

# PLAN DE SEGURIDAD HÍDRICA PARA LA REGIÓN CENTRAL

REGIÓN CENTRAL
RAP-E | Estamos Construyendo Región

PNUD

# PLAN DE SEGURIDAD HÍDRICA PARA LA REGIÓN CENTRAL

Claudia Nayibe López Hernández
**Alcaldesa Mayor de Bogotá D. C.**

Ramiro Barragán Adame
**Gobernador de Boyacá**

Nicolás García Bustos
**Gobernador de Cundinamarca**

Luis Enrique Dussán López
**Gobernador del Huila**

Juan Guillermo Zuluaga Cardona
**Gobernador del Meta**

José Ricardo Orozco Valero
**Gobernador del Tolima**

**REGIÓN CENTRAL RAP-E**

Fernando Flórez Espinosa
**Gerente RAP-E Región Central**

Magda Paola Núñez Gantiva
**Directora de planificación, gestión y ejecución de proyectos**

Luis Eduardo Guzmán Guayazá
**Director administrativo y financiero**

Martha Liliana Pilonietta Rubio
**Jefe Oficina Asesora de Planeación**

Jorge Alberto Camacho Lizarazo
**Asesor de comunicaciones**

Carlos Ernesto Jiménez Argote
**Asesor jurídico**

Stella Cañón Rodríguez
**Asesora de control interno**

**EQUIPO TÉCNICO RAP-E**

Carlos Alexander Barragán Pacheco
**Coordinador Eje de Sustentabilidad Ecosistémica y Manejo de Riesgos**

Jhony Davinson Higuera Farfán
**Profesional de apoyo**

Linda Manuela Sánchez Mojica
**Profesional de apoyo**

Yobani Salazar Díaz
**Profesional de apoyo**

Alejandra Acosta
**Profesional de Apoyo**

Deisi Caterine Corredor
**Profesional de Apoyo**

**Cítese como:**

Región Administrativa y de Planeación Especial RAP-E, PNUD. (2021). *Plan de Seguridad Hídrica (PSH) - Región Central. Marco estratégico y programático.* RAP-E, PNUD. Bogotá D. C., Colombia.

**PNUD**

Sara Ferrer
**Representante residente PNUD Colombia**

Jimena Puyana Erazo
**Gerente nacional desarrollo sostenible**

Diego Daniel Olarte Suárez
**Coordinador y asesor de desarrollo sostenible**

**EQUIPO TÉCNICO PNUD**

Viviana Andrea Martinez Pulido
**Asesora para la prevención de conflictos socioambientales**

Lina Maria Florez Ramirez
**Profesional de apoyo en ODS**

Claudia Patricia Fonseca Tobian.
**Profesional especializado en sistemas de infomación geográfica**

Lizeth Natalia Muñoz Herrera.
**Asistente técnica en hidrología e hidráulica**

Iván Orlando González Garzón
**Estudiante doctoral de la Universidad del Norte de Arizona**

.Puntoaparte Editores

**Coordinación editorial**
Puntoaparte Editores

**Revisión de estilo y ortotipográfica**
Juan Carlos Rueda Azcuénaga

**Diseño y diagramación**
Angélica Villate
Nicolás Carvajal
Julieth Vargas
Juan Sebastian Cuellar

# PLAN DE SEGURIDAD HÍDRICA PARA LA REGIÓN CENTRAL

REGIÓN CENTRAL
RAP-E | Estamos Construyendo Región

PNUD

# CONTENIDO


1

**Marco** introductorio

**Pág.** 18

2

**Marco** conceptual y metodológico

**Pág.** 34

3

**Análisis regional** desde dimensiones de análisis de la seguridad hídrica

**Pág.** 46

4

**Análisis de prospectiva** regional desde las dimensiones de análisis

**Pág.** 178

5

**Marco** estratégico y programático

**Pág.** 308

6

**Anexos**

**Pág.** 334

7

**Referencias**

**Pág.** 335

# Mapas


**Mapa 1.** Generalidades **pag. 28**

**Mapa 2.** Zonificación hidrográfica **pag. 29**

**Mapa 3**. Estado de ordenamiento de las subzonas hidrográficas RAP-E 2019 **pag. 53**

**Mapa 4.** Análisis de esfuerzo fiscal por municipios **pag. 62**

**Mapa 5.** Conflictos por el agua documentados en observatorios globales y regionales por SZH **pag. 65**

**Mapa 6.** Índice de vulnerabilidad hídrica elaborado por RAP-E con datos de ENA 2018 e IDEAM **pag. 99**

**Mapa 7.** Evaluación integrada del agua por subzona hidrográfica en la región central elaborado por RAP-E con datos de ENA 2018 e IDEAM. **pag. 101**

**Mapa 8.** Porcentaje de bosque en las subzonas hidrográficas **pag. 126**

**Mapa 9.** Porcentaje de bosque dentro de las rondas hídricas de 30 metros en las subzonas hidrográficas **pag. 127**

**Mapa 10.** Tasa de deforestación promedio anual en el periodo 1990-2016 en las subzonas hidrográficas **pag. 128**

**Mapa 11.** Porcentaje de las subzonas cubiertas por áreas protegidas **pag. 129**

**Mapa 12.** Mapa de índice de productividad hídrica **pag. 142**

**Mapa 13.** Resultado Nivel de la gobernanza y marco institucional del agua **pag. 162**

**Mapa 14.** Resultado estado del recurso hídrico **pag.164**

**Mapa 15.** Resultado Estado de conservación de los servicios ecosistémicos relacionados con el agua **pag. 167**

**Mapa 16.** Resultado del nivel de riesgo climático **pag. 170**

**Mapa 17.** Resultado del estado de las condiciones socioeconómicas para la seguridad hídrica **pag. 172**

**Mapa 18.** Resultado índice de seguridad hídrica **pag.174**

**Mapa 19.** Mapa ELSA para seguridad hídrica en la región central **pag. 277**

**Mapa 20.** Mapa ELSA por esfera de análisis **pag. 279**

**Mapa 21.** Mapa ELSA sin filtrar **pag. 280**

**Mapa 22.** Acciones ELSA por departamento **pag.281**

**Mapa 23.** Acciones por cuencas RAP-E con índice de seguridad hídrica muy bajo **pag. 284**

**Mapa 24.** Mapas de escenarios de baja, media y alta ambición **pag. 286**

**Mapa 25.** Áreas de posible intervención conjunta entre CAR **pag. 295**

**Mapa 26.** Áreas de posible intervención conjunta entre CAR por acción ELSA **pag. 295**




# Tablas

**Tabla 1.** Revisión de instrumentos vigentes para la gestión del agua en Colombia **pag. 26**

**Tabla 2.** Subzonas hidrográficas de la región central **pag. 30**

**Tabla 3.** Definiciones del enfoque integral de la seguridad hídrica **pag. 36**

**Tabla 4.** Eje estratégico: sustentabilidad ecosistémica y manejo de riesgos **pag. 43**

**Tabla 5.** Estado de ordenamiento de las subzonas hidrográficas RAP-E 2019 **pag. 52**

Tabla 6. Listado de códigos de proyectos de inversión relacionados con la seguridad hídrica **pag. 54**

**Tabla 7.** Distribución porcentual del gasto (obligaciones totales) por entidad territorial según los proyectos de inversión para la seguridad hídrica **pag. 56**

**Tabla 8.** Categorización de variabilidad de la oferta hídrica natural en condiciones promedio (VOH media) **pag. 75**

**Tabla 9.** Análisis de variabilidad de la oferta hídrica natural en condición extrema seca (VOH ex) **pag.76**

**Tabla 10.** El estado de la región central según el índice de regulación y retención hídrica y la variabilidad oferta hídrica **pag. 76**

**Tabla 11.** Los SZH más vulnerables según el índice de regulación y retención hídrica **pag. 77**

**Tabla 12.** Los SZH más vulnerables en términos de variabilidad de oferta hídrica **pag.78**

**Tabla 13.** La demanda hídrica del país y de la región central **pag. 80**

**Tabla 14.** Las diez SZH dentro la región central con la demanda más alta **pag. 81**

**Tabla 15.** Interpretación índice de uso del agua, **pag. 83**

**Tabla 16.** El estado de la región central según el índice de uso del agua por un año medio **pag. 84**

**Tabla 17.** El estado de la región central según el índice de uso del agua por un año seco **pag. 84**

**Tabla 18.** Los SZH más vulnerables según el índice de uso del agua por un año medio **pag. 85**

**Tabla 19.** Los SZH más vulnerables según el índice de uso del agua por un año seco **pag. 86**

**Tabla 20.** Interpretación índice de eficiencia del uso del agua **pag. 88**

**Tabla 21.** El estado por la región central según el índice de la eficiencia del uso de agua **pag. 89**

**Tabla 22.** Los SZH más vulnerables según el índice de la eficiencia del agua **pag. 89**

**Tabla 23.** Interpretación índice de alteración potencial de la calidad del agua **pag. 92**

**Tabla 24.** Interpretación índice de alteración potencial de la calidad del agua por la demanda bioquímica de oxígeno **pag. 92**

**Tabla 25.** Interpretación índice de alteración potencial de la calidad del agua por la diferencia entre la



demanda químico de oxígeno y la demanda bioquímico de oxígeno **pag. 93**

**Tabla 26.** Interpretación índice de alteración potencial de la calidad del agua por la diferencia entre la demanda químico de oxígeno y la demanda bioquímico de oxígeno **pag. 93**

**Tabla 27.** El estado para la región central según el índice de alteración potencial de la calidad del agua **pag. 94**

**Tabla 28.** Los SZH más vulnerables en un año meteorológico medio según el índice de alteración potencial de la calidad del agua **pag. 95**

**Tabla 29.** Los SZH más vulnerables en un año meteorológico seco según el índice de alteración potencial de la calidad del agua **pag. 96**

**Tabla 30.** Metadatos shape periodo de retorno de sequía agrícola, temporada lluviosa primer y segundo semestre (1981-2010) **pag. 105**

**Tabla 31.** Rangos definidos para la clasificación de la amenaza **pag.105**

**Tabla 32.** Metadatos índice de vulnerabilidad al desabastecimiento hídrico (IVH) **pag. 107**

T**abla 33.** Matriz de análisis para la determinación del índice de riesgo por sequía **pag. 109**

**Tabla 34.** Metadatos shape zonas susceptibles a inundación **pag. 113**

**Tabla 35.** Rangos definidos para la clasificación de la amenaza **pag. 114**

**Tabla 36.** Contenido de la base de datos para la caracterización de la vulnerabilidad **pag. 115**

**Tabla 37.** Rangos definidos para la clasificación de la vulnerabilidad **pag. 115**

**Tabla 38.** Matriz de análisis para la determinación del índice de riego por inundación **pag. 117**

**Tabla 39.** Cobertura de acueducto total, urbano y rural **pag. 133**

**Tabla 40.** Cobertura de alcantarillado total, urbano y rural **pag. 135**

**Tabla 41.** Cantidad de plantas de tratamiento de aguas residuales **pag. 136**

**Tabla 42.** Porcentaje de unidades productivas agropecuarias con sistema de riego **pag. 137**

**Tabla 43.** Cantidad de distritos de riego en operación (sí/no) **pag. 138**

**Tabla 44.** Porcentaje de distritos de riego con concesión de agua (sí/no) **pag. 139**

**Tabla 45.** Estimación del valor agregado municipal a través del deflactor del PIB departamental **pag. 141**

**Tabla 46.** Niveles de productividad hídrica de las subzonas hidrográficas de la región central **pag. 141**

**Tabla 47.** Densidad poblacional Hab/Km$^2$ **pag. 143**

**Tabla 48.** Propuestas metodológicas para índices de seguridad hídrica **pag. 146**

**Tabla 49.** Índice de seguridad hídrica, resultados por cada dimensión de análisis **pag. 154**

**Tabla 50.** Agrupamiento de los actores de la seguridad hídrica en la región central, según ámbito de acción **pag. 181**

**Tabla 51.** Porcentaje de superficie de departamentos con respaldo estadístico significativo que respondan hidrológicamente al aumento de área en bosque **pag. 231**

**Tabla 52.** Porcentaje de superficie de subzonas hidrográficas dentro de los departamentos con respaldo estadístico significativo que respondan hidrológicamente al aumento de área en bosque **pag. 232**

**Tabla 53.** Porcentaje de superficie de las subzonas hidrográficas presentes en los departamentos RAP-E con respaldo estadístico significativo que respondan hidrológicamente al aumento de área en bosque **pag. 234**

**Tabla 54.** Tendencia poblacional total 2018-2050 **pag. 261**

**Tabla 55.** Tendencia poblacional total urbana 2018-2050 **pag. 262**

**Tabla 56.** Tendencia poblacional total rural 2018-2050 **pag. 262**

**Tabla 57.** Estimación demanda (m3) según huella hídrica azul per cápita en zona rural y urbano 2030-2050 **pag. 263**

**Tabla 58.** Capas de datos no utilizadas 203

**Tabla 59.** Acciones basadas en la naturaleza para la seguridad hídrica ELSA en la región central de Colombia **pag.272**

**Tabla 60.** Promedio inicial de las ponderaciones de los expertos para i) todos los objetos de conservación incluidos en el análisis y ii) para cada tema **pag. 274**

**Tabla 61.** Superficie en acción ELSA para las doce cuencas RAP-E con índice de seguridad hídrica muy bajo **pag.275**

**Tabla 62.** Indicadores para seguimiento de mapa ELSA según índice de seguridad hídrica **pag. 285**

**Tabla 63.** Actores para la acción de protección en áreas sugeridas por mapa ELSA **pag. 291**

**Tabla 64.** Actores para la acción de restauración en áreas sugeridas por mapa ELSA **pag. 292**

**Tabla 65.** Actores para la acción de gestión en áreas sugeridas por mapa ELSA **pag. 293**

**Tabla 66.** Variables, desafíos **pag. 294**

**Tabla 67.** Relación de desafíos-prioridades identificados por los socios **pag. 297**

**Tabla 68**. 1.1.1. Cuidadoras y cuidadores del agua **pag. 301**

**Tabla 69.** 1.1.2. Gestión comunitaria para la gestión hídrica **pag. 315**

**Tabla 70.** 1.1.3. Fortalecimiento de capacidades institucionales para la gobernanza de la seguridad hídrica **pag. 316**

**Tabla 71.** 1.2.1. Plataforma multiactor **pag. 316**

**Tabla 72.** 1.2.2. Fortalecimiento institucional para la economía circular y la resiliencia climática en instrumentos de planeación del desarrollo para la seguridad hídrica a nivel departamental **pag. 317**

**Tabla 73.** 1.2.3. Estrategia de dinamización de las compensaciones ambientales para la región RAP-E en contribución a la seguridad hídrica **pag. 318**

**Tabla 74.** 1.3.1. Herramienta visor de seguridad hídrica regional **pag. 319**

**Tabla 75.** 1.3.2. Datos del clima para mejores decisiones **pag. 322**

**Tabla 76.** 2.1.1. Estrategia regional para la conservación de páramos y sus servicios ecosistémicos **pag. 323**

**Tabla 77.** 2.1.2. Implementación de acciones de conservación y preservación que aporten a la recuperación de los bienes y servicios ecosistémicos que ofrecen los páramos **pag. 323**

**Tabla 78.** 2.1.3. Esquemas de pago por servicios ambientales para la salud de los ecosistemas de páramo y la seguridad hídrica **pag. 324**

**Tabla 79.** 2.1.4. Iniciativas para la conservación y el uso sostenible con especies polinizadoras, especie polinizadora Apis mellifera (abeja común) **pag. 324**

**Tabla 80.** 2.1.5. Estrategia de restauración y gestión para ecosistemas de bosque seco tropical para la seguridad hídrica **pag. 325**

**Tabla 81.** 2.2.1. Codiseño de variables e indicadores para estimar la resiliencia climática comunitaria en ecosistemas de páramo **pag. 326**

**Tabla 82.** 2.2.2. Sistemas comunitarios de alertas tempranas para la prevención de riesgos climáticos **pag. 326**

**Tabla 83.** 2.2.3. Amigas y amigos del clima **pag. 328**

**Tabla 84.** 3.1.1. Sensibilización de públicos en el uso eficiente del agua **pag. 328**

**Tabla 85.** 3.1.2. Implementación de alternativas integrales de uso eficiente del agua y energías limpias, enfocadas en hogares rurales y en medianos y pequeños productores de la región central **pag.xxx**

**Tabla 86.** 3.2.1. Estrategia regional de economía circular del agua en sistemas productivos para la seguridad hídrica **pag. 329**

**Tabla 87.** 3.2.2. Hoja de ruta para la economía circular del agua y el aprovechamiento de biogás en la región central **pag. 329**

**Tabla 88.** 3.2.3. Huella hídrica para la producción agropecuaria regional **pag. 330**

**Tabla 89.** ODS, dimensiones de análisis de seguridad hídrica y el marco programático **pag. 332**









# Ilustraciones

**Ilustración 1.** Dimensiones de análisis de la seguridad hídrica **pag. 41**

**Ilustración 2.** Esquema ODS **pag. 45**

**Ilustración 3.** Variables a analizar para la dimensión de gobernanza del índice de seguridad hídrica para la región central **pag. 49**

**Ilustración 4:** Seguridad hídrica y género **pag. 50**

**Ilustración 5.** Distribución de conflictos por el agua por intensidad para la región central **pag. 66**

**Ilustración 6.** Distribución de conflictos en estado alto de intensidad por departamento **pag. 67**

**Ilustración 7.** Metodología para la determinación del riesgo por sequía en la región central **pag. 104**

**Ilustración 8.** Resultados amenaza por sequía a nivel departamental **pag. 106**

**Ilustración 9.** Resultados vulnerabilidad ante la sequía a nivel departamental **pag. 108**

**Ilustración 10.** Resultados riesgo ante la sequía a nivel departamental **pag. 110**

**Ilustración 11.** Metodología para la determinación del riesgo por sequía en la región central **pag. 113**

**Ilustración 12.** Resultados amenaza por inundación a nivel departamental **pag. 114**

**Ilustración 13.** Resultados vulnerabilidad ante la inundación a nivel departamental **pag. 116**

**Ilustración 14.** Resultados riesgo ante la inundación a nivel departamental **pag. 118**

**Ilustración 15.** Búfer de 30 metros a los drenajes sencillos de la cuenca del río Opía **pag. 124**

**Ilustración 16.** Clasificación actores según su escala o ámbito territorial **pag. 182**

**Ilustración 17.** Clasificación actores según su naturaleza **pag. 182**

**Ilustración 18.** División del grupo de actores según su interés y poder **pag. 182**

I**lustración 19.** Principios de la gobernanza del agua **pag. 185**

**Ilustración 20.** Marco de políticas nacionales sobre el recurso hídrico **pag. 187**

**lustración 21.** Nube de palabras instrumentos de planeación región central vigencia 2020-2023 en metas relacionadas con el recurso hídrico **pag. 189**

**Ilustración 22.** Variabilidad en la precipitación trimestral por región climática (Bogotá) **pag. 193**

I**lustración 23.** Variabilidad en la precipitación trimestral por región climática (Boyacá) **pag. 193**

**Ilustración 24.** Variabilidad en la precipitación trimestral por región climática (Cundinamarca) **pag. 194**

**Ilustración 25.** Variabilidad en la precipitación trimestral por región climática (Huila) **pag. 194**



**Ilustración 26.** Variabilidad en la precipitación trimestral por región climática (Meta) **pag. 195**

**Ilustración 27.** Variabilidad en la precipitación trimestral por región climática (Tolima) **pag. 195**

**Ilustración 28.** Variabilidad en la precipitación trimestral por región climática **pag. 196**

**Ilustración 29.** Cambio histórico de la variabilidad climática anual en la región central **pag. 198**

**Ilustración 30.** Escenarios de temperatura 2040 en la región central **pag. 199**

**Ilustración 31.** Capacidad adaptativa respecto del recurso hídrico en la región central **pag. 201**

**Ilustración 32.** Sensibilidad respecto del recurso hídrico en la región central **pag. 202**

**Ilustración 33.** Amenaza respecto del recurso hídrico en la región central **pag. 203**

**Ilustración 34.** Series de tiempo a escala mensual usadas en el análisis **pag. 207**

**Ilustración 35.** Diferencias en distribución y rango de los datos de caudales cuando son estandarizados **pag. 208**

**Ilustración 36.** Ejemplos de delimitaciones conflictivas **pag. 211**

**Ilustración 37.** Delimitaciones de cuencas con polígonos (recuadros) adicionales a la delimitación principal **pag. 211**

**Ilustración 38.** Cuencas finales delimitadas para la región de la RAP-E **pag. 212**

**Ilustración 39.** Distribución de tamaños de las cuencas delimitadas **pag. 212**

**Ilustración 41.** Coeficientes de la covariable de porcentaje de área en bosques para los cuatro tipos de caudales originales modelados y agregados por tipo de modelo y mes (incluido el anual con valor 0) **pag. 215**

**Ilustración 42.** Coeficientes de la covariable de porcentaje de área en bosques para los cuatro tipos de caudales escalados modelados y agregados por tipo de modelo y mes (incluido el anual con valor 0) **pag. 216**

**Ilustración 43.** Coeficientes de la covariable de porcentaje de área en bosques para los cuatro tipos de caudales originales modelados agregados por meses y anual (mes 0) y organizados según el tamaño de la cuenca **pag. 217**

**Ilustración 44.** Coeficientes de la covariable de porcentaje de área en bosques para los cuatro tipos de caudales escalados modelados agregados por meses y anual (mes 0) y organizados según el tamaño de la cuenca **pag. 218**

**Ilustración 45.** Distribución estadística de los coeficientes del porcentaje de área en bosque para las regresiones originales y escalados en su escala original **pag. 219**

**Ilustración 46.** Densidad de distribución de los coeficientes de porcentaje de área en bosque para los caudales escalados acotados a -50 y 50 **pag. 220**

**Ilustración 47.** Coeficientes de porcentaje de área en bosque para los caudales escalados por meses **pag. 221**

**Ilustración 48.** Frecuencia en la que los meses fueron los de mayor y menor variabilidad para la precipitación y temperatura en las diferentes cuencas en la región **pag. 222**

**Ilustración 49.** Diagrama de dispersión, distribución y coeficientes de correlación de Pearson entre los cuatro caudales (Qm, Qs, qmx, qmn), dos fuentes de precipitación (chirps, trmm) y una de temperatura (tmp) **pag. 223**

**Ilustración 50.** Distribución de los coeficientes de correlación lineal (entre -1 y 1) y no lineal entre los cuatro caudales originales, lluvia (chirps, trmm) y temperatura (tmp) **pag. 224**

**Ilustración 51**.Cuenca ejemplo con el comportamiento esperado **pag. 225**

**Ilustración 52.** Temperatura (arriba), precipitación y coeficientes de regresión sobre porcentaje de área en bosque para caudales medios (m), mínimos (n), desviación estándar (s) y valores máximos (m) **pag. 226**

**Ilustración 53.** Ejemplo de cuenca donde hay respuestas de los coeficientes acordes a la lluvia de los meses **pag. 227**

**Ilustración 54.** Coeficientes de cuenca ejemplo donde hay respuestas acordes a la lluvia **pag. 228**

**Ilustración 55.** Coeficientes estadísticos con significancia estadística mayor al 95 % de la covariable de bosques para los cuatro tipos de caudales escalados modelados agregados por meses y anual (mes 0) **pag. 229**

**Ilustración 56.** Mapa de cuencas que responden a la deforestación **pag. 230**

**Ilustración 57.** Unidades administrativas usadas como referencia **pag. 231**

**Ilustración 58.** Cuadrícula espacial de referencia para datos climáticos futuros, con una mediana de 23894.92 km por píxel **pag. 237**

**Ilustración 59.** Series de tiempo con valores mensuales de temperatura **pag. 238**

**Ilustración 60.** Series de tiempo a escala diaria de lluvia en la región de estudio **pag. 2239**

**Ilustración 61.** Series de tiempo de precipitación a escala mensual para las diferentes métricas estadísticas **pag. 240**

**Ilustración 62.** Series de tiempo de precipitación a escala mensual para las diferentes métricas estadísticas con una línea de tendencia lineal **pag. 241**

**Ilustración 63.** Series de tiempo agregadas por meses y coloreadas por píxeles para la variable de lluvia promedio mensual, incluida una línea de tendencia central **pag. 242**

**Ilustración 64.** Series de tiempo agregadas por meses y coloreadas por píxeles para la variable de la mediana de la lluvia mensual, incluida una línea de tendencia central **pag. 243**

**Ilustración 65.** Series de tiempo agregadas por meses y coloreadas por píxeles para la variable de lluvia máxima mensual, incluida una línea de tendencia central **pag. 244**

**Ilustración 66.** Mapa con píxeles con tendencia positiva significativa en la región de estudio para la lluvia máxima mensual **pag. 246**

**Ilustración 67.** Series de tiempo agregadas por meses y coloreadas por píxeles para la variable de lluvia mínima mensual, incluida una línea de tendencia central **pag. 247**

**Ilustración 68.** Series de tiempo agregadas por meses y coloreadas por píxeles para la variable de porcentaje de días sin lluvia en el mes, incluida una línea de tendencia central **pag. 248**

**Ilustración 69.** Series de tiempo agregadas por meses y coloreadas por píxeles para la variable de porcentaje de días con lluvias menores a 1 mm, incluida una línea de tendencia central **pag. 249**

**Ilustración 70.** Mapa de píxeles con tendencia significativa negativa de porcentaje de días con lluvia menores a 1 mm en la región central **pag. 250**

**Ilustración 71.** Series de tiempo agregadas por meses y coloreadas por píxeles para la variable de coeficiente de variación, incluida una línea de tendencia central **pag. 251**

**Ilustración 72.** Series de tiempo agregadas por meses y coloreadas por pixeles para la variable de desviación estándar, incluida una línea de tendencia central **pag. 252**

**Ilustración 73.** Mapa de píxeles con tendencia significativa positiva de desviación estándar de lluvia en la región de estudio **pag. 253**

**Ilustración 74.** Dispersión de los coeficientes de cambio anual para los diferentes meses (anual como mes 13) de los diferentes indicadores y pixeles del área de estudio **pag. 254**

**Ilustración 75.** Agregación mensual y anual (mes 13) de los coeficientes **pag. 255**

**Ilustración 76.** Cambio precipitación para 2011-2040 vs 1976-2005 (izquierda) y cambio precipitación 2041-2070 vs 1976-2005 (derecha) **pag. 257**

**Ilustración 77.** Histórico y crecimiento poblacional Bogotá 1985-2050 **pag. 260**

**Ilustración 78.** Los diez pasos para identificar ELSA **pag. 267**

**Ilustración 79.** Dimensiones de análisis del Plan de Seguridad Hídrica para la región central **pag. 268**

**Ilustración 80.** Asociación entre dimensiones y metas nacionales **pag. 269**

**Ilustración 81.** Relación entre dimensiones y capas de datos **pag. 271**

**Ilustración 82.** Representación de objetos de conservación por eje del PSH (área y porcentaje) **pag. 278**

**Ilustración 83.** Distribución de acciones por departamento, en porcentaje y área total **pag. 282**

**Ilustración 84.** Identificación de retos-desafíos por cada dimensión de análisis **pag. 298**

**Ilustración 85.** Plano cartesiano de la matriz de Vester **pag. 299**

**Ilustración 86.** Árbol de problemas de la seguridad hídrica **pag. 305**

**Ilustración 87.** Lluvia de ideas de soluciones a los desafíos regionales **pag. 307**







# 1

# MARCO INTRODUCTORIO

# 1.1 Antecedentes y justificación

El 25 de septiembre de 2014, se suscribió el *Convenio 1676* mediante el cual se constituyó la Región Administrativa y de Planeación Especial RAP-E - Región Central , dicho convenio contempla la asociación y acuerdo de voluntades entre Bogotá Distrito Capital y los departamentos de Cundinamarca, Boyacá, Meta y Tolima. El 27 de diciembre de 2019 se suscribió el convenio de adhesión n.º 001, por medio del cual el departamento del Huila se constituyó como nuevo integrante de la región central.

