden en la cual se implementarían las medidas de adaptación al cambio climático, fue necesario incluir, de la información disponible en los municipios o las instituciones de orden regional, nuevos elementos de análisis con los que fuera posible hacer una aproximación a las áreas más relevantes para la regulación hídrica dentro de dicha microcuenca, entre los que se encuentran los cuerpos de agua que surten a los acueductos municipales, distritales y regionales, así como las bocatomas de los acueductos y distritos de riego, junto con sus áreas de captación. En complemento, se incluyen los cuerpos de agua encontrados en la zona de estudio correspondientes a drenajes sencillos, embalses, ríos, humedales y lagunas.

Construcción de un portafolio de medidas de adaptación

Las medidas de adaptación se establecen a partir de la identificación de los impactos potenciales por el cambio climático en la regulación y el suministro hídrico identificados para cada una de las unidades hidrológicas según la estrategia basada en ecosistemas. La lectura de las variables que determinan la capacidad adaptativa y la sensibilidad al cambio climático, principalmente, facilitó la elección de las medidas compiladas en la Tabla 19.

Por otra parte, la Tabla 20 consolida el portafolio de medidas de adaptación de adaptación al cambio climático diseñadas por el proyecto con el fin de mejorar la capacidad de respuesta ante los potenciales impactos por riesgo climático en la regulación hídrica, como aumento de los periodos secos, cambio en el régimen de lluvias, desecación y pérdida de suelos, erosión del suelo, pérdida de cobertura vegetal y en la capacidad productiva y afectación en los medios de vida de las personas. En otras palabras, se trata de salvaguardar servicios ecosistémicos, en especial los relacionados con el abastecimiento y la regulación hídrica en especial, y a la vez otros servicios ecosistémicos de provisión como el abastecimiento de alimentos y de ingresos económicos, servicios culturales como el reconocimiento social, la apropiación y permanencia, la autonomía y el aprendizaje colectivo, y servicios de soporte como la recuperación de bosques, la conectividad biológica, mantener la diversidad genética, entre otros. En últimas, es la combinación de medidas de adaptación y de tratamientos lo que puede mejorar la capacidad de respuesta a los impactos diferenciados del cambio climático, dentro de un contexto político, social, económico y cultural particular.



3. De acuerdo con el Sistema de Codificación Estándar Internacional del Servicio Geológico de los Estados Unidos, metodología adoptada por el IDEAM para establecer la zonificación hidrográfica nacional, los afluentes que desembocan en el mar se reconocen como de primer orden, los que vierten sus aguas en estos se reconocen como afluentes de segundo orden, los que tributan sus aguas en los de segundo orden se denominan como de tercer orden, y así sucesivamente. Para el caso del proyecto de adaptación al cambio climático en la alta montaña, el afluente de primer orden corresponde al río Magdalena; el de segundo orden, al río Bogotá; los de tercer y cuarto órdenes son afluentes regionales de escala intermedia, y los de quinto orden corresponden a las microcuencas de escala local. Estos últimos fueron los elegidos por el proyecto dada su relevancia para el sistema de abastecimiento de agua potable de Bogotá y los municipios vecinos, así como por su escala y la posibilidad de ser impactados por las inversiones del proyecto.

Tabla 19. Análisis de medidas de adaptación y resultados del análisis de riesgo climático

Medida de Adaptación	Tratamientos	Servicio ecosistémico	Vulnerabilidad al cambio climático	Amenaza hidroclimática	Impacto climático	Riesgo climático	Estructura Ecológica Territorial Adaptativa -EETA-	Dimensión Tercera Comunicación Nacional de Cambio Climático -TCNCC-
A. Restauración, recuperación y rehabilitación ecológica para disminuir impactos climáticos en la regulación hídrica, biodiversidad y producción rural	A1. Aislamientos de áreas de importancia para la regulación hídrica. A2. Enriquecimiento de relictos de vegetación nativa. A3. Recuperación de áreas degradadas de importancia hídrica. A4. Recuperación de zonas aledañas a reservorios. A5. Franjas multifuncionales. A6. Cerca vivas multiestrato. A7. Jardines campesinos. A8. Control y erradicación de especies invasoras. A9. Perchas artificiales. A10. Refugios para mamíferos. A11. Trampas de niebla. A12. Bancos de forraje para mamíferos silvestres	Provisión: • Agua Regulación: • Climática • Moderación de eventos extremos • Agua • Prevención de la erosión • Mantenimiento de la fertilidad del suelo	Sensibilidad: • Regulación hídrica y la salud del suelo. • Ecosistemas Altamente intervenidos Capacidad adaptativa: • Uso del suelo inadecuado Baja Asociatividad	• Reducción o aumento de la precipitación. • Aumento de la temperatura • Alteración de la escorrentía media	• Pérdida del suelo • Baja Regulación Hídrica • Cambios en el caudal hídrico Eventos y periodos climáticos extremos*	• Aumento de los periodos secos en el territorio. • Cambio en el régimen de lluvias. • Desecación y pérdida de suelos • Suelos erosionados. • Perdida de cobertura vegetal	Área núcleo: Ecosistemas que tienen la más alta calidad ecológica. Áreas amortiguadoras: Ecosistemas naturales y seminaturales. Corredor biológico: Fragmentos de bosque u otro ecosistema. Áreas de uso múltiple: los mosaicos de paisajes ofrecen oportunidades para el uso sostenible de los recursos naturales	Recurso hídrico: Uso y Disponibilidad Biodiversidad: Servicio ecosistémico de provisión y regulación
B. Adaptación de Sistemas Productivos para disminuir el impacto del clima en la regulación hídrica	B1. Producción de alimentos con enfoque agroecológico. B2. Rescate de cultivos andinos con enfoque agroecológico. B3. Sistema Silvopastoril para la recuperación de áreas ganaderas degradadas. B4. Sistemas agroforestales para la recuperación de áreas de cultivo degradadas. B5. Producción de huevos de gallinas bajo pastoreo B6. Producción de unidades Apícolas B7. Producción de alimentos bajo invernadero con cosecha de agua.	Provisión: • Agua • Alimentación Regulación: • Climática • Moderación de eventos extremos • Prevención de la erosión • Mantenimiento de la fertilidad del suelo. Culturales* • Reconocimiento social. • Apropiación y permanencia • Participación familiar y social • Autonomía y empoderamiento • Aprendizaje colectivo.	Sensibilidad: • Regulación hídrica y la salud del suelo. • Disponibilidad hídrica aprovechable • Ecosistemas Altamente intervenidos Capacidad adaptativa: • Conflictos de uso del suelo. • Pocas acciones de protección del suelo. • Baja cobertura de acueductos rurales. • Baja Asociatividad.	Reducción o aumento de la precipitación. Aumento de la temperatura Alteración de la escorrentía media	• Baja Regulación Hídrica • Cambios en el caudal hídrico • Eventos y periodos climáticos extremos • Pérdida del suelo • Pérdida en la productividad agropecuaria	• Aumento de los periodos secos en el territorio. • Cambio en el régimen de lluvias. • Pérdida de cobertura vegetal. • Pérdida de suelos. • Pérdida en la capacidad de producción.	Áreas de uso múltiple: Los mosaicos de paisajes ofrecen oportunidades para el uso sostenible de los recursos naturales.	Recurso hídrico: Uso y Disponibilidad Seguridad alimentaria: Provisión de alimentos Biodiversidad: Servicio ecosistémico de provisión y regulación.

Medida de Adaptación	Tratamientos	Servicio ecosistémico	Vulnerabilidad al cambio climático	Amenaza hidroclimática	Impacto climático	Riesgo climático	Estructura Ecológica Territorial Adaptativa -EETA-	Dimensión Tercera Comunicación Nacional de Cambio Climático -TCNCC-
C. Uso eficiente del agua para disminuir el impacto del clima en la dinámica productiva, social y ecológica	C1. Sistemas de captación de aguas lluvias en reservorios. C2. Sistemas de Riego intrapredial por aspersión. C3. Bebederos sustitutos para ganado. C4. Sistemas sépticos para tratamiento de aguas residuales	Provisión: • Agua Regulación: • Moderación de eventos extremos • Ciclo del agua • Prevención de la erosión. Culturales* • Autonomía y empoderamiento	Sensibilidad: • Regulación hídrica y la salud del suelo. • Disponibilidad hídrica aprovechable Capacidad adaptativa: • Conflictos de uso del suelo. • Baja cobertura de acueductos rurales.	Reducción o aumento de la precipitación. Aumento de la temperatura Alteración de la escorrentía media	• Baja Regulación Hídrica • Cambios en el caudal hídrico • Eventos y periodos climáticos extremos • Pérdida del suelo • Pérdida en la productividad agropecuaria	• Aumento de los periodos secos en el territorio. • Cambio en el régimen de lluvias. • Pérdida de cobertura vegetal. • Pérdida de suelos. • Pérdida en la capacidad de producción.	Áreas de uso múltiple: Los mosaicos de paisajes ofrecen oportunidades para el uso sostenible de los recursos naturales.	Recurso hídrico: Uso y Disponibilidad Seguridad alimentaria: Provisión de alimentos Biodiversidad: servicios ecosistémicos de provisión y regulación. Hábitat humano: Asociada a las viviendas y servicios asociados a los asentamientos humanos. *
MEDIDAS COMPLEMENTARIAS								
D. Desarrollo de Cadenas de Valor y comercialización para la sostenibilidad de las medidas de adaptación	D1. Desarrollo de Cadenas de Valor D2. Fortalecimiento de los esquemas de comercialización.	Provisión • Alimentación • Ingresos Económicos Culturales* • Reconocimiento social. • Apropiación y permanencia • Participación, unión familiar y social • Autonomía y empoderamiento • Aprendizaje colectivo • Apreciación estética e inspiración.	Capacidad adaptativa: • Conflictos de uso del suelo. • Fortalecimiento en el conocimiento y capacidades campesinas. • Baja Asociatividad. • Tamaño de predios.	Reducción o aumento de la precipitación. Aumento de la temperatura Alteración de la escorrentía media	• Pérdida en la productividad agropecuaria • Expansión de la frontera Agrícola*. • Migración de comunidades*.	• Aumento de los periodos secos en el territorio. • Cambio en el régimen de lluvias. • Suelos erosionados. • Pérdida de cobertura vegetal. • Pérdida de suelos. • Pérdida en la capacidad de producción.	Se constituye como una línea de acción importante a incluir en los planes y programas.	Seguridad alimentaria: Provisión de alimentos
E. Fortalecimiento de la gobernanza para la adaptación	E1. Fortalecimiento de organizaciones locales E2. Fortalecimiento de capacidades para la adaptación E3. Investigación E4. Monitoreo comunitario E5. Comunicación	Regulación: • Climática • Moderación de eventos extremos • Prevención de la erosión • Mantenimiento de la fertilidad del suelo. • Agroturismo Culturales* • Reconocimiento social. • Apropiación y permanencia • Participación familiar y social • Autonomía y empoderamiento • Aprendizaje colectivo	Capacidad adaptativa: • Conflictos de uso del suelo. • Fortalecimiento en el conocimiento y capacidades campesinas. • Baja Asociatividad.	Reducción o aumento de la precipitación. Aumento de la temperatura Alteración de la escorrentía media	• Eventos y periodos climáticos extremos • Pérdida del suelo • Pérdida en la productividad agropecuaria • Expansión de la frontera Agrícola*. • Migración de comunidades*.	• Aumento de los periodos secos en el territorio. • Cambio en el régimen de lluvias. • Suelos erosionados. • Pérdida de cobertura vegetal. • Pérdida de suelos. • Pérdida en la capacidad de producción.	Se constituye como una línea de acción importante a incluir en los planes y programas.	Recurso hídrico: Uso y Disponibilidad Seguridad alimentaria: Provisión de alimentos Biodiversidad: Servicio ecosistémicos de provisión y regulación.

Tabla 20. Portafolio de medidas de adaptación al cambio climático

Medidas de adaptación		Tipo de actividad especifica	Objetivo	Descripción
Tipo	**Nombre**			
AbE	**A. Restauración, recuperación y rehabilitación ecológica para disminuir impactos climáticos en la regulación hídrica, biodiversidad y producción rural**	A1. Aislamientos de áreas de importancia para regulación hídrica	Promover la restauración pasiva o la conservación de relictos de vegetación (fragmentos de bosque, matorrales, pajonales, frailejonales, chuscales, herbazales) a través del aislamiento de las actividades que los puedan deteriorar como estrategia para potenciar los beneficios de la vegetación en la regulación hídrica del clima local.	Instalación de cercados en los límites de las áreas que mantienen relictos de vegetación nativa para proteger los procesos de recuperación o conservación avanzados, demarcando los límites de las actividades agrícolas e impidiendo el paso del ganado. El aislamiento inicia con la instalación de cercas artificiales (postes de madera y alambre liso o de púas) que con el tiempo se transforman en cercas vivas que acogen especies arbóreas y arbustivas en su estructura.
		A2. Enriquecimiento de relictos de vegetación nativa	Recuperar áreas con relictos de vegetación nativa a partir del enriquecimiento con especies de plantas para mejorar funciones ecosistémicas, especialmente en regulación hídrica.	Es una estrategia usada en áreas con un estado intermedio de perturbación que aún mantienen algunas características de la vegetación original, pero que han sufrido el corte selectivo de árboles, fuego o plagas y las especies que dominan se encuentran en los estadios iniciales de la sucesión (Ceccon, 2013). Este tratamiento consiste en reintroducir especies tardías, con el fin de expandir su distribución desde el centro de un fragmento hacia el borde del mismo, hacia el límite de adaptación de las especies umbrófilas, a medida que se incorporan también nuevas especies de ambientes transiciones en el borde del bosque (matriz) para cerrar el dosel e incrementar el área de expansión de las especies (Ríos, 2005). Al conservar los bosques remanentes, se incrementa la diversidad genética de las especies, facilita la evolución del relicto, asegura la conectividad entre formaciones vegetales fragmentadas, diversifica los tipos de hábitat a escala de paisaje y potencia la multifuncionalidad del relicto de bosque (Mola *et al*., 2018).
		A3. Recuperación de áreas degradadas de importancia hídrica	Genera las condiciones necesarias para proteger la calidad y la oferta del agua almacenada en los predios.	Esta medida se emplea para iniciar procesos para la estabilización y recuperación del suelo a partir del establecimiento de coberturas vegetales en altas densidades en las áreas que han perdido capacidad productiva y de regeneración natural.
		A4. Recuperación de zonas aledañas a reservorios	Promover la recuperación del suelo, las coberturas vegetales y la dinámica hídrica en los lugares en donde la producción agropecuaria ya no es viable por el avanzado estado de deterioro.	Consiste en la plantación de especies vegetales en contorno a las áreas de reservorio, siguiendo principios para la recuperación de rivera y a la preservación del agua. Con la plantación se busca reducir la evaporación, la pérdida por infiltración y la remoción del suelo. También se establece vegetación para conformar filtros vivos que reducen el arrastre de excretas del ganado y residuos de los productos agroquímicos que se aplican a los cultivos y praderas (Magdaleno, 2011)
		A5. Cercas vivas multiestrato	Generar franjas de especies vegetales que produzcan una cantidad importante de forraje para la alimentación de algunas especies menores, reduciendo la presión sobre los relictos de vegetación que contribuyen a la regulación hídrica, a la vez que favorecen la conectividad del paisaje.	Consiste en establecer en el lindero o divisiones de los predios un arreglo de especies de plantas nativas en diversos estratos. Este tipo de arreglos comprende la función de delimitación, pero también para prestar servicio de barrera rompe vientos, además de servir como zonas de percheros y fuente de alimento para la fauna, mantenimiento de poblaciones de algunas especies nativas arbóreas y arbustivas, y para suplir parcialmente la demanda local de leña y postes y otros subproductos (Cabrera y Ramírez, 2014).
		A6. Franjas multifuncionales	Generar coberturas vegetales lineales con especies nativas para favorecer la conectividad del paisaje y la oferta de bienes y servicios ecosistémicos, entre los que sobresalen el confort climático y la estabilización del suelo en la unidad productiva.	Consiste en el establecimiento de plantaciones de especies forrajeras en franjas de alta densidad que incluyen especies de leguminosas que pueden ser usadas en época seca. Este grupo de plantas ha desarrollado distintos mecanismos biológicos para la captación del nitrógeno atmosférico que circula en los poros del suelo y de otros minerales que limitan el desarrollo de plantas en suelos tropicales como el fósforo (Gómez *et al*., 2002). El establecimiento de franjas en oposición a las corrientes fuertes de aire o como mecanismo para bloqueo de la radiación solar en las horas más calurosas del día, permite que estas puedan ser utilizadas como barreras naturales que aportan al confort climático de las instalaciones pecuarias.
		A7. Jardines campesinos.	Aportar al confort climático, la estética del paisaje y la mitigación del riesgo de erosión en el contorno de las viviendas.	Consiste en la plantación de vegetación principalmente arbustiva y herbácea en los alrededores de las viviendas, siguiendo conceptos ecológicos que se complementan con los principios del diseño paisajístico. Se establecen franjas de plantas orientadas en oposición a las corrientes de aire, excesos de radiación solar o en los taludes que dejan las excavaciones en donde se construyen las viviendas.
		A8. Eliminación y control de especies invasoras.	Dar manejo y control de las invasiones del retamo espinoso *(Ulex europaeus)* para devolver la diversidad funcional a los ecosistemas perturbados, fortaleciendo las contribuciones que la vegetación realiza a la regulación hídrica.	Busca facilitar la recolonización por parte de las especies nativas y eliminar de las zonas de restauración especies invasoras como los pastos que han colonizado estas áreas por causa del pastoreo y abandono de cultivos. Debido a que la mayoría de estas especies invasoras son altamente competitivas, se requiere de varias acciones como competencia con otras especies, tratamientos de sombra para lograr un control efectivo e incluso la erradicación manual. En este sentido, para las áreas intervenidas, se realiza la eliminación manual de matorrales de especies invasoras como *Ulex europaeus* (retamo espinoso) y *Genista monspessulana* (retamo liso).