La RAP-E - Región Central definió en su agenda de estructuración regional, cinco ejes estratégicos: 1. Sustentabilidad ecosistémica y manejo de riesgos; 2. Seguridad alimentaria y desarrollo rural; 3. Competitividad y proyección internacional; 4. Infraestructura de transporte, logística y servicios públicos y 5. Gobernanza y buen gobierno.

El eje temático Sustentabilidad ecosistémica y manejo de riesgos tiene como fin coordinar el diseño y la gestión de los planes, programas y proyectos relacionados con la estructuración y conexión de corredores biológicos y a la consolidación de ecosistemas estratégicos, fomentando a la vez incentivos por servicios ambientales, prevención de riesgos de desastres y acciones de adaptación y mitigación para enfrentar el cambio climático, garantizando el mantenimiento, la protección y la preservación de la estructura ecológica principal (EEP) de la región. Así mismo, el Plan Estratégico Regional (PER), para el eje de Sustentabilidad ecosistémica y manejo de riesgos, establece como objetivo regional «La región central con seguridad hídrica para la sustentabilidad del territorio», promoviéndolo a través de tres programas: 1. Agua limpia y disponible, 2. Resiliencia regional y 3. Conectividad de corredores biológicos, para lograrlo, la entidad ha priorizado, como proyecto de inversión, la elaboración del Plan de Seguridad Hídrica (PSH) para la región central.

De manera articulada con los socios y principales actores relacionados con el recurso hídrico, el PSH RAP-E, pretende ser la hoja de ruta para alcanzar la seguridad hídrica[1] de la región, por ello, la RAP-E y el PNUD han consolidado una alianza para construir este ambicioso plan dentro del marco del Plan Estratégico y el Pacto de Sumapaz. Esta iniciativa busca generar condiciones habilitantes para alcanzar la seguridad hídrica a nivel regional desde los ámbitos técnico, estratégico y político contando con la participación de cada uno de los departamentos socios de la RAP-E.

1. Seguridad hídrica se entiende como la capacidad de una población para salvaguardar el acceso sostenible a cantidades adecuadas de agua de calidad aceptable para el sostenimiento de los medios de vida, el bienestar humano y el desarrollo socioeconómico, para garantizar la protección contra la contaminación transmitida por el agua y los desastres relacionados con el agua, y para la conservación de los ecosistemas en un clima de paz y estabilidad política (UN-Water (ONU -Agua), 2013).

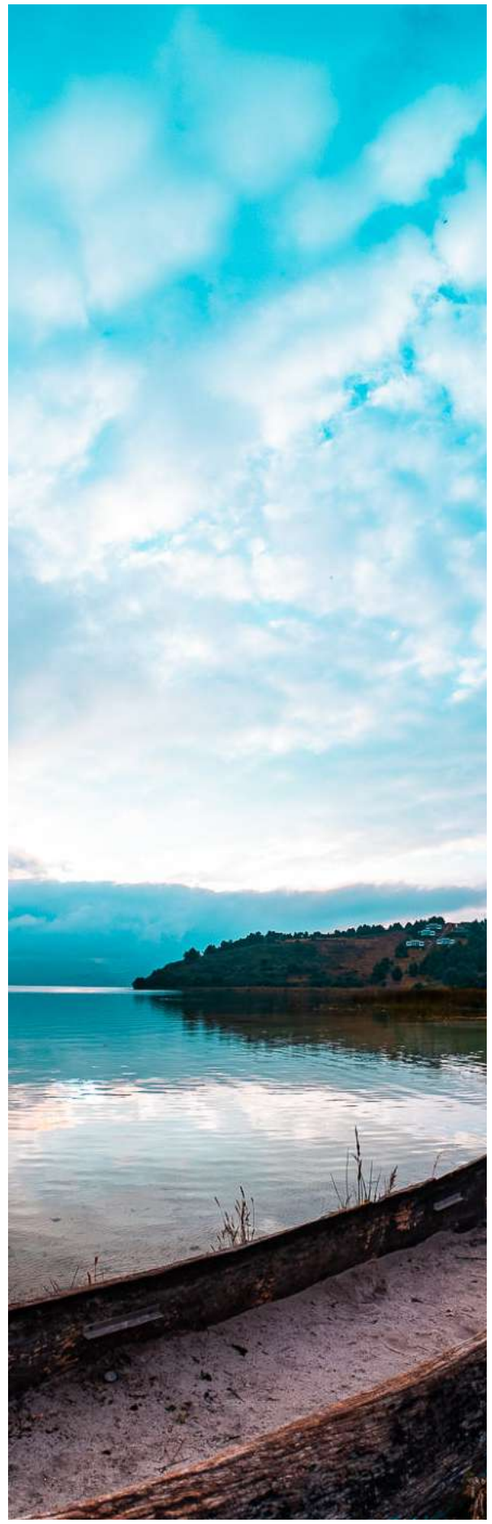
El Plan de Seguridad Hídrica debe estar sustentado en un diagnóstico con datos e información que responda a las necesidades hídricas de la región, un análisis del marco normativo relacionado con el agua y la identificación de los retos para el desarrollo sostenible de la región, con el fin de que se propongan proyectos y metas concretas en el corto, mediano y largo plazo para alcanzar la seguridad hídrica regional.

De acuerdo con el marco conceptual de referencia, es importante definir las dimensiones estratégicas en las cuales se desarrollará y formulará el plan. Adicionalmente, de manera transversal, debe fundamentarse en el fortalecimiento de la gobernanza del agua, entendida como la habilidad de la sociedad para proveer bienes y servicios de buena calidad, sustentables, eficientes y equitativos para la totalidad de sus miembros (CAF, 2015).

Esto solo se puede lograr a través de la sinergia entre los instrumentos de planificación y administración del recurso hídrico, con una gestión integrada del agua que asegure la provisión del servicio por medio de herramientas de control como políticas, marcos legales e instrumentos económicos con el fin de buscar óptimos sociales que beneficien a la comunidad (CAF, 2015).

Esta alianza se realiza con un actor estratégico como el PNUD debido a su amplia experiencia y reconocimiento técnico, especialmente aquella desarrollada en Panamá, donde, en alianza con el Gobierno nacional, desarrolló el Plan Nacional de Seguridad Hídrica 2015-2050 con éxito. Lo anterior, gracias, en gran parte, a las metodologías e instrumentos multiescalares e interoperables que permitieron que el plan se aprobara tras la celebración de consultas nacionales. Bajo el lema «agua para todos», estas consultas públicas y abiertas permitieron que grupos organizados del sector privado, autoridades locales y sociedad civil conocieran las áreas prioritarias del plan y enriquecieran el documento con sus aportes, todo este proceso se realizó bajo el principio de participación ciudadana, en los procesos de toma de decisiones.

Siguiendo los lineamientos de las fuentes consultadas, para el Plan de Seguridad Hídrica para la región central se proponen cinco dimensiones que abordan los temas de gobernanza, gestión integral del



recurso, ecosistemas de importancia hídrica regional, resiliencia y aspectos socioeconómicos del agua. Esto se desarrollará más adelante en el documento.

El diseño del PSH se realizará en tres momentos, analítica y procedimentalmente diferentes, articulados mediante una estrategia transversal de participación, diálogo y construcción de los principios de funcionamiento de la plataforma multiactor. Los momentos propuestos son:

## Diagnóstico

Esta fase consistirá en la revisión de la información existente relacionada con el recurso hídrico en la región, para ello es fundamental el apoyo de las entidades territoriales, las corporaciones autónomas y los institutos de investigación nacionales. Tanto la recopilación de datos e información existente, como el reconocimiento de actores clave es el punto de partida de esta fase.

Adicionalmente, se contará con la participación del *hub* internacional del PNUD en manejo de recursos naturales y su programa Áreas Esenciales para el Soporte para la Vida (ELSA, por sus siglas en inglés) con el fin de que sea un apoyo experto en el mapeo de los principales datos recopilados alrededor de las necesidades y retos hídricos de la región.

Al ser un proceso de cocreación, la plataforma multiactor jugará un papel importante en la socialización y validación de los datos e información mediante el desarrollo de talleres técnicos denominados «hackatones», en los cuales la participación de actores y asociados será de gran valor para la construcción del PSH.

Con los resultados obtenidos se hará una propuesta de índice de seguridad hídrica de la región central y una primera medición a manera de línea base, con la intención de ser una medición dinámica y replicable en el tiempo, que ayude a verificar la implementación de las acciones propuestas y su resultado en la región.

## Prospectiva

Esta etapa del proceso parte de los insumos obtenidos en la etapa anterior, los cuales, posterior a la debida sistematización y análisis, serán presentados ante los actores y socios estratégicos para su validación.

Con esta validación se propone la cocreación de la visión compartida de la seguridad hídrica regional y la priorización de los retos que esta conlleva. El escenario para esta discusión será el taller de prospectiva desarrollado en el marco de la plataforma multiactor, en este será de vital importancia tanto la participación como el apoyo de los socios. El resultado de esta etapa será el documento con la visión de seguridad hídrica regional construida por socios y actores clave, soportada en los datos y análisis adelantados por el equipo técnico de expertos de PNUD.

## Marco estratégico

La etapa final consiste en la elaboración del marco estratégico del Plan de Seguridad Hídrica que parte de los insumos obtenidos en las etapas anteriores. La formulación de este plan se realizará bajo el concepto de teoría del cambio y será validado con los actores clave en el marco de la plataforma multiactor en un último taller, denominado taller de validación. Al finalizar, se obtendrá el Plan de Seguridad Hídrica (PSH) RAP-E - Región Central.







# 1.2 Contexto

El recurso hídrico es un recurso clave para el desarrollo sostenible, es un factor estructurante de la relación entre los sistemas naturales y los sistemas humanos, incidiendo en la salud, la prosperidad y la seguridad humana[2]. Este recurso es esencial para la erradicación de la pobreza, la igualdad de género, la seguridad alimentaria y la preservación de ecosistemas (UNESCO/División de Ciencias del Agua (SC/HYD), 2020).

Por esto desde 2010, la Asamblea General de las Naciones Unidas declaró el acceso al agua dulce y al saneamiento como un derecho humano. Así mismo, los Objetivos de Desarrollo del Milenio (ODM) incluyeron metas que apuntaron al abastecimiento de agua y que, a escala global, lograron reducir a la mitad la proporción de personas sin acceso al agua potable. Sin embargo, la meta de los ODM referida a saneamiento, no fue alcanzada y hoy en día, 2.5 billones de personas, principalmente de áreas rurales, no tienen acceso a instalaciones mejoradas de saneamiento (UNESCO/División de Ciencias del Agua (SC/HYD), 2020).

A pesar de la importancia que tiene el agua, el mundo aún enfrenta grandes retos relacionados con la escasez, la mala calidad, la falta de facilidades sanitarias o desastres naturales relacionados con el agua, como las inundaciones y las sequías (UNESCO/División de Ciencias del Agua (SC/HYD), 2020). Un ejemplo es la escasez de agua que aún afecta a más del 40 % de la población mundial, cifra que posiblemente crezca por efecto del cambio climático (PNUD, 2020).

De acuerdo con cifras del PNUD «i) se estima que al menos una de cada cuatro personas se verá afectada por escasez recurrente de agua para 2050, ii) el 80 % de las aguas residuales se vierte en vías fluviales sin un tratamiento adecuado y iii) el 80 % de los países ha sentado las bases para la gestión integrada de los recursos hídricos».

A pesar de los avances de los ODM, quedaron tareas pendientes a escala global, por lo que este tema se retoma con un enfoque más integral que recoge las complejidades para abordar estos retos, y se integran en la nueva agenda global de desarrollo sostenible de 2015 y se constituye en un Objetivo de Desarrollo Sostenible (ODS 6) específicamente dedicado al agua y al saneamiento, a fin de garantizar la disponibilidad de agua y su gestión sostenible, además del saneamiento para todos (UNESCO/División de Ciencias del Agua (SC/HYD), 2020).

Uno de los principales factores para incluir la problemática alrededor del recurso hídrico es el cambio climático, además de otros factores globales como la contaminación, la gestión y la gobernanza y las dinámicas demográficas. En el caso del cambio climático, este genera cambios en los patrones fluviales, la humedad, el balance de las masas de los glaciares, la corriente de los ríos y también causa cambios en las fuentes de agua subterránea. Al mismo tiempo, los extremos climáticos y la variabilidad generan inundaciones o sequías, las cuales están aumentando en frecuencia e intensidad. En los próximos 40 años, aproximadamente 800.000 personas migrarán cada semana a las ciudades de todo el mundo (UNESCO/División de Ciencias del Agua (SC/HYD), 2020).

Otro factor importante es el crecimiento demográfico. Las altas tasas de urbanización, especialmente en regiones como África, Asia y Latinoamérica, crean mayores presiones sobre los recursos naturales, siendo el agua uno de los fundamentales, lo que tendrá un enorme impacto, poniendo a prueba la infraestructura, la institucionalidad y las relaciones entre el sector privado, el público y la sociedad civil.

2. El concento de seguridad humana se tratara en el marco conceptual de este documento y su relación con la seguridad hídrica

# 1.3
# **Situación** general de la seguridad hídrica en Colombia

En Colombia la situación no es ajena a las dinámicas globales que se observan sobre el manejo del agua. El DNP, en el trabajo realizado con la Misión de Crecimiento Verde, menciona que el país ha venido reduciendo su disponibilidad de agua, con mayor impacto en las regiones Caribe y Andina, por factores que han modificado el ciclo hidrológico. Al igual que en el marco global, en Colombia el cambio climático afectara los regímenes de lluvias en las próximas décadas agravando el problema en las regiones mencionadas (DNP, 2018).

Al mantenerse una tendencia hacia la reducción en la disponibilidad de agua, sin generar cambios que promuevan un uso eficiente en los sectores productivos y doméstico, se podrían, en los próximos años, generar afectaciones a los sistemas humanos y naturales, desencadenando conflictos por su uso, con consecuencias sociales y económicas (DNP, 2018).

Un aspecto para tener en cuenta en el abordaje de la seguridad hídrica y que tiene un vínculo directo entre la gestión del recurso hídrico y la población, es la prestación de los servicios de acueducto y alcantarillado en el país, los cuales responden a un modelo lineal que resuelve la conexión de las personas al agua potable y a las redes de alcantarillado, sin un mayor énfasis en acciones para gestionar de manera efectiva el agua residual vertida o el uso eficiente del agua. Esto plantea un desafío, pero al mismo tiempo una oportunidad para romper la lógica lineal de un servicio de agua potable y manejo de aguas residuales que se centra en extraer el agua, usarla y verterla, sin tratamiento previo o con sistemas de tratamiento muy poco efectivos en la remoción de contaminantes (DNP, 2020).

El país aún enfrenta debilidades institucionales y de gobernanza en la gestión de los servicios de acueducto y alcantarillado, al igual que sobre los recursos naturales que ofrecen los servicios ecosistémicos de provisión de agua.

En relación con la provisión de servicios públicos, según el Censo Nacional de Población y Vivienda del año 2018, para las áreas urbanas se alcanzó una cobertura nacional urbana de 96.0 % en acueducto y 92.6 % en alcantarillado. Dichos avances en coberturas del servicio son solo una dimensión del análisis, ya que por otro lado persisten debilidades institucionales que impiden avanzar en los indicadores de la calidad en la prestación de los servicios y el uso eficiente del recurso hídrico (DNP, 2020).

En 2011, de acuerdo con la Superintendencia de Servicio Públicos Domiciliarios (SSPD), el 31 % de la población analizada tuvo suministro de agua con algún tipo de riesgo[3], es decir, el 69 % de esta población recibió agua potable. En el año 2017 estas proporciones pasaron a 41 % y 59 % respectivamente, lo que indica una disminución en el suministro de agua potable para consumo humano (DNP, 2020).

El promedio nacional de horas de prestación del servicio al día pasó de 22.0 a 22.5 entre 2011 y 2017. Este bajo crecimiento se puede explicar porque hay ciudades como Turbo, San Andrés, Chiquinquirá, Bosconia, Anapoima, Maicao, Uribia y Buenaventura, que aún no superan las diez horas de servicio al día (DNP, 2020).

El uso eficiente del recurso agua es un desafío para el país. Las dificultades se explican por deficiencias en los procesos de gobernanza, planeación en la prestación de los servicios y debilidades en los procesos de gestión de los prestadores de servicios. Lo anterior se refleja en los niveles de pérdidas de agua en los sistemas de acueducto, el índice de agua no contabilizada (IANC)[4], entre 2011 y 2018 pasó de 45 % a 41.4 %, lo cual, aunque presenta mejoría, todavía muestra una diferencia muy alta respecto al nivel de pérdidas aceptable y el definido por la Resolución 330 de 2017 del Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, que no debe superar el 25 % (DNP, 2020).

Estos niveles de pérdidas observados dan cuenta de la necesidad de mejorar la eficiencia en el uso del agua en los sistemas de acueducto, buscando así asegurar el cubrimiento del servicio de acueducto a la población.

La gobernanza del recurso hídrico tiene que enfrentar retos de gestión institucional, principalmente en lo referente a la articulación entre entidades de distintos niveles de gobierno, ya que, aunque existen más de diez instituciones de orden nacional, regional y local, con competencias en la administración y la gestión del agua, estas no logran tomar decisiones que permitan avanzar en el manejo integral del recurso hídrico. A pesar de que existen diferentes instrumentos de planeación del sector, por factores técnicos, políticos y económicos no logran alinearse para generar impactos positivos sobre los retos de la gestión del agua en lo regional y local.



3. Esto se toma de acuerdo con el índice de riesgo de calidad del agua (IRCA) que mide el grado de riesgo de ocurrencia de enfermedades relacionadas con el no cumplimiento de las características físicas, químicas y microbiológicas (microorganismos, parásitos, metales, pesticidas, entre otros) del agua para consumo humano.

4. IANC mide la relación entre el agua no facturada y el volumen de agua producido en términos de porcentaje.

**Tabla 1. Revisión de instrumentos vigentes para la gestión del agua en Colombia**

| Instrumento | Responsable | Horizonte | Norma |
|---|---|---|---|
| **Plan Nacional de Desarrollo.** | DNP. | 4 años. | Ley 152 de 1994. |
| **Planes de ordenación y manejo de cuencas hidrográficas.** | CAR. | 10 años. | Resolución 1907 de 2013 MADS. |
| **Planes de ordenamiento territorial.** | Alcaldías. | 4 años. | Ley 152 de 1994. |
| **Planes departamentales de agua.** | Gestores de PDA. | 1 y 4 años. | Decreto 1425 de 2004 MVDT. |
| **Planes de saneamiento y manejo de vertimientos.** | Empresas de servicios públicos y alcaldías. | 10 años. | Resolución 1433 de 2004 MVDT. |
| **Planes de obras e inversiones regulado.** | Empresas de servicios públicos. | 10 años. | Resolución 688 de 2014 de la CRA. |
| **Planes de gestión y resultados.** | Empresas de servicios públicos. | | Resolución 865 de 2018 CRA. |
| **Planes de ordenamiento de recurso hídrico.** | CAR. | 10 años. | Decreto 1640 de 2012 del MADS. |
| **Planes maestro de acueducto y alcantarillado.** | Empresas de servicios públicos y alcaldías. | 10 años | Definido municipalmente |
| **Programa de uso eficiente y ahorro de agua.** | Empresas de servicios públicos | 5 años | Ley 373 de 1997 MADS |

**Fuente:** tomado DNP, 2020.

Frente a las dinámicas poblacionales en Colombia también hay retos en la prestación de los servicios de acueducto y alcantarillado. El país ha venido aumentando el grado de urbanización, impulsado por factores como el mercado laboral, el desplazamiento, las migraciones y el crecimiento poblacional natural de las ciudades. Se espera que para el año 2035 haya sesenta y cuatro ciudades con más de 100.000 habitantes, donde vivirá el 83 % de la población, situación que implicaría un aumento del 64.5 % en el consumo de agua en dichas ciudades (DNP, 2014). Sin embargo, este crecimiento no ha venido acompañando de un desarrollo que responda a los desafíos desde los servicios de acueducto y alcantarillado (DNP, 2020).

Como lo plantea el CONPES 4004, solo setenta y uno de los ciento cincuenta y un municipios del sistema de ciudades cuenta con servicios regionales de acueducto y alcantarillado, proporción que dificulta lograr las economías de escala que permitan reducir los costos de operación del servicio y mejorar la calidad. Lo anterior indica que se debería promover la operación de prestadores regionales para la prestación de los servicios con el apoyo del Gobierno nacional.

Otro factor importante frente al aumento de la urbanización y al aumento de la demanda, es la dificultad para asegurar el abastecimiento de agua para uso doméstico y productivo. Esto se evidencia en los indicadores que provee el IDEAM sobre uso del agua. En este caso el índice de uso del agua (IUA)[5] mostró en 2018 que gran parte del sistema de ciudades presenta un nivel crítico y muy alto en el IUA. Adicionalmente, se identificó que el 56 % de la población se encuentra asentada en zonas en donde el índice se clasifica entre alto y crítico (IDEAM, 2018).

El desarrollo industrial, comercial y agrícola, así como las actividades domésticas, han contribuido a la afectación de las condiciones de calidad de los cuerpos de agua en lugares donde además reside el 42 % de la población. Entre 2012 y 2016 aumentaron los niveles de descargas de demanda bioquímica de oxígeno (DBO), demanda química de oxígeno (DQO) y de sólidos suspendidos totales (SST), pasando en DBO de 756.945 a 1.174.362, en DQO de 1.675.616 a 2.906.555; y en SST aumentando de 1.135.726 a 1.364.660 toneladas (DNP, 2020).

El bajo porcentaje de tratamiento de aguas residuales explica los indicadores desfavorables. De acuerdo con la SSPD (2019), se identificó una remoción promedio de 20 % en 2016, 22 % en el 2017 y 34 % en 2018 en los procesos de operación de ciento noventa empresas que reportaron eficiencia de remoción de carga orgánica en términos de SST y DBO para sus sistemas de tratamiento. Estos reportes no permiten cumplir con los niveles de remoción para tratamientos primarios de conformidad con el RAS, por lo tanto, no logran evitar de manera significativa el vertimiento de carga orgánica a los cuerpos hídricos (DNP, 2020).

Además, existen problemas en la formulación, financiación y ejecución de proyectos de inversión para el recurso hídrico. Un aspecto fundamental para el desarrollo del sector de agua potable y manejo de aguas residuales es la estructuración y ejecución de proyectos para mejorar la infraestructura, especialmente en zonas rurales y centros poblados. Sin embargo, la capacidad para estructurar y gestionar proyectos a nivel municipal es baja. De acuerdo con la Subdirección de Proyectos del Viceministerio de Agua y Saneamiento Básico, durante el año 2017 se registraron 1.077 proyectos, de los cuales el 78 % (840) presentaron dificultades en su estructuración (DNP, 2020).

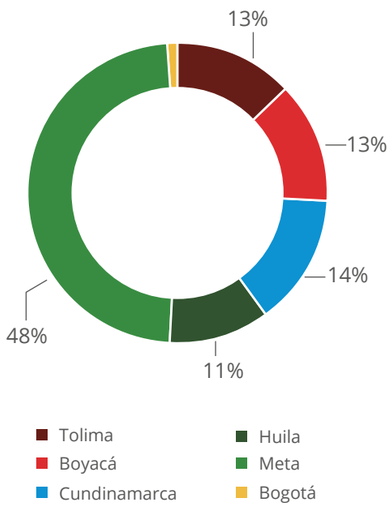
Estas dificultades técnicas y reprocesos derivados de aspectos como baja calidad de diseños, trámites asociados a gestión predial, permisos y licencias ambientales, y permisos de intervención vial incompletos, derivan en sobrecostos que llegan en promedio al 27 % del valor inicial. Pero por otro lado los ingresos para proyectos de infraestructura, como para los de protección de los servicios ecosistémicos son escasos (DNP, 2020).

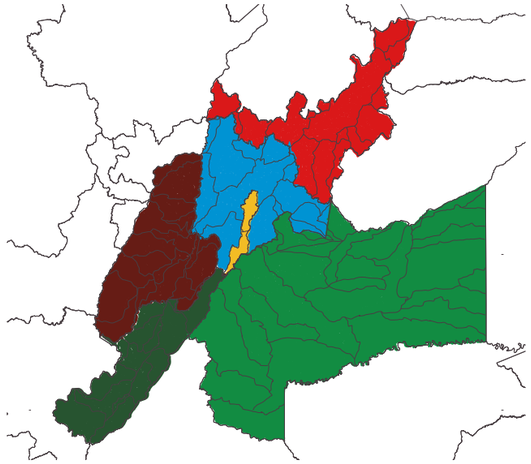
**5.** IUA representa la escala de presión de la demanda sobre la oferta hídrica disponible. El índice genera las siguientes categorías: muy bajo, bajo, moderado, alto, muy alto y crítico, donde crítico se aplica a aquellas zonas en donde la demanda ha superado la oferta de agua.

# 1.4
# **Contexto** de la RAP-E

La región central del país es un área geográfica que se caracteriza por la presencia de la cordillera Oriental, que la atraviesa de suroccidente a nororiente. Limita al occidente con la cordillera Central y el valle de la cuenca media del río Magdalena. Al oriente con los Llanos Orientales, territorio con extensos ríos que pertenecen a la cuenca del río Orinoco. Al noroccidente se encuentra el valle de la cuenca media del río Magdalena y al nororiente los llanos del Casanare. Finalmente, al sur occidente se encuentra la cuenca alta del río Magdalena y al sur la cordillera Oriental. El centro de esta región está conformado por Bogotá y el departamento de Cundinamarca, cuyo relieve se caracteriza por la presencia de la cordillera Oriental. El borde oriental se caracteriza por ser un área ecológica estratégica que alberga un sistema de páramos vital para el ciclo del agua. Este ecosistema surte de agua a los embalses que suministran el agua no solo para la ciudad capital sino a gran parte de la sabana y a la hidroeléctrica del Guavio para la generación de energía, garantizando la provisión permanente del recurso hídrico a varios municipios de la región central (RAP-E, 2013).

**Mapa 1. Generalidades**



COLOMBIA - 114.174.800 Ha
**15% del territorio nacional**

COLOMBIA - 1123 municipios
**31% de los municipios del país**

**Fuente:** RAP-E.

La zonificación hidrográfica en el orden nacional la define el Instituto de Hidrología Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM) como unidades de análisis espacial, las cuales se clasifican de la siguiente manera: 5 áreas hidrográficas, 41 zonas, 316 subzonas hidrográficas y 64 sistemas de acuíferos. (MADS, 2018). La región central se encuentra en tres áreas hidrográficas; Magdalena-Cauca, Orinoco y Amazonas, siendo Magdalena-Cauca y Orinoco las áreas con mayor predominancia en la región con 39 y 38 subzonas hidrográficas respectivamente, mientras en el área del Amazonas, se ubica solo una, para un total de 78 subzonas hidrográficas en la región central, representando una alta relación en comparación con el territorio que ocupa la región, que es de tan solo el 16 %.

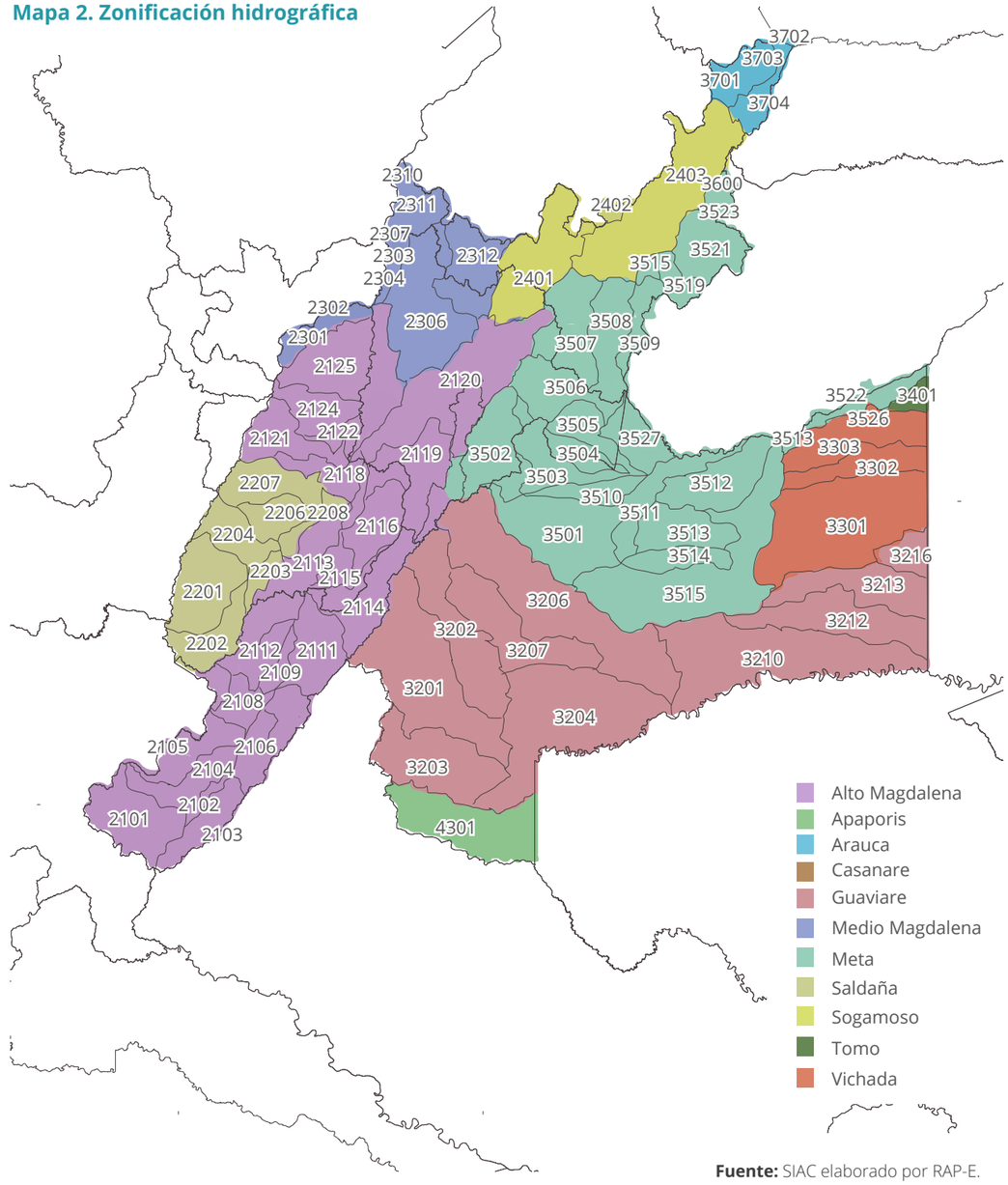




## Zonificación hidrográfica de la región central

En el territorio de la RAP-E están ubicadas 78 subzonas hidrográficas, en 11 zonas hidrográficas, siendo las más representativas el alto Magdalena, el medio Magdalena y el Guaviare, con el 29 %, 27 % y 13 % de las subzonas hidrográficas de la región central. A continuación, se muestran las subzonas hidrográficas, de acuerdo con la codificación de unidades geográficas determinada por el IDEAM.

**Mapa 2. Zonificación hidrográfica**




**Fuente:** SIAC elaborado por RAP-E.

El departamento con mayor representatividad hidrográfica en la región es el Meta, con 85.445 Km2 y 34 subzonas, seguido de Cundinamarca con 23.979 Km2 y 28 subzonas. A continuación, se relacionan la zonificación hidrográfica de la región central.

### Tabla 2. Subzonas hidrográficas de la región central

| SZH | Área Hidrográfica | Zona Hidrográfica | Nombre de subzona hidrográfica | |
|---|---|---|---|---|
| **2101** | | | 1 | Alto Magdalena |
| **2102** | | | 2 | Río Timaná y otros directos al Magdalena |
| **2103** | | | 3 | Río Suaza |
| **2104** | | | 4 | Ríos Directos al Magdalena (mi) |
| **2105** | | | 5 | Río Páez |
| **2106** | | | 6 | Ríos directos Magdalena (md) |
| **2108** | | | 7 | Río Yaguará y río Íquira |
| **2109** | | | 8 | Juncal y otros ríos directos al Magdalena |
| **2110** | | | 9 | Río Neiva |
| **2111** | | | 10 | Río Fortalecillas y otros |
| **2112** | **Magdalena-Cauca** | **Alto Magdalena** | 11 | Río Baché |
| **2113** | | | 12 | Río Aipe, río Chenche y otros directos al Magdalena |
| **2114** | | | 13 | Río Cabrera |
| **2115** | | | 14 | Directos Magdalena entre ríos Cabrera y Sumapaz (md) |
| **2116** | | | 15 | Río Prado |
| **2118** | | | 16 | Río Luisa y otros directos al Magdalena |
| **2119** | | | 17 | Río Sumapaz |
| **2120** | | | 18 | Río Bogotá |
| **2121** | | | 19 | Río Coello |
| **2122** | | | 20 | Río Opía |
| **2123** | | | 21 | Río Seco y otros Directos al Magdalena |
| **2124** | | | 22 | Río Totare |
| **2125** | | | 23 | Río Lagunilla y otros directos al Magdalena |
| **2201** | | | 24 | Alto Saldaña |
| **2202** | | | 25 | Río Atá |
| **2203** | | | 26 | Medio Saldaña |
| **2204** | | **Saldaña** | 27 | Río Amoyá |
| **2206** | | | 28 | Río Tetuán, río Ortega |
| **2207** | | | 29 | Río Cucuana |
| **2208** | | | 30 | Bajo Saldaña |
| **2301** | **Magdalena-Cauca** | | 31 | Río Gualí |
| **2302** | | | 32 | Río Guarinó |
| **2303** | | | 33 | Directos al Magdalena entre ríos Seco y Negro (md) |
| **2306** | | **Medio Magdalena** | 34 | Río negro |
| **2311** | | | 35 | Directos al Magdalena Medio entre ríos Negro y Carare (md) |
| **2312** | | | 36 | Río Carare ( Minero) |
| **2401** | | | 37 | Río Suárez |
| **2402** | | **Sogamoso** | 38 | Río Fonce |
| **2403** | | | 39 | Río Chicamocha |
| **3201** | | | 40 | Río Guayabero |
| **3202** | | | 41 | Río Guape |
| **3203** | | | 42 | Río Los ada |
| **3204** | **Orinoco** | **Guaviare** | 43 | Alto Guaviare |
| **3206** | | | 44 | Río Ariari |
| **3207** | | | 45 | Río Guejar |
| **3210** | | | 46 | Medio Guaviare |

| SZH | Área Hidrográfica | Zona Hidrográfica | Nombre de subzona hidrográfica | |
|---|---|---|---|---|
| **3212** | | | 47 | Río Siare |
| **3213** | | **Guaviare** | 48 | Río Iteviare |
| **3216** | | | 49 | Alto río Uva |
| **3301** | | | 50 | Alto Vichada |
| **3302** | | **Vichada** | 51 | Río Guarrojo |
| **3303** | | | 52 | Río Muco |
| **3401** | | **Tomo** | 53 | Alto río Tomo |
| **3501** | | | 54 | Río Metica ( Guamala- Humadea) |
| **3502** | | | 55 | Río Guayuriba |
| **3503** | | | 56 | Río Guatiquía |
| **3504** | | | 57 | Río Guacavía |
| **3505** | **Orinoco** | | 58 | Río Humea |
| **3506** | | | 59 | Río Guavio |
| **3507** | | | 60 | Río Garagoa |
| **3508** | | | 61 | Río Lengupá |
| **3509** | | **Meta** | 62 | Río Upía |
| **3510** | | | 63 | Río Negro |
| **3511** | | | 64 | Directos río Metica entre ríos Guayuriba y Yucao |
| **3512** | | | 65 | Río Yucao |
| **3513** | | | 66 | Río Melúa |
| **3514** | | | 67 | Caño Cumaral |
| **3515** | | | 68 | Río Manacacias |
| **3516** | | | 69 | Lago de Tota |
| **3519** | | | 70 | Río Cusiana |
| **3521** | | | 71 | Río Cravo Sur |
| **3523** | | | 72 | Río Pauto |
| **3526** | | **Meta** | 73 | Directos al río Meta entre ríos Cusiana y Carare (md) |
| **3527** | | | 74 | Directos al río Meta entre ríos Humea y Upia (mi) |
| **3602** | | **Casanare** | 75 | Río Casanare |
| **3703** | | **Arauca** | 76 | Río Cobugón- río Cobaría |
| **3704** | | | 77 | Río Bojabá |
| **4301** | **Amazonas** | **Apaporis** | 78 | Río Tunia ó Macayá |



# 2

# MARCO CONCEPTUAL Y METODOLÓGICO

**PLAN DE SEGURIDAD HÍDRICA (PSH) - REGIÓN CENTRAL**
MARCO ESTRATÉGICO Y PROGRAMÁTICO

A nivel global existen diferentes conceptos para definir la seguridad hídrica, conceptos que han ido evolucionando para cada vez posicionar a la seguridad hídrica como un imperativo para el desarrollo sostenible, que busca integrar las dimensiones que caracterizan la función de los recursos hídricos en relación con la sociedad, el desarrollo económico y el medio ambiente. En general, las definiciones que hay vigentes al momento, no se restringen a los conceptos de disponibilidad física del agua, cantidad, calidad y oportunidad, sino más bien se orientan a contrastar los recursos hídricos disponibles con los requerimientos de la dimensión social, ambiental y económica, razón por la cual, el contexto territorial y la escala a la que se pretende aplicar son muy importantes para su definición.

Durante casi dos décadas el concepto de seguridad hídrica ha sido definido por fuentes tanto científicas como políticas (Cook y Bakker, 2016). Fue discutido por primera vez en el II Foro Mundial del Agua[1] donde se definió que el término seguridad hídrica consiste en «asegurar que el agua dulce, las zonas costeras y los ecosistemas relacionados se encuentren protegidos y mejorados, que se promueva el desarrollo sostenible y la estabilidad política, que cada persona tenga acceso a suficiente agua potable y a un costo asequible para permitir una vida saludable y productiva, y que la población vulnerable esté protegida de los riesgos asociados al agua», relacionando, de esta manera, el concepto con la seguridad social (satisfacer necesidades básicas), la seguridad alimentaria, la seguridad medioambiental (protección de los ecosistemas), el valor del agua y la gestión de los riesgos asociados al agua. Según Cook y Bakker, 2016, fue la primera vez que la definición de seguridad hídrica se describió fuera de lo entendido como seguridad militar y seguridad alimentaria.

Pese a que la importancia asignada a la seguridad hídrica, como la forma de entender los desafíos en relación con el uso del agua, en los últimos años se han presentado un alto número de definiciones e interpretaciones, estas definiciones, se clasifican bajo dos enfoques, general e integrador (Cook y Bakker, 2016), para efectos de este trabajo se presentarán aquellos principales del enfoque integrador (tabla 1).

**Tabla 3. Definiciones del enfoque integral de la seguridad hídrica**

| Definición | Fuente |
|---|---|
| «Asegurar que el agua dulce, las zonas costeras y los ecosistemas relacionados se encuentren protegidos y mejorados, que se promueva el desarrollo sostenible y la estabilidad política, que cada persona tenga acceso a suficiente agua potable y a un costo asequible para permitir una vida saludable y productiva, y que la población vulnerable esté protegida de los riesgos asociados al agua». | The Hague Mzinisterial Declaration (2000) |
| «A cualquier nivel desde el hogar hasta lo global, cada persona tiene acceso a suficiente agua saludable a un costo asequible, para la higiene y una vida saludable y productiva, asegurando simultáneamente que el ambiente natural está protegido y mejorado». | Global Water Partnership (GWP) (2000) |
| «Disponibilidad de un nivel aceptable de cantidad y calidad de agua para la salud, la subsistencia, los ecosistemas y la producción, junto a un nivel aceptable de riesgos para las personas, el medio ambiente y la economía, asociados al agua». | Grey y Sandoff (2007) |
| «Consiste en tener suficiente agua, en cantidad y calidad, para las necesidades humanas (salud, sustento y actividades productivas) y los ecosistemas, acompañada de la capacidad de acceso y aprovechamiento, de resolver las compensaciones entre los distintos sectores, y de manejar los riesgos asociados al agua, incluyendo crecidas, sequías y contaminación». | Mason y Calow (2012) |
| «Mantener en niveles aceptables cuatro riesgos asociados al agua: el riesgo de escasez, como falta de agua suficiente (en el corto y largo plazo) para los usos beneficiosos de todos los usuarios; el riesgo de inadecuada calidad para un propósito o uso determinado; el riesgo de los excesos (incluidas las crecidas), entendidas como el rebase de los límites normales de un sistema hidráulico (natural o construido) o la acumulación destructiva de agua en áreas que no están normalmente sumergidas; y el riesgo de deteriorar la resiliencia de los sistemas de agua dulce, por exceder la capacidad de asimilación de las fuentes de agua superficiales o subterráneas y sus interacciones, con la eventual superación de los umbrales aceptables, causando daños irreversibles en las funciones hidráulicas y biológicas del sistema». | OCDE (2013) |
| «Capacidad de una población para resguardar el acceso sostenible a cantidades adecuadas de agua de calidad aceptable para el sustento, bienestar y desarrollo socioeconómico sostenibles; para asegurar la protección contra la contaminación transmitida por el agua y los desastres relacionados con ella, y para preservar los ecosistemas, en un clima de paz y estabilidad política». | UN-Water (2013) |

**Fuente:** PNUD.

Todavía no existe un consenso sobre un único concepto, sin embargo, los conceptos existentes presentan los siguientes aspectos en común ((Peña, 2016) (Cook y Bakker, 2016)):

- Asegurar la disponibilidad de recursos hídricos adecuados y confiables de calidad aceptable para proporcionar servicios de agua para todas las actividades sociales y económicas de una manera ambientalmente sostenible.
- Mitigar los riesgos relacionados con el agua, como inundaciones, sequías y contaminación, teniendo en cuenta su relación con el cambio climático. A pesar de que el riesgo constituye un elemento común de las definiciones, se le asigna distinta relevancia de acuerdo con la metodología a emplear. Este componente se recoge con especial fuerza en definiciones como la de Grey y Sadoff (2007) y, muy especialmente, en el enfoque de la OCDE (2013), el cual relaciona el objetivo de seguridad hídrica con un «nivel de riesgo aceptable».
- Abordar los conflictos que puedan surgir de disputas sobre aguas compartidas, especialmente en situaciones de estrés creciente, y convertirlos en soluciones *win-win.* Así como tener en cuenta los escenarios creados a partir de las «crisis del agua» de algunos contextos territoriales.

Por lo tanto, la seguridad hídrica no se trata solo de tener suficiente agua, involucra también los problemas de escasez, exceso y calidad, así como la mitigación de los riesgos relacionados con el agua, como las inundaciones y las sequías, abordar los conflictos que surgen sobre los recursos hídricos y resolver las tensiones entre las diversas partes interesadas que compiten por un recurso limitado. En resumen, es abordar los problemas del agua desde todas las dimensiones para que sea el recurso hídrico el corazón del desarrollo sostenible.

Uno de los conceptos globales que mejor aborda estos aspectos es el realizado por ONU-Agua en 2013, el cual define a la seguridad hídrica cómo «la capacidad de una población para resguardar el acceso sostenible a cantidades adecuadas de agua de calidad aceptable para el sustento, bienestar y desarrollo socioeconómico sostenibles; para asegurar la protección contra la contaminación transmitida por el agua y los desastres relacionados con ella, y para preservar los ecosistemas, en un clima de paz y estabilidad política» (UN-Water (ONU-Agua), 2013).

La definición desarrollada en el marco de ONU-Agua, a diferencia de las demás, no considera únicamente al Estado como el sujeto que debe tener las capacidades necesarias para la seguridad hídrica, también identifica de forma expresa a «las poblaciones» (Peña, 2016). Por lo tanto, este concepto pretende que las instancias locales tengan responsabilidades relevantes, complementarias a las responsabilidades del Estado, evidenciando la importancia de la articulación y complementariedad de las diferentes entidades y actores relacionados con el agua.







# 2.1
# **Abordaje** metodológico para la seguridad hídrica

Varias instituciones a nivel global han desarrollado diversas metodologías para analizar la seguridad hídrica, entre ellas se destacan dos diferentes enfoques, el enfoque de desarrollo (Tushaar, 2016) y el enfoque de riesgo (principalmente plateado por la OCDE).

- El enfoque de desarrollo generalmente busca resultados en forma de metas y objetivos, a través de una combinación de políticas, reformas y proyectos de inversión.
- El enfoque basado en el riesgo busca gestionar los riesgos y reducir la vulnerabilidad a los choques resultantes de la variabilidad climática y los desastres relacionados con el agua.

La Global Water Partnership (GWP) menciona que estos dos enfoques son complementarios y deben llevarse a cabo de manera simultánea y equilibrada en el desarrollo de cualquier iniciativa relacionada con el aumento de la seguridad hídrica.

El análisis de la seguridad hídrica entrega elementos para hacer comparables experiencias y resultados de la gestión del agua en distintos países y realidades, transmitir las lecciones aprendidas y extender las mejores prácticas del sector. Ejemplo de lo anterior es la experiencia del Banco Asiático de Desarrollo (BAD) y el Foro de Agua de Asia y el Pacífico y el desarrollo del Marco Integral para la Seguridad Hídrica (AWDO, por sus siglas en inglés) el cual ha tenido dos versiones oficiales, una en 2007 y su segunda versión en 2013, estos informes evalúan, mediante indicadores, la seguridad hídrica de los países en desarrollo miembros del continente. Esta experiencia demuestra lo dinámico que un marco de acción para seguridad hídrica puede llegar a ser para una nación, no obstante, entra en discusión la importancia de analizar a un nivel más localizado la seguridad hídrica, pues debido a la extensión geográfica, la heterogeneidad espacial y la complejidad de los conflictos que se viven alrededor del agua y que pueden variar notablemente de una región a otra dentro de un mismo país, es conveniente que para analizar y reflejar adecuadamente los problemas reales, que usualmente se vivencian a nivel de una zona o cuenca, la seguridad hídrica se analice a nivel de cuenca o en una escala regional (Peña, 2016).