Medidas de adaptación		Tipo de actividad especifica	Objetivo	Descripción
Tipo	**Nombre**			
AbE	**A. Restauración, recuperación y rehabilitación ecológica para disminuir impactos climáticos en la regulación hídrica, biodiversidad y producción rural**	A9. Perchas artificiales.	Favorecer la dispersión de semillas por las aves a través de la instalación de perchas artificiales para la generación de núcleos de vegetación nativa en zonas alteradas abiertas que favorezcan la conectividad del paisaje.	Estas perchas consisten en estructuras construidas en madera con diferentes arreglos que asemejan árboles y que se ubican estratégicamente en áreas abiertas de los predios por intervenir. Las perchas también pueden ser usadas por murciélagos que dispersan grandes cantidades de semillas de las áreas adyacentes a las áreas que se desean restaurar, sin necesidad de producir plántulas en invernadero e introducirlas en campo (Ceccon, 2013).
		A10. Refugios para mamíferos.	Contribuir en la conformación de núcleos de biodiversidad que aporten a la conectividad ecológica y, en consecuencia, a la conservación de los relictos de vegetación de los que depende la regulación hídrica.	Los refugios son espacios que buscan brindar a los animales el sitio en el cual estos se puedan proteger de sus depredadores y de condiciones climáticas adversas (Barrera et al., 2010). Cumplen la función de generar núcleos de biodiversidad ya que proporcionan refugio y condiciones microclimáticas adecuadas para pequeños roedores y nidos para las aves, que a su vez son oferta alimenticia para otros organismos. Además, las pilas de madera suelen ser espacios propicios para larvas de escarabajos descomponedores de madera, termitas y otros insectos (Reis et al., 2003).
		A11. Trampas de niebla.	Capturar la precipitación horizontal en áreas desprovistas de vegetación arbustiva y arbórea para incrementar la humedad del suelo, especialmente en épocas secas del año, con el fin de mejorar la regulación hídrica de las áreas por restaurar.	Las trampas de niebla consisten en unos soportes que sirven de estructura para la instalación de mallas con la capacidad de capturar la precipitación horizontal en áreas desprovistas de vegetación arbustiva y arbórea para incrementar la humedad del suelo, especialmente en épocas secas del año, con el fin de mejorar la regulación hídrica de las áreas a restaurar.
		A12. Bancos de forraje para mamíferos silvestres.	Ampliar la oferta de recursos alimenticios para los curíes (Cavia porcellus) a partir de la implementación de un banco de forrajes con Lupinus spp. en lugares específicos de las áreas de restauración ecológica, con el fin de evitar el acceso de estos mamíferos a las áreas de plantación y garantizar de esta forma una mayor supervivencia de las especies plantadas.	Los bancos forrajeros son áreas plantadas con especies forrajeras como el lupinus o chocho (Lupinus spp.) dentro de los predios por intervenir. Estas se podrán utilizar para alimentar los curíes todo el año, mientras crecen las plantas arbóreas nativas plantadas. Estos bancos de forraje se implementan en áreas estratégicas para atraer a los curíes y así minimizar el desplazamiento y la herbivoría de las áreas de plantación.
AbE	**B. Adaptación de sistemas productivos para disminuir impacto del clima en regulación hídrica.**	B1. Producción de alimentos con enfoque agroecológico.	Contribuir a la autonomía y la seguridad alimentaria de las familias de la alta montaña a través del fortalecimiento de sistemas de producción de alimentos a cielo abierto dentro de un concepto integrado de finca sostenible, mediante el rescate.	Son sistemas de producción de alimentos a partir del diseño y manejo gradual de agroecosistemas con prácticas que van generando suelos, plantas y animales sanos, incrementando el contenido de materia orgánica en armonía con los microorganismos y contenidos minerales del suelo que mejoren los flujos de nutrientes y energía, priorizando el uso coberturas vegetales, la asociación y rotación de especies vegetales, el uso de semillas nativas para la diversificación de los recursos genéticos. Así se contribuye en mejorar la funcionalidad del agroecosistema en el tiempo, disminuir el consumo de agua por unidad de alimento producido, fortalecer la seguridad alimentaria, la independencia gradual de insumos externos y la comercialización de excedentes con valor agregado para mejorar la capacidad de respuesta del socioecosistema ante los potenciales impactos por el cambio climático.
		B2. Establecimiento de sistemas de producción de policultivos andinos con enfoque agroecológico.	Fortalecer la agrobiodiversidad. Motivar el desarrollo de cultivos híbridos con mayor tolerancia a los cambios extremos de temperatura y humedad.	Consiste en sistemas de producción agropecuarios con el uso de semillas y tubérculos andinos para aumentar la diversidad genética de materiales de mayor adaptación ante el incremento en plagas, enfermedades, sequías y heladas. Busca el rescate y reconocimiento del valor y potencial de cultivos andinos que han permanecido en los sistemas de agricultura campesina, como policultivos de maíz, arveja, haba, nabos, arracacha a partir de semillas criollas, integrando otras especies como frutales (tomate de árbol, uchuva, papayuela), que motivan a visibilizar y valorar los conocimientos y tradiciones para la producción, uso y transformación que mantienen algunas familias campesinas de la alta montaña.
		B3. Sistema silvopastoril para la recuperación de áreas ganaderas degradadas.	Lograr un equilibrio entre el suelo, las plantas, los animales y la biodiversidad en los sistemas de producción ganadera, que aumente la resiliencia a los impactos por eventos de variabilidad y cambio climático.	Es un arreglo agroforestal que combina el mejoramiento de pasturas para la producción ganadera y coberturas forestales para lograr un equilibrio entre agua, suelo, planta, ganado y biodiversidad, buscando disminuir los impactos de los cambios del clima y mejorar los atributos del ecosistema y del sistema productivo. Con los sistemas silvopastoriles se logra la descompactación de suelos utilizando técnicas de labranza mínima, siembra e incorporación de abonos verdes, y mejora de la oferta nutritiva para el ganado a partir de la mezcla de especies forrajeras y la inclusión de especies forestales. De acuerdo a las condiciones de cada finca se pueden disponer los árboles en franjas o callejones dividiendo potreros y en cercas vivas de interés para el productor y para los procesos de rehabilitación ecológica, generando microclimas que mejoran la capacidad de respuesta ante las condiciones cambiantes del clima.
		B4. Sistema agroforestal para la recuperación de áreas de cultivo degradadas.	Mejorar el equilibrio entre el suelo y las plantas dentro de áreas de monocultivo de papa o de praderas. Se busca establecer múltiples combinaciones entre especies forestales, frutales y semillas presentes en la unidad productiva y apreciadas por el productor.	Es la asociación de varios cultivos integrando especies forestales y frutales en una misma área, aprovechando el espacio horizontal para el desarrollo de todo tipo de raíces y el espacio vertical para el desarrollo foliar. Los diseños pueden incluir dos o más cultivos que sean complementarios como mezclas de maíz, arveja y haba. Según disponibilidad de espacio se integran los árboles entre forestales y frutales con múltiples posibilidades como cercas vivas, en callejones, por núcleos o dispersos en el lote manteniendo las distancias que le permitan a cada especie un buen desarrollo. Estos arreglos hacen posible mantener coberturas verdes, generan microclimas, conservan la humedad en épocas de sequía y controlan la velocidad del agua durante fuertes lluvias. El sistema consolidado ayuda en el control de heladas, como cortina rompevientos, y aumenta la producción de biomasa, la captura de carbono y la productividad.
		B5. Sistemas de producción de gallinas ponedoras bajo pastoreo con cosecha de agua.	Fortalecer los sistemas de producción avícola de productos que satisfagan las necesidades alimenticias, sociales y ambientales que ya existen en el territorio.	Es un sistema de producción avícola de gallinas ponedoras para huevo y carne que rescata parte de las prácticas ancestrales. Las aves se ubican en un galpón que las protege de condiciones climáticas extremas, con acceso permanente a pequeños potreros donde pastorean y se ofrecen mezclas de gramíneas y leguminosas, buscando mantener el ciclo productivo y las condiciones de bienestar animal, al tiempo que se disminuye la presencia de enfermedades. De esta manera es posible ir reemplazando la dieta con granos y subproductos que se producen en la finca, además de obtener productos con características que benefician la salud de los consumidores. El sistema permite producir alimento de alta calidad nutricional, a bajo costo, en corto tiempo y poco espacio, y responde asimismo a las actividades de mayor identidad cultural con las mujeres, donde pueden participar niños, adultos mayores, discapacitados, población que ante los climáticos se considera dentro de la más vulnerable. Estas personas pueden obtener así ingresos complementarios a los demás procesos productivos de la finca.

Medidas de adaptación		Tipo de actividad especifica	Objetivo	Descripción
Tipo	**Nombre**			
AbE	**B. Adaptación de sistemas productivos para disminuir impacto del clima en regulación hídrica.**	B6. Sistemas de producción apícola.	Establecer sistemas de producción apícola como parte del sistema de producción de alimentos y como alternativa de diversificación de las actividades productivas para generar ingresos y fortalecer los procesos de restauración ecológica.	El sistema de producción apícola se organiza en apiarios de 10 a 20 colmenas, los cuales se ubican en áreas alejadas de zonas públicas, educativas o residenciales. Se adelanta formación de capacidades con el acompañamiento técnico permanente para actividades como captura de fauna silvestre, manejo de los apiarios para la producción de miel, polen, propóleos, núcleos de abejas y reinas. Este sistema tiene impacto en los procesos de restauración ecológica y en la productividad de pastizales y cultivos agropecuarios. A partir de este se obtienen productos funcionales hacia nichos de mercados especializados.
		B7. Producción de alimentos bajo invernadero con cosecha de agua (módulo de inicio).	Contribuir al fortalecimiento de la seguridad alimentaria de las familias de la alta montaña mediante la producción de alimentos a partir de la cosecha de agua lluvia y bajo invernadero.	Consiste en establecer sistemas de producción de alimentos bajo invernadero con cosecha de agua lluvia y con sistemas de riego por goteo. Estos incluyen un área para la producción de biofertilizantes y otra para la siembra de cultivos con prácticas agroecológicas, buscando producir mayores volúmenes de biofertilizantes y asociar mayor número de especies vegetales con prácticas agroecológicas y un uso altamente eficiente del agua. Se integra la cosecha de agua lluvia captada por la cubierta para alimentar un sistema de riego por goteo autocompensado, garantizando una calibración y administración altamente eficiente del recurso hídrico, favoreciendo la producción de alimentos orgánicos con menor volumen de agua, mitigando el impacto por eventos y periodos climáticos extremos, disminuyendo los ciclos de producción, fortaleciendo la seguridad alimentaria, asegurando la independencia gradual de insumos externos y sosteniendo la comercialización de excedentes con valor agregado.
AbI	**C. Uso eficiente del agua para disminuir el impacto del clima en la dinámica productiva, social y ecológica.**	C1. Reservorio para almacenamiento de aguas lluvias.	Mantener el suministro de agua para las necesidades productivas durante temporadas de sequía. Permitir el uso más eficiente del agua ante los cambios esperados en las temperaturas y la estacionalidad de las lluvias.	Corresponde al almacenamiento de aguas lluvias como alternativa de abastecimiento para los meses de déficit hídrico, aprovechando cosechas de agua a partir de cubiertas o áreas bajas de escorrentía superficial que se puedan ubicar dentro de la finca. Estas instalaciones, conectadas a sistemas de riego intrapredial, hacen un uso eficiente del agua, ayudando a mantener los procesos de producción agropecuaria durante eventos y periodos secos, y baja la presión de uso sobre las fuentes hídricas superficiales ante la menor disponibilidad por los cambios esperados en las temperaturas y en la estacionalidad de las lluvias.
		C2. Sistemas de riego intrapredial por aspersión.	Mantener los procesos productivos ante eventos climáticos intensos como sequías, contar con protección contra heladas y minimizar la presión de uso de fuentes hídricas superficiales.	Es un sistema de riego eficiente donde el agua se distribuye por gravedad al cultivo o pradera a través de tubería (manguera). Mediante aspersores a una presión fija determinada, se eleva el líquido para que luego caiga en forma de gotas sobre la superficie que se desea regar. Esta opción permite controlar la cantidad de agua de acuerdo a las condiciones meteorológicas, del suelo y del estado fisiológico del cultivo. Ayuda a planificar las áreas y las épocas de siembra a partir de la capacidad de almacenamiento de agua lluvia en reservorios y tanques, y las necesidades de agua para los cultivos o praderas durante los periodos secos que se espera aumentan en el tiempo. También ayuda a minimizar la presión de uso sobre las fuentes hídricas superficiales. Es un sistema sencillo, económico y de fácil manejo.
		C3. Bebederos sustitutos para ganado.	Implementar medidas de uso eficiente de agua para los abrevaderos del ganado bovino. Disminuir la presión sobre las fuentes naturales, evitar la contaminación y mejorar los procesos de protección y restauración ecológica en áreas de nacimientos de agua, en humedales, rondas hídricas y zonas de regulación hídrica.	Consiste en instalar abrevaderos móviles para suministrar agua al ganado usando el agua lluvia cosechada en tanques o reservorios que permitan el flujo continuo a través de una tubería en polietileno (manguera). Se trata de controlar los volúmenes con una válvula automática, permitiendo la optimización del uso del agua y bajar la presión sobre las fuentes hídricas naturales.
		C4. Sistemas sépticos para el tratamiento de aguas residuales domésticas.	Mejorar la calidad del agua y aumentar la disponibilidad hídrica mediante la construcción de sistemas sépticos que permitan disminuir la disposición de aguas residuales domésticas sin tratar de viviendas rurales.	El sistema séptico corresponde al conjunto de elementos prefabricados para tratar las descargas de aguas residuales, principalmente aguas negras provenientes de los sanitarios de la vivienda, de aguas grises de la cocina, lavamanos, duchas y zona de lavado de la vivienda. Se hace la instalación del sistema de acuerdo con las recomendaciones de la ficha técnica del fabricante y teniendo en cuenta las condiciones particulares del terreno. El vertimiento final se hace al suelo a más de 100 m de distancia de cualquier fuente hídrica para garantizar un campo de infiltración adecuado. Evitar el vertimiento de materia orgánica (DBO) y nutrientes (nitrógeno y fósforo) a las quebradas evita que estos pasen más adelante a cuerpos de agua más grandes tales como lagos o embalses, en donde estos desechos pueden dar inicio a procesos de generación de metano o eutrofización respectivamente. El aumento en la temperatura debido al cambio climático debe ser visto como un multiplicador de los efectos de la degradación ambiental. En este sentido, la literatura indica que temperaturas más altas en un medio acuático rico en nutrientes aumentan la posibilidad de aparición de cianobacterias, particularmente en el verano, en cuerpos de agua que tienen poco movimiento y en las que existe una estratificación (Lizarralde et al., 2016; Paerl et al., 2008; O'Neil et al., 2008).
C	**D. Desarrollo de cadenas de valor y comercialización para la sostenibilidad de medidas de adaptación.**	D1. Identificación de cadenas de valor.	Identificar procesos productivos para desarrollar nuevos productos con valor agregado y que ofrezcan atributos diferenciadores.	Consiste en diagnosticar y evaluar los sistemas productivos que están implementando medidas de adaptación al cambio climático y que incluyen en sus procesos de producción las buenas prácticas y manejo sostenible de los recursos y servicios ambientales. También incluye desarrollar y evaluar prototipos de alimentos con los productores a partir de las materias primas que se producen y con el equipamiento que se encuentra en la zona. Otras tareas clave son llevar a cabo pruebas sensoriales y prototipado de empaque y etiquetado, evaluaciones de composición y calidad, estandarizaciones del proceso para la producción dirigida hacia mercados como productos diferenciados y funcionales y que puedan valorar los esfuerzos de adaptación.
		D2. Fortalecimiento de los procesos de comercialización.	Desarrollar estrategias de comercialización de los productos y alimentos diferenciados y funcionales que se generan en los sistemas de producción sostenibles que hacen esfuerzos de incluir procesos de adaptación a la variabilidad y cambio climático.	Desarrollar varias estrategias de mercadeo, analizando las variables fundamentales para alcanzar los objetivos de los productores y organizaciones comunitarias, diseñando y mezclando varias estrategias de marketing. Incluir los resultados de los estudios de mercados, pilotos comerciales y costeo desarrollados. Construir de manera participativa con los productores las estrategias específicas para llegar a los segmentos de mercado, promoción de producto, logística y cierre de ventas, con miras a mejorar los ingresos.



Criterios para la selección de predios

Lo recomendado es contemplar todos aquellos predios en los que sea posible establecer medidas que favorezcan la adaptación y motiven a las familias a la conservación de los elementos de protección mencionados. Entre estos se resaltan: las zonas de recarga de acuíferos, humedales, las rondas hídricas y las franjas de vegetación riparia. Precisamente porque en estos predios las medidas de adaptación contribuyeron a aumentar la resiliencia de la familia, y a nivel de paisaje se disminuyeron la vulnerabilidad y el riesgo climático en la unidad hidrológica.

Análisis de cobertura del suelo

El uso del suelo, tipificado como la interacción entre el ser humano y su ambiente biofísico, implica la transformación de las condiciones naturales, lo cual varía de acuerdo con el lapso analizado (Cortés, 2018). En el proyecto, el estudio de cambio de uso del suelo y coberturas sobre el territorio fue fundamental para identificar procesos de deforestación, degradación y pérdida de la biodiversidad e incluso para entender cambios climáticos locales, regionales y globales que pueden afectar el funcionamiento de la tierra como sistema.

Este criterio de cobertura se tuvo en cuenta, inicialmente a una escala espacial amplia, como uno de los componentes del indicador de ecosistemas estratégicos para el análisis de sensibilidad que permitió generar la valoración de la vulnerabilidad y el riesgo climático de las diferentes unidades hidrológicas de quinto orden. Adicionalmente, en cada una de las unidades a nivel predial, esta interpretación de las coberturas aporta en la definición tanto de la especialización de las estrategias de restauración como de los diseños por implementar en cada una.

Conectividad del paisaje

La definición más comúnmente utilizada para la conectividad del paisaje se basa en un concepto de conectividad funcional y se describe como: el grado en que el paisaje facilita o impide el movimiento de organismos entre parches de recursos (Taylor *et al.*, 1993). La conectividad del paisaje no es solo una función de la disposición espacial del hábitat, sino que también depende de las afinidades de hábitat de una especie (preferencias o asociaciones de hábitat) y la capacidad de los individuos para moverse a través de elementos del paisaje (Gergel y Turner, 2002).

La conectividad del paisaje es necesaria para sostener y mantener procesos ecológicos que se encuentran espacialmente dependientes, como la dispersión, el flujo genético entre poblaciones aisladas, la migración y, a largo plazo, la evolución de las especies. En este sentido, el mantenimiento de la conectividad se convierte en una condición clave para la persistencia a largo plazo de la biodiversidad y constituye un requisito ecológico indispensable en las prácticas adecuadas de conservación y planificación del territorio económicamente eficientes (Laita *et al.*, 2011; Correa, *et al.*, 2014).

En los predios seleccionados para la implementación de medidas de adaptación, se definieron y priorizaron coberturas vegetales que favorezcan la conectividad del paisaje para cada una de las unidades hidrológicas intervenidas. De este modo se espera favorecer la funcionalidad de los ecosistemas a largo plazo, manteniendo su integridad y conectividad ecológica, así como la oferta de los servicios ecosistémicos esenciales para el desarrollo socioeconómico local y regional, particularmente los relacionados con el suministro y regulación hídrica, que son altamente vulnerables al cambio climático.

Análisis del comportamiento hidrológico

El objetivo es recopilar información oficial en la escala municipal para verificar el estado de las fuentes hídricas, indagar sobre el comportamiento de los caudales durante la temporada seca y de lluvias, reconocer fuentes intermitentes, fuentes que ya desaparecieron y dinámicas de ocupación de rondas, y conocer áreas que hayan tenido mayor impacto por eventos hidroclimáticos extremos. Esto permite validar información y aporta para entender la dinámica territorial respecto al recurso hídrico. Esta información secundaria se obtiene en las secretarías de planeación municipales, los concejos municipales de gestión del riesgo y empresas de servicios públicos.

Ubicación de infraestructura para la captación y abastecimiento hídrico:

Dentro de la información relevante está la ubicación de los sistemas de captación de acueductos formales de carácter municipal, interveredal o veredal y las áreas de mayor presión de captaciones informales, especialmente durante la temporada seca, y tipo de organizaciones para administrar el recurso. Estos datos, que se pueden obtener de las empresas de servicios públicos, permiten conocer la presión de uso de las fuentes hídricas y el grado de organización y los conflictos de las comunidades para acceder al recurso hídrico en el contexto local.

Usos del recurso hídrico:

Conocer y entender las dinámicas en torno al uso del recurso hídrico en la escala local se convierte en una actividad fundamental para focalizar las acciones de adaptación: los usos para consumo humano, para abrevadero de animales y el agrícola están en permanente disputa. Los usuarios ubicados en las áreas más altas captan importantes caudales, afectando a aquellos ubicados en áreas más bajas. Las fuentes de información para este ítem son las autoridades ambientales. Asimismo, en caso de tener acceso a información en el número de quejas ambientales sobre el recurso hídrico, es conveniente acogerla dentro del análisis, dado que en la resolución de conflictos de este tipo se concentran algunas de las principales oportunidades para la adaptación.

El resultado de esta etapa permite actualizar información que, sumada al análisis de riesgo climático, ayuda a focalizar y priorizar áreas de abastecimiento y regulación. También es posible definir áreas sin suministro hídrico y de mayor conflicto social por acceso al agua, así como zonas mayor actividad productiva y ubicación de la población que puede tener mayor impacto por cambio climático. Así se orienta la priorización de los predios de intervención.

Estructura ecológica principal

Si bien a nivel regional se identificó la EETA como el eje central de trabajo para garantizar la conectividad del paisaje, en el momento de priorizar a escala local las áreas de intervención fue necesario conocer detalladamente la zonificación y los usos del suelo que se tienen reglamentados a partir del POT. A su vez, se debieron integrar las medidas de adaptación del proyecto GEF Alta Montaña a las áreas de conservación y manejo especial de categorías nacional, regional y local, así como las áreas de parques nacionales naturales, reservas forestales regionales, distritos de manejo integrado, áreas de páramos y otras con categorías similares o complementarias.

Uso actual del suelo:

Con la información producto del análisis de la reglamentación del suelo y los usos establecidos bajo los instrumentos reglamentarios se pudieron determinar y entender el ordenamiento del territorio y los parámetros para el aprovechamiento dentro de las categorías de uso. En este sentido, fue necesario establecer el estado de actualización de los instrumentos de planeación pues, dada la autonomía de cada autoridad ambiental y de cada municipio, se encuentran diferencias en la nomenclatura y el alcance en los usos.

Uso potencial del suelo:

Usar el suelo de acuerdo a su vocación permite establecer las prácticas más pertinentes. La información secundaria útil en este caso puede ser consultada en estudios del Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC). Incluir en el análisis los resultados de los estudios riesgo climático ayuda a ir focalizando áreas que puedan mejorar la capacidad de respuesta ante los potenciales impactos del cambio climático dentro del contexto territorial.

Conflictos de uso del suelo:

Con la cartografía disponible a escala municipal, se hizo análisis entre el uso actual, el uso potencial y las áreas de mayor presión por acceso al agua, lo que permite determinar el conflicto de uso del suelo. El objetivo es determinar áreas de mayor conflicto de uso del recurso hídrico y de mayor riesgo climático por regulación hídrica.

Ubicación, tamaño y acceso a los predios

Dentro de las variables por considerar para la elección de los predios que se iban a intervenir fue necesario analizar aquellas que, al margen de los criterios ecológicos e hídricos, determinan la sostenibilidad de los procesos. A continuación, se hace mención a tres de las más relevantes:

Tamaño del predio:

Al identificar los predios de mayor extensión es posible incrementar el impacto de las implementaciones, dado que lo común en la alta montaña es que la intensidad de aprovechamiento en las unidades productivas dependa de la disponibilidad de la mano de obra, que a su vez depende del tamaño del núcleo familiar, con contadas excepciones. En consecuencia, lo normal es que los predios más grandes cuenten con mayores extensiones disponibles para la conservación.

Por el contrario, las unidades productivas de menor extensión concentran sus actividades productivas en áreas que por lo general abarcan casi la totalidad del predio, por lo que normalmente es más complejo concertar procesos de conservación o modificar los modelos productivos.

A pesar de que los predios de mayor tamaño son los más recomendables cuando se desea escalar los beneficios ecológicos, en los predios de menor tamaño se concentran el mayor número de familias y, asimismo, el mayor número de necesidades. Adicionalmente, es en las personas en donde se dan las transformaciones que posteriormente se reflejan en el territorio, por lo que el tamaño de los predios es un factor que tiene el potencial para incrementar los resultados, pero no es un determinante para seleccionarlos.

Estado de la infraestructura vial:

La distancia de los predios a los centros poblados y el estado de las vías principales y secundarias son otras variables que deben ser contempladas para la selección de los predios por intervenir. Es recomendable priorizar aquellos en donde el acceso vehicular es posible, o de lo contrario trabajar en estrategias para mitigar los sobrecostos que implica la logística en medios de movilización de personal y materiales en vehículos diferentes a los impulsados por motor. De acuerdo con los registros del proyecto, la diferencia entre movilizar materiales en automotores puede ser inferior al 50 % de lo que cuesta movilizar los mismos insumos en animales de carga o con personal en campo.

Cerrando esta fase del proceso, es posible seleccionar, a partir de información secundaria, las zonas y los predios que dentro de la microcuenca tienen mayor potencial para generar contribuciones en regulación hídrica. Así también se tiene una noción sobre el nivel de dificultad y conveniencia de su intervención.