Por lo anterior, se considera sumamente importante definir las dimensiones que integrarán ese análisis de la seguridad hídrica, ya que más allá del propósito o la escala utilizada, es importante tener en cuenta las circunstancias específicas en el país, cuenca, ciudad o área del proyecto que se evalúa. Por ejemplo, una evaluación de la seguridad hídrica en áreas secas como Australia o la región de Medio Oriente y África del Norte (MENA) prestaría atención a la cantidad de agua disponible. Mientras que, en países con un clima húmedo como los Países Bajos, una evaluación podría prestar más atención a la protección contra las inundaciones. Por lo tanto, cada evaluación de la seguridad hídrica debe describir en términos claros qué dimensiones se incluyen y por qué, preferiblemente identificando indicadores específicos para medir las dimensiones involucradas. (Van Beek y Lincklaen Arriens, 2014)**.**

El índice nacional de seguridad hídrica desarrollado por el equipo de Asian Water Development Outlook (AWDO) es el ejemplo más elaborado de



una evaluación de seguridad hídrica hasta la fecha. Este marco tiene cinco dimensiones clave: i) seguridad hídrica en los hogares, ii) seguridad hídrica económica, iii) seguridad hídrica urbana, iv) seguridad hídrica ambiental y v) resistencia a los desastres relacionados con el agua. Este análisis se centra en los resultados y no incluye una dimensión especial para tratar los temas políticos y de la gobernanza del agua, el AWDO la aborda como un tema transversal y un factor habilitador, sin embargo, según Peña, 2016, y teniendo en cuenta el contexto de América Latina y el Caribe, la dimensión de gobernanza es clave para alcanzar la seguridad hídrica para los países de esta región.

De acuerdo con lo descrito anteriormente, la gobernanza sobre el recurso hídrico se constituye en una dimensión fundamental, que abre la posibilidad de incluir aspectos relacionados con las capacidades institucionales, marcos normativos y su disposición para atender los espacios de diálogo con los actores estratégicos regionales. Dichos diálogos pueden realizarse a diferentes escalas y con diferentes grupos de interés. En la región de América Latina y el Caribe es importante vincular a la seguridad hídrica el factor político, especialmente cuando se asocia al tema de seguridad en general, por lo tanto, abordar la conflictividad alrededor del agua desde un enfoque político es crucial para entender los desafíos territoriales y sus relaciones entre la sociedad, las instituciones, y el recurso hídrico. En la definición ONU-Agua (2013), al igual que en la *Declaración Ministerial del II Foro Mundial del Agua*, se hace eco de la conflictividad de tipo político que pudiera generar el aprovechamiento de los recursos hídricos en un escenario crecientemente competitivo entre grupos o naciones e incorpora como una característica de la seguridad hídrica: «un clima de paz y estabilidad política» (Peña, 2016).

Otra dimensión que se remarca en el concepto propuesto por las Naciones Unidas es el de garantizar cantidades adecuadas de agua de calidad aceptable para el sustento (UN-Water (ONU -Agua), 2013). En este caso el abordaje invita a tener en cuenta las condiciones de oferta, demanda y calidad del recurso que garantizan esa seguridad hídrica y es la dimensión que aborda los problemas de «agua muy sucia» y «poca agua».

Los ecosistemas relacionados con el agua hacen parte de otra dimensión fundamental que evidencia esa interconexión de factores terrestres e hidráulicos que garantizan los volúmenes de oferta y los niveles de calidad. El concepto de ONU-Agua reconoce la necesidad de conservar o preservar los ecosistemas estratégicos, esto se desarrolla entendiendo los niveles de transformación y cambios del uso del suelo que reducen la capacidad de regulación hídrica, y cómo actúan los factores transformadores de origen natural y antrópico sobre la seguridad hídrica.

La resiliencia y la gestión del riesgo se abordan en varios de los conceptos de seguridad hídrica presentados anteriormente (OCDE, 2013) (UN-Water (ONU -Agua), 2013), indicando que para asegurar la disponibilidad del agua se debe contar con un entendimiento de la gestión de los riesgos por cambio climático y por variabilidad climática, con escenarios de exceso o escasez del recurso natural y de sus impactos sobre los sistemas humanos y naturales, por lo tanto, es otra de las dimensiones consideradas importantes para abordar la seguridad hídrica.

Por otro lado, el agua es un factor fundamental para garantizar el desarrollo productivo y social, las actividades económicas tienen una dependencia directa de la disponibilidad del agua para la producción industrial, agropecuaria y de uso doméstico. Sin embargo, esta distribución del recurso no puede poner en peligro la cantidad y calidad del agua para el consumo humano, por ello se habla de la dimensión de seguridad hídrica económica.

Además de abordar las dimensiones conocidas del agua y los conflictos asociados al recurso, la seguridad hídrica ofrece una visión holística e integral para entender los desafíos territoriales del agua. Analizar los problemas del agua bajo el paraguas de la seguridad hídrica y sus dimensiones ofrece una perspectiva integral, ya que muchos problemas están estrechamente interrelacionados y tienen múltiples causas, impactos y soluciones de las cuales hacen parte diferentes sectores y actores. Por lo tanto, definir a nivel territorial cuáles serán las dimensiones de abordaje de la seguridad hídrica es el puto de partida para la aplicación de las metodologías existentes.

Por ello, PNUD y la RAP-E - Región Central proponen un marco conceptual para el Plan de Seguridad Hídrica (PSH) de la región central del país, que parte del concepto de seguridad hídrica definido por la Agencia de Naciones Unidas, ONU-Agua en 2013 y contempla las recomendaciones de Peña, 2016, frente a la seguridad hídrica para América Latina y el Caribe, teniendo en cuenta, además, aportes desde las propuestas metodológicas de AWDO y de la GWP.

En la fase de construcción inicial del PSH, siguiendo los pasos metodológicos de las bibliografías políticas y científicas anteriormente descritas, se definen cinco factores o dimensiones considerados como condicionantes de la seguridad hídrica para la región central:

**Ilustración 1. Dimensiones de análisis de la seguridad hídrica**




**Fuente:** RAP-E PNUD 2020.

Para el desarrollo de este Plan de Seguridad Hídrica Regional se optó por incorporar a la gobernanza del agua como una dimensión y no como un tema transversal, ya que para el análisis de la seguridad hídrica de la región es importante conocer no solo el marco normativo e institucional relacionado con el recurso hídrico, sino, las relaciones entre los actores, los escenarios de participación y la conflictividad asociada al recurso. Las demás dimensiones, responden tanto a las metodologías consultadas como a los desafíos de la región en términos de seguridad hídrica.

# 2.2
# **La seguridad hídrica** como hecho regional de la RAP-E

La visión regional para el 2030 de la región central es consolidarse como un territorio con equilibrio social, económico y ambiental, culturalmente diverso y globalmente competitivo e innovador. En este sentido, a partir de las vocaciones y potencialidades del territorio, así como de las visiones expuestas por cada una de las entidades territoriales que integran la RAP-E, el eje de sustentabilidad ecosistémica y manejo de riesgos presenta una propuesta de apuestas regionales entre las que se encuentran la siguientes:

- Formulación del Plan Regional para el Manejo del Recurso Hídrico.
- Consolidación de corredor de conservación de páramos.
- Descontaminación del río Bogotá.
- Ampliación del Plan Regional Integral de Cambio Climático de la Región Central

Inicialmente concebido como un Plan Regional para el Manejo del Recurso Hídrico, esta apuesta ha evolucionado técnica y administrativamente hasta convertirse en el Plan de Seguridad Hídrica (PSH) regional, pues no solo responde a las necesidades de la región, sino que integra los diferentes enfoques y apuestas del eje, por lo tanto, se articula con la apuesta de la ampliación del Plan Regional Integral de Cambio Climático de la Región Central entendiendo la gestión integral del recurso hídrico y su relación con el cambio climático desde un enfoque territorial, adicionalmente, aporta también a la apuesta de la conservación de páramos y la descontaminación del río Bogotá.

Esta evolución de las apuestas hacia la seguridad hídrica se relaciona también con el surgimiento de este concepto en el ámbito internacional y su inclusión en documentos de política pública alrededor del mundo, lo que llevó a analizar la integralidad del concepto y cómo puede ser el propósito articulador de las apuestas del eje al 2030. En este propósito se debe fundamentar la formulación y estructuración del hecho regional, que permita desde diferentes frentes atacar la problemática asociada al recurso hídrico, su estado y grado de deterioro, las condiciones de accesibilidad y los modos de utilización.

Con el enfoque conceptual se contribuyó a adoptar la seguridad hídrica para la sustentabilidad territorial como hecho regional ambiental de la RAP-E, señalando que el objetivo del hecho regional va dirigido a que la región central promueva y salvaguarde el acceso sostenible a cantidades adecuadas de agua, generando las acciones de conectividad y mantenimiento de los ecosistemas estratégicos, disminuyendo los riesgos hidroclimáticos y aumentando la resiliencia en las comunidades, los sectores y el territorio.

La aplicación del concepto de seguridad hídrica permite que los territorios adquieran:

- Acceso universal al agua de calidad y servicio de saneamiento básico.
- Disponibilidad de agua para todos los sectores de la economía.
- Ecosistemas adaptados que brindan servicios hídricos frente a la variabilidad y al cambio climático.
- Gestión preventiva de los riesgos hidroclimáticos (inundaciones, sequias, avalanchas, etcétera).
- Cuencas hidrográficas saludables.
- Construcción y mantenimiento de la infraestructura estratégica para la seguridad hídrica regional (embalses, reservorios, diques, etcétera).
- Implementación de estrategias para el saneamiento y manejo de vertimientos.
- Planes de ahorro y uso eficiente del agua.
- Herramientas económicas y financieras para la conservación de ecosistemas que prestan servicios hídricos.
- Lineamientos ambientales (ecosistémicos, climáticos, de riesgo e hídricos) para el ordenamiento territorial.
- Regiones hídricas de ciudades capitales delimitadas.
- Cuenta con sostenibilidad hídrica regional (balance hídrico).

Estas pautas permiten delinear objetivos, metas, programas y proyectos a escala regional, los cuales se contemplan en el marco del Plan Estratégicoa 2029 de la RAP-E siendo la propuesta para dar cumplimiento al hecho regional de seguridad hídrica (tabla 4).

**Tabla 4. Eje estratégico: sustentabilidad ecosistémica y manejo de riesgos**

| **Hecho regional: la región central con seguridad hídrica para la sustentabilidad del territorio.** | | | |
|---|---|---|---|
| **Objetivo: la región central ha salvaguardado el acceso sostenible a cantidades adecuadas de agua, generando las acciones de conectividad y mantenimiento de la EER, disminuyendo los riesgos hidroclimáticos y aumentando la resiliencia en las comunidades, sectores y territorio.** | | | |
| **Estrategias** | **1. Agua limpia y disponible.** | **2. Resiliencia regional.** | **3. Conectividad de corredores biológicos.** |
| Programas | 1.1. Seguridad hídrica regional.<br>1.2. Movilización de incentivos a la conservación. | 2.1. Adaptación al y mitigación del cambio climático. | 3.1. Consolidación de la estructura ecológica regional.<br>3.2. Acciones de conservación y conectividad de ecosistemas. |

**Fuente:** RAP-E.

La seguridad hídrica en laregión central consiste en tener:

- Una disponibilidad de agua que sea adecuada, en cantidad y calidad, para el abastecimiento humano, los usos de subsistencia, la protección de los ecosistemas y la producción.
- La capacidad institucional, financiera y de infraestructura para acceder y aprovechar los recusos hídricos de forma sustentable y manejar las interrelaciones y externalidades entre los diferentes usos y sectores, de manera coherente: nexo entre agua, energía, alimentación y salud.
- Un nivel aceptable de riesgos (asociados a los recursos hídricos) para la población, el medio ambiente y la economía.
- Unos ecosistemas hídricos saludables, resilientes y protegidos.

# 2.3

# **Enfoque de desarrollo** sostenible y los ODS en la seguridad hídrica

La participación integrada de todos los actores regionales y nacionales es fundamental para implementar acciones para la seguridad hídrica. Como se plantea desde el enfoque de desarrollo sostenible de la *Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible*, se requiere que el sector privado, la sociedad civil, la academia y el sector público sean el grupo de actores fundamentales para la seguridad hídrica.

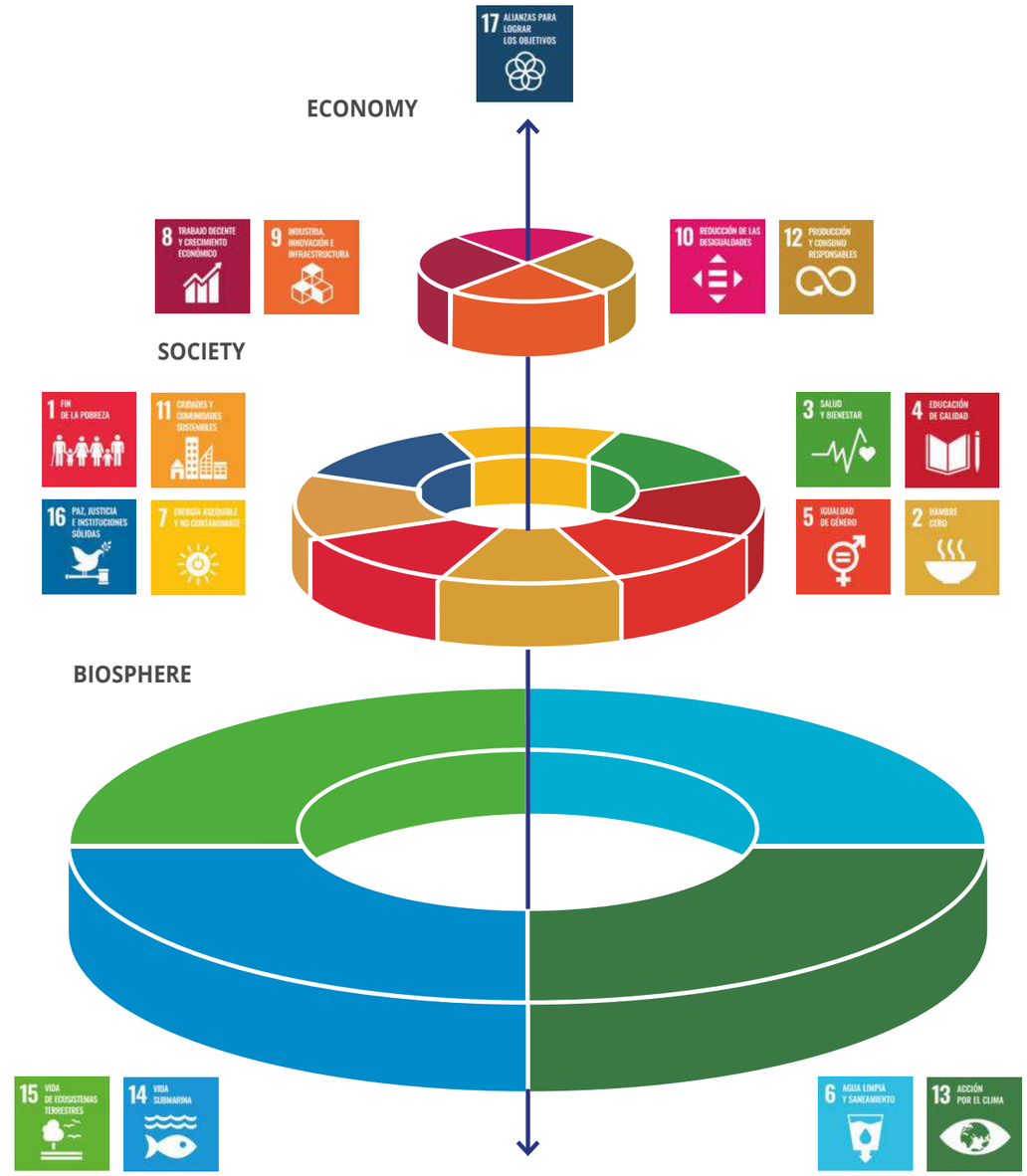
De igual manera los Objetivos de Desarrollo Sostenible plantean un abordaje que pone a la naturaleza en la base para el desarrollo, en donde la salud de los ecosistemas terrestres y marinos, la lucha contra el cambio climático y la disponibilidad de agua potable y el saneamiento son fundamentales para garantizar los objetivos de las dimensiones económicas y sociales del desarrollo (Naciones Unidas, 2015).

En el mismo sentido, considerando lo ambiental como la base para el desarrollo, se requiere avanzar en las dimensiones sociales y económicas para asegurar los recursos financieros, institucionales y humanos para asegurar el adecuado manejo de los recursos naturales como el agua. La Agenda 2030 provee una visión integradora y de doble vía que debe aplicarse al enfoque de seguridad hídrica y de igual manera tener una apuesta multidimensional para entender los desafíos para asegurar el agua para el desarrollo.





**Ilustración 2. Esquema ODS**




**Fuente:** Instituto de Estocolmo 2018.

# 3

# ANÁLISIS REGIONAL DESDE DIMENSIONES DE ANÁLISIS DE LA SEGURIDAD HÍDRICA

**PLAN DE SEGURIDAD HÍDRICA (PSH) - REGIÓN CENTRAL**
MARCO ESTRATÉGICO Y PROGRAMÁTICO

# 3.1
# **Nivel de la gobernanza** y marco institucional del agua

La gobernanza del agua se refiere de manera amplia al «[...] conjunto de sistemas políticos, sociales, económicos y administrativos establecidos para desarrollar y gestionar los recursos hídricos y la prestación de servicios de agua en diferentes niveles de la sociedad» (Rogers y Hall, 2003). Dentro de este conjunto se encuentran las políticas, la legislación e instituciones asociadas a la gestión del agua, así como las estructuras formales e informales, mediante las que se articulan los actores en relación con los recursos y servicioshídricos (International Water Management Institution, 2010).

En Colombia, las reglas y trayectorias institucionales de las últimas tres décadas han delineado un modelo de gestión y gobernanza del agua empresarial y descentralizado. Así, el agua es un bien público de la nación, sobre el que no se permiten fijar derechos de propiedad, pero se impulsan esquemas de gestión privada desde los niveles descentralizados. Sobre el Estado central descansa la regulación, la planificación y el control de la prestación de los servicios y la operación está descentralizada y mayormente privatizada.

Lo anterior implica que múltiples actores estatales, privados y sociales participan en la gestión del agua, y que coexisten reglas y normas que definen diferentes modelos institucionales de gestión del agua, los cuales entran muchas veces en conflicto, poniendo a prueba una gobernanza débil.

Una buena gobernanza del agua es esencial para lograr la seguridad hídrica y requiere instituciones con instrumentos legislativos y políticos de apoyo. Lograr la seguridad hídrica necesita apoyo regulatorio y capacidad de cambio, estructuras de gestión adaptativas, nuevas formas de relaciones y modelos de múltiples capas capaces de integrar complejas dimensiones naturales y sociales. Las estructuras de gobernanza deben adaptarse a condiciones y necesidades locales, aplicadas a varios niveles para que se refuercen y complementen mutuamente.

A su vez, se ha identificado que la débil gobernanza del agua es uno de los factores que disminuye la seguridad hídrica (Hernández y Barra, 2020). En Colombia, la Política Nacional para la Gestión del Recurso Hídrico ha señalado que las principales debilidades de la gobernanza del agua se relacionan con la falta de consenso en torno al aprovechamiento del recurso hídrico, la desarticulación y el escaso liderazgo institucional, así como su falta de coordinación y cohesión en los instrumentos de planificación, y, no menos importante, la coordinación con la sociedad para decidir sobre los recursos hídricos.

Teniendo en cuenta lo anterior, para integrar la dimensión de gobernanza al índice de seguridad hídrica se utilizaron variables que brindan información aproximada de la interacción entre diferentes actores en el proceso de toma de decisiones políticas sobre el agua en la región. De acuerdo con la información disponible se construyeron cuatro variables.





**Ilustración 3. Variables a analizar para la dimensión de gobernanza del índice de seguridad hídrica para la región central**




**Fuente:** PZNUD.

## 1. Ordenación y gestión.

Estado en el que se encuentran los planes de manejo y ordenamiento (POMCA) de cada una de las cuencas de la región. Se supone que en la medida que existan más acciones de ordenamiento, con sus respectivos espacios de participación, mejora sustantivamente la seguridad hídrica.

Los POMCA, a partir de un proceso participativo, establecen una zonificación ambiental teniendo en cuenta los recursos hídricos, las interdependencias entre los ecosistemas y los impactos de las intervenciones socioeconómicas y trascienden los límites administrativos (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2014). Su construcción e implementación permiten el desarrollo de la gobernanza del agua, en tanto reflejan los acuerdos y compromisos entre el poder público, la sociedad civil, las comunidades étnicas y los sectores económicos.

## 2. Esfuerzo fiscal.

Se concibe como el esfuerzo monetario que realizan las entidades territoriales al orientar sus recursos económicos hacia la ejecución de proyectos relacionados con el recurso hídrico.

Un mayor esfuerzo fiscal está relacionado con una inversión mayor en la gestión del agua, que a su vez refleja la prioridad del tema dentro de la agenda pública. Para el ISH se supone que un esfuerzo fiscal mayor se traduce en actividades de conservación de las cuencas abastecedoras y mejora en la cobertura a servicios de aseo, alcantarillado y agua potable.

## 3. Conflictividad.

Los conflictos por el agua (CpA) son producto de la tensión que existe entre las múltiples demandas y aspiraciones sobre el uso y la gestión de los recursos hídricos, que no pueden satisfacerse simultáneamente (CEPAL, 2015). El agua como un elemento vital, escaso y sometido a altas presiones, es un objeto de controversias y disputas en el país y la región central no es la excepción.

No obstante, los conflictos son también una oportunidad de transformación y construcción de acuerdos sobre el uso y la gestión del agua. En este caso, suponemos que la conflictividad contribuye a la gobernanza ambiental del agua si visibiliza problemas reales y genera cambios necesarios, y que la dificulta o bloquea, si no es legítima y no se gestiona constructivamente. También la ausencia o debilidad

de la gobernanza ambiental genera insatisfacción social e incrementa los conflictos y la violencia.

Para el ISH entendemos la gobernanza ambiental del agua como el conjunto de soluciones institucionales para resolver los conflictos (Paavola, 2007). En la medida que hay mayor conflictividad se evidencia una debilidad de la gobernanza ambiental y posiblemente situaciones de inseguridad hídrica.

## 4. Protesta social.

Corresponde al registro diario realizado por la Defensoría del Pueblo desde el 2015 de hechos relacionados con protestas y conflictividad sociales reportadas en diferentes versiones web de periódicos de cobertura nacional y local, en redes sociales, en información remitida por las defensorías regionales u otras instituciones, en pronunciamientos o comunicados de organizaciones sociales.

El agua es uno de los recursos naturales que más relación tiene con la conflictividad social, debido a su relevancia para el desarrollo de actividades económicas y para la subsistencia de las personas. El Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente señaló que al menos el 40 % de los conflictos internos de los últimos 60 años en el mundo han tenido relación con disputas por recursos naturales (PNUMA, 2017); a su vez, el Instituto de Investigación para la Paz de Oslo (PRIO, por sus siglas en inglés) ha determinado que la escasez, las políticas nacionales de gestión del agua, la privatización de los servicios de agua y la distribución inequitativa del recurso hídrico son elementos detonadores de violencia y factores perpetuadores de los conflictos (Tignino, 2010).

Esta variable tiene por objetivo configurar una imagen más aproximada de la protesta y la manifestación social relacionada con el agua, ya que no hay una fuente oficial y completa de los conflictos socioambientales en la región.

**Ilustración 4: Seguridad hídrica y género**

**Seguridad hídrica y género**

La dimensión de gobernanza busca incorporar variables que den cuenta de los sistemas económicos, socioculturales y político-normativos que regulan el acceso al agua en la región, y es importante anotar que el género es una de las variables que caracteriza ampliamente las desigualdades en el acceso al agua (Carrillo, 2019; Fröhlich, 2018).

La igualdad de género y la seguridad hídrica van de la mano. Las mujeres se ven más afectadas que los hombres por la escasez del agua, por su contaminación y por los eventos climáticos extremos; a menudo su rol en los usos económicamente productivos del agua es invisibilizado, como la agricultura.

En Colombia el 38.4 % de los hogares reconocen como jefe de hogar a una mujer y a nivel nacional las mujeres representan 36 % de la mano de obra agrícola (Dane, 2020). En la región estos porcentajes son similares, el 36 % de los hogares están encabezados por mujeres (Dane, 2019) y de acuerdo con el plan de abastecimiento de 865.115 productores campesinos de la región, 28 % son mujeres, mostrando una menor oportunidad de la mujer en este sector productivo (RAP-E, 2020). Sin acceso a tecnologías como bombas de agua o sin poder acceder a la toma de decisiones sobre cómo se asigna el agua de riego, las mujeres no pueden usar el control del agua para aumentar la productividad agrícola.

La seguridad hídrica debe evaluarse con enfoque diferencial, porque los riesgos de la seguridad del agua están sesgados hacia las mujeres y las brechas de género se profundizan ante estas situaciones. Aunque esto es ampliamente reconocido aún no se cuenta con datos sobre la accesibilidad, disponibilidad y uso del agua con enfoque diferencial de género.



A continuación, se analizan los resultados que arrojaron las variables de gobernanza en la región central.