Tenencia del predio:

Como parte del proceso de planificación y concertación de las medidas de adaptación, se establecieron acuerdos entre las organizaciones implementadoras y los representantes de las unidades productivas. La sostenibilidad de estos acuerdos depende en parte de que las personas con dominio real sobre los predios sean quienes participen en la concertación y se hagan responsables de los compromisos adquiridos. Es por ello que entre la información necesaria se encuentran los registros de propiedad presentes en las entidades oficiales, lo cual deberá ser constatado una vez inicien las concertaciones con la comunidad y certificado previo a la firma de los acuerdos para la implementación de las medidas.

Con la información de campo sobre la dinámica hídrica y el uso del suelo se validan las áreas definidas en el análisis de riesgo climático, lo que permite tener información actualizada que ayuda a focalizar posibles áreas dentro de las microcuencas de quinto orden y establecer una priorización de intervención. De otra parte, con esta práctica se facilita priorizar tratamientos dentro del portafolio de medidas de adaptación para mejorar la capacidad de respuesta ante los impactos potenciales por cambio climático en la regulación hídrica.

Verificación en campo

Una vez se han realizado los análisis a partir de la información secundaria, cuando se cuenta con áreas y predios priorizados, es momento de validar los resultados a partir de revisiones en campo, de manera que, antes de iniciar los procesos de concertación con los propietarios, se tenga la certeza de que son los más convenientes para avanzar en el proceso. La verificación incluye las actividades necesarias para validar la información base de los análisis que abordan temas tanto del componente hidrológico como del ecológico, social y económico.



Aproximación al territorio

Como el territorio es la dimensión integradora y contenedora del medio natural, político, económico y cultural donde se ejerce acción social para influenciar en las personas (Manço-no, 2009 y Raffestain, 2011), representa el escenario natural donde se articulan acuerdos, pactos y alianzas por las diversas formas de organización colectiva y donde las iniciativas institucionales cohabitan y dirigen el destino de un espacio geográfico (Pérez *et al.*, 2014). En este sentido es necesario conocer, abordar y vincular la participación a escala local para mejorar las habilidades en los grupos sociales con el fin de potenciar su autoorganización y funcionamiento adaptativo (Jiménez, 2002).

Reconocimiento de actores sociales

Es preciso identificar, caracterizar e incluir en el proceso de validación, priorización y ejecución a las redes sociales, entendidas como el conjunto de actores institucionales, grupos comunales, agremiaciones productivas y líderes naturales que están vinculados entre sí y con las áreas por intervenir (Borgatti, 2003), a partir de diferentes espacios de socialización como talleres, conversatorios y reuniones.

Acercamiento a la institución

Se hace la presentación a los actores institucionales de los objetivos y acciones del proyecto, a través de diferentes espacios de socialización como conversatorios y reuniones. Es deseable socializar el proyecto en los espacios que se encuentren activos y que orientan la gestión ambiental y el desarrollo rural municipal, como son el Comité Interinstitucional de Educación Ambiental (CIDEA) o el Consejo Municipal de Desarrollo Rural (CMDR), donde se encuentran representantes de las fuerzas vivas del municipio. Esto permite dar legitimidad institucional, confianza a las partes y retroalimentación de información.

Validación de la información y priorización con instituciones a escala local

El objetivo es propiciar espacios efectivos de articulación en la escala local a través de las secretarías municipales de planeación, desarrollo agropecuario y de ambiente. Asimismo, se busca validar información que responda a criterios de planificación, articular con metas de planes de desarrollo municipal y departamental y otros planes complementarios, conocer acciones institucionales en ejecución y evitar la atomización de acciones para ajustar las áreas priorizadas.

Estos espacios facilitan intercambiar información, construir conocimiento específico para cambio climático a escala local y promover la gestión ambiental y el desarrollo rural para la toma de decisiones de manera articulada, coherente y transparente, con el fin de apoyar el fortalecimiento institucional y dar sostenibilidad a las acciones en el mediano y largo plazos.

Acercamiento social

El objetivo de esta etapa es permitir la participación de los actores sociales locales a través de sus organizaciones formales y líderes naturales para validar y enriquecer la información construida y el portafolio de medidas de adaptación diseñadas hacia las áreas que se han focalizado. Se trata de iniciar un espacio de diálogo real con el territorio que permita la construcción de saberes de doble vía. De tal forma se podrán entender las dinámicas particulares y ajustar las acciones que se propone desarrollar para la adaptación, como estrategia para cerrar la brecha entre teoría y práctica, entre los lineamientos de política pública y el enfoque de desarrollo territorial participativo.



Chingaza-Sumapaz-Guerrero

Validación y priorización social de áreas

Mediante el uso de métodos participativos se busca desarrollar una participación más funcional e interactiva, identificando los elementos representativos del paisaje y los servicios ecosistémicos de mayor importancia. En el marco del proyecto, se adelantaron recorridos a los ecosistemas de páramo, bosque alto andino, bosques riparios, áreas de vegetación secundaria y áreas de uso para la producción de las comunidades locales. También se hizo el reconocimiento de la infraestructura para el uso del agua y se profundizó sobre las dinámicas socioeconómicas del territorio con una mirada veredal y de microcuenca. De esta forma se involucraron unidades administrativas y de planificación que son reconocidas por las comunidades y la institucionalidad local y que se asocian para abordar la intervención en el territorio hacia una mayor comprensión de los potenciales impactos en los ecosistemas y sus servicios por las amenazas hidroclimáticas.

Caracterización a nivel predial

Con invitación abierta a la comunidad del área seleccionada, se convoca a la postulación de los predios. En esta actividad, de manera concertada con los actores, se programan visitas de caracterización predial para obtener información detallada del propietario y los ocupantes, el estado general de recursos naturales presentes, de sistemas productivos y de infraestructura, y un mapa base de uso de recursos. A partir de esta información se presentan algunos criterios de relevancia que, además de la tenencia, ayudan y permiten definir los beneficiarios finales.

Tenencia del predio

Para el proyecto fue importante analizar el tipo de tenencia de los predios, clasificándolos en públicos y privados (propietarios, poseedores, tenedores, arrendatarios), lo que permite definir la responsabilidad del actor sobre el terreno y construir los instrumentos administrativos para abordar acuerdos y procesos de implementación y el bienestar de los beneficiarios. Así fue posible definir convenios interinstitucionales con los propietarios de predios públicos y acuerdos de adaptación de carácter voluntario con los dueños, poseedores, tenedores o arrendatarios en el caso de predios privados.

Arraigo

Permite reconocer la población rural que ha persistido en el tiempo, ha logrado organizarse, producir y desarrollar una cultura propia campesina de la montaña, y se identifica con esta cultura (Van der Hammen, María Clara, Claudia Cano, y Dolly Palacio, 2015). La población campesina, para el caso particular del proyecto, se caracteriza por la defensa del territorio y expresa una clara voluntad de permanecer en el campo. En algunos casos incluso ya han iniciado prácticas de producción más sostenibles acordes con su conocimiento, gusto, identidad. Con estos actores es posible plantear acuerdos propios con la posibilidad de desarrollar modelos de adaptación que puedan permanecer en el tiempo.

Disponibilidad

Para adelantar los procesos de adaptación desde el territorio, la implementación participativa requiere compromisos que exigen tiempo y espacio dentro de las dinámicas diarias que desarrollan las organizaciones y las potenciales familias. Es necesario conocer la disponibilidad de tiempo para trabajar en grupo y participar en procesos de formación de capacidades y en procesos de empoderamiento en sus territorios.

Actualización de información

Como producto final de esta fase se consolida la información de los predios y beneficiarios con sus familias, lo que permite verificar, ajustar y proponer grupos de predios dentro de las áreas priorizadas y planificar la siguiente etapa.

> “En esta actividad, de manera concertada con los actores, se programan visitas de caracterización predial para obtener información detallada del propietario y los ocupantes”

Definición de la estructura ecológica principal y construcción de escenarios en relación con determinantes ambientales reglamentadas

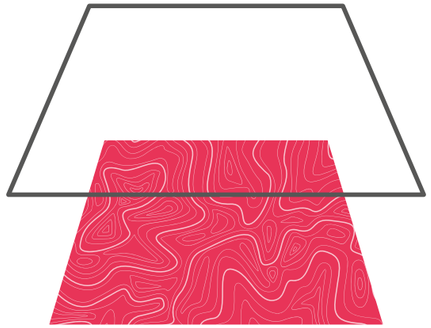
La EEP es la materialización de la EETA a una escala local, y su análisis permite comprender su función dentro de las microcuencas. Esta estructura debe tener en cuenta los elementos de conectividad a escala local que se describen a continuación, los cuales determinan algunas de las características de los ecosistemas que, a nivel de predio, definen la sensibilidad del territorio al cambio climático. Al contemplar dichos factores de manera agregada, se pueden advertir características que dan una respuesta a escala de paisaje (Tabla 21).



Tabla 21. Descripción metodológica para la incorporación de los elementos de la EETA en el diseño de las medidas de adaptación a nivel predial, articuladas con los instrumentos de ordenamiento y concertadas con las comunidades

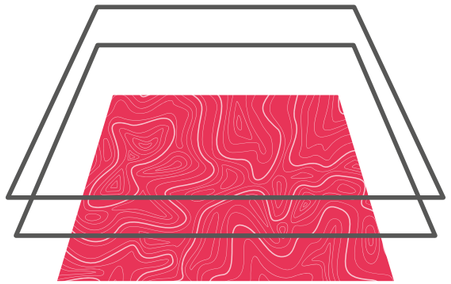
	DESCRIPCIÓN
Lineamientos para la definición de áreas núcleo, corredores biológicos, áreas amortiguadoras y zonas de uso múltiple	Consiste en definir las características que debe tener cada elemento de la estructura ecológica: el área núcleo, corredor biológico, corredor hídrico, zona de amortiguamiento y zona de uso múltiple, con base en sus definiciones y considerando la meta y objetivos a partir de los resultados de escenarios de cambio climático y la identificación de la vulnerabilidad y riesgo climático. Lineamientos para determinación de las áreas núcleo, podrán considerarse entre otros, los siguientes: - Las zonas que presenten los valores más altos en los mapas criterios definidos - Las áreas protegidas que tiene el carácter de estricta conservación - Los ecosistemas estratégicos definidos o delimitados de forma oficial: páramos, humedales, etc. Lineamientos para las áreas de amortiguación, podrán considerarse entre otros, los siguientes: - Las zonas adyacentes a las áreas núcleo que presentan los valores medios en los mapas de criterios. - Las áreas de amortiguación definidas y delimitadas en las áreas naturales protegidas. Lineamientos para las áreas de uso múltiple. Podrán considerarse entre otros los siguientes: - Las zonas no adyacentes a las áreas núcleo que presentan valores medios en los mapas de criterios - Las áreas protegidas tales como los Distritos de manejo, las zonas de reserva de la sociedad civil, etc. Lineamientos para la definición de los corredores biológicos. Para la definición de estos elementos de la red ecológica se usa una metodología fundamentada en la ecología espacial y en sus aplicaciones en conservación. En ésta, los paisajes son típicamente mapeados como celdas en un sistema de información geográfica (SIG). Para el análisis de conectividad, las celdas representan diferentes clases de hábitats, ecosistemas, rutas de dispersión o barreras de movimiento. Estas celdas (ráster) pueden ser representados como gráficas con cada una representando a un nodo y conectadas a sus vecinos por bordes, con bordes ponderados proporcionalmente a las probabilidades de movimiento (Viral B. S. y McRae B. 2008). Circuitscape es un programa que usa la teoría de los circuitos para modelar la conectividad funcional en paisajes heterogéneos. Utiliza como insumos mapas en formato grid de redes de nodos conectados por uniones o un ráster de resistencias de la especie considerada. Los valores de resistencia asignados reflejan el grado al cual el paisaje facilita o impide el movimiento con valores altos de resistencias, denotando las mayores resistencias al movimiento (McRae B.H et. al. 2013). El modelamiento se realiza aplicando los siguientes pasos: - Selección de las especies sombrilla para las cuales se diseña el corredor (por ejemplo, oso de anteojos) - Calificación de la resistencia de los ecosistemas existentes al movimiento de cada una de las especies seleccionadas en el análisis. Esta calificación se realiza mediante consenso con el equipo de trabajo y otros expertos. - Elaboración de mapas de resistencias para cada especie seleccionada en formato ráster a partir de mapas ya sea de ecosistemas o de cobertura vegetal. - Elaboración de un mapa de áreas núcleo a conectar en formato ráster. Este mapa se crea a partir del mapa de áreas núcleo elaborado anteriormente con los criterios establecidos. - Simulación de los caminos de conectividad potencial para cada una de las especies seleccionadas con el software circuitscape. El resultado de esta simulación es un mapa de conectividad potencial clasificado en 5 rangos, donde 1= conectividad muy baja, 2= conectividad baja, 3=conectividad media, 4= conectividad alta y 5= conectividad muy alta - Diseño del corredor biológico para cada una de las especies seleccionadas a partir del mapa de conectividad potencial producido, este mapa se intersecta con el mapa de ecosistemas y se establecen los ecosistemas que tienen la conectividad muy alta y alta, que son las que determinarán el corredor, en algunos casos será necesario incluir conectividad media. El resultado de este paso será un mapa con una serie de corredores para cada una de las especies seleccionadas y que conectan las áreas núcleo establecidas. Lineamientos para los corredores hídricos. Integran los corredores hídricos entre otros los siguientes elementos: - Las rondas hídricas de la región son objeto de estudio. Esta información se puede obtener a través de estudios especializados de definición de rondas hídricas elaborados por las autoridades ambientales competentes. De no existir dicha información se propone construir un mapa de rondas hídricas generando un buffer de 30 m alrededor de las quebradas y ríos a partir de la línea de máxima inundación, mediante el uso de un software de SIG. - Los humedales: corresponden a los ecosistemas intermedios entre el medio acuático y el terrestre, con porciones húmedas, semihúmedas y secas, caracterizado por la presencia de flora y fauna muy singular. Estos ecosistemas se pueden obtener ya sea de mapas de ecosistemas o mapas más detallados resultado de estudios específicos para las regiones objeto de estudio. - Otros cuerpos de agua lénticos: embalses, lagunas y demás.
Construcción espacial de la red ecológica (EEP)	Una vez se tienen por separado los mapas de las áreas núcleo, las áreas de amortiguamiento, las áreas de uso múltiple y los corredores, se realiza una integración espacial de estos cuatro mapas para conformar la red ecológica, la cual será la expresión espacial de la Estructura Ecológica Principal (EEP). El mapa estará acompañado de una leyenda que presente las distintas áreas núcleos, los corredores, las zonas de amortiguación y las zonas de uso múltiple, las cuales cumplen con los principios de la EEP y se aproxima a la meta y los objetivos propuestos para el área estudiada.
Validación y ajuste en campo de las áreas de la red ecológica (EEP)	Para efectos de validar el ejercicio técnico, se diseñaron rutas de verificación en terreno de los distintos elementos de la red ecológica. Esta validación permitió identificar de primera mano el estado de conservación de algunos de los elementos de la EEP, la pertinencia de cada una de las áreas y elementos planteados, el uso del suelo y tipos de coberturas y paisajes en estas áreas y las posibles presiones antrópicas. Esto permitió ajustar algunas áreas y tener la garantía de que la red ecológica diseñada es viable y coherente con la realidad física y observable de las unidades hidrológicas priorizadas.
Socialización y retroalimentación	Se promovieron encuentros para el diseño de los corredores biológicos. Se contó con un grupo de expertos y conocedores de las especies de flora de la región objeto de estudio, sus hábitats y demás características específicas. Una vez obtenido el mapa de la red ecológica, se convocaron distintos actores con amplio conocimiento del territorio. Ellos contribuyeron a afinar en un primer momento las áreas de la red ecológica y dar sus apreciaciones frente a la viabilidad de la implementación de la EEP.

Identificar los elementos que conforman la EETA permite reconocer el papel de cada lugar en la red ecológica del territorio. De esta forma, una vez seleccionadas las áreas de trabajo para el proyecto GEF Alta Montaña, fue posible diferenciar, dentro del ordenamiento, tres tipos de intervención que exigieron tipos de intervención diferentes.



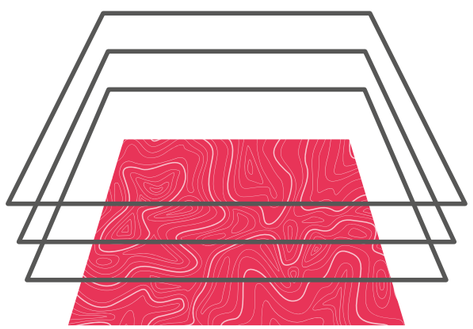
Tipo de intervención 1. Áreas núcleo o áreas para la protección

Áreas de importancia en la prestación de servicios ecosistémicos para la regulación y el suministro hídrico que pueden estar bajo alguna categoría del sistema de áreas protegidas, o de acuerdo con determinantes ambientales en la categoría de protección, o reconocidas por la comunidad para la protección.



Tipo de intervención 2. Áreas de uso múltiple o áreas de producción sostenible

Las áreas de producción agropecuaria, que en algunos instrumentos municipales se clasifican como áreas para la producción sostenible, corresponden a mosaicos de paisajes donde se encuentra la mayor parte de la población rural campesina y la actividad principal permitida es la producción agropecuaria sostenible. Las medidas de adaptación en este caso se enfocan en lograr mayor sincronía entre las organizaciones sociales, los modelos productivos y los ecosistemas de soporte, apostándole a la construcción de un imaginario en el que se les reconozca como uno solo y trabajar para lograr la sostenibilidad del todo.



Tipo de intervención 3. Áreas de uso múltiple o áreas de producción sostenible condicionadas

Para esta intervención se contemplan áreas caracterizadas por contar con una reglamentación establecida o por estar en proceso de reglamentación hacia un uso de suelo que prioriza la conservación, pero es esencial que cuenten con un gran número de pobladores rurales que dependan de estos territorios para subsistir. Las medidas de adaptación se orientan a armonizar el uso y la vocación del suelo, el grado de resiliencia y la vocación de la familia. De esta manera, se combinan acciones que respetan los medios de subsistencia con la promoción de una transición hacia formas de vida más sostenibles que convengan con las propuestas por los instrumentos de gestión de las áreas de conservación.

Caracterización

La caracterización permitió identificar, en las áreas núcleo y los corredores biológico y amortiguador, los factores que los mantienen en su estado actual de degradación, conocer los elementos del paisaje que pueden aumentar la resiliencia de los ecosistemas y, además, seleccionar las especies. Para el caso de las áreas de uso múltiple y para actividades de bajo impacto, se realizó un *análisis de resiliencia* mediante una metodología que permite comprender el estado de las condiciones ambientales, sociales, culturales y económicas de una unidad productiva bajo la perspectiva de escenarios de cambio climático.

En los predios seleccionados para la implementación de las medidas de adaptación se realizó una caracterización donde se consultó la información secundaria disponible en estudios previos de la región, y fuentes de información primaria a través de entrevistas a la comunidad de la zona. Así, con base en la caracterización se formularon las medidas de adaptación con la participación de las comunidades locales de la región.

Caracterización de tensionantes, limitantes y potenciadores de la restauración

En el caso de las áreas núcleo o áreas para la protección, la caracterización se basó en el análisis de tensionantes, limitantes y potenciadores. Por una parte, se entienden como tensionantes los factores que inciden en la recuperación y provienen de afuera del sistema (Figura 43). Por su parte, los limitantes son las características propias del área que impiden el desarrollo del ecosistema, mientras que los potenciadores son atributos internos y externos al sistema que facilitan y aceleran su restablecimiento (Barrera y Ríos, 2002; Jarro, 2004; Barrera *et al.*, 2010) (Figura 44). Por consiguiente, reconocer tales factores contribuye a la planeación adecuada de las estrategias y técnicas en la restauración, con el fin de proponer alternativas para recuperar componentes que dificulten el proceso (Cabrera y Ramírez, 2014).

Factores limitantes

- Dominancia de especies con características invasoras que limitan el desarrollo de especies nativas.
- Presencia de un banco de semillas con dominancia de especies invasoras.
- Ausencia de propágulos.
- Predación de semillas por animales.
- Ausencia de un banco de semillas del ecosistema original.
- Ausencia de animales dispersores.
- Baja presencia de vegetación nativa herbácea, arbustiva y arbórea que proteja al suelo de la radiación solar directa.
- Suelo compactado que limita la infiltración de agua.
- Escasez de nutrientes, que limita el desarrollo de la vegetación.
- Acidez del suelo.
- Procesos erosivos.

Figura 43. Áreas afectadas por uso agropecuario, con alta presencia de especies exóticas invasoras en predios públicos (Tausa, Cundinamarca)





Figura 44. Panorámica de un área afectada por uso agropecuario (a) y otra por heladas (b) (Tausa, Cundinamarca)



Figura 45. Panorámica de un área afectada por uso agropecuario en un predio público del municipio de Cogua (Cundinamarca) con presencia de vegetación nativa en las partes altas del predio



Factores tensionantes

- Mayor probabilidad de incendios.
- Heladas.
- Viento.
- Dispersión de semillas de especies invasoras hacia áreas adyacentes.
- Tránsito de vehículos y de gente.
- Pastoreo de animales que acceden a las áreas a restaurar.
- Caza.
- Tala.

> Por consiguiente, reconocer tales factores contribuye a la planeación adecuada de las estrategias y técnicas en la restauración

Factores potenciadores

- Presencia de parches o relictos de vegetación nativa.
- Banco de semillas germinables de especies nativas.

Para el caso de los predios de propiedad pública destinados a la conservación y sin presencia de comunidades, el análisis se hizo siguiendo los criterios propuestos por Barrera *et al.* (2010):

1. Tipos de áreas adyacentes al área por restaurar y sus tamaños.
2. Amenazas o daños potenciales que los sistemas vecinos pueden generar sobre el área por restaurar.
3. Implicaciones de los disturbios presentes en el área que se va a restaurar. En el caso de que se presenten varios, se debe hacer una valoración de cada uno; si no es así, se debe omitir esta consideración.
4. Bienes y servicios que presta el área.