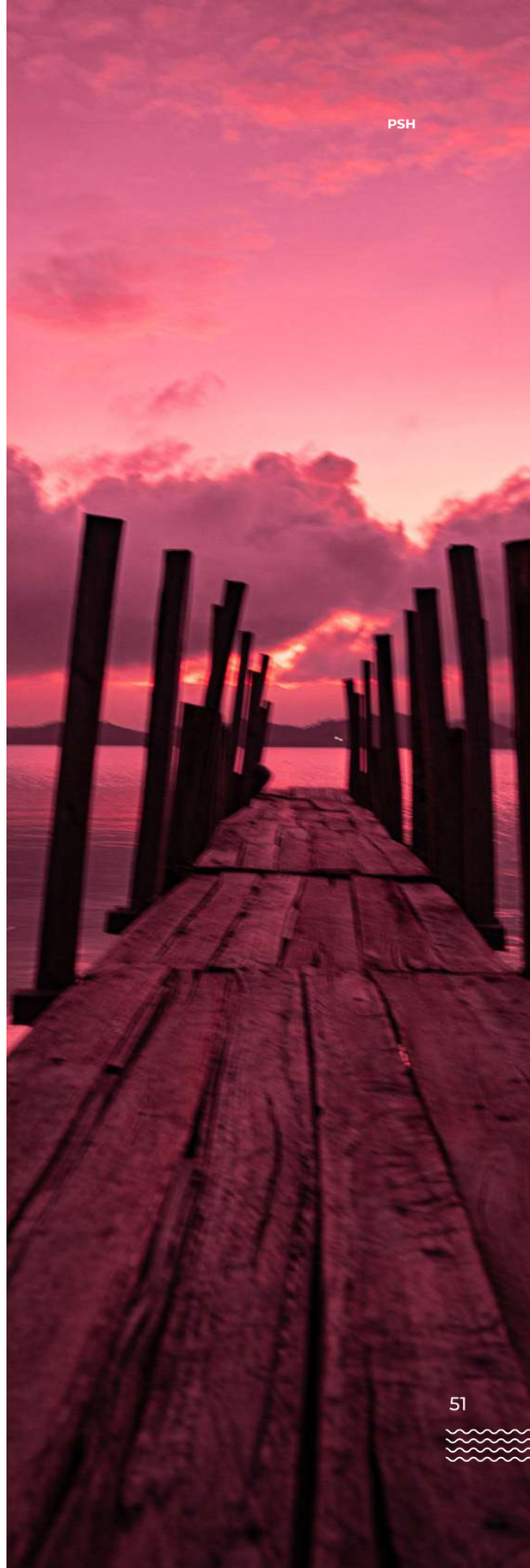
## 3.1.1. Ordenación y gestión: estado de ordenamiento de subzonas hidrográficas

Los Planes de Ordenación y Manejo de Cuencas Hidrográficas (POMCA) son el instrumento de planeación para el uso coordinado del suelo, el agua, la flora, la fauna y para el manejo en general de la cuenca y sus recursos hídricos, su propósito final es la construcción de un consenso alrededor del uso y gestión del agua. Así mismo, este instrumento orienta las medidas de gestión y administración de los recursos naturales renovables, en especial el recurso hídrico (Decreto 1076 de 2015).

El eje de ordenamiento de los POMCA son las cuencas hidrográficas y sus límites naturales, el resultado central es una zonificación ambiental que toma en cuenta los recursos hídricos, las interdependencias de los ecosistemas y los impactos de las intervenciones socioeconómicas. Todo esto con el fin último de alcanzar i) la protección, conservación, uso y aprovechamiento sostenible de los recursos naturales renovables; ii) una ocupación del territorio de forma segura y iii) evitar nuevas condiciones de riesgo en la cuenca.

Para este análisis se categorizó el estado de ordenación de las subzonas hidrográficas de la región de la siguiente manera:

- **Sin acciones**: aquellas subzonas hidrográficas que a 2019 no habían iniciado procesos de ordenamiento en los términos del decreto 1076 de 2015.
- **En ordenación**: aquellas subzonas que se encuentran en algunas de las fases de aprestamiento, formulación o aprobación por parte de las CAR.



- **Parcialmente en ordenación**: aquellas subzonas hidrográficas donde desde las CAR han iniciado procesos de ordenación en una o más partes de las subzonas hidrográficas, obedeciendo a los criterios depriorización de las CAR pero no en toda la subzona hidrográfica.
- **Aprobado:** aquellas subzonas hidrográficas que cuentan con POMCA aprobado por las CAR y que no tienen procesos de ajustes en este momento.
- **En ajuste:** aquellas subzonas hidrográficas donde ya se han surtido procesos de aprobación de los POMCAS y en los que se decidió realizar algunos ajustes a lo ya aprobado y formulado.

La información base fue brindada por la RAP-E y contrastada con información de la dirección de recurso hídrico del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible.

## Análisis de los resultados

En la jurisdicción de la RAP-E se encuentran 78 subzonas hidrográficas de las cuales el 44 % están sin acciones de ordenamiento,un 23 % con POMCA aprobado y un 3 % con procesos de ajuste, las restantes subzonas hidrográficas tienen procesos de ordenamiento iniciados que no han culminado a la fecha.

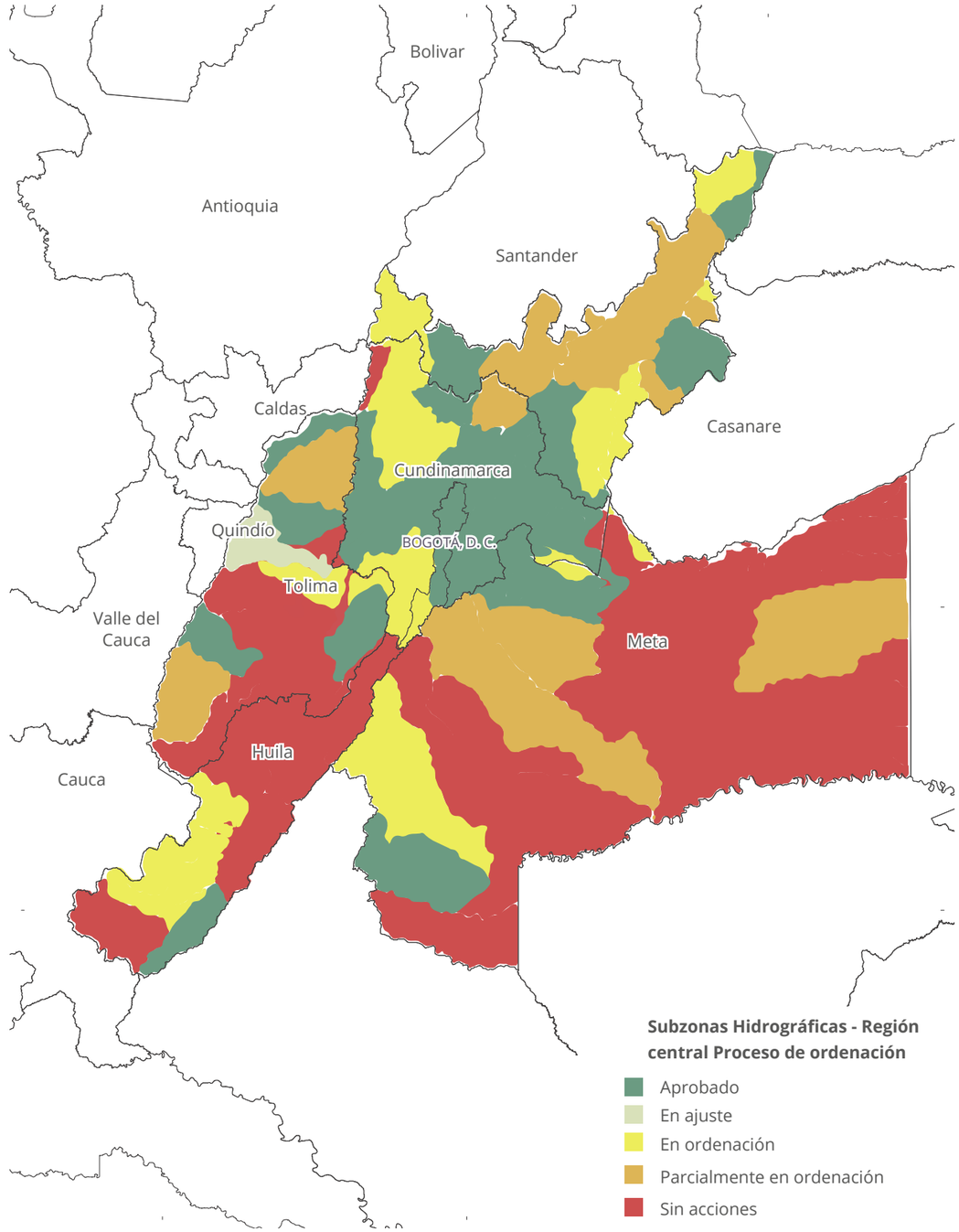
**Tabla 5. Estado de ordenamiento de las subzonas hidrográficas RAP-E 2019**

| Estado | Cantidad de SZH |
|---|---|
| Aprobado | 18 |
| En ajuste | 2 |
| En ordenación | 15 |
| Parcialmente en ordenación | 9 |
| Sin acciones | 34 |
| **Total, general** | **78** |

**Fuente**: cálculos PNUD con datos del RAP-E, MADS 2019.

La elaboración de los POMCA es también un espacio importante de reconocimiento e intermediación de actores ya que en el proceso de formulación se constituyen los consejos de cuenca,una instancia consultiva y representativa de todos los actores que viven y desarrollan actividades dentro de una cuenca hidrográfica.

**Mapa 3. Estado de ordenamiento de las subzonas hidrográficas RAP-E 2019**




**Fuente**: cálculos PNUD con datos del RAP-E, MADS 2019.

## 3.1.2. Esfuerzo fiscal para la gestión del recurso hídrico

El indicador esfuerzo fiscal es la relación entre el gasto total (de inversión y funcionamiento) en actividades específicas relacionadas con el recurso hídrico, respecto al valor total de la ejecución presupuestal realizadas por cada una de las entidades territoriales. Refleja, como su nombre lo dice, el esfuerzo en términos monetarios que realizan las entidades territoriales en orientar sus recursos hacia este tema.

Para el índice de seguridad hídrica, se consideran las actividades o proyectos en los cuales se realiza alguna clase de intervención relacionada con la gestión del recurso hídrico y el concepto de seguridad hídrica aquí desarrollado para la región central (ver tabla 6). En total se seleccionaron cuarenta y seis códigos de proyectos de inversión relacionado con la seguridad hídrica.

**Tabla 6. Listado de códigos de proyectos de inversión relacionados con la seguridad hídrica**

| Código | Concepto |
|---|---|
| A.1.2.6.1 | Acueducto, alcantarillado y aseo. |
| A.10.1 | Descontaminación de corrientes o depósitos de agua afectados por vertimientos. |
| A.10.10 | Adquisición de áreas de interés para acueductos municipales y pago de servicios ambientales (art. 210 ley 1450 de 2011). |
| A.10.10.1 | Adquisición de áreas de interés para el acueducto municipal. |
| A.10.10.2 | Pago de servicios ambientales. |
| A.10.11 | Reforestación y control de erosión. |
| A.10.14 | Manejo artificial de caudales (recuperación de la navegabilidad del río, hidrología, manejo de inundaciones, canal navegable y estiaje). |
| A.10.15 | Compra de tierras para protección de microcuencas asociadas al río Magdalena. |
| A.10.17 | Ejecución de obras de reducción del riesgo de desastres (mitigación) en cuencas hidrográficas. |
| A.10.19.3.1 | Análisis impacto/riesgo/vulnerabilidad a sequias/inundaciones/ascenso del nivel del mar. |
| A.10.4 | Manejo y aprovechamiento de cuencas y microcuencas hidrográficas. |
| A.10.5 | Conservación de microcuencas que abastecen el acueducto, protección de fuentes y reforestación de dichas cuencas. |
| A.10.8.1 | Conservación, protección, restauración y aprovechamiento sostenible de los ecosistemas forestales. |
| A.10.8.2 | Conservación, protección, restauración y aprovechamiento sostenible de ecosistemas diferentes a los forestales. |
| A.10.9 | Adquisición de predios de reserva hídrica y zonas de reserva naturales. |
| A.12.17 | Infraestructura de defensa contra las inundaciones. |
| A.2.2.16 | Vida saludable y condiciones no transmisibles. |
| A.3 | Agua potable y saneamiento básico (sin incluir proyectos de vis). |
| A.3.10 | Servicio de acueducto. |
| A.3.10.1 | Acueducto-captación. |
| A.3.10.10 | Acueducto-preinversiones, estudios. |
| A.3.10.11 | Acueducto-interventoría. |
| A.3.10.12 | Acueducto-formulación, implementación y acciones de fortalecimiento para la administración y operación de los servicios. |
| A.3.10.13 | Acueducto-subsidios. |
| A.3.10.2 | Acueducto-aducción. |
| A.3.10.3 | Acueducto-almacenamiento. |
| A.3.10.4 | Acueducto-tratamiento. |
| A.3.10.5 | Acueducto-conducción. |
| A.3.10.6 | Acueducto-macromedición. |
| A.3.10.7 | Acueducto-distribución. |
| A.3.10.8 | Acueducto-micromedición. |
| A.3.10.9 | Acueducto-índice de agua no contabilizada. |
| A.3.11 | Servicio de alcantarillado. |
| A.3.11.1 | Alcantarillado-recolección. |
| A.3.11.2 | Alcantarillado-transporte. |
| A.3.11.3 | Alcantarillado-tratamiento. |
| A.3.11.4 | Alcantarillado-descarga. |
| A.3.11.5 | Alcantarillado-preinversiones, estudios. |
| A.3.11.6 | Alcantarillado-interventoría. |
| A.3.11.7 | Alcantarillado-fortalecimiento institucional. |
| A.3.11.8 | Alcantarillado-subsidios. |
| A.7.3 | Planes y proyectos de mejoramiento de vivienda y saneamiento básico. |
| A.8.3 | Proyectos de construcción y mantenimiento de distritos de riego y adecuación de tierras. |
| A.8.3.1 | Proyectos de construcción de distritos de riego y adecuación de tierras. |
| A.8.3.2 | Proyectos de mantenimiento de distritos de riego y adecuación de tierras. |
| A.8.3.3 | Obras de rehabilitación, complementación, ampliación o modernización de distritos de adecuación de tierras. |

**Fuente:** elaboración propia.

La información utilizada para la estimación de este indicador proviene del Formulario Único Territorial (FUT)[6], en la cual se presenta información para cada vigencia, el valor del presupuesto inicial y definitivo, el total comprometido y obligado y los pagos efectivos a la fecha de corte; por categoría (ingresos, transferencias recibidas, gastos de funcionamiento, transferencias giradas, gastos de inversión, servicio de la deuda, reserva, etcétera), entidad, concepto, fuentes de financiación y ubicación geográfica. Esta información se construyó a partir del comportamiento de las cuentas desde el 2012 al 2020.

Para la estimación del indicador, primero se estima el valor del gasto de inversión a partir del análisis de los proyectos relacionados con la gestión del recurso hídrico y la seguridad hídrica y posteriormente se estima el valor del funcionamiento correspondiente al gasto en inversión.

De acuerdo con los análisis obtenidos, en promedio, el esfuerzo fiscal de las entidades territoriales que conforman la RAP-E - Región Central asciende a 2.3 %, durante el periodo 2012-2020. En el mapa 4, se encuentran señalados con tonos verdes, naranja y amarillo los municipios sobre el promedio regional y en tonos grises las entidades por debajo del promedio regional.

Se destaca el mayor esfuerzo fiscal en los municipios de Bojacá (19.2 %), Ricaurte (12.1 %), Suesca (11.6 %) y Gachalá (10 %) en Cundinamarca; Yaguará

6. El FUT es un sistema de información administrado por el Ministerio de Hacienda y Crédito Público y el Departamento Nacional de Planeación, el cual consolida la información sobre la ejecución presupuestal de ingresos y gastos, y demás información oficial básica, para efectos del monitoreo, seguimiento, evaluación y control de las entidades territoriales. La Información disponible para la serie 2012 al 2020 se encuentra disponible en el enlace: https://sisfut.dnp.gov.co/app/descargas/visor-excel.

(15.5 %) y Aipe (10.3 %) en el Huila; La Macarena (12.7 %) y Puerto Gaitán (10.3 %) en el Meta y Macanal (12.6 %) en Boyacá.

Es importante recordar que son los municipios y distritos, de acuerdo con lo establecido en la Constitución[7] y la ley[8], los responsables de asegurar y garantizar la adecuada prestación de los servicios públicos de acueducto, alcantarillado y aseo a través de las personas que prestan los mismos, por lo tanto, deben enfocar sus esfuerzos en alcanzar las metas previstas en los respectivos planes de desarrollo municipal y sectoriales de agua potable y saneamiento básico, teniendo en cuenta principios de transparencia y buen gobierno, con el fin de contribuir con el mejoramiento de la calidad de vida de sus habitantes.

En general, el mayor gasto en inversión se hace en la categoría A.3, la cual se refiere a los proyectos de agua potable y saneamiento básico (sin incluir proyectos de VIS), incluyendo las categorías A.3.10 y A.3.11, que corresponde a los proyectos de servicios de acueducto y alcantarillado respectivamente. Esto es interesante ya que permite analizar que aproximadamente el 70 % de la inversión en seguridad hídrica de los entes territoriales se orienta a los servicios de acueducto y alcantarillado, lo que aún en la región presenta unos grandes retos, especialmente en los municipios más alejados del centro de la región y en las zonas rurales. También, estos proyectos requieren de grandes montos de inversión y su ejecución puede ser muy prolongada en el tiempo.

Los rubros con menor ejecución en la región son los relacionados con proyectos de conservación de microcuencas que abastecen el acueducto, protección de fuentes y reforestación de dichas cuencas (A.10.5), infraestructura de defensa contra las inundaciones (A.12.17), proyectos de construcción y mantenimiento de distritos de riego y adecuación de tierras (A.8.3), ejecución de obras de reducción del riesgo de desastres (mitigación) en cuencas hidrográficas (A.10.17), descontaminación de corrientes o depósitos de agua afectados por vertimientos (A.10.1), compra de tierras para protección de microcuencas asociadas al río magdalena (A.10.15) y manejo artificial de caudales (A.10.14).

7. Artículo 5 de la Ley 142 de 1994.
8. Artículo 365 de la Constitución Política de Colombia.

**Tabla 7. Distribución porcentual del gasto (obligaciones totales) por entidad territorial según los proyectos de inversión para la seguridad hídrica**

| Código/proyectos | Bogotá | Boyacá | Cundinamarca | Huila | Meta | Tolima | Total general |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **A.3.10** | **47.51 %** | **70.82 %** | **35.29 %** | **31.83 %** | **56.57 %** | **51.47 %** | **52.31 %** |
| Servicio de acueducto. | 47.51 % | 70.82 % | 35.29 % | 31.83 % | 56.57 % | 51.47 % | 52.31 % |
| **A.3.11** | **24.35 %** | **15.39 %** | **31.49 %** | **35.71 %** | **30.40 %** | **23.39 %** | **23.97 %** |
| Servicio de alcantarillado. | 24.35 % | 15.39 % | 31.49 % | 35.71 % | 30.40 % | 23.39 % | 23.97 % |
| **A.10.8.2** | **18.79 %** | **0.11 %** | **0.65 %** | **0.59 %** | **0.31 %** | **0.51 %** | **6.71 %** |
| Conservación, protección, restauración y aprovechamiento sostenible de ecosistemas diferentes a los forestales. | 18.79 % | 0.11 % | 0.65 % | 0.59 % | 0.31 % | 0.51 % | 6.71 % |
| **A.7.3** | **376 %** | **5.54 %** | **11.58 %** | **6.81 %** | **2.54 %** | **10.94 %** | **6.13 %** |
| Planes y proyectos de mejoramiento de vivienda y saneamiento básico. | 3.76 % | 5.54 % | 11.58 % | 6.81 % | 2.54 % | 10.94 % | 6.13 % |
| **A.1.2.6.1** | **4.59 %** | **0.45 %** | **1.26 %** | **1.22 %** | **0.92 %** | **1.78 %** | **2.17 %** |
| Acueducto, alcantarillado y aseo. | 4.59 % | 0.45 % | 1.26 % | 1.22 % | 0.92 % | 1.78 % | 2.17 % |
| **A.10.9** | **0.03 %** | **0.74 %** | **6.69 %** | **4.84 %** | **0.80 %** | **1.38 %** | **1.79 %** |
| Adquisición de predios de reserva hídrica y zonas de reserva naturales. | 0.03 % | 0.74 % | 6.69 % | 4.84 % | 0.80 % | 1.38 % | 1.79 % |
| **A.10.8.1** | **0.06 %** | **0.75 %** | **3.62 %** | **2.46 %** | **2.93 %** | **3.15 %** | **1.40 %** |
| Conservación,protección, restauración y aprovechamiento sostenible de los ecosistemas forestales. | 0.06 % | 0.75 % | 3.62 % | 2.46 % | 2.93 % | 3.15 % | 1.40 % |
| **A.10.11** | **0.86 %** | **0.75 %** | **2.16 %** | **1.28 %** | **0.49 %** | **1.55 %** | **1.09 %** |
| Reforestación y control de erosión. | 0.86 % | 0.75 % | 2.16 % | 1.28 % | 0.49 % | 1.55 % | 1.09 % |
| **A.10.4** | **0.01 %** | **1.65 %** | **1.91 %** | **1.52 %** | **0.10 %** | **0.66 %** | **0.95 %** |
| Manejo y aprovechamiento de cuencas y microcuencas hidrográficas. | 0.01 % | 1.65 % | 1.91 % | 1.52 % | 0.10 % | 0.66 % | 0.95 % |
| **A.10.10** | **0.00 %** | **1.00 %** | **1.45 %** | **2.72 %** | **1.89 %** | **0.67 %** | **0.88 %** |
| Adquisición de áreas de interés para el acueducto municipal (art. 106 ley 1151/07). | 0.00 % | 0.03 % | 0.02 % | 0.05 % | 0.06 % | 0.00 % | 0.02 % |
| Adquisición de áreas de interés para acueductos municipales y pago de servicios ambientales (art. 210 ley 1450 de 2011). | 0.00 % | 0.97 % | 1.43 % | 2.67 % | 1.82 % | 0.67 % | 0.86 % |
| **A.10.5** | **0.01 %** | **0.23 %** | **2.04 %** | **3.37 %** | **0.66 %** | **2.07 %** | **0.78 %** |
| Conservación de microcuencas que abastecen el acueducto, protección de fuentes y reforestación de dichas cuencas. | 0.01 % | 0.23 % | 2.04 % | 3.37 % | 0.66 % | 2.07 % | 0.78 % |
| **A.12.17** | **0.00 %** | **0.83 %** | **0.18 %** | **0.18 %** | **2.00 %** | **0.02 %** | **0.44 %** |
| Infraestructura de defensa contra las inundaciones. | 0.00 % | 0.83 % | 0.18 % | 0.18 % | 2.00 % | 0.02 % | 0.44 % |
| **A.8.3** | **0.00 %** | **0.60 %** | **0.57 %** | **1.86 %** | **0.13 %** | **0.60 %** | **0.42 %** |
| Proyectos de construcción y mantenimiento de distritos de riego y adecuación de tierras. | 0.00 % | 0.60 % | 0.57 % | 1.86 % | 0.13 % | 0.60 % | 0.42 % |
| **A.10.17** | **0.00 %** | **0.75 %** | **0.26 %** | **1.14 %** | **0.14 %** | **0.78 %** | **0.39 %** |
| Ejecución de obras de reducción del riesgo de desastres (mitigación) en cuencas hidrográficas. | 0.00 % | 0.75 % | 0.26 % | 1.14 % | 0.14 % | 0.78 % | 0.39 % |
| **A.10.1** | **0.04 %** | **0.33 %** | **0.53 %** | **1.06 %** | **0.12 %** | **0.52 %** | **0.30 %** |
| Descontaminación de corrientes o depósitos de agua afectados por vertimientos. | 0.04 % | 0.33 % | 0.53 % | 1.06 % | 0.12 % | 0.52 % | 0.30 % |
| **A.10.15** | **0.00 %** | **0.03 %** | **0.07 %** | **2.99 %** | **0.00 %** | **0.17 %** | **0.20 %** |
| Compra de tierras para protección de microcuencas asociadas al río Magdalena. | 0.00 % | 0.03 % | 0.07 % | 2.99 % | 0.00 % | 0.17 % | 0.20 % |
| **A.10.14** | **0.00 %** | **0.02 %** | **0.24 %** | **0.43 %** | **0.00 %** | **0.32 %** | **0.09 %** |
| Manejo artificial de caudales (recuperación de la navegabilidad del río, hidrología, manejo de inundaciones, canal navegable y estiaje). | 0.00 % | 0.02 % | 0.24 % | 0.43 % | 0.00 % | 0.32 % | 0.09 % |

**Fuente:** PNUD con datos del FUT municipal.



Bogotá es la entidad territorial que realiza una mayor inversión en proyectos de seguridad hídrica, sin embargo, al calcular el esfuerzo fiscal (relacionado con su ejecución presupuestal total) solo obtiene un 1.8 %, esto indica que el distrito dirige su esfuerzo fiscal en diversos temas, esto en gran medida porque ya ha realizado grandes inversiones en cobertura de acueducto y potabilización[9], no obstante, la inversión en los temas de servicios de acueducto y alcantarillado (A.3.10 y A.3.11) es representativa comparada con el total de la ejecución presupuestal; de los cuarenta y seis códigos para la identificación de proyectos, Bogotá solo reporta inversión para dieciocho de estos, presentando un mayor esfuerzo, entre los socios de la región central, en inversión para proyectos para conservación, protección, restauración y aprovechamiento sostenible de ecosistemas diferentes a los forestales (A.10.8.2), el cual no es atendido en la misma medida por las otras entidades territoriales de la región.