Con esta información es posible definir y diseñar las estrategias de restauración. Adicionalmente, estos insumos facilitan la selección de especies requeridas para los diseños de plantación, considerando que la reintroducción de plantas en las áreas degradadas es una herramienta útil para solucionar o mitigar en gran medida la mayoría de los factores tensionantes y limitantes. La vegetación también genera una gran variedad de relaciones ecológicas positivas que le otorgan al proceso de restauración y al ecosistema beneficios como estabilidad del sustrato, control de la erosión, mejora en los procesos hidrológicos y del ciclo de nutrientes, captura y transferencia de energía, calidad paisajística, regulación microclimática, recuperación de hábitats para la fauna, entre otros (Cabrera y Ramírez, 2014) (Figura 45).

Análisis de resiliencia predial: el puente entre el qué y el porqué

Para el caso de las áreas de uso múltiple o áreas de producción sostenible condicionadas, la caracterización se basó en el análisis de resiliencia a nivel predial. Con esto se logró conocer el estado de las condiciones ambientales, sociales, culturales y económicas de una unidad productiva bajo la perspectiva de riesgo climático.

Cuando se analiza la capacidad de los ecosistemas y las comunidades para hacer frente a potenciales impactos climáticos de manera que puedan responder o reorganizarse preservando su bienestar, identidad y organización social, al igual que la capacidad de adaptación, aprendizaje y transformación, se está hablando de la definición de resiliencia establecida para los ecosistemas por el IPCC (2014). Es entonces este uno de los conceptos que definen la probabilidad de recuperación ante las consecuencias del cambio climático y, por ello, una característica que determina la probabilidad de adaptación.

Existen diversas estrategias a las que se les reconoce la capacidad de incrementar la resiliencia; entre ellas, una de las más relevantes es el aumento de la diversidad. Se afirma que en los sistemas diversos, cuando se presentan los eventos y uno de los elementos de soporte falla, la existencia de otros que pueden prestar la misma función incrementan la probabilidad de que el sistema se pueda sobreponer. A esta característica la han definido como redundancia construida (Altieri y Nicholls, 2013). En los agroecosistemas, la diversidad se traduce en heterogeneidad ecológica, lo que incrementa las opciones para mejorar la capacidad de respuesta ante el impacto de las amenazas hidroclimáticas exacerbadas por el cambio climático.

La capacidad de construir resiliencia en un agroecosistema también está directamente relacionada con el nivel de organización que logran las comunidades, puesto que la organización social determina la capacidad del colectivo para hacer frente a las dificultades que se presenten. Por esto, cuando se piensa en medidas para incrementar la capacidad adaptativa de los agroecosistemas, un componente fundamental tiene que ver con el desarrollo del ser humano y la organización social dentro de las dinámicas de su territorio.

Algunos estudios plantean que los efectos del cambio climático van a modificar notoriamente las condiciones de vida de las personas, tal como lo confirma el análisis sobre escenarios de cambio climático realizado en el proyecto. No obstante, y en consonancia con lo que afirman Altieri y Nicholls (2013), se cree que estos cambios varían de región en región, y lo más probable es que los efectos más dramáticos se presenten en las zonas en donde se ha venido concentrando la pobreza, donde los climas tienden a los extremos.

Todo indica que los campesinos más pobres se encuentran entre las personas especialmente vulnerables a los impactos del cambio climático debido a que se concentran en las zonas en donde existe la probabilidad de que se presenten los cambios más notorios en el clima, y también porque los bajos ingresos y la dependencia de la agricultura para su sobrevivencia limitan su capacidad para encontrar otras alternativas de vida (Altieri y Nicholls, 2013). Para estos grupos de personas, pequeños cambios en el clima representan la posibilidad de impactos desastrosos que pueden determinar la permanencia o desaparición de sus formas de vida, y de ahí se deriva la necesidad de promover medidas que entre otras cosas aporten al mejoramiento de sus condiciones económicas.

En concordancia con el planteamiento del IPCC, el GEF Alta Montaña llevó a cabo un análisis integral de la unidad productiva que permite obtener una mirada global de las condiciones en que se encuentra. Para ello se emplearon 13 indicadores que se consolidaron en tres dimensiones de análisis, con las cuales se pudo valorar la situación ambiental, sociocultural y económica de cada una de las familias y su unidad productiva (Tabla 22). Este análisis evidencia cuáles elementos que caracterizan la relación medio natural/familia/comunidad deben ser fortalecidos para reducir su vulnerabilidad e incrementar su capacidad adaptativa (Figura 46).

> Es entonces este uno de los conceptos que definen la probabilidad de recuperación ante las consecuencias del cambio climático y, por ello, una característica que determina la probabilidad de adaptación.

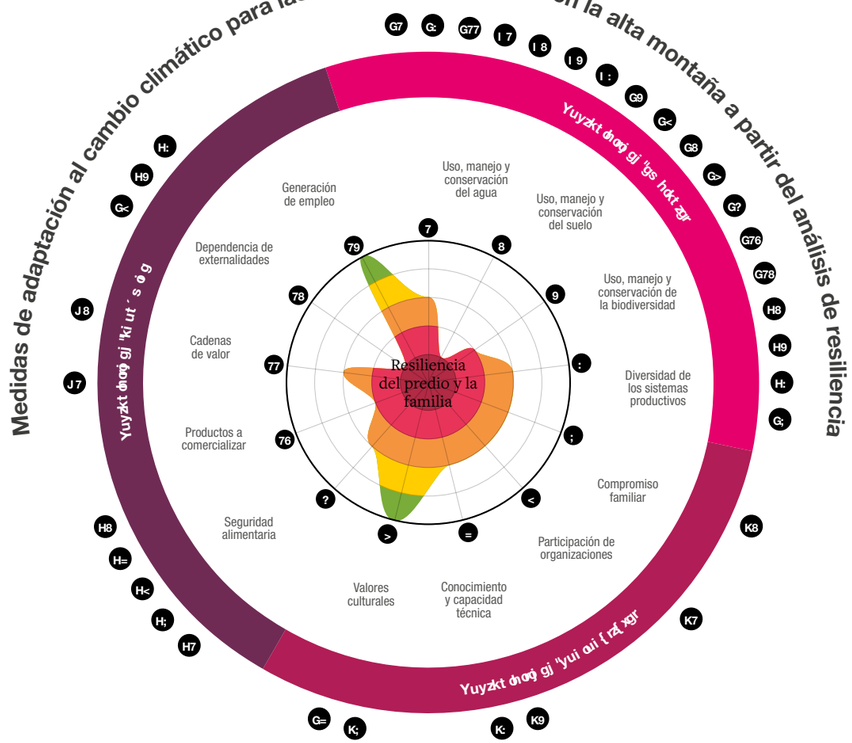
Tabla 22. Dimensiones de análisis de resiliencia para la unidad productiva

Grupos de la resiliencia	No	Indicador
Sostenibilidad ambiental	1	Uso, manejo y conservación del agua
	2	Uso, manejo y conservación del suelo
	3	Uso, manejo y conservación de la biodiversidad
	4	Nivel de diversidad de los sistemas productivos
Sostenibilidad sociocultural	5	Compromiso familiar
	6	Nivel de participación en organizaciones comunitarias
	7	Nivel de conocimiento y capacitación técnica para manejo de la unidad productiva
	8	Valores culturales
Sostenibilidad económica	9	Seguridad alimentaria (autosuficiencia)
	10	Mercado (productos para comercializar)
	11	Mercado (cadenas de valor)
	12	Dependencia de externalidades
	13	Generación de empleo

La Figura 52 ilustra la relación entre los indicadores valorados en el análisis de resiliencia de la unidad productiva y las medidas y tratamientos de adaptación al cambio climático implementados por el proyecto.

Figura 46. Indicadores de la resiliencia y su relación con las medidas y tratamientos de adaptación al cambio climático en la alta montaña

Fuente: GEF Alta Montaña, 2018.



G **Restauración, recuperación y rehabilitación ecológica para disminuir impactos climáticos en la regulación hídrica, biodiversidad y producción rural**

- G7 Aislamientos de áreas de importancia para regulación hídrica
- G8 Enriquecimiento de relictos de vegetación nativa
- G9 Recuperación de zonas aledañas a reservorios
- G: Recuperación de áreas degradadas de importancia hídrica
- G; Franjas multifuncionales
- G< Cerca vivas multiestrato
- G= Jardines campesinos
- G> Eliminación y control de especies invasoras
- G? Perchas artificiales
- G76 Refugios para mamíferos
- G77 Trampas de niebla
- G78 Bancos de forraje para mamíferos silvestres

H **Adaptación de sistemas productivos para disminuir impacto del clima en regulación hídrica**

- H7 Producción de alimentos con enfoque agroecológico
- H8 Policultivos andinos con enfoque agroecológico
- H9 Sistema silvopastoril para recuperación de áreas degradadas
- H: Sistemas agroforestales para recuperación de áreas degradadas
- H; Sistemas de producción de gallina bajo pastoreo
- H< Sistemas de producción de unidades apícolas
- H= Producción alimentos bajo invernadero con cosecha de agua

I **Uso eficiente del agua para disminuir el impacto del clima en la dinámica productiva, social y ecológica**

- I 7 Sistemas de captación de agua lluvias en reservorios
- I 8 Sistemas riego intrapredial por aspersión
- I 9 Bebederos sustitutos para ganado
- I : Sistemas sépticos

J **Desarrollo de cadenas de valor y comercialización para la sostenibilidad de medidas de adaptación**

- J7 Desarrollo cadenas de valor
- J8 Fortalecimiento de esquemas de comercialización

K **Fortalecimiento de la gobernanza para la adaptación**

- K7 Fortalecimiento de organizaciones locales
- K8 Fortalecimiento de capacidades para la adaptación
- K9 Investigación
- K: Monitoreo comunitario
- K; Comunicación

Resiliencia

- 7 Uso, manejo y conservación del agua.
- 8 Uso, manejo y conservación del suelo.
- 9 Uso, manejo y conservación de la biodiversidad.
- : Nivel de diversidad de los sistemas productivos.
- ; Compromiso familiar.
- < Nivel de participación en organizaciones comunitarias.
- = Nivel de conocimiento y capacitación técnica para manejo de la unidad productiva.
- > Valores culturales.
- ? Seguridad alimentaria (autosuficiencia).
- 76 Mercado (productos para comercializar).
- 77 Mercado (cadenas de valor).
- 78 Dependencia de externalidades.
- 79 Generación de empleo.

El análisis de resiliencia fue el instrumento por medio del cual se adelantaron el diagnóstico y la selección de las medidas y tratamientos de adaptación al cambio climático para las unidades productivas que hicieron parte de los escenarios 2 y 3, resultantes del análisis de determinantes ambientales descrito en el capítulo anterior. Estos escenarios corresponden respectivamente a áreas para la producción sostenible y para el uso sostenible (o la producción sostenible con restricciones). En la Tabla 23 se resaltan con fondo amarillo los tratamientos que presentan barreras para su implementación en el escenario 3 y para los cuales se requiere particular atención e innovación.

Tabla 23. Relación entre indicadores de la resiliencia de las unidades productivas y las medidas de adaptación al cambio climático

ANÁLISIS DE RESILIENCIA		MEDIDAS DE ADAPTACIÓN PARA INCREMENTAR LA RESILIENCIA DE LAS UNIDADES PRODUCTIVAS																												
		AbE											AbI	C	AbC															
		A. Restauración, recuperación y rehabilitación ecológica para disminuir impactos climáticos en la regulación hídrica, biodiversidad y producción rural											B. Adaptación de sistemas productivos para disminuir impacto del clima en regulación hídrica							C. Uso eficiente del agua para disminuir el impacto del clima en la dinámica productiva, social y ecológica				D. Desarrollo de cadenas de valor y comercialización		E. Fortalecimiento de la gobernanza para la adaptación					
COMPONENTE	IND	Tratamientos																												
		A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	A11	A12	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	C1	C2	C3	C4	D1	D2	E1	E2	E3	E4	E5
Sostenibilidad Ambiental	1	X	X		X	X						X								X	X	X	X	X						
	2	X	X	X	X	X	X	X						X		X	X							X							
	3	X	X	X	X	X		X	X	X	X		X		X		X		X												
	4						X							X	X	X	X	X	X												
Sostenibilidad Sociocultural	5																										X				X
	6																										X				
	7																										X	X	X	X	X
	8							X																				X			X
Sostenibilidad económica	9													X	X	X	X	X	X												
	10													X	X		X	X	X												
	11																								X	X					
	12						X							X	X	X	X														
	13													X	X			X							X	X					

Implementación de las medidas de adaptación

Un análisis participativo e interdisciplinario

Como se mencionó, en el marco del GEF Alta Montaña la caracterización de los predios que se encuentran en áreas con usos de conservación se adelantó por medio del análisis de tensionantes, limitantes y potenciadores, mientras que en los predios que hacen parte de áreas de producción sostenible y con restricciones se realizó el análisis de resiliencia (Figura 47). En los predios de uso público, en particular, fue conveniente la vinculación de los entes territoriales encargados de su administración, y para los predios de propiedad privada se trabajó con las familias propietarias. Para los predios en suelo de conservación, la caracterización se hizo con participación de la comunidad del entorno y con delegados de los entes territoriales o de las instituciones encargadas de su administración. En todos los casos fue indispensable la participación comunitaria para llegar a consensos que facilitaron la planificación y representen garantía de la sostenibilidad de las intervenciones.

El análisis participativo e interdisciplinario entre extensionistas y familias ayuda a comprender las diferentes visiones que se tienen de los elementos naturales dentro del contexto territorial. Para algunos de ellos, por ejemplo, el agua y el suelo son elementos similares a insumos que se emplean para la producción, y por ello es común que asuman posiciones en las cuales determinan que cada metro cuadrado de suelo que no entra al proceso de cultivo o ganadería es suelo improductivo. La expectativa de incrementar ingresos por las actividades agropecuarias se convierte en el principal motivador del proceso de deforestación y de fragmentación de la estructura ecológica, lo que a la vez se refleja en la pérdida de la capacidad de regulación hídrica de los agroecosistemas.

Planificación predial participativa con enfoque de adaptación basada en ecosistemas

El modelo de planificación promueve acciones integrales de rehabilitación ecológica, sistemas de producción sostenibles, fortalecer los roles familiares en la adaptación y desarrollar habilidades que surjan de la construcción de saberes, todo ello para mejorar la capacidad de respuesta al cambio climático para la regulación hídrica en las unidades productivas. El proceso ayuda a las familias a definir las metas de transformación en las unidades productivas en el tiempo y suministra los instrumentos e indicadores para hacer seguimiento y monitoreo del proceso (Figura 48).



Figura 47. Ejemplo de diseño de medidas de adaptación para unidades productivas en territorios de producción sostenible.



Fuente: Conservación Internacional, 2019.

Luego de identificar las medidas de adaptación más convenientes, el paso siguiente es seleccionar el lugar en donde deben implementarse. Para ello, lo recomendado es actualizar toda la planificación de toda la unidad productiva. Esta es una labor en la que se deben tener en cuenta las plantas, los animales, el agua el suelo y las personas; por lo tanto, es necesario hacerla bajo un modelo de construcción colectiva, de manera que realmente se traduzca en una solución a problemas comunes. Se requiere entonces vincular la mayor cantidad de personas posible para que los procesos aporten no solamente el medio natural, sino que además generen cambios sociales que contribuyan a una mejor relación de los individuos con la naturaleza.

A partir del plano de la situación actual, se debe dibujar el plano del predio futuro, dando un enfoque de plan de vida familiar, o plan de manejo para el caso de los predios de conservación, ilustrando todos aquellos lugares que deben recuperarse y conservarse y, en caso de que el uso del suelo lo permita, aquellos que seguirán dedicados a la producción. Lo recomendado es asignar el uso futuro más conveniente para cada lugar dependiendo de sus características.

Existen diferentes propuestas para esta parte del ejercicio, pero la recomendación es emplear las siguientes categorías de uso:

Zonas de conservación en la unidad productiva: áreas donde se concentran los elementos de la naturaleza más importantes, aquellos en los que debe hacerse un esfuerzo especial por cuidarlos.

a. Áreas de nacimiento, regulación y captación de agua para consumo humano.
b. Rondas de ríos y quebradas.
c. Áreas donde son comunes especies con amenaza de extinción.
d. Zonas de bosque con vegetación nativa.
e. Corredores ecológicos estratégicos para la conectividad de los parches de vegetación existentes.

Zonas de amortiguación en la unidad productiva: lugares que se encuentran entre las actividades productivas y las áreas de conservación. Cumplen, entre otras cosas, la función de contener situaciones que ponen en riesgo las áreas de conservación. Muchas veces son áreas conservadas que están en proceso de pasar a ser de explotación agropecuaria o también a la inversa: áreas de explotación agropecuaria que están en tránsito a volverse de conservación.

a. Áreas enrastrojadas.
a. Zonas con procesos erosivos.
a. Zonas afectadas por especies invasoras.
a. Áreas de cultivo o potrero que se empantanan.
a. Áreas de cultivo o potrero con pendientes muy pronunciadas.
a. Zonas de baja productividad agropecuaria.
a. Todos los linderos de potreros y caminos.

Zonas de producción agropecuaria en la unidad productiva: todos aquellos lugares en donde la ganadería y la agricultura son convenientes.

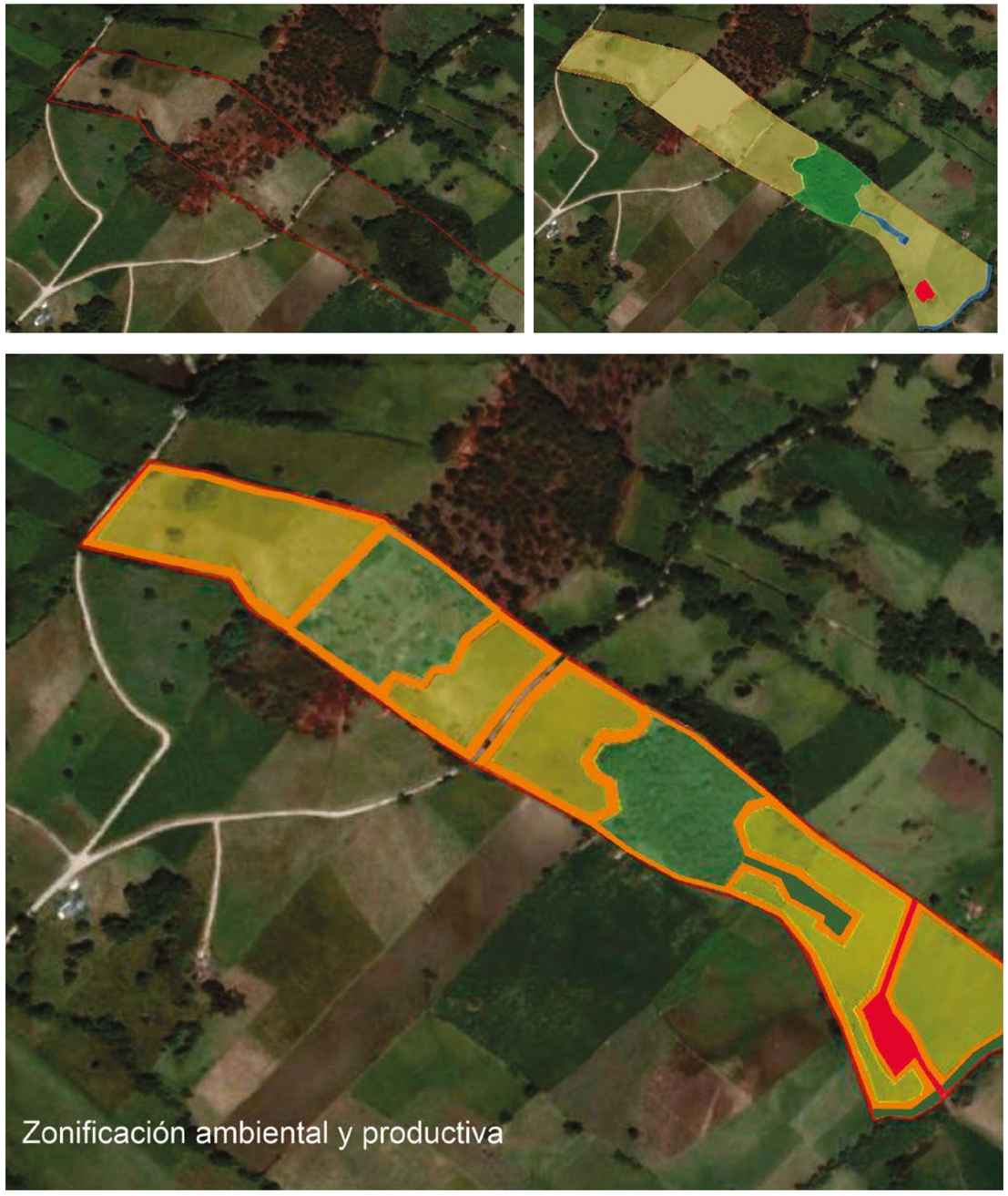
a. Áreas más planas y fértiles.
a. Zonas estables sin problemas de erosión.
a. Áreas de fácil acceso.
a. Áreas apartadas de las zonas de nacimientos de agua.
a. Áreas de cultivo o potrero que se empantanan.

Zonas de equipamiento en la unidad productiva: son todos aquellos lugares en donde se concentran las actividades humanas asociadas a vivienda, desplazamiento, instalaciones de producción agropecuaria, transformación de productos y almacenamiento de insumos o productos.

a. Viviendas.
a. Plantas de transformación y bodegas.
a. Carreteras y caminos.
a. Establos, apriscos, galpones, etc.