El departamento del Huila es el que presenta la proporción de inversión más alta en la categoría de servicios de alcantarillado (A.3.11) y en la categoría A.10.15 relacionada con proyectos para la compra de tierras para protección de microcuencas asociadas al río Magdalena. Sin embargo, su esfuerzo fiscal en promedio llega al 1.8 %, ocupando el quinto puesto del grupo de la región central. Le sigue el departamento del Tolima, con un esfuerzo fiscal promedio de 1.9 %.

Cundinamarca alcanza un esfuerzo fiscal de 2.4 %, teniendo una proporción de inversión bastante pareja para los servicios de acueducto y alcantarillado (A3.10 y A.3.11). En comparación con los demás departamentos de la región, Cundinamarca muestra una inversión mayor en las categorías de planes y proyectos de mejoramiento de vivienda y saneamiento básico (A.7.3) y en proyectos de adquisición de predios de reserva hídrica y zonas de reserva naturales (A.10.9).

9. A junio de 2020, la cobertura de acueducto residencial del distrito es de 99.79 % y para alcantarillado residencial es de 98.79 % según el portal de datos abiertos Bogotá: https://datosabiertos.bogota.gov.co/dataset/cobertura-eaab-2020/resource/1770e31d-fd57-4898-8d3d-a112ecc1f93f.







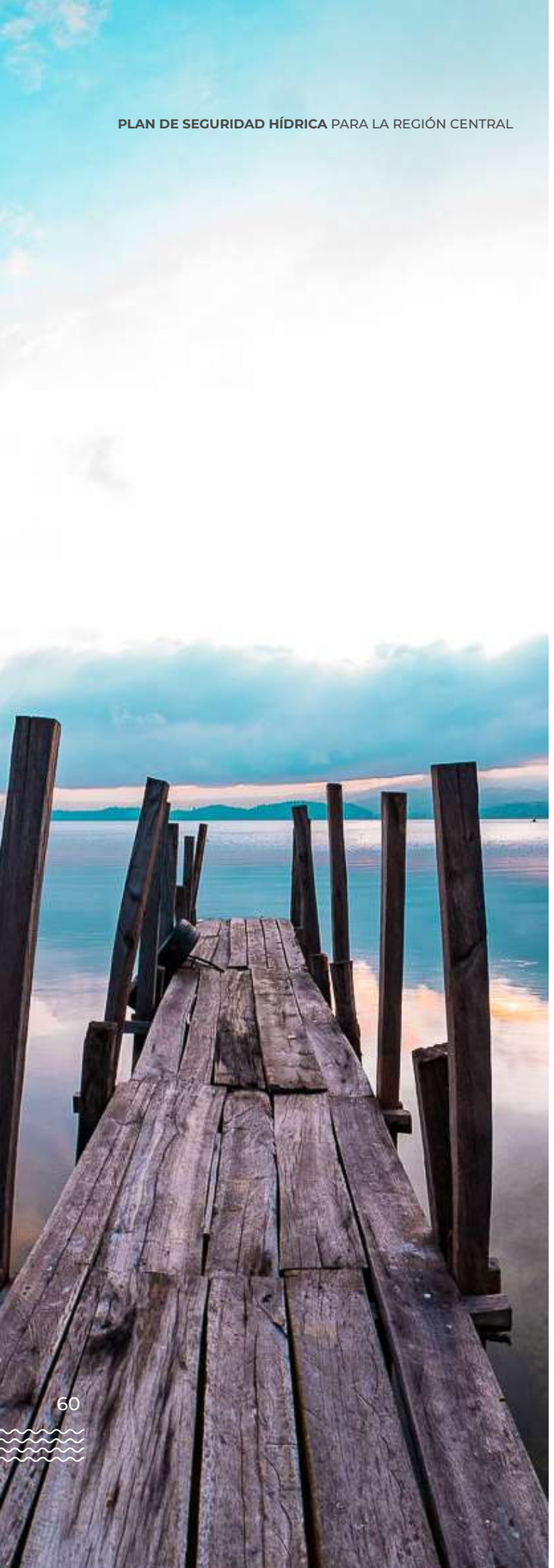
El departamento del Meta alcanza en promedio un esfuerzo fiscal para la seguridad hídrica de 2.9 %, con una proporción de inversión de aproximadamente 90 % para los proyectos de servicios de acueducto y alcantarillado (A3.10 y A.3.11), este último con solo un 30 %. En relación con los resultados del grupo, tiene una proporción de inversión por debajo del promedio para proyectos de reforestación y control de la erosión, y en el manejo y aprovechamiento de microcuencas (A.10.11 y A 10.4), por el contrario, presenta una proporción de inversión más alta que el promedio del grupo en proyectos de infraestructura de defensa contra inundaciones.

De los seis socios que conforman la región central, Boyacá es la entidad territorial que tiene un esfuerzo fiscal mayor, con 3.21 %. Los proyectos relacionados con el servicio de acueducto (A.3.10) son los que se llevan el mayor porcentaje de la inversión total, especialmente en las categorías de formulación, implementación y acciones de fortalecimiento para la administración y operación de los servicios (A.3.10.12), preinversión y estudios (A.3.10.10), interventoría (A.3.10.11) y tratamiento de agua potable (A.3.10.4). Sin embargo, presentó una proporción de inversión menor a la del grupo en proyectos de la categoría A.3.11 relacionada con los servicios de alcantarillado. Es también preocupante que, debido a la presencia de páramos en el departamento, la proporción de inversión en la categoría A.10.8.2 sea la más baja del grupo.

El Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio emite anualmente el informe de monitoreo del uso y ejecución de los recursos del Sistema General de Participaciones para Agua Potable y Saneamiento Básico (SGP-APSB)[10], para la vigencia 2019, este informe refleja los resultados del fortalecimiento de la estrategia, buscando identificar a través de los indicadores presupuestales, administrativos y estratégicos el nivel de riesgo en el cual se encuentran las entidades territoriales. Para este, se tuvo en cuenta lo reportado en los siguientes sistemas de información:

- Formulario Único Territorial (FUT).
- Sistema Único de Información (SUI).
- Subsistema de Información de la Vigilancia de la Calidad del Agua Potable para el Consumo Humano (SIVICAP).

10. De las transferencias intergubernamentales, el SGP se constituye actualmente en el principal instrumento garante de la descentralización fiscal entendida como política de Estado que trasciende los periodos gubernamentales y blinda los recursos de la discrecionalidad de turno y controla los desbalances macro fiscales.



- Estratificación socioeconómica (ESE) remitida por el Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE).
- Sistema de Información de Evaluación de Eficacia a cargo del Departamento Nacional de Planeación.
- Información solicitada a los municipios y distritos certificados.

Este reporte menciona que los recursos del SGP-APSB asignados en la vigencia 2019 fueron 2.1 billones de pesos, adicionalmente se identificaron recursos del balance reportados por las entidades territoriales, por cuatrocientos veinte ocho mil millones de pesos para establecer el total de recursos disponibles en la vigencia de 2.5 billones de pesos. (Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, 2020), los principales hallazgos son:

- Se encontraron actividades clasificadas como uso no elegible de gasto por 19.502 millones de pesos, esto da una alerta sobre un posible uso indebido de los recursos del SGP-APSB[11].
- También se identificó que la distribución de la inversión de SGP-APSB es 72 % urbano, 14 % rural disperso y 14 % centro poblado, mostrando las prioridades de inversión.
- Los mecanismos de contratación usados por las entidades territoriales para ejecutar los recursos del SGP-APSB, son en su mayoría (61 %) contratación directa y tan solo un 7 % es mediante el mecanismo de licitación pública.

**11.** Las entidades territoriales que reporten este tipo de actividades deberán verificar sus procesos, así como la información diligenciada en el FUT, toda vez que esto podría ser objeto de medidas administrativas, fiscales y disciplinarias por parte de los organismos de control, además, podrán ser objeto de menor asignación en la participación de los recursos del SGP-APSB, en la vigencia 2020, en el criterio de eficiencia fiscal y administrativa.





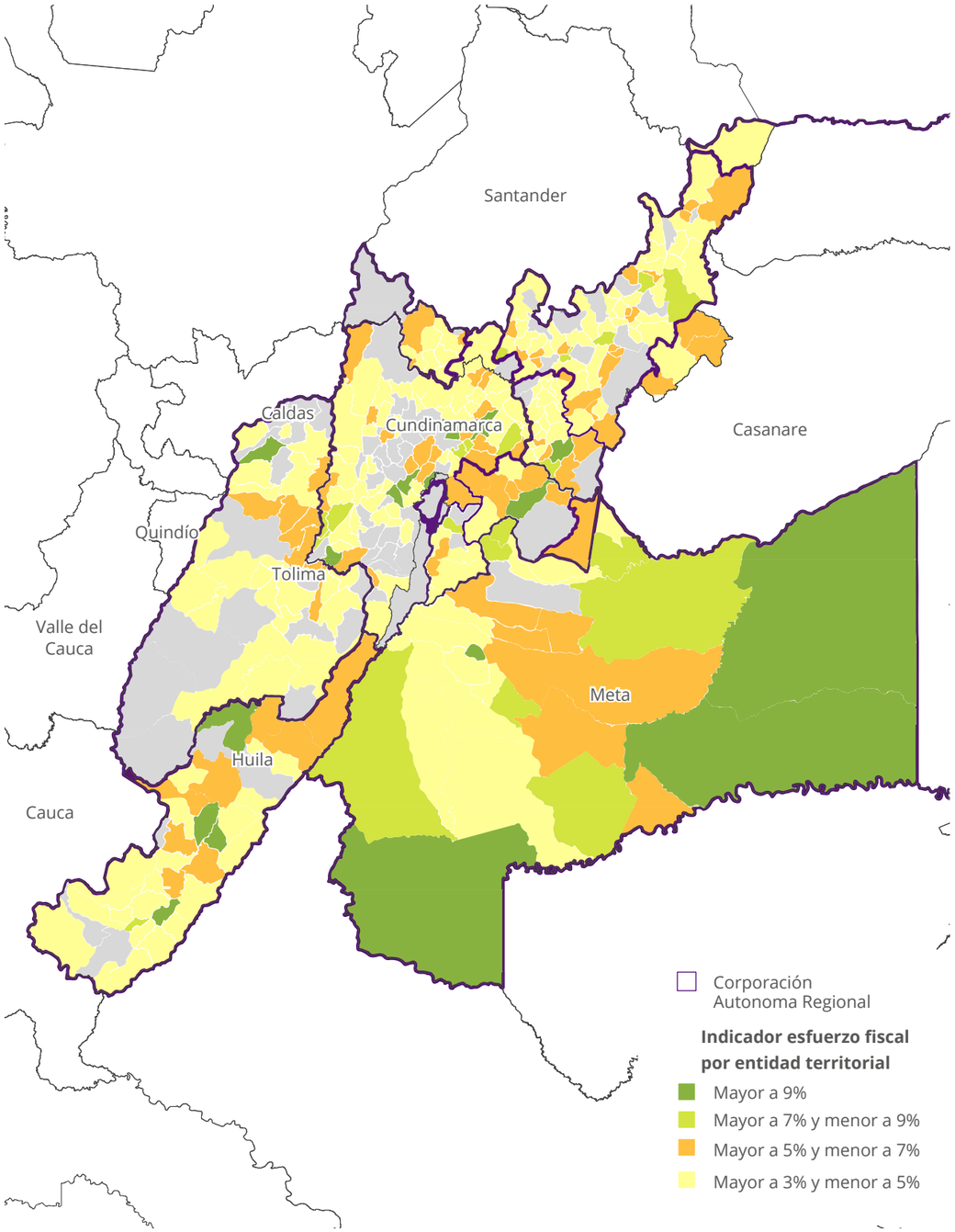


- El pago de subsidios cobra una especial relevancia, observando que el mismo constituye una de las principales inversiones efectuadas con los recursos del SGP-APSB, representando el 38.25 % de los recursos asignados a los municipios y distritos en la vigencia 2019.
- El suministro de agua potable en zona urbana mejoró, no obstante, en la zona rural se suministró agua con algún nivel de riesgo en 353 municipios y se desconoce la calidad del agua suministrada en la zona rural de 633 municipios del país, toda vez que no se evidenciaron datos reportados al SIVICAP.
- Acorde con el reporte al FUT y en general, los departamentos comprometieron el 53 % de los recursos reportados como recaudo total. Por lo tanto, los departamentos no ejecutaron el 47 % de los recursos de los municipios descertificados en el periodo 2014-2019.

El análisis permite identificar el uso de los recursos asignados del SGP-APSB, los cuales deben verse reflejados en el mejoramiento de la prestación de los servicios de acueducto, alcantarillado y aseo en el respectivo municipio, pero que presentan ciertos hallazgos y alertas a los que se debe prestar atención. También, que se requiere de acciones inmediatas por parte de las empresas prestadoras, como de los entes territoriales municipales y departamentales, a través de la destinación de recursos para inversiones en infraestructura o apoyo técnico, con el fin de garantizar el suministro de agua potable para la población.

Debido a la poca confiabilidad que brinda la información reportada a través del Sistema Único de Información (SUI) de la Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios (SSPD) y los datos dispares con otras fuentes de información como el censo 2018 y la ENCV, no es posible decir que la inversión se ve reflejada en el mejoramiento de la infraestructura para aumentar la cobertura de agua y alcantarillado, sin embargo, los datos inciden en que la brecha de ambas coberturas entre zonas urbanas y rurales es significativa, lo que se ve representado en las prioridades de distribución de la inversión.

**Mapa 4. Análisis de esfuerzo fiscal por municipios**




**Fuente:** elaboración PNUD con información del FUT.





# 3.1.3. Conflictos por el agua y protesta social

Las variables de conflictos socioambientales y protestas sociales se analizaron en conjunto con el objetivo de complementar la información de conflictividad y contar con una aproximación al comportamiento de la protesta y manifestación social en la región.

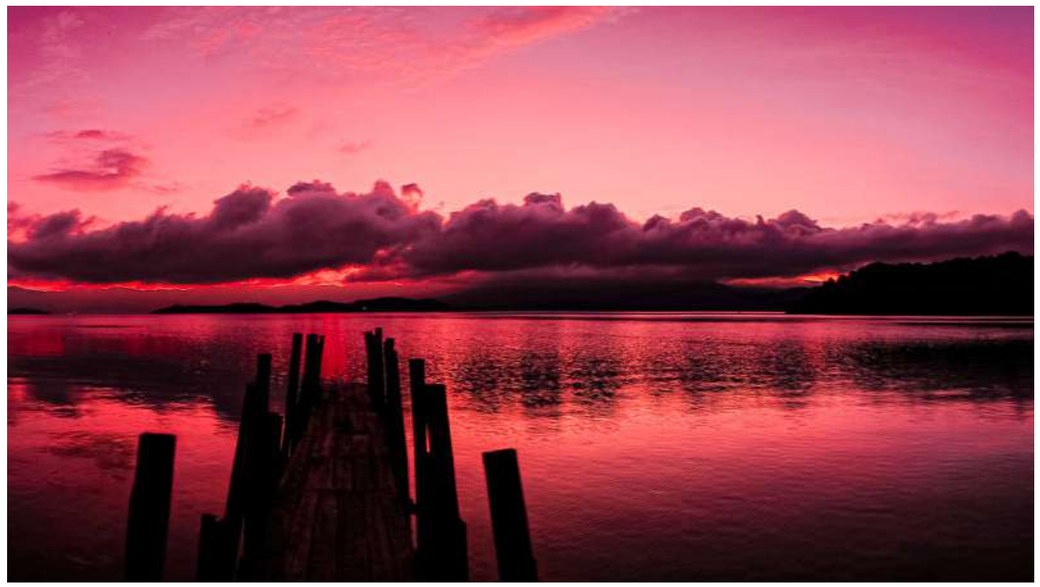
Más allá de las disputas concretas, los conflictos son también la expresión de situaciones de saturación de la convivencia humana, incluso pueden relacionarse con el agotamiento de un modelo de desarrollo determinado que exige cambios institucionales o culturales, por ello, pueden representar la oportunidad de construir nuevos acuerdos sociales con mejores niveles de vida y de respeto a los ecosistemas (Bértola y Ocampo, 2013). Entonces, los conflictos son también un motor de transformación social, con un enorme potencial para generar cambios positivos (Lederach J., 2003).

Los efectos positivos o negativos de los conflictos en la sociedad dependen fuertemente de cómo son enfrentados. Así, una sociedad que produce conflictos que son procesados constructiva e institucionalmente, será más democrática y propenderá por el desarrollo humano. Mientras que si la sociedad produce conflictos y sus instituciones son débiles en el procesamiento de estos, los resultados en términos de democracia y desarrollo serán escasos o nulos.

El desafío es lograr que las formas de participación ciudadana y comunitaria mejoren la calidad de sus deliberaciones y decisiones relacionadas con el agua, al tiempo que se construyen relaciones más colaborativas y de confianza social. Un primer paso para intervenir y transformar esas relaciones es comprender el fenómeno del conflicto, sus causas, los contextos en que se desarrollan y los actores claves que intervienen.

En las zonas de conflicto y desastre, las amenazas a la seguridad hídrica aumentan debido al desigual y difícil acceso al suministro de agua y a los servicios relacionados, lo que puede agravar la fragilidad social, las tensiones, la violencia y los conflictos existentes.

La seguridad del agua es precaria en las zonas de conflicto y de desastre, las amenazas a la seguridad del agua se manifiestan a través de impactos negativos sobre los recursos hídricos y los ecosistemas relacionados, tanto en cantidad como en calidad.





Los conflictos y desastres pueden tener efectos en cascada e implicaciones de gran alcance en la seguridad del agua, con consecuencias políticas, sociales, económicas y ambientales.

La seguridad hídrica debe abordarse como un primer paso después de los conflictos y desastres con el fin de restaurar los medios de vida y reactivar el desarrollo social y económico.

Los indicadores de conflictos por el agua y protesta social se construyeron mediante el análisis de eventos de protesta (AEP) una metodología cuantitativa para mapear, analizar e interpretar la ocurrencia de protestas a lo largo del tiempo y el espacio, así como factores asociados con los mismos (Koopmans y Rucht, 2002, p. 231), a partir de la construcción de un registro de eventos de protesta social, acción colectiva u otras expresiones de conflicto (Beissinger, 2002). Una limitación de esta metodología es que está basada en la confianza en fuentes mediáticas, tales como medios impresos radio, televisión y redes sociales. En el caso de Colombia estos medios están centrados en las ciudades capitales y los entornos urbanos (Haslam, 2020), lo que puede implicar una subestimación significativa de los eventos de conflictividad y protesta en zonas rurales.

Para la RAP-E el registro de eventos de protesta social se construyó a partir de la información alojada en los siguientes observatorios de conflictos:

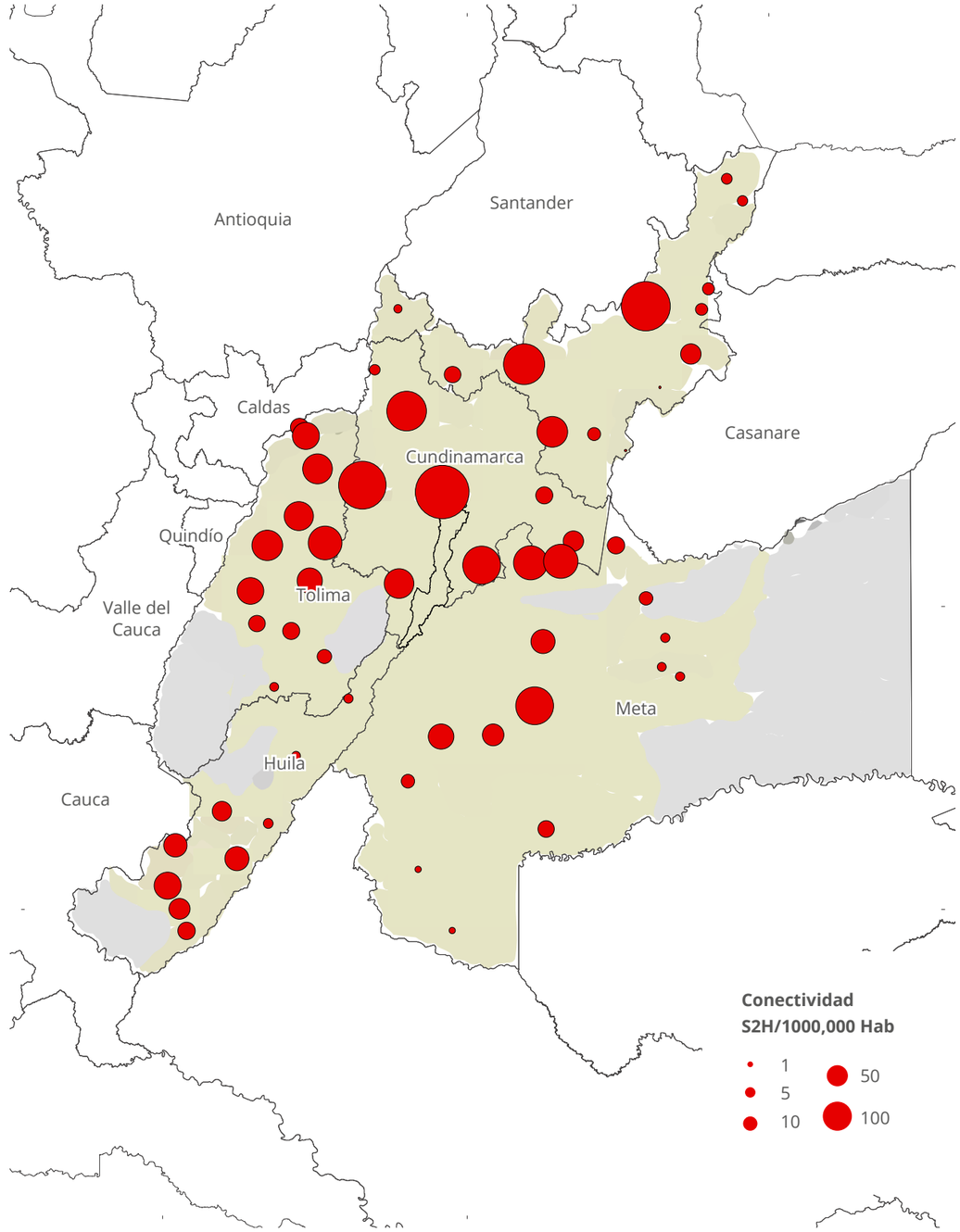
- Observatorio de Agendas Interinstitucionales y Conflictos Ambientales de la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca.
- Observatorio OSA – Observación, Sabiduría y Ambiente de la Corporación Autónoma Regional del Guavio.
- Observatorio de Conflictos Mineros de América Latina.
- Observatorio Regional Ambiental y de Desarrollo Sostenible del Río Bogotá (ORARBO).
- Observatorio de Conflictos Ambientales (IDEA), Universidad Nacional.
- Atlas de Justicia Ambiental (EJOLT).

Estos observatorios proporcionan la información públicamente como visualización, por lo que requirió la consolidación y homogenización de los casos de conflictos por el agua. En la base se registraron ciento cuarenta y tres conflictos por el agua, en noventa y nueve municipios de la región. Los departamentos de Cundinamarca y Meta concentran cerca del 60 % de estos conflictos.

La naturaleza de estas disputas expone la coexistencia de diversas visiones del agua (bien público, derecho humano, servicio público, vida, entre otras) que entran en tensión y que cuestionan la legitimidad de diferentes actores frente a la apropiación, la gestión y el uso del agua.

El siguiente mapa presenta la concentración de los conflictos en la región central por subzona hidrográfica. Las SZH con mayor conflictividad son la del río Bogotá, río Chicamocha, río Seco y otros directos al Magdalena, río Suárez, río Negro, río Guayuriba y río Ariari. Los departamentos de Meta, Boyacá y Cundinamarca enfrentan retos importantes para la gestión de la conflictividad creciente relacionada con el agua.