Figura 48. Proceso de planificación ambiental con enfoque de conservación.



Una vez definidas las áreas para estas cuatro categorías, se puede determinar en cuáles se pueden ubicar las actividades específicas que el análisis de resiliencia determinó como las más convenientes. La Tabla 24 brinda una orientación al respecto.

Tabla 24. Zonificación de las actividades específicas para la adaptación al cambio climático dentro de la unidad productiva

ZONA DE CONSERVACIÓN Actividades	**ZONA DE PRODUCCIÓN AGROPECUARIA SOSTENIBLE** Actividades
A1. Aislamientos de áreas de importancia para regulación hídrica A2. Enriquecimiento de relictos de vegetación nativa A3. Recuperación de áreas degradadas de importancia hídrica A8. Control y erradicación de especies invasoras A9. Perchas artificiales A10. Refugios para mamíferos A11. Trampas de niebla A12. Bancos de forraje para mamíferos silvestres	A5. Franjas multifuncionales B2. Rescate de Cultivos andinos con enfoque agroecológico B1. Producción de alimentos con enfoque Agroecológico B4. Sistema agroforestal para la recuperación de áreas de cultivo degradadas C3. Red de distribución de agua C4. Bebederos sustitutos para ganado
ZONA DE AMORTIGUACIÓN Tratamientos	**ZONA DE EQUIPAMIENTOS** Tratamientos
A1. Aislamientos de áreas de importancia para regulación hídrica A2. Enriquecimiento de relictos de vegetación nativa A3. Recuperación de áreas degradadas de importancia hídrica A4. Recuperación de zonas aledañas a reservorios A6. Cerca vivas multiestrato A8. Control y erradicación de especies invasoras A11. Trampas de niebla B3. Sistema silvopastoril para la recuperación de áreas ganaderas degradadas B6. Producción de unidades apícolas C2. Reservorio para aguas lluvias	A5. Franjas multifuncionales A6. Cerca vivas multiestrato A7. Jardines campesinos B1. Producción de alimentos con enfoque Agroecológico B5. Producción de huevos de gallinas bajo pastoreo. C1. Cosecha de agua lluvia C5. Pozos Séptico
	TRANSVERSALES A LA UNIDAD PRODUCTIVA Tratamientos
	D1. Desarrollo de cadenas de valor D2. Fortalecimiento de los esquemas de comercialización E1. Fortalecimiento de organizaciones locales E2. Fortalecimiento de capacidades para la adaptación E3. Investigación E4. Monitoreo comunitario E5. Comunicación

Monitoreo para la adaptación

El GEF Alta Montaña desarrolló una estrategia de monitoreo como mecanismo de evaluación *ex post* cuantitativa de los impactos de las medidas de adaptación implementadas, tanto en la regulación hídrica de las áreas priorizadas como en el bienestar de las comunidades involucradas. Teniendo en cuenta la complejidad que supone la medición del estado y tendencias de la adaptación en el contexto de la alta montaña, el proyecto estableció distintas escalas espaciales y temporales para el diseño y puesta en marcha de este sistema, así como los diferentes componentes o ámbitos temáticos en los cuales se enmarcó.

Referente a las escalas espaciales, se contó con áreas de subzona hidrográfica, complejo de páramo, corredor Chingaza-Sumapaz-Guerrero, unidad hidrológica y municipio, y con las acciones del sistema de monitoreo del proyecto se logró llegar al nivel de predios públicos, cuencas de quinto orden, fincas/predio y parcelas de monitoreo. En cuanto a escala temporal, se incorporaron dos: la primera a corto plazo, establecida como el tiempo de levantamiento de la línea base: toma de datos por medio protocolos de monitoreo, convenios de investigación, modelación y simulación de escenarios de gestión, y fortalecimiento de capacidades de la comunidad local, comunidad académica y organizaciones locales de las cuencas vinculadas al proyecto; la segunda, a mediano y largo plazo, estuvo basada en la estrategia de monitoreo comunitario del clima. Todo con el propósito de representar la complejidad de la cuenca y lo que implica el monitoreo, el análisis y la evaluación de los servicios ecosistémicos de regulación hídrica y suministro de agua y bienestar humano.

Los componentes definidos fueron: 1) hidrometeorológico y climatológico, 2) ecohidrológico y de diversidad funcional. La metodología para abordar los diferentes componentes de monitoreo bajo diferentes escalas espaciales se presenta en la Tabla 25.

Tabla 25. Metodología del sistema de monitoreo establecida para los componentes del sistema bajo diferente escala espacial

Escala espacial		Componentes del sistema de monitoreo		
Ámbito	Área	Hidrometeorológico y climatológico	Ecohidrológico y diversidad funcional	Monitoreo comunitario
Corredor	6000 a 8000 km^2	Red de estaciones socios	N.D.	N.D.
Unidad hidrológica y cuencas	5 a 150 km^2	Toma de datos meteorológicos, hidrológicos y agrometeorológicos	Modelación hidrológica y de paisaje de acuerdo diversidad funcional a escala de paisaje	Nodos de la red de monitoreo comunitario
Predios públicos y privados	0.25 a 2.5 km^2	Monitoreo comunitario y participativo meteorológico local.	Simulación de escenarios de paisaje.	Monitoreo comunitario del clima
Parcelas	0.01 a 6.4 km^2	N.D.	Línea base ecohidrológica.	Monitoreo de producción de leche asociado al clima.

Monitoreo hidrometeorológico y climatológico

Se realizó el levantamiento de información desde septiembre de 2019. En campo se instalaron dos puntos de monitoreo agrometeorológico y seis hidrométricos que registraron, cada 15 minutos, datos de: precipitación, temperatura, humedad relativa, velocidad y dirección del viento, precipitación horizontal, temperatura del suelo, humedad del suelo y niveles del agua en las corrientes monitoreadas (Figuras 49 y 50).



Figura 49. Punto de monitoreo agrometeorológico CI_001, cuenca río San Francisco con visualización de datos en la web de Canal Clima S. A. S.

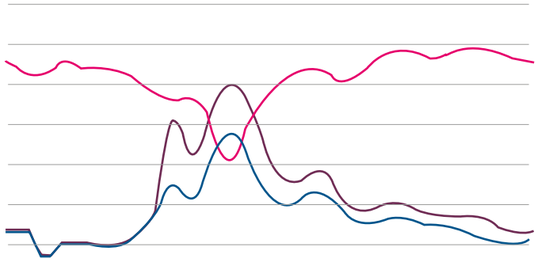
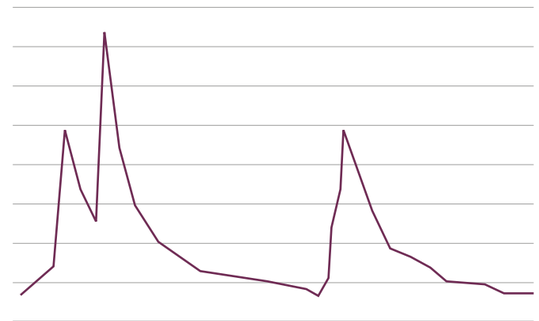




Figura 50. Visita a punto de monitoreo hidrológico CI_007, cuenca río San Francisco con visualización de datos en la web de Canal Clima S. A. S.



Monitoreo comunitario y participativo

Se formuló como la estrategia de monitoreo a largo plazo que hace posible el monitoreo de la efectividad de las medidas de adaptación aplicadas a la realidad socioeconómica y ambiental del área, y se ajusta a la incertidumbre que generan la incidencia de futuros motores de cambio socioeconómico y los escenarios de cambio climático. Este es un proceso continuo, donde los usuarios locales registran sistemáticamente información sobre el clima asociado a los servicios ecosistémicos, de manera tal que evalúan y siguen adoptando las medidas de gestión y adaptación necesarias para sus predios.

El trabajo se enmarcó en el proceso de fortalecimiento a las comunidades a partir del conocimiento de su entorno y del impacto que tienen las prácticas realizadas no solamente en el ambiente, sino en su productividad y calidad de vida. Los miembros de la red monitorean las variables de precipitación cada 24 horas, y las de temperatura máxima y mínima y humedad máxima y mínima cada 12 horas, así como los eventos de heladas. Además, estas personas apoyaron el monitoreo ecohidrológico por medio del monitoreo de lluvia horizontal, y han efectuado un monitoreo asociado a la producción de leche con el fin de establecer la influencia del clima local y los rangos de las variables monitoreadas que generen óptimos de dicha producción.

Monitoreo ecohidrológico

En convenio con la Pontificia Universidad Javeriana (PUJ), el proyecto desarrolló la selección y el protocolo de muestreo de los diferentes tipos de cobertura vegetal por medio de parcelas de monitoreo, cuantificando el aporte al balance hidrológico de la vegetación, los suelos y arreglos productivos priorizados (por medio de las variables medidas: precipitación, intercepción, evaporación, transpiración, escorrentía e infiltración), y el contenido de carbono en el suelo.

El trabajo realizado se centró en entender cuál es el balance ecohidrológico en diferentes coberturas vegetales de importancia en las áreas de las cuencas vecinas a la ciudad de Bogotá e involucradas en su suministro de agua. Además, se analizó cómo se afecta dicho balance con cambios en las coberturas acordes a diferentes escenarios de manejo: usos actuales, conservación y de expansión usos agrícolas, bajo una variación climática establecida a partir de los escenarios más pesimistas (RCP 6.0 y 8.5) en el corredor Chingaza-Sumapaz-Guerrero.

Los sitios de trabajo se seleccionaron a partir de coberturas vegetales de ecosistemas de referencia y sistemas productivos sostenibles como: bosque andino, páramo, vegetación secundaria, arbustales, praderas de pastoreo sin manejo, cultivos de papa, silvopastoril-praderas mejoradas, pino y retamo. Las parcelas de monitoreo ecohidrológico se establecieron en predios públicos, en predios privados de beneficiarios del proyecto y en predios que hacen parte del corredor de conservación en los municipios de Guatavita, Sesquilé, Guasca y, en Bogotá, en el área rural de la localidad de Usme. De igual forma, se identificó la diversidad vegetal en dichas parcelas y se analizó el efecto de los cambios del uso del suelo y de escenarios de cambio climático a escala de paisaje, en la oferta hídrica en las unidades hidrológicas priorizadas por el proyecto.

> “El proyecto desarrolló la selección y el protocolo de muestreo de los diferentes tipos de cobertura vegetal por medio de parcelas de monitoreo, cuantificando el aporte al balance hidrológico de la vegetación, los suelos y arreglos productivos priorizados”

Acuerdos de adaptación. Formalizando compromisos

Acuerdos de adaptación en predios privados:

La firma de acuerdos voluntarios para la implementación de las medidas de adaptación tiene como propósito principal establecer los compromisos de las partes y proyectar la sostenibilidad de las medidas implementadas. El acuerdo se firma entre el propietario del predio o su representante y un delegado de las organizaciones implementadoras, y se realiza por medio de un documento escrito que compila la estrategia de adaptación que se va a implementar en el predio, describe las características técnicas de las adecuaciones, las contribuciones de las partes y los compromisos para la sostenibilidad que asumen los involucrados. Se encuentra entre los ítems más importantes de la gestión social y técnica, puesto que debe atender a los planteamientos técnicos y financieros del proyecto y reflejar el alcance de las metas y los propósitos establecidos.

Esta labor requiere un esfuerzo de gestión técnica y social que puede tomar varios meses. Por ejemplo, la firma del acuerdo por parte de las familias, entre otras cosas, es una evidencia del nivel de sensibilización, confianza y compromiso que tienen con el proceso, lo cual difícilmente se puede lograr en el corto plazo. Temas como la propiedad de las tierras (estado de la tenencia), dificultades intrafamiliares o vecinales, la presencia de otras entidades con acciones similares o rigidez en su pensamiento frente a modificar las formas de producción son las situaciones que con más frecuencia impiden que los procesos de concertación se puedan lograr. Además, la gestión de los acuerdos para las instituciones no concluye con la firma del documento formal avalado y tampoco con la implementación de las medidas, sino que incluye acciones de seguimiento y acompañamiento a cada uno de los procesos.

Acuerdos de adaptación en predios públicos:

Las medidas de adaptación en predios públicos obedecen al establecimiento de acuerdos entre las instituciones y los beneficiarios, que son las entidades encargadas de su administración. Bajo este escenario, es común que las organizaciones que lideran las implementaciones pacten acuerdos con alcaldías, gobernaciones departamentales u otros organismos a los que se les haya delegado la responsabilidad de su custodia.

En razón a la necesidad de garantizar la sostenibilidad de las medidas, es un requisito de la planificación articularse con los instrumentos de gestión que determinan lo permitido y lo proyectado para los predios. De esta forma, las acciones concertadas deberán contribuir a la materialización de los instrumentos de ordenamiento territorial, las políticas nacionales y locales y los planes de manejo específicos en los predios, por lo que es normal que se enmarquen en convenios u otro tipo de instrumentos que habilitan la cooperación para el desarrollo local.

Es común que los gobernantes, a quienes se les encomienda dentro de sus tareas las protección de estos predios, se interesen casi exclusivamente por la gestión durante su gobierno. Sin embargo, las medidas de adaptación al cambio climático no deben limitarse por los períodos de gobierno; es necesario que trasciendan más allá de los mandatos de los gobernantes locales, por lo que además de articular con los proyectos de desarrollo local, es necesario informar y, en lo posible, involucrar a la comunidad como garante que haga control y puente con administraciones futuras.

Ejecución con participación comunitaria:

Como se mostró en la fase de planificación, es necesario motivar la participación de la comunidad para mejorar las habilidades en los grupos sociales y así potenciar su autoorganización y capacidad adaptativa. Al trabajo comunitario se le reconoce como uno de los elementos generadores del bienestar, y a la organización social como eje articulador del territorio e insumo básico para lograr la transparencia necesaria para la administración de recursos como el agua. También se considera a la organización comunitaria como ruta de gestión para el acercamiento de los procesos de capacitación técnica, y como estructura que permite el autocontrol social por medio de la cual se regulan los comportamientos que se salen de los acuerdos colectivos.

El GEF Alta Montaña le apostó a la vinculación de la comunidad convocando a espacios en donde fuera posible la participación, tanto en las fases de planificación como en la implementación de las medidas. Se espera además que la adaptación al cambio climático de los territorios constituya un proceso que permanezca más allá del cierre del proyecto. Los siguientes son algunos de los espacios dados para que la comunidad lograra un rol activo en el proceso:

- Selección de las áreas de interés estratégico para la conservación del recurso hídrico y otros servicios ecosistémicos en la microcuenca.
- Selección de las medidas de adaptación más pertinentes para los territorios.
- Planificación de las estrategias de adaptación al cambio climático para las unidades productivas con participación de las familias.

- Espacios de construcción de conocimiento y capacitación en restauración ecológica y procesos productivos sostenibles, generación de cadenas de valor y comercialización de productos y subproductos de la alta montaña.
- Implementación de acciones de restauración y rehabilitación ecológica a través de las organizaciones locales.
- Vinculación de personal local para el establecimiento de las medidas de adaptación.
- Adquisición de recursos locales para la implementación de las medidas de adaptación.
- Financiación y acompañamiento de iniciativas locales basadas en la naturaleza, orientadas a la búsqueda de bienestar de las familias, como estrategias de fortalecimiento social.

En una estrategia recíproca a los espacios brindados por el proyecto, las comunidades y las instituciones locales convocaron al GEF Alta Montaña a participar en iniciativas en el territorio. De esta forma, a lo largo del proceso, delegados del proyecto estuvieron involucrados en diferentes instancias de discusión de los instrumentos de gestión en el territorio, aportando en dinámicas sociales que dejan claro que la organización comunitaria se encuentra en el centro de la adaptación al cambio climático.

La formación para el fortalecimiento de las organizaciones y las comunidades

Los ambientes de aprendizaje naturales que se desarrollaron durante el proyecto estuvieron dirigidos a las familias, extensionistas, expertos e instituciones participantes. Principalmente, se buscó adelantar un proceso dinámico que llevara a la autogestión y al empoderamiento de los actores locales y de las instituciones que lideran en la región la adaptación a los cambios del clima.

En el caso de las microcuencas del río San Francisco (Sesquilé y Guatavita) y del río Chipatá (Guasca), las actividades de la estrategia de fortalecimiento de capacidades se plantearon de manera articulada con la implementación de las medidas de adaptación en restauración ecológica y sistemas productivos. De tal manera, las temáticas abordadas fueron resultado de acuerdos con los beneficiarios según las medidas de adaptación priorizadas para sus predios: planificación a escala predial ante el cambio climático, producción de alimentos con enfoque agroecológico, salud del suelo y del agua, biofertilizantes, maquinaria agrícola, sistemas productivos (apicultura, silvopastoriles, agroforestales), restauración ecológica (propagación de material vegetal, diseños florísticos), comercialización y desarrollo de productos con agregación de valor.

Durante el desarrollo del análisis de resiliencia y los acercamientos al territorio, se identificó que el uso de herramientas pedagógicas como “aprender haciendo” y el “conocimiento de campesino” serían relevantes para el éxito de las acciones por implementar. Adicionalmente, se dio prioridad a la generación de confianza entre el proyecto y las comunidades como un aspecto clave para el éxito y la diferenciación del trabajo propuesto.

Para el caso de la microcuenca del río Chisacá, la estrategia se ajustó teniendo en cuenta que todos los predios priorizados hacen parte del área incluida en la delimitación del complejo de páramos de Cruz Verde-Sumapaz, por lo que las actividades productivas están prohibidas. Así pues, las medidas de adaptación se direccionaron hacia la restauración ecológica y el fortalecimiento de capacidades. Allí se identificaron dos colectivos de mujeres que vienen trabajando con la comunidad desde hace varios años, y en reconocimiento del papel de la mujer en el desarrollo comunitario y la defensa del territorio se acordó que el ejercicio de participación tendría las siguientes líneas temáticas: i) fortalecimiento de la mujer en la vida productiva familiar ante las condiciones cambiantes, como instrumento para avanzar en la equidad de género; ii) el fortalecimiento de la mujer en la gestión del cambio climático a nivel local, y iii) el fortalecimiento de la mujer en el liderazgo comunitario.



Comunicar: la columna vertebral

De la mano con el fortalecimiento de capacidades, el proyecto le apostó a la comunicación como estrategia para la ruta de transferencia de la información y el conocimiento generados, principalmente a las comunidades locales y en general a todos los actores que en algún momento se vincularon con esta iniciativa. En ese orden de ideas, la divulgación fue un esfuerzo continuo por mostrar los impactos del clima en la disponibilidad y regulación de agua en el área, así como las experiencias exitosas de manejo en adaptación a la variabilidad y cambio climático. Las audiencias a las que se dirigieron los mensajes fueron:

Institucional:

entidades involucradas en la gestión de riesgos e implementación de medidas para la adaptación al cambio climático. Entre ellas, las instituciones socias del proyecto como: Minambiente, GEF, BID, IDEAM, CAR, Corpoguavio y Acueducto de Bogotá.

Comunidades beneficiarias del proyecto:

el público principal del proyecto. Con las familias beneficiarias se tejieron lazos de confianza que permitieron abrir la puerta para el trabajo en sus predios y luego para compartir información que llevara a la acción y a la transformación.

Tomadores de decisiones:

funcionarios, tomadores de decisiones de la Rama Ejecutiva, legisladores de los Gobiernos locales y regionales. Con ellos se compartió un enfoque ecosistémico de la planificación territorial, y se identificaron las principales amenazas relacionadas con la variabilidad y el cambio climático y las medidas más apropiadas para reducir la vulnerabilidad en la región.

Público general (poblaciones locales de los municipios):

al que se buscó sensibilizar sobre la necesidad de desarrollar estrategias de adaptación y apropiación de soluciones frente a los efectos del cambio climático y también para dar a conocer las acciones y logros del proyecto a niveles local, regional y nacional.

Con los públicos establecidos, se identificaron también algunos enfoques que tiene la comunicación para el desarrollo, para de esta forma tener un marco conceptual que guiara los objetivos generales de la estrategia:

Comunicación para el cambio de comportamiento:

Un “proceso interactivo para desarrollar mensajes y enfoques a través de una mezcla de canales de comunicación con el objetivo de fomentar y preservar comportamientos positivos y adecuados” (Gómez, R. y Camacho, 2009). Considerando que los cambios sociales e individuales son dos caras de la misma moneda, se promovió el desarrollo de mensajes adaptados, un mayor diálogo y competencia local, teniendo como foco la aspiración y el alcance de resultados que mejoren el bienestar de las personas.

La comunicación para el cambio de comportamiento fue clave para el desarrollo de mensajes y acciones destinadas a las comunidades beneficiarias del proyecto, así como al público general, muchos ubicados en Bogotá, para quienes era fundamental que entendieran la conexión de la alta montaña con el servicio de agua que reciben en sus casas.