**Mapa 5. Conflictos por el agua documentados en observatorios globales y regionales por SZH**




**Fuente**: elaboración PNUD con información recogida en observatorios de conflictividad.

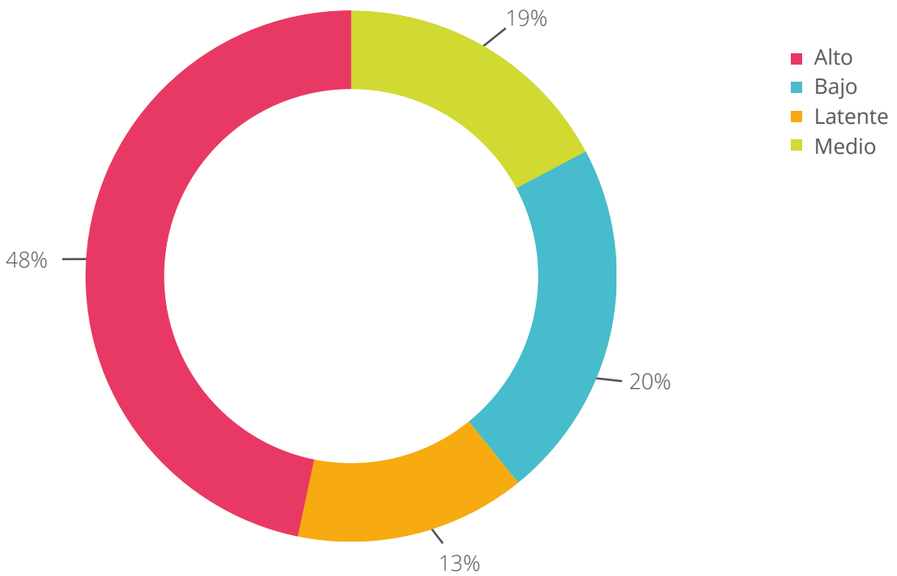
En el panorama de conflictividad, el 50 % de los conflictos por el agua obedecen a actividades extractivas, especialmente minería y de combustibles fósiles. Esto se relaciona con la concentración de estas actividades en la región, en 2019 el 40 % del PIB nacional por extracción de petróleo crudo y gas natural, minerales metalíferos y otras minas y canteras se produjo en los departamentos de la región. En la misma línea el 21 % del PIB nacional por electricidad, gas, vapor y saneamiento ambiental correspondieron a la región.

Esta situación se presenta de manera más crítica en los departamentos de Meta, Boyacá y Tolima, donde más del 70 % de los conflictos que se ubican allí corresponden a actividades extractivas. En contraste, en los departamentos de Cundinamarca, Huila y en la ciudad de Bogotá las disputas se concentran alrededor de la gestión del agua, principalmente, derechos de acceso al agua, conflictos por privatización, contaminación del agua y ausencia de tratamiento adecuado.

Los conflictos por el agua no son homogéneos ni se encuentran en el mismo estado de desarrollo, en algunos, los procesos sociales son de movilización masiva, violencia y violación a derechos humanos, otros están en procesos de organización local e incluso algunos son latentes, se perciben inconformidades y tensiones, pero no han tenido expresiones explícitas de protesta.

El 48 % de los conflictos identificados para la región central se encuentran en un estado de intensidad medio, es decir, son aquellos conflictos en los que se identifica una organización de actores a nivel comunitario y movilizaciones no violentas como protestas callejeras y movilización visible. Y en estado alto de intensidad se encuentra el 19 % de los conflictos, estos conflictos son aquellos que presentan movilización masiva, algunas veces violenta y son un conflicto generalizado.

**Ilustración 5. Distribución de conflictos por el agua por intensidad para la región central**



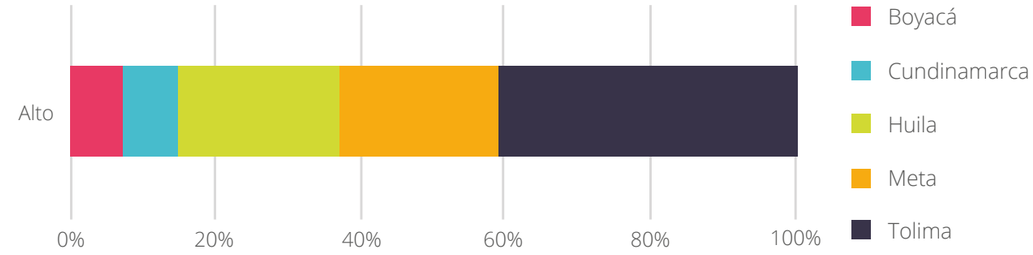

**Fuente:** PNUD.





En general podría decirse que, en la región central, la mayoría de los conflictos relacionados con el agua presentan una movilización visible puesto que se encuentran entre estado de intensidad medio y alto.

**Ilustración 6. Distribución de conflictos en estado alto de intensidad por departamento**




**Fuente:** PNUD.

Los conflictos catalogados con intensidad alta se encuentran en su mayoría en el departamento del Tolima, seguidos en igual proporción por los departamentos de Meta y Huila.

Por otra parte, tampoco los actores en conflicto ni sus intereses son homogéneos, los principales motores de la conflictividad se relacionan con: proyectos o infraestructura altamente demandante del agua, la privatización de servicios sanitarios, proyectos mineros, calidad del agua, impacto de la agricultura y la tensión entre la política de nivel nacional y del nivel descentralizado que incide en la gestión del recurso.

En general los conflictos del agua reflejan los escasos espacios deliberativos, aún cuando pueden existir en el marco institucio al y la ley, la presencia y persistencia de los conflictos indica un mal diseño en los espacios o en la forma en que se garantiza la participación.

También se relacionan con el choque entre distintas formas de gestión del agua, una con reglas informales y otra propia de la institucionalidad y sus actos administrativos.





## 3.1.4. Conclusiones preliminares sobre el nivel de la gobernanza y marco institucional del agua

- La disminución constante de la disponibilidad de agua y el incremento de las presiones sobre el recurso exige que el sistema de gobernabilidad del agua sea capaz de gestionar la escasez con los multiusos. Particularmente el orden descentralizado enfrenta limitaciones operativas y técnicas para garantizar el cumplimiento y aplicación de normas, así como limitada eficacia para enfrentar conflictos.

- La exigencia de participación efectiva por parte de los actores sociales continúa siendo un motor de conflictos. Los espacios de participación e intermediación de los actores sociales alrededor del agua son cerrados, no vinculantes, dependen de la voluntad de la política estatal y se limitan al intercambio de información.

- Las características del sector del agua aumentan la probabilidad de prácticas corruptas, por ejemplo, muchas inversiones del sector son de gran escala, intensivas en capital, monopólicas y de elevada complejidad técnica, esto dificulta la rendición de cuentas y provoca asimetría de información. También, la alta demanda por el agua refuerza la posición. Por otro lado, las autoridades que rigen sobre el agua están dispersas y atadas a fronteras administrativas, lo que genera lagunas de control y fiscalización.

- El informe *Así se mueve la corrupción. Radiografía de los hechos de corrupción en Colombia 2016-2018*, de la Corporación Transparencia por Colombia, señaló que el derecho humano al agua es uno de los más vulnerados por los hechos de corrupción.





- El informe *Evaluación por parte de la Contraloría Delegada para el Medio Ambiente (CDMA) de la implementación de la Política Nacional para la Gestión Integral del Recurso Hídrico (2015-2018),* identificó que las CAR no están invirtiendo en los proyectos de gestión del agua la totalidad de los recursos recaudados que por ley tienen destinación específica para este propósito, como son las tasas por uso del agua, retributivas, compensatorias y las transferencias del sector eléctrico.

- El informe de la Contraloría *Riesgos y hechos en el ciclo de las regalías 2019 y perspectivas 2020* señaló que en el año 2019 el valor de los proyectos aprobados para agua potable y saneamiento básico alcanzó el mayor valor desde la reforma del Sistema General de Regalías, con 851.248 millones de pesos, creciendo más del doble de lo registrado en el año 2018 (129.47 %). Los departamentos que más retrasos presentan en la ejecución de proyectos son precisamente los que más recursos han invertido en el sector de agua potable y saneamiento básico, entre se encuentra el departamento del Meta.

- Se espera que el esfuerzo fiscal de las entidades territoriales en la seguridad hídrica se vea reflejado en una mayor infraestructura para el abastecimiento y tratamiento de agua potable y el tratamiento de las aguas residuales, ya que son las categorías con mayor proporción en la inversión. No obstante, se entiende que estos proyectos deben surtir unas etapas de estudios previos que requieren también una inversión considerable para los municipios, por lo que se recomienda que estos tengan escenarios de rendición de cuentas participativos para generar la confianza necesaria para una mejor gobernanza del agua.

- Cada vez más la gestión del agua se realiza mediante articulaciones público-privadas, lo que exige formas de gobernanza más plurales, en las que participen actores diversos y de múltiples niveles. En ese marco, temas relevantes dentro de la gobernanza son las capacidades para la negociación, el diálogo, el reconocimiento de redes de gobernanza y difusión del poder entre diferentes actores gubernamentales, privados y sociales.

- El fortalecimiento de las capacidades para la rendición de cuentas y la participación es clave para la corregir los patrones de desigualdad históricos en la distribución del recurso hídrico. El reto es comprometerse con fortalecer la capacidad de los ciudadanos, las organizaciones de la sociedad civil y otros actores no estatales para que entes territoriales y las instituciones rindan cuentas por sus compromisos de mejorar la prestación de servicios y hacerlos más receptivos a las necesidades de los ciudadanos. No basta con prestar los servicios de manera efectiva, también deben ser capaces de involucrar a los ciudadanos fomentando el diálogo y la participación.

- La seguridad hídrica solo se puede lograr si está respaldada por un entorno propicio que establezca cambios sistémicos y transversales, incluidas políticas integradas que tengan como objetivo sinergias entre sectores, al tiempo que se gestiona la demanda de agua por parte de todos los usuarios y partes interesadas, los esfuerzos para lograr la seguridad hídrica deben propiciarse a través de iniciativas multisectoriales y coordinadas.

# 3.2
# **Estado del** recurso hídrico

Es una de las cinco dimensiones del índice de seguridad hídrica y se constituye de cinco índices importantes para la gestión hídrica: oferta hídrica, demanda hídrica, disponibilidad hídrica, calidad del agua disponible y eficiencia en el uso del agua. Estos, muestran en conjunto una imagen del estado de la gestión del recurso hídrico y facilitan la toma de decisiones con datos concretos.

La oferta hídrica es evaluada con el uso de dos índices, el índice de regulación y retención hídrica (IRH) y la variabilidad de la oferta hídrica (VOH). Estos indican la variabilidad de los caudales en los ríos debido a las variaciones de los eventos de precipitación y además muestran la capacidad del paisaje de retener y regular la escorrentía. Juntos sugieren cuáles son las SZH que podrían ser vulnerables por inundaciones o por bajos caudales y falta de agua en el caso donde el IRH es bajo y el VOH es alto. En resumen, áreas con bajas capacidades de regular y retener el agua son las áreas más vulnerables por ser afectadas por eventos meteorológicos extremos.

La demanda hídrica de la región central se muestra a un nivel de SZH y cada SZH es evaluada en comparación con la demanda hídrica total de la región. También, la demanda de la región es relacionada con la demanda del país en total. Sin embargo, la comparación entre la demanda hídrica y la oferta hídrica señala el estado del balance de los recursos hídricos de la región. El índice de uso del agua (IUA) muestra la relación entre la demanda y la oferta hídrica total disponible, indicando para cada SZH si los recursos hídricos son suficientes o no.

La calidad del agua disponible es evaluada con la ayuda del índice de alteración potencial de la calidad del agua (IACAL), el cual muestra la alteración potencial de la calidad del agua por cada SZH, teniendo en cuenta los siguientes tres parámetros, demanda bioquímica de oxígeno (DQO), demanda biológica de oxígeno (DBO) y los sólidos suspendidos totales (SST).

Finalmente, teniendo en cuenta la definición de seguridad hídrica, el índice de eficiencia del uso del agua (IEUA) muestra la relación entre la huella hídrica azul y la demanda hídrica. La huella hídrica azul se cuantifica mediante la estimación del agua extraída que no retorna a la cuenca, fenómeno asociado a que el agua se ha incorporado a un producto, evaporado o trasvasado a otra cuenca vecina. Por lo tanto, el IEUA evalúa la eficiencia con la que usamos el agua extraída, con el fin de mostrar como manejamos el recurso.



## 3.2.1.Estado de la oferta hídrica

Primero tiene que ser establecido que la oferta hídrica total superficial (OHTS) es definida como el volumen de agua por unidad de tiempo que fluye por la superficie del suelo, en condiciones naturales, es decir, es el volumen de agua que no se infiltra o se evapora y se concentra en los cauces de los ríos o en los cuerpos de agua lénticos. Esta variable se analiza para diferentes condiciones hidrológicas (año hidrológico seco, medio y húmedo).

Por otro lado, la oferta hídrica disponible (OHTD) es el volumen de agua superficial por unidad de tiempo que resulta de sustraer a la oferta hídrica total, el caudal ambiental. Se debe estimar la oferta hídrica total y disponible a nivel de cuenca, subcuencas, tramos de estudio y puntos de monitoreo, para condiciones de años hidrológicos húmedo, normal y seco, considerando los principales procesos hidrológicos que influyen en el comportamiento del régimen natural de flujo, así como sus principales características (magnitud, duración, frecuencia, tasa de cambio, momento de aplicación), para efectos de la estimación del caudal ambiental desde un enfoque holístico. (Ministerio del Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2020). Para evaluar el estado de la oferta hídrica usamos los dos índices IRH y VOH, que miden la regulación y la variabilidad de la oferta hídrica.

### Índice de retención y regulación hídrica ( IRH ) [12]

El IRH corresponde a la relación entre:

**a.** Un volumen parcial equivalente al área bajo la línea de caudal medio en la curva de duración de caudales medios diarios, y
**b.** El volumen total equivalente el área bajo la curva de duración de caudales medios diarios.

Muestra la capacidad de retención y regulación hídrica de una unidad hidrográfica, representada en la forma de la curva de duración de caudales medios diarios. Tiene como finalidad representar la regulación de agua, señalando aquellas zonas que tienen condiciones más estables de escurrimiento y de regulación de caudales.

La curva de duración de caudales muestra el porcentaje del tiempo en el que el caudal de una corriente es superior o igual a un valor dado, sintener en cuenta la información de las secuencias temporales de los flujos en un sitio. Las relaciones regionales de cuencas aforadas con características hidrometeorológicas y fisiográficas homogéneas permiten obtener estimaciones en cuencas no aforadas. Aparte del análisis en unidades hidrográficas

**12.** El IRH es medido por el IDEAM, para más información relacionada con la metodología de cálculoconsultar en: http://www.ideam.gov.co/documents/11769/646961/3.04+HM+%2Bndice+de+Retenci-C3%3n+y+Regulaci%C3%B3n+H%C3%ADdrica.pdf/f0d464f9-9877-4163-b5f1-14f1a6700dd4.

no instrumentadas, las curvas de duración de caudal también son empleadas en estudios de aprovechamiento hidráulico, de regionalización y en la definición del caudal ecológico y ambiental.

Los conceptos del índice de retención y regulación hídrica de acuerdo con los ENA han sido los siguientes:

**a.** Capacidad de retención de humedad del suelo y de la vegetación dadas la naturaleza de formación, la fracción de arcilla, la pendiente y el drenaje natural del suelo, y la densidad del bosque y continuidad de la cobertura en la vegetación en el ENA 2000.

**b.** Capacidad de una cuenca para mantener un régimen de caudales, producto de la interacción del sistema suelo-vegetación con las condiciones climáticas y con la características físicas y morfométricas, permitiendo evaluar la capacidad de regulación del sistema en su conjunto. Con este se reconocen las condiciones para mantener una capacidad hídrica determinada, permitiendo identificar las zonas en condiciones de mayor y menor capacidad de retener y regular el agua, en los ENA 2010 y 2014.

Bajo este contexto, la retención y regulación de agua en los ENA es evaluada con base en la curva de duración de caudales medios diarios, ya que permite conocer las condiciones de regulación de la cuenca y los valores característicos de caudales medios y firmes (los que son excedidos en determinados porcentajes de tiempo). La curva de caudales medios diarios relaciona mejor las características de la cuenca y del régimen hidrológico de los ríos en estados de niveles altos, medios y bajos, por tanto, los datos medios diarios de caudal son la base para la obtención y ajuste del indicado.

La forma y pendiente de las curvas de duración de caudales (CDC) reflejan la capacidad de regulación y retención de la cuenca en un tiempo determinado (IDEAM, 2010), por lo que sus características hidrológicas y geológicas son determinantes, una curva con pendientes altas en su registro denota corrientes con variaciones altas de caudal, cuyo flujo en su mayoría es de escurrimiento directo, por otro lado, una curva con pendientes bajas revela la presencia de un almacenamiento superficial que tiende a igualar el flujo de agua, la parte inicial de la curva indica el tipo de escurrimiento de la cuenca, mientras que la parte final muestra sus características del almacenamiento.

Como ya se ha mencionado, las CDC son series de duración parcial no cronológicas, por lo que al no tener en cuenta los períodos del año en que se producen los caudales, permiten trabajar con series no continuas, así mismo, es necesario tener en cuenta que el análisis de retención y regulación de agua a nivel anual se debe realizar a través de un balance cronológico detallado de entradas y salidas, por lo que esta condición restringe su uso a la determinación del potencial de agua disponible. También, la distribución de flujos altos en la CDC es influenciada principalmente por el clima, la forma y la cobertura vegetal de la cuenca (a excepción de aquellas muy permeables), mientras que la de los flujos bajos es dada por la geología, no obstante, aun cuando las formaciones son las mismas, se deben tener en cuenta los factores que afectan el escurrimiento, como las variaciones en la permeabilidad de la formación, el carácter de la formación subyacente y la profundidad hidráulica del río.

De acuerdo con esto, para el cálculo del indicador es empleada la relación entre un volumen parcial y el volumen total bajo la curva de duración de caudales.





De acuerdo con esto, para el cálculo del indicador es empleada la relación entre un volumen parcial y el volumen total bajo la curva de duración de caudales. El volumen total representado por el área bajo la CDC equivale a la cantidad de agua monitoreada en el periodo de tiempo analizado, independiente de las características de escurrimiento y almacenamiento de la cuenca. El volumen parcial bajo la línea de caudal medio en la curva de duración de caudales equivale al volumen de agua que representa las características del flujo base, almacenamiento y escurrimiento de la cuenca, por lo que a valores cercanos del volumen total indican una mayor regulación de agua, este depende de la forma y las magnitudes de CDC. Para el análisis de los resultados obtenidos en la retención y regulación de agua en una cuenca es necesario abordar también el clima, las características fisiográficas, la cobertura vegetal, los suelos y su geología.Con el análisis del régimen hidrológico en diferentes periodos, se esperaría observar las alteraciones que se han presentado en una corriente e identificar aquellas que han sido intervenidas de manera que su régimen se encuentra notablemente alterado comparado con su estado natural, permitiendo cuantificar por qué tipo de modificación se está afectando, por ejemplo, extracciones, regulaciones o adición de caudal (IDEAM, 2015). Parte de este análisis lo conforma el índice de retención y regulación hídrica en las subzonas hidrográficas y las curvas de duración de caudal.

El índice de retención y regulación hídrica se calcula mediante la fórmula:

$$IRH = \frac{V_p}{V_t}$$

Donde:

- *IRH* = índice de retención y regulación hídrica (adimensional).
- *Vp* = volumen parcial equivalente al área bajo la línea de caudal medio en la curva de duración de caudales medios diarios ($m^3$).
- *Vt* = volumen total equivalente al área bajo la curva de duración de caudales medios diarios (m).

Respecto a su interpretación, este indicador muestra la capacidad de las unidades hidrográficas de retener los caudales, más no implica la magnitud de estos, por lo que no se puede asegurar que unas sean mayores proveedoras o productoras de agua, no obstante, se pueden identificar como unidades cuya condición permite realizar aprovechamiento en el tiempo sin la construcción de infraestructuras de regulación, la definición de un caudal específico requiere de estudios detallados.

El valor en la retención y regulación de caudales se debe a la interrelación de características propias de cada unidad hidrográfica, por lo que no puede asumirse que todas aquellas que presentan una buena retención tienen mejores condiciones ecosistémi-

cas o estén en un mayor grado de conservación. Los valores que puede tomar el indicador dependen de la articulación de los siguientes factores:

**c.** Las características fisiográficas de las unidades hidrográficas, por ejemplo, cuencas de montaña y de planicie en las que las primeras favorecen el escurrimiento y las segundas la retención y regulación de caudales.
**d.** La presencia de coberturas vegetales naturales, coberturas continuas, suelo degradado, suelo desnudo, etcétera.
**e.** El flujo base dadas las características de las formaciones geológicas y de flujo subsuperficial.
**f.** La ubicación de la estación de monitoreo de caudales, que puede tener mayor influencia de ciertas partes de la cuenca o de todas, por ejemplo, solo partes altas (mayores pendientes), partes medias y altas, etcétera.
**g.** Las condiciones climáticas.
**h.** La presencia de embalses.

Adicionalmente, este indicador no tiene en cuenta la estacionalidad en el flujo de agua (periodos húmedos y secos), como tampoco la sucesión cronológica de los caudales.

El índice calculado pretende representar el régimen de la cuenca sintetizado en el punto de monitoreo. No obstante, como excepción se excluyen algunas estaciones de los ríos más representativos (como el Magdalena zona baja) ya que estos inducen a interpretaciones o interpolaciones erradas para zonas aledañas al tener el efecto acumulado de la corriente, contrastando con el comportamiento de los tributarios no instrumentados cercanos a la estación. Por tal motivo, es necesario atribuir a cuecas no instrumentadas valores del IRH de cuencas con característicasfísicas y de régimen de precipitación similares.

En el uso del indicador se debe tener encuenta la imposibilidad de establecer relaciones temporales o geográficas entre diferentes versiones de los estudios, ya que las metodologías empleadas en los ENA se han ajustado a los enfoques abordados (diferencias entre ENA 2000 a 2010, 2014 y 2018) y a la disponibilidad y calidad de los datos de caudal diario de las estaciones de monitoreo, ya que en diferentes versiones de los estudios cambia la información en la longitud de las series y por tanto el número de estaciones analizadas. (Bernal, F.A., Casallas, J. J., 2014).



## Variabilidad de la oferta hídrica natural (VOH)[13]

La VOH está definida no solo por la reducción respecto a una condición media o extrema, sino también por el rango del rendimiento hídrico dentro de la unidad analizada, se combinan estos dos elementos para obtener la categorización de las condiciones de variabilidad de la oferta hídrica natural por subzona.

Así, para un rendimiento hídrico muy bajo y una reducción de caudales muy alta, se tiene la categoría de variabilidad de la oferta más crítica (muy alta). Por el contrario, para condiciones en una subzona de rendimientos muy altos y reducciones de caudales en condiciones promedio muy bajas, la categoría de variabilidad será la mínima (muy baja).

En la tabla 8 se presenta la categorización de variabilidad de la oferta hídrica natural en una subzona hidrográfica para condiciones hidrológicas promedio. La categorización de variabilidad de la oferta hídrica natural en una subzona hidrográfica para condiciones extremas secas se calcula de acuerdo con la matriz de análisis de la tabla 9. En ella se establece la relación entre el porcentaje de reducción de la oferta en condiciones extremas secas y el rendimiento hídrico en un año medio. Se observa en la tabla que para rendimientos hídricos menores de 10 l/s/km² y reducciones mayores del 51 % se tendrán las condiciones de variabilidad más críticas (muy alta).

**Tabla 8. Categorización de variabilidad de la oferta hídrica natural en condiciones promedio (VOH media**

| **Rendimiento hídrico año medio** | | **Reducción oferta condiciones hidrológicas promedio** | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| **Rango14 l/s/km2** | **Categoría** | **Muy alta** | **Alta** | **Media** | **Baja** |
| | | >75 % | 50-75 % | 20-50 % | <20 % |
| <10 | Muy bajo | Muy alta | Alta | Media | Media |
| 10-20 | Bajo | Alta | Alta | Media | Baja |
| 20-50 | Medio | Media | Media | Media | Baja |
| 50-100 | Alto | Media | Baja | Baja | Baja |
| >100 | Muy alto | Baja | Baja | Baja | Muy baja |

**Fuente**: IDEAM, 2015.

13. La VOH es medida por el IDEAM, los resultados de esta categorización se presentan en el Estudio Nacional del Agua 2018, paginas 379-394: http://www.ideam.gov.co/web/agua/anexos-estudio-nacional-del-agua-2018.
14. Los intervalos de los rangos son semiabiertos, incluyendo únicamente el límite bajo. En notación conjuntista: [a,b[ = {x : a≤x<b}. Este significa que por ejemplo el intervalo «10-20» incluye 10 pero no 20, escrito también como [10, 20). La tabla original se encuentra en la página 356 del ENA 2014.