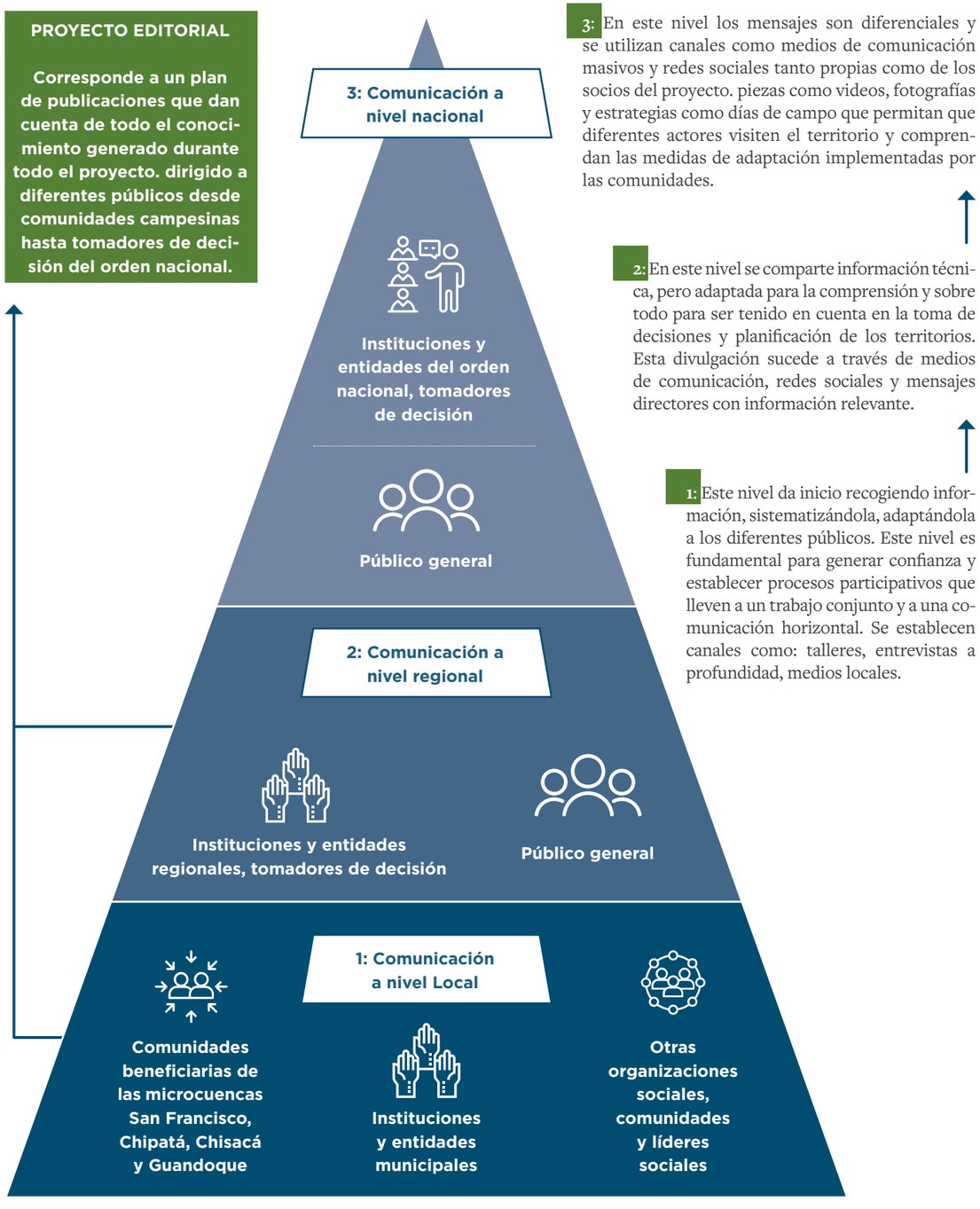
Comunicación para el cambio social:

Destaca el diálogo como idea fundamental para el desarrollo y la necesidad de facilitar la participación y el empoderamiento de las personas, en este caso vulnerables al cambio climático. Utiliza enfoques participativos y resalta la importancia de la comunicación horizontal, el papel de las personas como agentes de cambio y la necesidad de las estrategias de negociación y de alianzas. A través de los procesos de diálogo todos los miembros de la comunidad (hombres, mujeres, niños y niñas) definen quiénes son, qué quieren y necesitan y qué debe cambiar para conseguir una vida mejor.

Plan estratégico

Una vez definidos los públicos y enfoques con los cuales trabajar, se estableció un plan estratégico de comunicación que articulaba los dos componentes técnicos del proyecto: por un lado, la gestión del conocimiento y, por otro, la aplicación de las medidas de adaptación al cambio climático en la alta montaña (Figura 51).

Figura 51. Plan estratégico componente de comunicaciones GEF Alta Montaña.



3: En este nivel los mensajes son diferenciales y se utilizan canales como medios de comunicación masivos y redes sociales tanto propias como de los socios del proyecto. piezas como videos, fotografías y estrategias como días de campo que permitan que diferentes actores visiten el territorio y comprendan las medidas de adaptación implementadas por las comunidades.

2: En este nivel se comparte información técnica, pero adaptada para la comprensión y sobre todo para ser tenido en cuenta en la toma de decisiones y planificación de los territorios. Esta divulgación sucede a través de medios de comunicación, redes sociales y mensajes directores con información relevante.

1: Este nivel da inicio recogiendo información, sistematizándola, adaptándola a los diferentes públicos. Este nivel es fundamental para generar confianza y establecer procesos participativos que lleven a un trabajo conjunto y a una comunicación horizontal. Se establecen canales como: talleres, entrevistas a profundidad, medios locales.

Comunicación a nivel local

Dirigida principalmente a las comunidades beneficiarias del proyecto y a actores gubernamentales y no gubernamentales municipales.

Etapa 1: en primera instancia, se adapta la información y se median los contenidos generados por el proyecto para ser usados en diversos espacios y piezas comunicativas como cartillas, manuales, videos o pendones. Vale la pena resaltar que estas herramientas también apoyaron el desarrollo de la estrategia de fortalecimiento de capacidades del proyecto.

Entre las piezas por destacar se cuenta una revista informativa con gráficos e infografías que explican el contexto en el que se desarrolló el proyecto, los escenarios de cambio climático y las acciones que se deben seguir a través de medidas de adaptación. Esa información luego fue diseñada en una carpeta actualizable y, posteriormente, en pósteres para exposiciones ante públicos diferenciados. De la misma manera, se produjeron videos cortos informativos y pedagógicos sobre las acciones del proyecto en la cuenca del río San Francisco en Sesquilé. Asimismo, se creó la *fan page* de Facebook @ adaptacionaltamontana con información relativa a avances del proyecto, noticias sobre cambio climático, información relevante sobre el páramo y acciones de esfuerzos similares en la región y en el mundo.

Etapa 2: los actores principales de la segunda etapa fueron los grupos de jóvenes comunicadores (colectivos de comunicación) fortalecidos en la primera fase y las organizaciones sociales interesadas en la comunicación y en los temas del proyecto. En este momento se formaron y capacitaron alumnos del colectivo de comunicaciones y del comité ambiental del colegio en conocimientos sobre cambio climático y en técnicas de video y fotografía para el registro y sistematización de la información y el conocimiento adquiridos en la implementación de medidas de adaptación al cambio climático en algunas fincas.

Esta estrategia se realizó de la mano de la fundación ART Collegium, una ONG del municipio de Guasca especializada en la formación de jóvenes en técnicas de fotografía y video, con amplia experiencia en comunidades campesinas. Todo el trabajo realizado por ellos fue divulgado a través de las redes sociales del proyecto, así como las de los socios de este. También se buscaron espacios donde se expusieron las fotografías tomadas por los jóvenes en las áreas de implementación del proyecto. Entre algunos espacios por destacar se encuentra la Conferencia de las Partes sobre Cambio Climático COP 26 en Madrid, España, y un reportaje gráfico publicado en la revista *Semana Sostenible*.

Comunicación a nivel regional

Dirigida principalmente a tomadores de decisión de orden regional, así como a entidades territoriales responsables de ordenamiento del territorio o medidas ambientales.

Etapa 1: con los resultados de avance del proyecto y la información técnica y científica, se desarrollaron materiales divulgativos dirigidos a tomadores de decisión, autoridades locales y concejos municipales. También se apoyaron los eventos de capacitación y fortalecimiento de capacidades planeados con estos públicos, como el diplomado realizado en conjunto con la Pontificia Universidad Javeriana, con el que se formaron a más de 130 funcionarios públicos en temas de cambio climático y ordenamiento del territorio.

Etapa 2: se desarrolló una estrategia de gestión de medios de comunicación regionales y nacionales y el manejo de redes sociales institucionales (Minambiente, Ideam, CAR, EAAB, Corpoguavio, CI) y sectoriales (Minagricultura, Instituto Humboldt, Parques Nacionales, gobernaciones) con los resultados del proyecto para divulgación regional y nacional.

Comunicación a nivel nacional

Dirigida a entidades del orden nacional, así como a ciudadanos y personas en general habitantes de Bogotá y municipios vecinos, pero también a población que tiene cerca ecosistemas similares.

Etapa 1: la estrategia de redes sociales se enfocó en mostrar experiencias, resultados e información técnica. En esta etapa se produjeron piezas audiovisuales que fueron utilizadas en escenarios institucionales nacionales e internacionales en los que se socializaron avances y lecciones aprendidas del proyecto.

Se invitó a medios de comunicación de carácter nacional e internacional (*Semana Sostenible*, CNN, Caracol, RCN, CM&, *El Espectador*, *El Tiempo*, *National Geographic*, entre otros) a conocer las experiencias desarrolladas y a compartir los materiales elaborados. De estas visitas se lograron publicaciones en medios de comunicación de cobertura nacional. Asimismo, se desarrolló una campaña denominada #actúoporelclima. Sin embargo, esta fue pensada antes de la aparición del COVID-19, por lo que tuvo que ser ajustada e implementada solo por las redes sociales propias del proyecto, pero también con el apoyo y difusión en las redes sociales de las instituciones socias.

Etapa 2: dada la importancia de la información generada por el proyecto, se diseñó un proyecto editorial que contempló publicaciones impresas y digitales para públicos diferenciados, desde las comunidades campesinas hasta públicos técnico-científicos. El objetivo final era que el conocimiento del proyecto llegara a todas las instancias locales, regionales, nacionales e internacionales para la acertada toma de decisiones de proyectos que sucedan a este.

Capítulo

4

Lecciones aprendidas y aspectos innovadores del proyecto

— Sandra Sguerra, Omar Martínez.

Contribuciones: equipo técnico y operativo del proyecto.

En desarrollo del proyecto se sortearon situaciones de diverso orden en las que aciertos y desaciertos marcaron un camino de aprendizaje generalizado en el que se han recogido las 20 lecciones aprendidas más relevantes (no las únicas). Estas se han organizado en cuatro bloques temáticos, aunque todas finalmente se interrelacionan: i) para el diseño de proyectos, ii) para una implementación efectiva, iii) para una gestión administrativa eficiente, y iv) para la sostenibilidad.

Lecciones para el diseño de los proyectos

1. Los proyectos de adaptación al cambio climático deben soportarse en una justificación climática clara que permita que el análisis de amenaza, vulnerabilidad y riesgo climático oriente la selección de los sitios de intervención, las acciones por realizar y la cobertura espacial y temporal de estas. En el caso concreto de GEF Alta Montaña, fue estratégico evaluar escenarios y el riesgo climático para identificar las áreas con mayor probabilidad de sufrir impactos negativos y proponer una EEP con enfoque climático como instrumento para definir acciones de adaptación de acuerdo con las condiciones del territorio. Los estudios ecohidrológicos y de balance hídrico, por su parte, permitieron valorar la efectividad de las medidas de adaptación para mitigar los impactos previstos en la regulación hídrica, mientras que el análisis de riesgo climático local en cada uno de los núcleos de intervención priorizados evidenció los grados de afectación potencial en cada una de las microcuencas y su urgencia de atención.

2. Los modelos de gobernanza son cruciales para el direccionamiento estratégico de los proyectos de adaptación. En lo posible, deben ser arreglos sencillos con participación de actores clave. Para el mejor resultado, desde el inicio deben establecerse esquemas claros de toma de decisiones, así como los aportes de contrapartida en especie o en recursos que cada uno de los socios realizará. El arreglo institucional debe prever una gerencia técnica y operativa acorde al tamaño, el número y la ubicación de las áreas de implementación y de las medidas que serán implementadas.

   En ese orden de ideas, el comité directivo del proyecto convocó a las autoridades ambientales en el más alto nivel, facilitando el direccionamiento estratégico del proyecto en medio del debate de temas sensibles como la gestión dentro de los páramos, que sigue en construcción técnica y jurídica en el país e implicó ajustar, sobre la marcha, algunas actividades previstas en el segundo componente.

3. El dimensionamiento de los proyectos debe considerar tiempos suficientes para la implementación y apropiación local, especialmente cuando se busca intervenir modos de vida y de uso del territorio y la biodiversidad. Se deben prever acciones de socialización y articulación con alcaldías, corporaciones y comunidades. Posteriormente, es preciso considerar la generación de acuerdos locales de gestión, la planeación y el ajuste participativo de las medidas de acuerdo con cada contexto, la puesta en marcha, el acompañamiento técnico, el monitoreo y la evaluación, que en conjunto permiten la apropiación del proceso, de los conceptos y de las medidas.

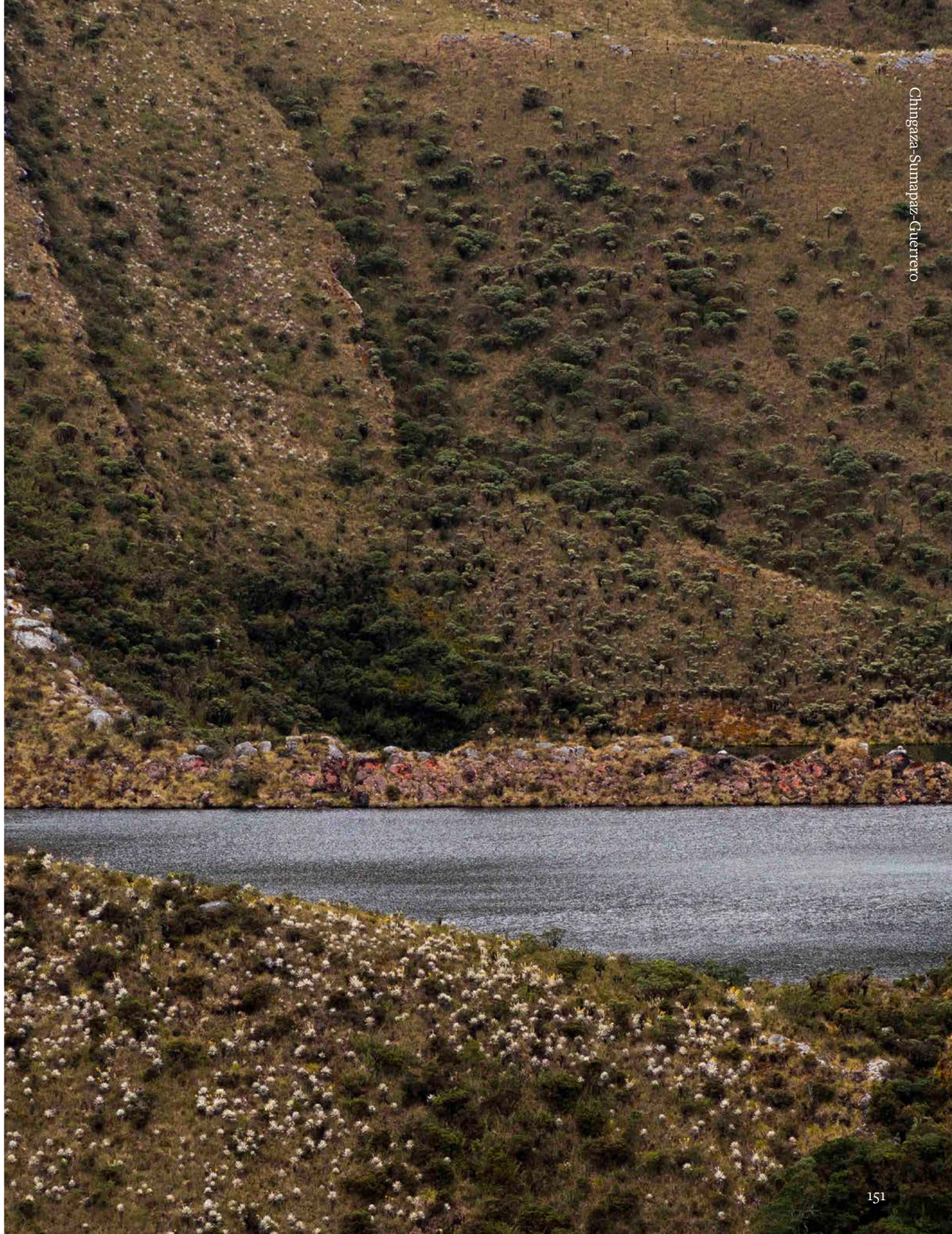
   En el GEF Alta Montaña, el tiempo dedicado inicialmente para preparar arreglos administrativos de implementación generó retrasos importantes. En adición, el desarrollo del componente 1 se extendió mucho más de lo previsto, reduciendo el tiempo previsto inicialmente para las implementaciones, que son justamente las que permiten aumentar la capacidad de adaptación local y regional al cambio climático.

4. Considerar la participación comunitaria en todas las fases de gestión, incorporando el conocimiento local en las soluciones técnicas, permite adecuarse a las condiciones particulares de los territorios desde la perspectiva cultural, biofísica y socioeconómica y generar apropiación social de las medidas de adaptación. El diálogo de saberes reafirma las identidades locales, facilita la generación de confianza y abre caminos a la sostenibilidad del proyecto.

   El proyecto brindó acompañamiento técnico permanente garantizando la participación de todos los integrantes de las familias, en los análisis de resiliencia predial, la construcción del plan de finca y la selección, el ajuste y la implementación de las medidas de adaptación.

5. La vinculación de autoridades ambientales y territoriales viabiliza la implementación de medidas de adaptación, especialmente cuando se intervienen socioecosistemas donde convergen intereses diversos y figuras de ordenación territorial restrictivas. La crisis de gobernanza rural, exacerbada por las enormes desigualdades sociales, amerita un esfuerzo de inclusión de los diversos actores del territorio para repensar y reconstruir las formas de gobierno actuales hacia formas de gobernanza colaborativas.

   En el proyecto la participación de las autoridades ambientales en el comité directivo facilitó el análisis de las implicaciones de temas sensibles como la reglamentación de la Ley de Páramos (Ley 1930 de 2018). El trabajo conjunto con autoridades municipales permitió construir unas guías de apoyo para la incorporación de la gestión del cambio climático en el ordenamiento territorial y en los planes de desarrollo, usando para ello la información generada en el componente 1 del proyecto, lo cual será de provecho para la región.



Chingaza-Sumapaz-Guerrero

Lecciones para una implementación efectiva

1. Establecer una gerencia técnica que lidere la planeación operativa, la coordinación de la implementación, el monitoreo de la gestión y los reportes del progreso es fundamental para la ejecución integral de los diferentes componentes de los proyectos, facilitando la articulación con los socios, los cooperantes y los beneficiarios. En proyectos con áreas de implementación distantes, conviene estructurar equipos de campo en cada núcleo de implementación, con claros esquemas de coordinación, comunicación y articulación. La selección del equipo técnico debe considerar, además de la formación y experiencia específica, cualidades humanas y disposición para la gestión con comunidades.

   En el proyecto se vinculó un equipo humano de altas calidades técnicas que asumió el liderazgo de la gestión en campo, construyó relaciones de confianza con las comunidades, facilitó la articulación con instituciones y generó un ambiente favorable para la gestión, sorteando los imprevistos que se presentaron.

2. Articular las dinámicas de campo con los tiempos administrativos es indispensable para el desarrollo oportuno de las acciones. La comprensión de los procedimientos administrativos y de los tiempos contractuales se debe traducir en una planeación ajustada a las dinámicas institucionales de los proyectos. Con ello se garantiza el cumplimiento de las normas de contratación del donante, la entidad ejecutora e implementadora, así como la disposición oportuna de insumos y materiales de trabajo, que incide en el éxito de las implementaciones y en la construcción de confianza con los beneficiarios locales, evitando la desmotivación derivada de los retrasos.

   La armonización de procedimientos para iniciar la ejecución demandó tiempos más allá de lo previsto, lo que generó retrasos en el inicio del proyecto, así como en el desarrollo de algunas de las medidas de adaptación. Sobre la marcha se ajustó el enfoque de la contratación, pasando de un modelo de tercerización a uno de ejecución directa que implicó un número mayor de contratos, que por su volumen limitó contar con todos los materiales en los tiempos previstos por el equipo técnico.

3. Establecer al inicio del proyecto un tablero de control con indicadores claros facilita el seguimiento al desarrollo del proyecto y la toma de decisiones oportunas sobre potenciales desviaciones de la planeación. Conviene que este tablero contemple la georreferenciación de intervenciones y la descripción de la línea base. Los indicadores deben permitir valorar el progreso de la gestión, el logro de los objetivos en sus diferentes niveles y el uso eficiente de recursos, facilitando la gestión del proyecto y el reporte oportuno. Es deseable considerar mecanismos de validación y ajuste participativo de las implementaciones, vinculando la visión de los beneficiarios y otros actores estratégicos, de manera que se facilite la gestión adaptativa necesaria para subsanar dificultades que se lleguen a presentar.

   En el proyecto el monitoreo se realizó directamente desde la coordinación del proyecto y apoyados en una matriz de PMR (productos, metas y resultados) que se actualizaba cada tres meses, brindando un panorama general de alto nivel del proyecto, aunque con limitaciones para alinear los planes de trabajo operativos con las metas y el presupuesto. El progreso se socializó en los comités técnico y directivo, como principales instancias de decisión. No se contó con una herramienta informática para facilitar el proceso.

4. La estrategia de comunicaciones y el fortalecimiento de capacidades, cuando se consideran desde el inicio del proyecto, contribuyen a la apropiación del conocimiento y a la generación de confianza y de cambios de comportamiento. En materia de comunicaciones, se debe usar un abanico de alternativas para llegar a los diversos actores del territorio. Frente al fortalecimiento de capacidades, es importante explorar herramientas más allá de las tradicionales, donde el acompañamiento técnico y los intercambios de experiencias y saberes contribuyen a fortalecer el tejido social, cuidándose de no cansar a las comunidades con demasiadas actividades.

   Si bien en el proyecto el plan de comunicaciones no se implementó desde el inicio, las estrategias para socializar mensajes y difundir los logros del proyecto combinaron herramientas variadas como videos cortos, crónicas, artículos en prensa, cartillas, exposiciones itinerantes, fotografía, entre otros. De esta manera GEF Alta Montaña logró posicionarse como una de las experiencias más exitosas de adaptación en el país, lo cual ha contribuido a fortalecer en las familias beneficiarias sentimientos de autoconfianza, arraigo y orgullo por el proceso desarrollado en cada una de las fincas, estimulando a su vez la sostenibilidad de las medidas de adaptación.

5. Las relaciones de confianza con las comunidades, indispensables para el desarrollo de proyectos de adaptación territorial al cambio climático, se construyen a partir del diálogo sincero, el cumplimiento de los compromisos, el respeto del saber técnico y comunitario y la construcción de lenguajes comunes que hagan posible el entendimiento. La manipulación a la que han sido sometidas muchas comunidades en el desarrollo de diverso tipo de proyectos (no solo ambientales), sumada a la generalizada ausencia estatal y los desequilibrios sociales, propicia un ambiente de desconfianza en nuevas iniciativas.

   La vinculación de miembros de la comunidad con arraigo y conocimiento del territorio dentro del equipo del proyecto facilitó el acercamiento a los actores locales y la construcción de acuerdos para la gestión. Todas las medidas de adaptación desarrolladas consideraron la participación comunitaria. Las familias, con apoyo técnico del proyecto, adelantaron sus análisis de resiliencia predial, formularon su plan de finca, seleccionaron las medidas de adaptación más útiles para adaptarse al cambio climático, implementaron las medidas y monitorearon el clima local.

6. Conviene realizar la selección de beneficiarios como parte del desarrollo metodológico de los proyectos, una vez cuenten con seguridad de la financiación para su operación y se haya realizado la focalización de áreas de inversión en función de la justificación climática. La adaptación del territorio al cambio climático, como proceso social, se soporta en procesos de participación libre, voluntaria e informada; por ello es fundamental reducir las incertidumbres sobre la factibilidad real de desarrollar iniciativas que impulsen estos cambios.

   En la implementación del proyecto la selección de beneficiarios se realizó acudiendo a las voluntades de aquellas familias interesadas en participar y que así lo manifestaron en varios encuentros de socialización. Algunas dificultades, como la duplicidad de familias registradas, pudieron sortearse con un análisis más detallado de los interesados.

7. Realizar aportes de los beneficiarios en la implementación de medidas de adaptación permite una mayor valoración y apropiación de las intervenciones por parte de las familias vinculadas y estimula la reflexión interna sobre el significado de las acciones realizadas en sus predios en cuanto a la resiliencia, la adaptación al cambio climático, la sostenibilidad y la gobernanza local. Es deseable que las acciones de adaptación que se vayan a realizar adicionalmente contribuyan a resolver problemáticas locales o permitan fortalecer procesos que las comunidades estén desarrollando.

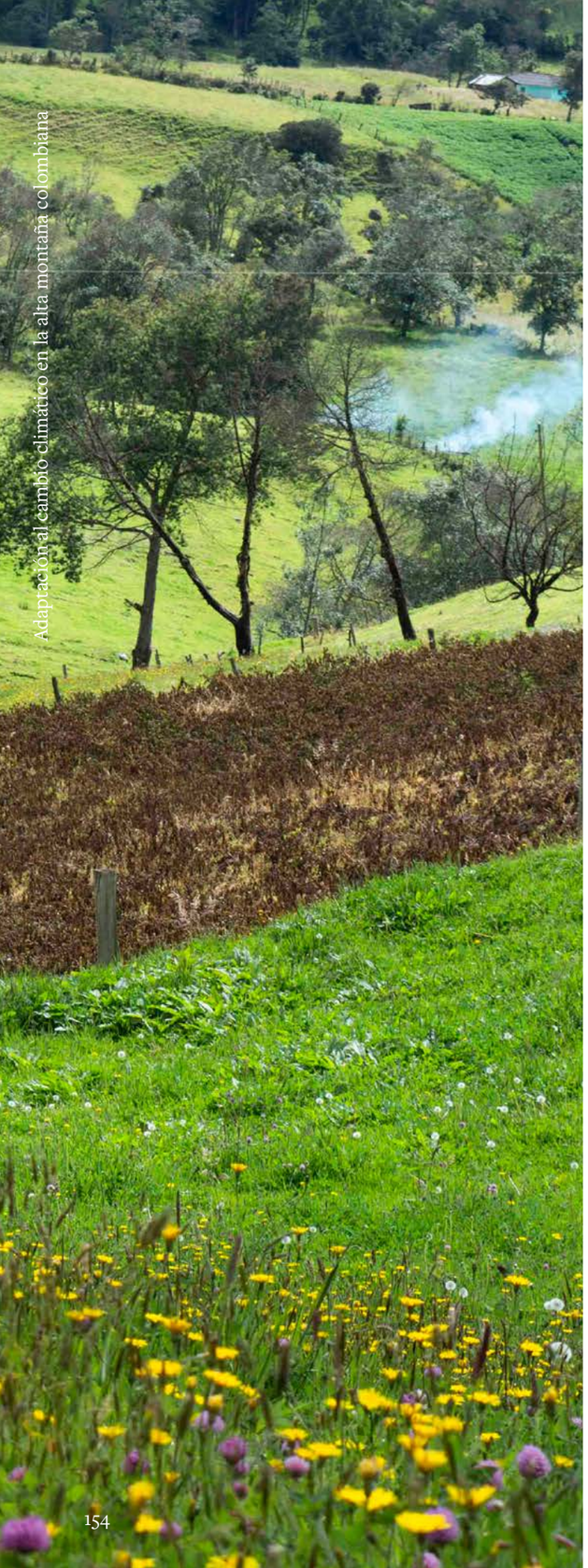
   Iniciar la gestión con los recursos disponibles en las fincas despertó aún más el interés y la expectativa por las otras medidas de adaptación. De otra parte, se apoyó la restauración ecológica de áreas previamente reservadas por los campesinos para la conservación, contando con su gestión en algunos tratamientos. En otros casos, las propias familias decidieron replicar con sus propios recursos algunas medidas para incorporar nuevas áreas al proceso de adaptación.

8. La contratación de organizaciones comunitarias para la ejecución y el monitoreo de las medidas de adaptación permite mayor eficiencia en el uso de los recursos, la reafirmación de saberes locales y el empoderamiento comunitario, aunque pueda implicar un esfuerzo adicional de acompañamiento técnico y administrativo.

   En este sentido, durante la ejecución del proyecto fue necesario gestionar un ajuste al manual operativo para vincular un mecanismo de selección y contratación de asociaciones de base que no estaba contemplado originalmente. Esto permitió contratar a tres organizaciones de mujeres campesinas emprendedoras: *Amuses, Agregua, Mujer y Tierra y Bosque Nativo*, con quienes se suscribieron convenios de cooperación en los que se brindó asesoría y acompañamiento del proyecto. Dicha aproximación arrojó excelentes resultados en el proceso de restauración ecológica, así como otros cobeneficios como el fortalecimiento de los vínculos sociales, familiares y productivos, el empoderamiento del cuidado de la naturaleza y de la adaptación al cambio climático, además del reconocimiento social de su rol como mujeres, como campesinas y como organizaciones sociales.

Lecciones para una gestión administrativa eficiente

1. Vincular un equipo administrativo suficiente en número y perfiles garantiza una gestión oportuna. En efecto, es crucial contar con las condiciones necesarias para que la gestión administrativa y financiera se realice con eficiencia, permitiendo contar con el personal y los insumos en los tiempos requeridos, y minimizando los riesgos de retraso en el desarrollo de las actividades y de las metas.
   Cuando se estructuró el proyecto, se estimó adelantar las acciones a través de la contratación de firmas expertas y un pequeño equipo técnico de apoyo, lo cual funcionó bastante bien para el componente 1. No obstante, al ini-



ciar la ejecución del componente 2 se observó que esto no era lo más conveniente considerando las dinámicas locales, de manera que se optó por liderar directamente este proceso. Esto implicó la adquisición de insumos, la ampliación del equipo humano de apoyo y la vinculación de asociaciones comunitarias locales.

2. Contar con un manual operativo de fácil aplicación y comprensión hace más sencillo el desarrollo de procesos de contratación, armonizando las normas del donante, la entidad ejecutora e implementadora y las dinámicas locales. Esto permite una planeación operativa ajustada tanto a las dinámicas propias de los procesos en campo como a las de los procedimientos administrativos. En sentido inverso, es necesario que los manuales operativos cuenten con la flexibilidad necesaria para facilitar la adquisición de insumos y servicios de los territorios donde se desarrollarán los proyectos, dinamizando las economías locales.

   La experiencia del proyecto evidenció que no es suficiente con estructurar un manual operativo si este no es debidamente comprendido por el personal asignado al proyecto. Las reflexiones del equipo llevaron a identificar este como un aspecto sensible de la gestión de este tipo de proyectos.

3. Vincular al equipo técnico con la modalidad de contrato laboral permite la estabilidad del proyecto y la seguridad jurídica de la entidad ejecutora. Usualmente, el equipo humano se vincula a los proyectos bajo la modalidad de prestación de servicios, donde se garantiza una remuneración para el desarrollo de una serie de actividades sin que exista subordinación ni horario de trabajo, pero conviene considerar en los proyectos recursos suficientes que permitan privilegiar los contratos laborales a término definido para el personal coordinador y de apoyo permanente.

   En el proyecto, el personal técnico y de apoyo se vinculó bajo la modalidad de prestación de servicios, donde la rotación implicó reprocesos. En contraste, la coordinación del proyecto y la gestión administrativa estuvo en cabeza del equipo de CI como entidad implementadora, lo cual garantizó la estabilidad en la línea de dirección, mantener la memoria del proceso y potenciar los aprendizajes de la ejecución del proyecto.

Cinco lecciones para la sostenibilidad

1. Estabilizar los ingresos económicos de las familias que implementan medidas de adaptación en sus fincas estimula el mantenimiento de estas últimas más allá del proyecto, logrando una adaptación efectiva a las condiciones cambiantes del clima. Esto adicionalmente permite consolidar el modelo de restauración-producción, que es complementario, y facilita acceder a créditos para apalancar procesos de sostenimiento e innovación en el mediano y largo plazo. Es importante entonces considerar varias medidas complementarias como: la generación de cadenas de valor que hagan posible un mayor retorno económico a las familias; diversificación de la producción para evitar la dependencia de un solo producto, que en la alta montaña puede significar recibir ingresos solo en ciertas temporadas, o consolidación de cadenas de comercialización y mercadeo a partir del posicionamiento de producto, lo que incluye entre otros la generación de marca y la certificación de calidad.

   Muchos de los beneficiarios del proyecto reconocieron que en la medida en que el territorio genere condiciones de bienestar, la migración de población a las ciudades será cada vez menor, manteniendo así la cultura campesina de la alta montaña. El proyecto, si bien logró avanzar en la cadena de valor alrededor de lácteos funcionales (fortificados), producción de huevos diferenciados (sin antibióticos) y subproductos de la apicultura, no alcanzó a consolidar redes de mercadeo y comercialización fundamentales para la sostenibilidad económica de las intervenciones. No obstante, la crisis derivada de la pandemia por el COVID-19 propició un proceso de organización social para la distribución de productos a domicilio a través de fidelización de clientes, lo cual abrió paso al fortalecimiento de este componente.

2. Generar acuerdos de conservación comunitarios para la adaptación, en desarrollo de un proceso que integre conocimiento, experiencia en la implementación de las medidas y fortalecimiento del tejido social, hace posible el tránsito hacia territorios sostenibles más allá del proyecto. Suele confundirse la suscripción de acuerdos de gestión inicial con familias campesinas para implementar las medidas de adaptación con los acuerdos de conservación.

3. Los dos tipos de acuerdo son necesarios cuando se trata de impulsar nuevas formas de relación con la naturaleza, que seguramente significa recuperar algunos valores y tradiciones del ser campesino que la economía de mercado alteró con el paso del tiempo y el tránsito hacia modelos convencionales de producción rural.

   El desarrollo exitoso de las medidas y el fortalecimiento del tejido social permiten pensar que en este momento hay condiciones muy favorables para generar pactos sociales de conservación que favorezcan mantener los procesos iniciados con las 78 familias campesinas vinculadas y estimulen a otras a sumarse al proceso de adaptación territorial al cambio climático.

4. Restaurar el tejido social en los territorios permite construir las bases para una gobernanza ambiental incluyente que reduzca las desigualdades. Derivado de las dinámicas económicas y sociales, se observa que en la alta montaña se han reemplazado en gran medida las formas tradicionales de uso y valoración por otras donde predomina la producción a gran escala, debilitando el relacionamiento entre miembros de las comunidades y afectando la asociatividad local y la gobernanza. La recuperación de los lazos comunitarios y el fortalecimiento de la identidad y el arraigo campesino pueden estimular nuevamente la comunicación y colaboración entre las comunidades en procura del bienestar social y facilitar la articulación con autoridades para construir la gobernanza del territorio.

   Los beneficiarios del proyecto expresaron, tanto en las jornadas de campo como en el análisis de lecciones aprendidas, que antes del proyecto su nivel de relacionamiento local era muy débil y en algunos casos apenas se habían visto con los vecinos. Las diferentes actividades y los espacios de encuentro para capacitación e intercambio de experiencias propiciaron el conocimiento entre ellos y generaron un clima de colaboración que va más allá de los resultados del proyecto. Desde la perspectiva comunitaria, el reconocimiento del rol de las comunidades en el control social es una medida de la fortaleza del tejido social que está estrechamente ligado a la conectividad ecológica, ambos fundamentales para la sostenibilidad de los procesos de conservación.

5. El reconocimiento social de logros fortalece la identidad campesina, promueve el orgullo por lo propio y genera arraigo territorial. El reconocimiento social es necesario para el mantenimiento de la sociedad pues permite a las personas encajar en ella por las afinidades y valorar las diferencias que hacen a cada ser especial. Reconocer socialmente los logros de las familias campesinas y otros actores sociales que asumieron el desafío de implementar medidas de adaptación al cambio climático con criterios de sostenibilidad ambiental contribuye a fortalecer la autoestima y el orgullo de ser campesinos, aumenta el arraigo con el territorio y refuerza los lazos de la comunidad, estimulando a otras familias a implementar las medidas de adaptación, aun cuando el proyecto ya haya finalizado.

6. En los núcleos de implementación del proyecto se realizaron encuentros comunitarios que facilitaron el intercambio de experiencias y saberes. Las jornadas de campo programadas para dar a conocer los resultados de los diferentes tratamientos de restauración a otras familias campesinas y actores diversos del ámbito regional o nacional fueron una plataforma útil para que las propias familias beneficiarias compartieran la presentación de sus experiencias, fortaleciendo sus capacidades de liderazgo y expresión oral, generando también un reconocimiento social muy importante para animar el proceso y mantener vivo el interés.



Aspectos innovadores

Para determinar los aspectos innovadores del proyecto, se llevó a cabo un taller con el equipo de GEF Alta Montaña para hacer un barrido de aquellas acciones que pudiesen ser consideradas innovadoras. A partir de las consideraciones del Manual de Oslo, se aplicaron los siguientes criterios para determinar si el elemento por analizar tiene o no algún elemento de innovación:

1. Que la idea sea duradera y útil: La innovación también supone un proceso de maduración, que es el que permite que la idea se mantenga en el tiempo.
2. Es el resultado de un proceso sistemático: Tiene un componente de planificación investigación, diseño y producción o desarrollo.
3. Se adapta a la realidad: Que la idea se pueda ejecutar. Adaptabilidad al contexto.
4. Genera cambios (impactos) significativos: La idea es capaz de generar un antes y un después en su sector o escenario

Para la aplicación de estos criterios, se utilizó la siguiente calificación:

0. No existe innovación.
1. El aporte en innovación es bajo.
2. El aporte de innovación es medio.
3. El aporte en innovación es alto.

Como resultado de esta priorización, a continuación se presentan las principales innovaciones del Proyecto:

Modelo de gobernanza y gerencia del proyecto con enfoque de desarrollo humano

Proyectos ambientales similares han partido de estudios de base enfocados principalmente en el paisaje, en los servicios ecosistémicos, la conservación y otros. En este caso se incluyó el enfoque de desarrollo a escala humana como eje transversal, en donde el individuo, su familia y sus necesidades son el eje central en la elaboración de las estrategias para la implementación de las actividades del proyecto. Por esta razón, durante la priorización de predios, el enfoque partió de la familia, y a partir del análisis de resiliencia se construyó el plan con las actividades por ejecutar, contando con la participación de estas personas. Esta interacción con las comunidades se hizo a partir del manifiesto de gobernanza del proyecto, que recoge los principios y valores sobre los cuales este se ejecutó. El modelo de ejecución y de contratación priorizó a las comunidades como actores clave y relevantes en la ejecución de actividades.

El plan de adquisiciones inicial del Proyecto tenía un enfoque tradicional de contratación a partir de firmas y se ajustó a un modelo de ejecución en el que se contrató directamente la mano de obra calificada y no calificada, priorizando la participación de las comunidades locales. Con esto se logró implementar acciones directamente con organizaciones del territorio y a la vez fortalecer procesos de identidad, validación y sostenimiento de las actividades del proyecto para dejar instaladas capacidades que permitan generar sostenibilidad y fortalecimiento de la gobernanza local. Todo lo anterior se hizo en concordancia con el convenio de financiamiento, las políticas de adquisición del BID y el manual operativo del proyecto.

Modelo de implementación de las actividades de adaptación al cambio climático conservación-restauración-producción

Las familias campesinas involucradas integraron en sus predios actividades de restauración ecológica y producción sostenible para así tener comunidades resilientes al cambio climático. Esto además les permitió incrementar sus ingresos familiares al tener una diversificación productiva y uso racional del agua.

Otros proyectos han implementado actividades de restauración y de reconversión productiva, normalmente de manera separada, en predios y sitios distintos. En este enfoque, la adaptación es el resultado de la integración y el entendimiento de la finca como un sistema, en el que las acciones implementadas, además de responder a la reducción de la vulnerabilidad frente a la regulación y el suministro hídrico, contribuyan a fortalecer en las familias la subsistencia, el afecto, la protección, la participación, el entendimiento, la recreación, la creatividad, la identidad, la libertad y la trascendencia. De esta forma se deberían consolidar en el mediano plazo predios rehabilitados y familias adaptadas a las condiciones cambiantes del clima, con una alta probabilidad de sostenibilidad en el largo plazo.

Desarrollo de capacidades en líderes locales

El proyecto priorizó, a través de la estrategia de fortalecimiento de capacidades, el entrenamiento y la capacitación de las comunidades, especialmente a los líderes locales.

Para ello se tomó como centro el intercambio de experiencias, mediante el cual se generó un proceso de diálogo y construcción de soluciones a partir de transferencia de conocimiento de manera horizontal entre comunidades campesinas. De esta manera, en el proyecto se identificaron y capacitaron a distintos líderes de las cuatro microcuencas como promotores campesinos agroecológicos con una visión integral.

En este proceso se fortalecieron la seguridad alimentaria, la diversificación productiva, el uso del agua y la biodiversidad. Asimismo, las organizaciones de base comunitaria ampliaron sus conocimientos en temas como comunicación, organización, emprendimiento y liderazgo. De tal modo, estos líderes tendrán la capacidad de entrenar y capacitar a otros líderes, impulsando los procesos de escalamiento de las medidas de adaptación a nivel local.

Instalación de polisombra en la malla con un diseño circular en los núcleos de vegetación

Otros proyectos han utilizado las polisombras en trampas de niebla como estrategias para la captura de humedad. En el caso de GEF Alta Montaña, el diseño circular de las trampas de niebla sirvió para la protección ante los vientos, la radiación y los roedores y para la regulación de la humedad y la temperatura de la vegetación plantada.

Semilleros portátiles

La Corporación Bosque Nativo, asociación contratada por el proyecto para las actividades de restauración en la microcuenca del río Guandoque en el municipio de Tausa, propuso un modelo de semillero que permite su transporte e incluye el riego y el control climático. De esta manera se favorece la propagación de especies cerca de los lugares de uso final, se optimizan recursos y se incrementa la probabilidad de adaptación de la vegetación.

Infraestructura para producción de alimentos

La implementación de la infraestructura para producción de alimentos como parte de los sistemas de diversificación productiva recogió las recomendaciones de los estudios de escenarios climáticos, balances hídricos, vulnerabilidad y riesgo climático, proponiendo pilotos que puedan ser evaluados ante los potenciales impactos por variabilidad y cambio climático.

Infraestructura para almacenamiento y captación del recurso hídrico

El uso de tecnología como sensores y análisis de balance hídrico estaba limitado a grandes productores especializados que podían asumir estos costos. Sin embargo, el proyecto puso al alcance de las comunidades este tipo de procedimientos y tecnologías para almacenamiento y captación del recurso hídrico (reservorios), que promueven el uso eficiente del agua.

Apicultura en alta montaña para la restauración ecológica y el aprovechamiento de subproductos

La apicultura se aplicó al proyecto con fines productivos y de prestación de servicios ecosistémicos, en especial la polinización, a través de la cual es posible aumentar el rendimiento en los procesos de rehabilitación y restauración ecológica. Este sistema productivo resultó ser una alternativa complementaria en el aumento de los ingresos de las familias, particularmente en las épocas de sequía, que son las más difíciles para las familias campesinas debido a las pérdidas de cultivos y la reducción en la producción lechera. La apicultura constituyó así una posibilidad de nivelar los ingresos en las épocas de sequía y atenuar los picos de pérdidas en los ingresos relacionados con las condiciones cambiantes del clima.

Productos funcionales y diferenciados

Se desarrolló una línea de yogurt sin conservantes y huevos sin antibióticos. En reemplazo de conservantes y otros insumos comerciales tradicionales, se usan subproductos de la apicultura como el propóleo, que tiene propiedades antibacteriales comprobadas. Estos productos presentan un valor agregado y diferencial frente a otros encontrados normalmente en el mercado.

Red de monitoreo comunitario del clima

La red de monitoreo comunitario del clima convirtió a las comunidades en partícipes y protagonistas de la generación de conocimiento en los ecosistemas de alta montaña y su relación con los sistemas productivos. Es una herramienta que empodera al campesino y lo reconecta con el territorio. Mediante allá es posible tener un diagnóstico temprano de eventualidades climáticas y proyectar las actividades asociadas a los sistemas productivos dependiendo del clima, lo que facilita una planeación efectiva de las fincas de acuerdo con la oferta hídrica, algo fundamental para poder implementar una producción agropecuaria eficiente.

Monitoreo hidrometeorológico

El proyecto contrató a una firma para la instalación y la toma de datos en ocho estaciones de monitoreo ubicadas en puntos seleccionados en la microcuenca de San Francisco. El objetivo fue medir variables meteorológicas e hidrológicas que permitan establecer la línea base del clima local y su oferta hídrica. La combinación de la red de estaciones y de la red de monitoreo comunitario permitirá medir en el mediano y largo plazo los resultados de impacto del proyecto.

Adicionalmente, el diseño de la distribución de las estaciones de monitoreo y de los predios seleccionados para el monitoreo comunitario se hizo a una escala local en microcuencas entre 200 a 500 ha. Como resultado, se cuenta con información de mayor resolución espacial respecto a la oferta hídrica y al comportamiento hidrometeorológico. Todo esto converge en mayor robustez del modelo hidrológico y del diagnóstico de indicadores de variabilidad y de cambio climático.

Análisis de riesgo climático

Este trabajo permitió evidenciar la potencial afectación en cada microcuenca y su urgencia de atención. Puede ser replicado en otros contextos de la alta montaña a escalas locales.

Análisis de vulnerabilidad

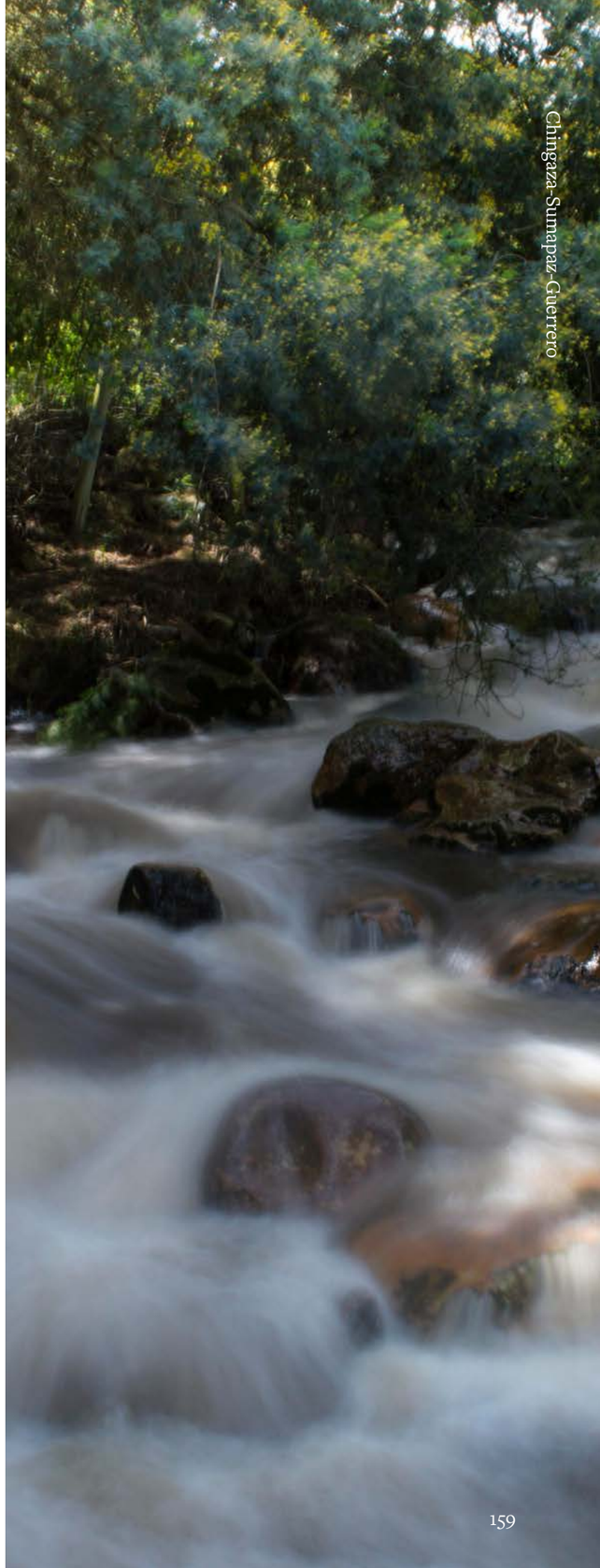
Se aplicaron los estándares de la metodología AR5, ajustada a indicadores específicos para las condiciones locales a escalas de microcuencas de orden 5, para analizar la vulnerabilidad del territorio. La principal contribución de esta innovación es la aplicación metodológica a escala local, con información detallada y aplicable a otras microcuencas de la alta montaña.

Evaluación de la resiliencia a escala predial

Es una herramienta que facilitó el diseño de acciones de adaptación de manera diferenciada a la medida de la vocación y de las necesidades de cada familia dentro de un territorio complejo.

Enfoque de familia como base para el diseño participativo

El enfoque de familia permitió un trabajo articulado e interdisciplinario que facilitó la integración de la dimensión climática para el diseño de acciones de adaptación que permitan disminuir la vulnerabilidad en los procesos ecosistémicos y socioeconómicos del territorio. Adicionalmente, la familia fue la base para incluir de manera incidente y participativa el enfoque de género del proyecto.



Chingaza-Sumapaz-Guerrero

BIBLIOGRAFÍA

A

Alarcón, D. (2015). La conurbación como escenario de ordenamiento en la región metropolitana de Santiago de Cali. Universidad Nacional de Colombia.

Alzate, B. (2008). Diagnóstico de la sostenibilidad ambiental: bajo un enfoque sistémico de las interrelaciones sociedad-naturaleza. Universidad Nacional de Colombia, Instituto de Estudios Ambientales (IDEA).

B

Barrera, J. I. y Ríos, H. F. (2002). Acercamiento a la ecología de la restauración. Pérez Arbelaezia, 13, 33-46.

Barrera-Cataño, J. I., Contreras-Rodríguez, S. M., Garzón-Yepes, N. V., Moreno Cárdenas, A. C. y Montoya-Villarreal, S. P. (2010). Manual para la Restauración Ecológica de los Ecosistemas Disturbados del Distrito Capital. Secretaría Distrital de Ambiente (SDA), Pontificia Universidad Javeriana (PUJ).

Bejarano, P. (2019). Análisis geográfico de la pertinencia en la aplicación de pago por servicios ambientales para la conservación de paisajes en Colombia [Tesis para optar al título de doctorado en Geografía, Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia].

Betancourt, J. y Peñaranda, J. (2015). Sanciones judiciales y administrativas sobre el cuidado de los humedales en Bogotá. Centro de Investigaciones Sociojurídicas. Ambiente Jurídico.

Borgatti, S. (2003). Conceptos básicos de redes sociales. http://www.analytictech.com/networks/introduccion2.pdf

Buytaert, W., Célleri, R., De Bièvre, B. y Cisneros, F. (2006). Hidrología del páramo andino: propiedades, importancia y vulnerabilidad. Cuenca. http://www.paramo.org/files/hidrologia_paramo.pdf.

C

Cabrera, M. y Ramírez, W. (Eds). (2014). Restauración ecológica de los páramos de Colombia. Transformación y herramientas para su conservación. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (IAvH).

Ceccon, E. (2014). Restauración en bosques tropicales: fundamentos ecológicos, prácticos y sociales. Ediciones Díaz de Santos.

Ciifen. (2018). Guía metodológica para el análisis de vulnerabilidad ante eventos climáticos de la cuenca del río Chinchiná, Colombia. Centro Internacional para la Investigación del Fenómeno de El Niño, Guayaquil, Ecuador.

Congreso de Colombia. Ley 9433/1997. Programa para el uso eficiente y ahorro del agua.

Conservación Internacional. (2019). Bogotá Región - Conexión natural de la ciudad con el campo a través del agua.

Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca [CAR]. (2012). Plan de manejo de la reserva forestal protectora páramo de Guargua y Laguna Verde y los distritos de manejo integrado páramo de Guerrero y páramo de Guargua y Laguna Verde. Subdirección de Administración de los Recursos Naturales y Áreas Protegidas.

Cubillos, A. (2011). El proceso de transformación del páramo de Guerrero por sistemas de ganadería bovina (1960-2010), con énfasis en políticas públicas [Tesis de maestría en Medio Ambiente y Desarrollo, Universidad Nacional de Colombia].

D

Domínguez, E. (2011). Efectos Hidrológicos del Cambio Climático en Colombia. Amanda Varela Ramírez.

Dos Santos, J. (2011). Interdependencia entre la restauración ecológica y la conservación natural. USBMed, 2(1), 24-28.

E

Earls, M. (2009). Herd: How to change mass behaviour by harnessing our true nature. John Wiley & Sons.

Ecosimple. (2019). Análisis de vulnerabilidad socioecológica para el área de Chingaza-Sumapaz-Guerrero. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, Conservación Internacional, Banco Interamericano de Desarrollo, Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca, Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá.

Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá [EAAB]. (2016). Plan Maestro de Acueducto y Alcantarillado.

Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá [EAAB]. (2020). Embalses. https://www.acueducto.com.co/wps/portal/EAB2/Home/ambiente/recurso-hidrico/embalses/!ut/p/z1/zZlbV6s4FMe_Sl98zCJXCI-inVa8VGodj31x5YaHmRY-8gJ5xPv0E9ahtx9CRssa-ZBWyf9nZ-Sc7Cd7c--bNc_GQ-3Yo6K3KxsP-v5_6NnxxAxCE-gxQfwOTiPJpOLg_Gw2Pm_e7NvfmdyrR3HSClJDMaSMR9QLFkQH

G

Geilfus, F. (2002). 80 herramientas para el desarrollo participativo: diagnóstico, planificación, monitoreo, evaluación. IICA.

Gergel, S. E., Turner, M. G., Miller, J. R., Melack, J. M. y Stanley, E. H. (2002). Landscape indicators of human impacts to riverine systems. Aquatic sciences, 64(2), 118-128.

González, E. (2009). Propuesta de gestión ambiental para ocho explotaciones mineras en la vereda de Páramo alto municipio de Cogua (Cundinamarca) [Tesis de maestría en Gestión Ambiental, Pontificia Universidad Javeriana].

Granados, J. (2003). Análisis situacional rápido sobre la importancia de la economía campesina y de su visibilidad en las políticas y propuestas recientes de desarrollo rural en Colombia. Universidad Nacional de Colombia.

H

Hernández, C. (2016). La restauración ecológica como estrategia de construcción social en la vereda Chipauta, municipio de guaduas, Cundinamarca. [Tesis de maestría en Gestión Ambiental y Desarrollo Sustentable. Facultad de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Universidad Distrital Francisco José de Caldas]. Bogotá.

Holden, R. y Liversedge, J. (2011). La construcción en el proyecto del paisaje. Editorial Gustavo Gili.

I

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales [IDEAM]. (2012). Actualización nota técnica heladas 2012 (Contrato N.° 201/2012).

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales [IDEAM] y Cancillería de Colombia. (2015). Nuevos Escenarios de Cambio Climático para Colombia 2011-2100 Herramientas Científicas para la Toma de Decisiones-Enfoque Nacional-Departamental.

Intergovernmental Panel on Climate Change [IPCC]. (2014). Climate Change 2013: The Physical Science Basis (Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change). Univ. Press, Cambridge.

International Union for Conservation of Nature [IUCN]. (2016). WCC-2016-Res-069-EN: defining nature-based solutions. https://portals.iucn.org/library/sites/library/files/resrecfiles/WCC_2016_RES_069_EN.pdf

J

Jarro, C. (2004). Guía técnica para la restauración de áreas de ronda y nacederos del Distrito Capital. Secretaría Distrital de Ambiente.

Jiménez Herrero, L. M. (2002). La sostenibilidad como proceso de equilibrio dinámico y adaptación al cambio. ICE, Revista De Economía, 1(800). http://www.revistasice.com/index.php/ICE/article/view/373

L

Laita, A., Kotiaho, J. S. y Mönkkönen, M. (2011). Graph-theoretic connectivity measures: what do they tell us about connectivity. Landscape Ecology, 26(7), 951-967.

León, N. (2011). El Páramo de Guerrero: conflictos entre conservación y reprimarización de su economía. Revista Geográfica de América Central, 2(2011), 1-17.

Logreira Rentería, A. (2008). Metodologías técnicas en el ámbito biofísico para la determinación y monitoreo de los servicios ambientales relacionados con regulación hídrica y control de sedimento, y su relación con el uso del suelo. Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, Patrimonio Natural–Fondo para la Biodiversidad y Áreas Protegidas.

M

Magdaleno, F. (2009). La restauración del bosque de ribera. En Vargas-Ríos, O y Reyes, S. (eds). La Restauración Ecológica en la Práctica. Memorias l Congreso Colombiano de Restauración Ecológica y II Simposio Nacional de experiencias de Restauración Ecológica.

Mançano, B. (2009). Territorio, teoría y política en las Configuraciones de los Territorios Rurales en el siglo XXI. Facultad de Estudios Ambientales y Rurales, Pontificia Universidad Javeriana. Centro editorial Javeriano.

McRae, B. H., Shah, V. y Edelman, A. (2016). Circuitscape: modeling landscape connectivity to promote conservation and human health. The Nature Conservancy, 14.

Méndez, O. (2006). Análisis ambiental del cambio tecnológico en el cultivo de la papa en el Páramo de Guerrero (1930-2005) [Tesis de maestría en Medio Ambiente y Desarrollo, Universidad Nacional de Colombia].

Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial [MAVDT]. (2007). Decreto 3600 de 2007. Por el cual se reglamentan las disposiciones de las Leyes 99 de 1993 y 388 de 1997 relativas a las determinantes de ordenamiento del suelo rural y al desarrollo de actuaciones urbanísticas de parcelación y edificación en este tipo de suelo y se adoptan otras disposiciones.

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2016). Resolución 0710 de 2016. Por medio de la cual se delimita el páramo Chingaza y se adoptan otras determinaciones.

Mola, I., Sopeña, A., De Torre, R. (Eds.). (2018). Guía práctica de restauración ecológica.

Morera, C., Pintó, J. y Romero, M. (2007). Paisaje, procesos de fragmentación y redes ecológicas: aproximación conceptual. Corredores biológicos: acercamiento conceptual y experiencia en América, 11-47.

N

Nicholls, E. C., Ríos, O., Altieri, M. A. (2013). Agroecología y resiliencia socioecológica: adaptándose al cambio climático. Redagres, Socla Cyted.

P

Pérez-Martínez, M. Vargas-Navarro, F. Guerrero-Pérez, J. (2014). Gestión ambiental territorial. Pontificia Universidad Javeriana.

Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo [PNUD]. (2011). Comunicación para el Desarrollo, fortaleciendo la eficacia de las Naciones Unidas.

R

Raffestain, C. (2011). Geografía del poder. Traducción y notas de Yanga Villagómez Velásquez. El Colegio de Michoacán.

Rapport, D. J. y Whitford, W. G. (1999). How ecosystems respond to stress: common properties of arid and aquatic systems. BioScience, 49(3), 193-203.

Reis, A., Bechara, F. C. y Tres, D. R. (2010). Nucleation in Tropical Ecological Restoration. Scientia Agrícola, 67(2), 244-250.

Restrepo, D. (2020). Reporte técnico sobre la modelación del rendimiento hídrico y los impactos del cambio climático en el corredor de conservación de páramos. Estrategia Infraestructura Verde, Programa Aguas y Ciudades, Conservación Internacional Colombia.

Ríos, H. F. (2005). Guía técnica para la restauración de áreas afectadas por especies vegetales invasoras. Jardín Botánico de Bogotá José Celestino Mutis.

Rodríguez, P. (2010). Aproximaciones teóricas y metodológicas para evaluar parcial e integralmente las transformaciones ambientales en el Páramo de Guerrero [Tesis de maestría en Medio Ambiente y Desarrollo, Universidad Nacional de Colombia].

Rodríguez, C. Z. (2012). Gobernabilidad sobre el recurso hídrico en Colombia. Revista Gestión y Ambiente, 99, 109.

Rodríguez, O. (2018). Caracterización social del corredor y aportes sociales al diseño. Diseño de la Estrategia del corredor de Conservación Chingaza-Sumapaz-Guerrero (informe final). Conservación Internacional, Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá.

T

Taylor, S. (1998). Introducción a los métodos cualitativos de investigación la búsqueda de significados. Paidós.

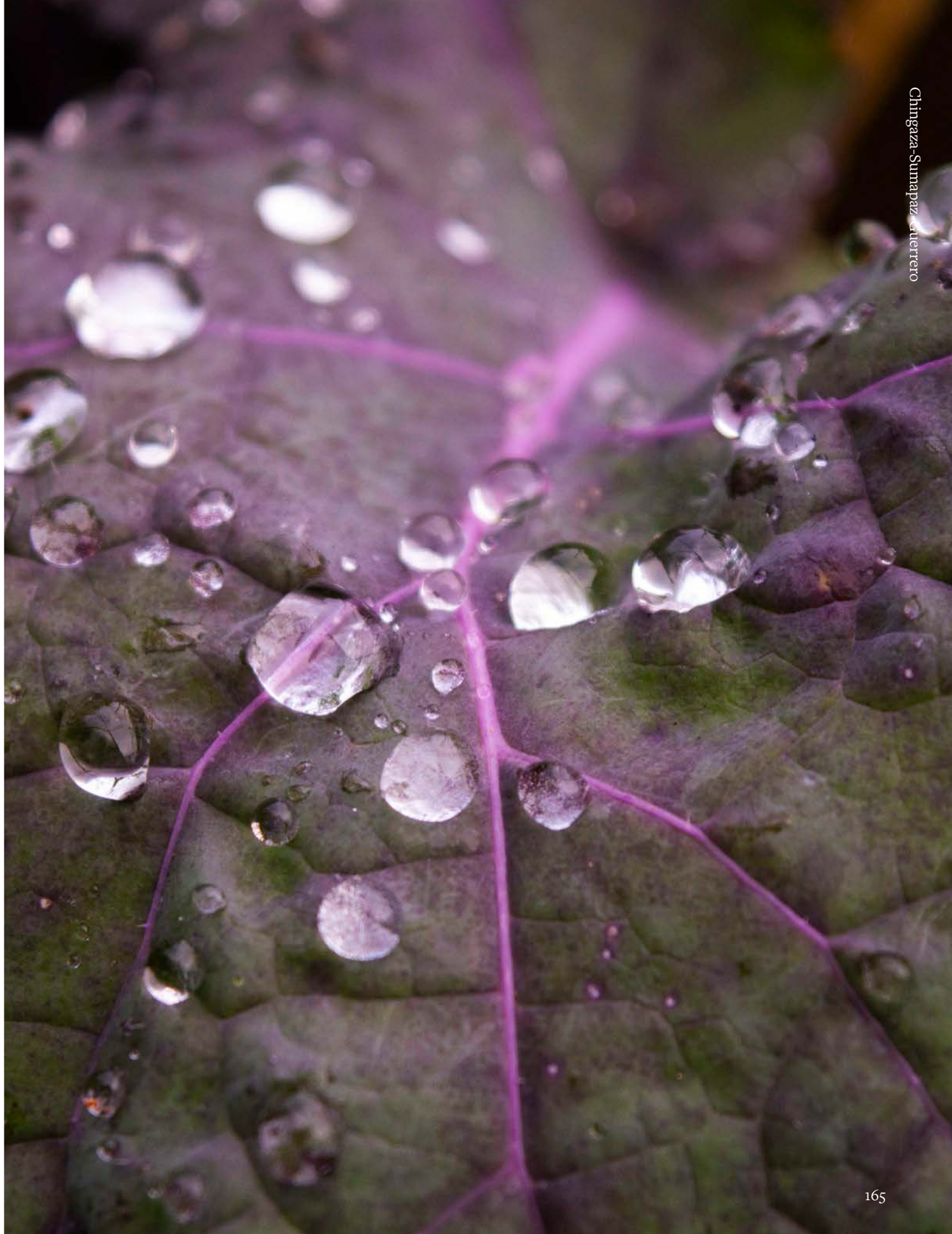
V

Van der Hammen, T., Pabón, J. D., Gutiérrez, H. y Alarcón, J. C. (2002). El cambio global y los ecosistemas de alta montaña. En: Páramos y Ecosistemas Altoandinos de Colombia en Condiciones HotSpot & Global Climatic Tensor (pp. 163-209).

Van der Hammen, M. C., Cano, C. y Palacio, D. (2015). Comunidades de páramo: ordenamiento territorial y gobernanza para armonizar producción, conservación y provisión de servicios ecosistémicos; complejo de páramos de Chingaza (informe de investigación, Convenio especial de cooperación 1414-014-090). Universidad Externado de Colombia, Instituto de Investigaciones de Recursos Biológicos Alexander Von Humboldt.

Vargas, O. (2008). Estrategias para la restauración ecológica del bosque altoandino: El caso de la Reserva Forestal Municipal de Cogua, Cundinamarca. Universidad Nacional de Colombia.

Vargas, O., Rodríguez, A., Franco, L. y León, O. (2013). Proyecto Restauración ecológica participativa en la cuenca alta del río Tunjuelo, microcuenca del río Chisacá (localidad de Usme). Grupo de Restauración Ecológica, Universidad Nacional de Colombia.



El ambiente es de todos

Minambiente

gef

BID
Banco Interamericano de Desarrollo

Conservación Internacional Colombia

IDEAM
Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales

CAR

Corpoguavio
Somos Todos VIDA Desarrollo

acueducto
Agua y Alcantarillado de Bogotá