**Tabla 9. Análisis de variabilidad de la oferta hídrica natural en condición extrema seca (VOH ex)**

| Rendimiento hídrico año medio | | Reducción oferta condiciones hidrológicas extremas secas | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Rango15 l/s/km² | Categoría | Muy alta | Alta | Media | Baja |
| | | -95 a -61 % | -60 a -51 % | -50 a -41 % | -40 a -30 % |
| <10 | Muy bajo | Muy alta | Muy alta | Alta | Media |
| 10-20 | Bajo | Alta | Alta | Alta | Media |
| 20-50 | Medio | Alta | Alta | Media | Media |
| 50-100 | Alto | Alta | Media | Media | Media |
| >100 | Muy alto | Media | Media | Media | Baja |

**Fuente:** IDEAM, 2015.

Los resultados de esta categorización se presentan en el Estudio Nacional del Agua 2018.

## Oferta hídrica para la región central

**Tabla 10. El estado de la región central según el índice de regulación y retención hídrica y la variabilidad oferta hídrica**

| | IRH promedio | IRH clasificación | VOH promedio | VOH clasificación |
|---|---|---|---|---|
| **Región Central** | 0.70 | Moderada | 3,166667 | Media |

**Fuente**: cálculos PNUD con datos del RAP-E, IDEAM.

Como se muestra en tabla 10, el promedio para toda la región central, en términos de regulación y retención hídrica, según el IRH, es 0,7 clasificado como «moderada», indicando que la región central como conjunto no tiene problemas adversos con la retención del agua. Del mismo modo, el promedio de la región central para la variabilidad de la oferta hídrica es aproximadamente 3,167, clasificado como «media», también indicando que la región central tiene una variabilidad de la oferta hídrica estable.

Sin embargo, hay subzonas hidrográficas dentro de la región central que podrían necesitar un enfoque especial según estos índices, mostrados a continuación en las tablas 11 y 12.

15. Los intervalos de los rangos son semiabiertos, incluyendo únicamente el límite bajo. En notación conjuntista: [a,b[ = {x : a≤x<b}. Este significa que por ejemplo el intervalo «10-20» incluye 10 pero no 20, escrito también como [10, 20). La tabla original se encuentra en la página 356 del ENA 2014.

**Tabla 11. Los SZH más vulnerables según el índice de regulación y retención hídrica**

| Código SZH | Nombre SZH | IRH | IRH clasificación |
|---|---|---|---|
| **2123** | Río Seco y otros al Magdalena | 0,43 | Muy baja |
| **2108** | Río Yaguará y río Íquira | 0,54 | Baja |
| **3519** | Río Cusiana | 0,56 | Baja |
| **3506** | Río Guavio | 0,56 | Baja |
| **3516** | Lago de Tota | 0,60 | Baja |
| **2113** | Río Aipe, río Chenche y otros directos al Magdalena | 0,60 | Baja |
| **3510** | Río Negro | 0,62 | Baja |
| **3503** | Río Guatiquía | 0,62 | Baja |
| **2302** | Río Guarinó | 0,63 | Baja |
| **3507** | Río Garagoa | 0,63 | Baja |
| **3527** | Directos al río Meta entre ríos Humea y Upía (mi) | 0,64 | Baja |
| **2119** | Río Sumapaz | 0,64 | Baja |
| **3523** | Río Pauto | 0,65 | Baja |
| **3508** | Río Lengupá | 0,65 | Baja |
| **3512** | Río Yucao | 0,65 | Baja |
| **3602** | Río Casanare | 0,65 | Baja |
| **3521** | Río Cravo Sur | 0,65 | Baja |

**Fuente**: cálculos PNUD con datos del RAP-E, IDEAM.

**Tabla 12. Los SZH más vulnerables en términos de variabilidad de oferta hídrica**

| Código SZH | Nombre SZH | VOH | VOH clasificación |
|---|---|---|---|
| **2106** | Ríos directos Magdalena (md) | 4 | Alta |
| **2108** | Río Yaguará y río Íquira | 4 | Alta |
| **2109** | Juncal y otros ríos directos al Magdalena | 4 | Alta |
| **2110** | Río Neiva | 4 | Alta |
| **2111** | Río Fortalecillas y otros | 4 | Alta |
| **2113** | Río Aipe, río Chenche y otros directos al Magdalena | 4 | Alta |
| **2116** | Río Prado | 4 | Alta |
| **2202** | Río Atá | 4 | Alta |
| **2203** | Medio Saldaña | 4 | Alta |
| **2204** | Río Amoyá | 4 | Alta |
| **2206** | Río Tetuán, río Ortega | 4 | Alta |
| **2306** | Río Negro | 4 | Alta |
| **3516** | Lago de Tota | 4 | Alta |

**Fuente**: cálculos PNUD con datos del RAP-E, IDEAM.







## 3.2.2. Demanda hídrica[16]

La demanda hídrica de las actividades socioeconómicas y los ecosistemas (DH) corresponde a la cantidad de agua anual sustraída de los sistemas hídricos para suplir las necesidades de consumo humano, los requerimientos de las actividades económicas (producción sectorial) y las demandas esenciales de los ecosistemas existentes en una unidad espacial de estudio (IDEAM, 2016).

El Estudio Nacional del Agua define que: «La demanda hídrica es igual al volumen total de agua extraída. Este volumen de agua extraído es igual a los consumos más el agua extraída no consumida». Bajo esta delimitación en función de la demanda, la extracción es definida en sus componentes de la siguiente manera:

$$DH = U_d + U_{ss} + U_{pff} + U_{sa} + U_{sp} + U_r + U_{si} + U_e + U_m + U_{sac} + U_{nt} + CR$$

Donde:

- DH:demanda hídrica de las actividades socio conómicas y de los ecosistemas *($Mm^3$/año).*
- $U_d$*:* consumo humano y uso doméstico *(Mm3/año).*
- $U_{ss}$*:* uso del sector servicios *($Mm^3$/año).*
- $U_{pff}$*:* preservación de los ecosistemas – fauna y flora *(Mm3/año).*
- $U_{sa}$*:* uso del sector agrícola *($Mm^3$/año).*
- $U_{sp}$*:* uso del sector pecuario *($Mm^3$/año).*
- $U_r$*:* uso recreativo *($Mm^3$/año).*
- $U_{si}$*:* uso del sector industrial *($Mm^3$/año).*
- $U_e$ *:* $_e$uso del sector energía *($Mm^3$/año).*
- $U_m$*:* uso de la minería e hidrocarburos *($Mm^3$/año).*
- $U_{sac}$:uso del sector pesca, maricultura y acuicultura *($Mm^3$/año).*
- $U_{nt}$ :uso para la navegación y el transporte. *($Mm^3$/año).*
- CR*:* caudal de retorno. *($Mm^3$/año).*
- $Mm^3$=millones de metros cubicos. *($Mm^3$/año).*

**16.** La metodología para el cálculo y procesamiento de los datos de la demanda hídrica se encuentra detallada en: http://www.ideam.gov.co/documents/11769/646961/3.06+HM+Demanda+H%C3%ADdrica.pdf/f3cd0024-1a82-45fc-b3fc-77e259dcfd2f.

## Demanda hídrica para la región central

**Tabla 13. La demanda hídrica del país y de la región central**

| Demanda hídrica Colombia (millones de m³) (2016) | Demanda hídrica región central (millones de m³) (2016) | Región central / Colombia |
|---|---|---|
| 37.308 | 13.556 | 36 % |

**Fuente**: cálculos PNUD con datos del RAP-E, IDEAM.

Como se muestra en la tabla 13, la demanda hídrica del país para el año 2016 fue de 37.308 Mm3/año, con un aumento del 5 % en relación con el 2012. La demanda hídrica de la región central fue de 13.556 Mm3/año para el año 2016, aumentando en relación con el 2012 y representando el 36 % de la demanda del país, porcentaje significativamente alto en relación al 15 % que ocupa espacialmente la región en el país, esto se debe principalmente a la ubicación estratégica de la región como corredor que conecta todas las demás regiones y la convierten en el motor del crecimiento económico nacional.

Además, en las ciudades colombianas el número de habitantes aumenta rápidamente, según el informe publicado por el Departamento Administrativo Nacional de Estadística, en los últimos 35 años la población del país ha aumentado en un 65 %, crecimiento demográfico que viene acompañado de un importante proceso de urbanización que a la vez, genera desafíos y retos para cada una de las regiones y en donde la región central debe generar los esfuerzos necesarios para garantizar agua para todos los usos y toda la población.

Los departamentos de Boyacá, Cundinamarca y el Distrito Especial de Bogotá representan grandes centros de aglomeración, el reto que impone la geolocalización del sistema de ciudades en la región central es que, aunque a nivel general la región no evidencia problemas de oferta hídrica en algunos territorios, la presión generada por las grandes aglomeraciones y su localización cambia la tendencia. Actualmente en el país el 68 % de la población total del sistema de ciudades, se ubica en zonas con alto índice de escasez hídrica.

En el caso de la cuenca del río Bogotá, ubicada en la cuenca del Alto Magdalena, no solo es la subzona hidrográfica que genera mayor demanda hídrica, con 1.828 Mm³/año, representando el 13 % de la DH de la región central, como se muestra en la tabla 14, sino también es la que cuenta con mayor cantidad de centros poblados y habitantes, con una densidad poblacional de 4.474 hab/Km² (RAP-E, 2020).

Como se muestra en la tabla 13, la demanda hídrica del país para el año 2016 fue de 37.308 Mm3/año, con un aumento del 5 % en relación con el 2012.

**Tabla 14. Las diez SZH dentro la región central con la demanda más alta**

| Código SZH | SZH | Demanda hídrica (millones de m3) (2018) | SZH/región central |
|---|---|---|---|
| **2120** | Río Bogotá | 1828 | 13.5 % |
| **2106** | Ríos directos Magdalena (md) | 909 | 6.7 % |
| **2403** | Río Chicamocha | 878 | 6.5 % |
| **2104** | Ríos directos al Magdalena (mi) | 710 | 5.2 % |
| **2108** | Río Yaguará y río Íquira | 611 | 4.5 % |
| **3506** | Río Guavio | 506 | 3.7 % |
| **3507** | Río Garagoa | 483 | 3.6 % |
| **3501** | Río Metica (Guamal-Humadea) | 477 | 3.5 % |
| **2401** | Río Suárez | 448 | 3.3 % |
| **2118** | Río Luisa u otros directos al Magdalena | 416 | 3.1 % |

**Fuente**: cálculos PNUD con datos del RAP-E, IDEAM.



# 3.2.3. Disponibilidad del recurso hídrico

La disponibilidad de los recursos hídricos para la región central se evalúa con ayuda del índice del uso de agua.

## Índice del uso de agua (IUA)[17]

El IUA muestra una estimación de la relación entre demanda y oferta hídrica. Se calcula de la siguiente manera:

$$IUA_z = \frac{DH_z}{OHTD_z} .100$$

Donde:

- *IUA*=índice de uso del agua en la unidad espacial de referencia z para condición hidrológica año promedio o condición hidrológica año seco (%).
- *DH*=demanda hídrica de las actividades socioeconómicas y de los ecosistemas en la unidad espacial de referencia z (Mm³/año).
- *OHTD* = oferta hídrica superficial total disponible en la unidad espacial de referencia z para condición hidrológica promedio o de año seco (Mm³/año). En la OHTD el factor de reducción corresponde solamente al caudal ambiente (Bernal, F. A y Santander, J. P., 2016, p. 5).



17. El IUA es calculado por el IDEAM, la ficha metodológica se encuentra en: http://www.ideam.gov.co/documents/11769/646961/3.01+HM_%2Bndice+Uso+Agua.pdf/c7877a27-2876-4503-8ed2-72b5652a298b.



Los resultados del indicador van en un rango de valores mayores a 0 y las categorías de interpretación de muy bajo a crítico de acuerdo con la siguiente tabla:

**Tabla 15. Interpretación índice de uso del agua**

| Rango IUA (%) | Categoría IUA | Interpretación IUA |
|---|---|---|
| >100.00 | Crítico | La presión supera las condiciones de la oferta superficial disponible. |
| 50.01-100.00 | Muy alto | La presión de la demanda es muy alta respecto a la oferta superficial disponible. |
| 20.01-50.00 | Alto | La presión de la demanda es alta respecto a la oferta superficial disponible. |
| 10.01-20.00 | Moderado | La presión de la demanda es moderada respecto a la oferta superficial disponible. |
| 1.00-10.00 | Bajo | La presión de la demanda es baja respecto a la oferta superficial disponible. |
| ≤1.00 | Muy bajo | La presión de la demanda no es significativa respecto a la oferta superficial disponible. |

**Fuente**: Bernal, F. A; Santander, J. P., 2016.

Cuando el IUA es mayor a 100, indica que la demanda supera la oferta hídrica superficial disponible en los sistemas hídricos y la presión es crítica, definiendo: i) competencia con el caudal ambiental, ii) insuficiencia en la provisión de agua y iii) una posible necesidad de realizar trasvase de agua desde otras unidades hidrográficas o realizar captación de agua subterránea.

Estas dos situaciones generan o potencian:

1. Conflictos por el agua.
2. Problemáticas ambientales.
3. Afectaciones sobre el agua disponible para la sostenibilidad de los ecosistemas, la biodiversidad y el caudal mínimo para los usuarios que dependen del agua de estos.
4. Necesidad inmediata de tomar decisiones orientadas a la gestión integral, sostenibilidad y gobernanza del agua.
5. Tendencias a escenarios de escasez y de agotamiento de los sistemas hídricos superficiales o subterráneos.

Cuando el IUA es mayor a 50 indica que la demanda hídrica socioeconómica supera la oferta hídrica superficial disponible y la presión es alta o muy alta, de forma que los sistemas hídricos superficiales están llegando al límite para satisfacerla, compitiendo con el caudal ambiental y generando o potenciando:

1. Conflictos por el agua.
2. Problemáticas ambientales.
3. Afectaciones sobre el agua disponible para la sostenibilidad de los ecosistemas, la biodiversidad y el caudal mínimo para los usuarios que dependen del agua de estos.

En estas categorías la toma de decisiones orientadas a la gestión integral, la sostenibilidad y

a la gobernanza del agua es necesaria para evitar llegar a una condición crítica. No es deseable que el indicador llegue a esta categoría. Cuando el IUA es menor a 50, indica que la presión es muy baja a moderada, de forma que los sistemas hídricos superficiales aún pueden satisfacer la demanda sin entrar en competencia con el caudal ambiental. La toma de decisiones en estas categorías debe estar enfocada en la gestión integral, la sostenibilidad y en la gobernanza del agua articuladas a la protección, la conservación y la restauración participativa de los ecosistemas, la biodiversidad y los sistemas hídricos superficiales (IDEAM, 2020) (Bernal, F. A; Santander, J. P., 2016).

## Disponibilidad hídrica para la región central

**Tabla 16. El estado de la región central según el índice de uso del agua por un año medio**

| | IUA promedio año medio (%) | IUA clasificación |
|---|---|---|
| **Región central** | 21.68 | Alto |

**Fuente**: cálculos PNUD con datos del RAP-E, IDEAM.

**Tabla 17. El estado de la región central según el índice de uso del agua por un año seco**

| | IUA promedio año seco (%) | IUA clasificación |
|---|---|---|
| **Región Central** | 58.05 | Muy alto |

**Fuente**: cálculos PNUD con datos del RAP-E, IDEAM.

Como se muestra en las tablas 16 y 17, el balance entre demanda y oferta hídrica en promedio para la región central es clasificado como «alto» para un año medio y «muy alto» para un año seco según el IUA. Este índica que la demanda de agua en la región constituye cerca de 22 % de la oferta en un año de eventos promedios de precipitación. Sin embargo, años secos muestran una situación más grave, con una demanda que constituye más del 58 % de la oferta hídrica. Además, la tabla 18 muestra que hay cuatro SZH que tienen demandas hídricas que superan 100 % de la oferta para un año medio. La tabla 19 muestra que, en un año seco, son trece las SZH que tienen demandas hídricas que superan el 100 % de la oferta.

**Tabla 18. Los SZH más vulnerables según el índice de uso del agua por un año medio**

| Código SZH | SZH | IUA (%) | Clasificación IUA |
|---|---|---|---|
| **2120** | Río Bogotá | 252.98 | Crítico |
| **2106** | Ríos directos Magdalena (md) | 237.15 | Crítico |
| **2104** | Ríos directos al Magdalena (mi) | 184.13 | Crítico |
| **2108** | Río Yaguará y río Íquira | 107.44 | Crítico |
| **2111** | Río Fortalecillas y otros | 83.12 | Muy alto |
| **2118** | Río Luisa y otros directos al Magdalena | 62.14 | Muy alto |
| **2110** | Río Neiva | 59.37 | Muy alto |
| **2124** | Río Totare | 57.77 | Muy alto |
| **2208** | Bajo Saldaña | 55.26 | Muy alto |
| **2109** | Juncal y otros ríos directos al Magdalena | 50.60 | Muy alto |
| **2122** | Río Opía | 45.36 | Alto |
| **3507** | Río Garagoa | 44.33 | Alto |
| **2403** | Río Chicamocha | 37.78 | Alto |
| **2113** | Río Aipe, río Chenche y otros directos al Magdalena | 34.05 | Alto |
| **3516** | Lago de Tota | 26.43 | Alto |
| **2112** | Río Baché | 25.58 | Alto |
| **2125** | Río Lagunilla y otros directos al Magdalena | 23.26 | Alto |
| **2102** | Río Timaná y otros directos al Magdalena | 21.70 | Alto |
| **2116** | Río Prado | 20.27 | Alto |

**Fuente**: cálculos PNUD con datos del RAP-E, IDEAM.

**Tabla 19. Los SZH más vulnerables según el índice de uso del agua por un año seco**

| Código SZH | SZH | IUA (%) | Clasificación IUA |
|---|---|---|---|
| **2120** | Río Bogotá | 963.67 | Crítico |
| **2106** | Ríos directos Magdalena (md) | 443.79 | Crítico |
| **2104** | Ríos directos al Magdalena (mi) | 330.64 | Crítico |
| **2108** | Río Yaguará y río Íquira | 299.34 | Crítico |
| **2111** | Río Fortalecillas y otros | 235.21 | Crítico |
| **2118** | Río Luisa y otros directos al Magdalena | 192.60 | Crítico |
| **2124** | Río Totare | 156.20 | Crítico |
| **2122** | Río Opía | 139.29 | Crítico |
| **3507** | Río Garagoa | 134.84 | Crítico |
| **2110** | Río Neiva | 130.50 | Crítico |
| **2208** | Bajo Saldaña | 126.32 | Crítico |
| **2403** | Río Chicamocha | 124.28 | Crítico |
| **2109** | Juncal y otros ríos directos al Magdalena | 105.46 | Crítico |
| **3516** | Lago de Tota | 90.75 | Muy alto |
| **2113** | Río Aipe, río Chenche y otros directos al Magdalena | 88.82 | Muy alto |
| **2123** | Río Seco y otros directos al Magdalena | 72.48 | Muy alto |
| **2116** | Río Prado | 69.43 | Muy alto |
| **2125** | Río Lagunilla y otros directos al Magdalena | 68.11 | Muy alto |
| **2112** | Río Baché | 60.13 | Muy alto |
| **2119** | Río Sumapaz | 59.03 | Muy alto |
| **2115** | Directos Magdalena entre ríos Cabrera y Sumapaz (md) | 57.57 | Muy alto |
| **3506** | Río Guavio | 43.15 | Alto |
| **3503** | Río Guatiquía | 41.97 | Alto |
| **2207** | Río Cucuana | 38.10 | Alto |
| **2121** | Río Coello | 37.32 | Alto |
| **2102** | Río Timaná y otros directos al Magdalena | 35.53 | Alto |
| **2401** | Río Suárez | 31.15 | Alto |
| **2306** | Río Negro | 30.14 | Alto |
| **2206** | Río Tetuán, río Ortega | 23.33 | Alto |
| **2202** | Río Atá | 21.07 | Alto |
| **3501** | Río Metica (Guamal-Humadea) | 20.84 | Alto |
| **2311** | Directos al Magdalena Medio entre ríos Negro y Carare (md) | 20.09 | Alto |
| **2203** | Medio Saldaña | 20.05 | Alto |

**Fuente**: cálculos PNUD con datos del RAP-E, IDEAM.





# 3.2.4. Eficiencia hídrica

## Índice de eficiencia de uso del agua (IEUA)

El IEUA corresponde a la relación entre la huella hídrica azul y la demanda hídrica. La huella hídrica azul se cuantifica mediante la estimación del agua extraída que no retorna a la cuenca, fenómeno asociado a que el agua se ha incorporado a un producto, evaporado o trasvasado a otra cuenca vecina.

La demanda hídrica se cuantifica mediante la estimación de la extracción del volumen de agua necesario para satisfacer el requerimiento hídrico total de un proceso, incluidos los usos consuntivos, no consuntivos (retornados posteriormente como vertimientos y descargas) y las pérdidas del sistema.

La estimación del IEUA se realiza mediante la aplicación de la siguiente ecuación, que relaciona los conceptos de la huella hídrica azul y la demanda hídrica para una unidad hidrográfica determinada, para el caso del ENA 2018, las unidades de análisis son las subzonas hidrográficas:

$$IEUA = \frac{\sum HH_{Azul}}{\sum DH}$$

Donde:

- $HH_{Azul}$ = huella hídrica azul
- $DH$ = demanda hídrica

Para el análisis e interpretación del resultado del IEAU se establecieron cinco categorías. Los valores «bajos» y «muy bajos» indican un volumen importante que se extrae y retorna. Por otro lado, el valor «muy alto» denota que el valor de huella hídrica azul fue efectivamente consumido. Significa que una mayor eficiencia en el uso consuntivo, una reducción de pérdidas, una reducción en el margen de los flujos de retorno y una clara identificación del volumen de uso no consuntivo que puede ser susceptible a acciones de reusó y recirculación en el sistema productivo.



**Tabla 20. Interpretación índice de eficiencia del uso del agua**

| Rango[18] IEUA (%) | Categoría IEUA | Interpretación IEUA |
|---|---|---|
| <0.01 | Muy bajo | Más del 99 % del agua extraída está asociada a usos que posteriormente retornan a la fuente, susceptible parcialmente a medidas de reúso y recirculación y a pérdidas del sistema. Un aumento en la eficiencia en este volumen de agua tiende a reducir la demanda hídrica (extracción). |
| 0.01-0.1 | Bajo | Entre el 99 % y el 90 % del agua extraída está asociada a usos que posteriormente retornan a la fuente, susceptible parcialmente a medidas de reúso y recirculación y a pérdidas del sistema. Un aumento en la eficiencia en este volumen de agua tiende a reducir la demanda hídrica (extracción). |
| 0.1-0.2 | Moderado | Entre el 90 % y el 80 % del agua extraída está asociada a usos que posteriormente retornan a la fuente, susceptible parcialmente a medidas de reúso de circulación y a pérdidas del sistema. Un aumento en la eficiencia en este volumen de agua tiende a reducir la demanda hídrica (extracción). |
| 0.2-0.5 | Alto | Entre el 80 % y el 50 % del agua extraída está asociada a usos que posteriormente retornan a la fuente, susceptible parcialmente a medidas de reúso de circulación y pérdidas del sistema. Un aumento en la eficiencia en este volumen de agua tiende a reducir la demanda hídrica (extracción). |
| 0.5-1.0 | Muy alto | Menos del 50 % del agua extraída está asociada a usos que posteriormente retornan a la fuente, susceptible parcialmente de medidas de reúso de circulación y a pérdidas del sistema. Un aumento en la eficiencia en este volumen de agua tiende a reducir la demanda hídrica (extracción). |

**Fuente**: IDEAM, 2019.

Estos valores se interpretan como un aumento en la eficiencia en el uso del agua, dado que, aunque se extrae un mayor volumen de agua en cada periodo de análisis, esta extracción ha respondido a un porcentaje creciente de agua usada que no ha retornado a la cuenca y, por lo tanto, se ha reducido la proporción de los flujos de retorno que responden a la sumatoria de pérdidas, vertimientos y descargas. La reducción porcentual de flujos de retorno abre la posibilidad de una reducción en las pérdidas físicas desde el punto de extracción al punto de uso de agua o una reducción en los vertimientos y descargas que hacen referencia directa a los usos no consuntivos de agua, que en muchos casos abren la posibilidad de implementar acciones de reúso y recirculación, con el propósito de optimizar la demanda hídrica (IDEAM, 2019).

18. Los intervalos de los rangos son semiabiertos, incluyendo únicamente el límite bajo. En notación conjuntista: [a,b[ = {x : a≤x<b}. Este significa que por ejemplo el intervalo «0.2-0.5» incluye 0.2 pero no 0.5, escrito también como [0.2, 0.5). La tabla original se encuentra en la página 208 del ENA 2018.



## Eficiencia hídrica para la región central

**Tabla 21. El estado por la región central según el índice de la eficiencia del uso de agua**

| | IEUA Promedio año medio (%) | IEUA clasificación |
|---|---|---|
| Región Central | 0.31 | Alto |

**Fuente**: cálculos PNUD con datos de RAP-E, IDEAM.

En promedio, la eficiencia del uso de agua en la región central es clasificado como «alto» según el índice de la eficiencia del uso de agua, como se muestra en la tabla 21. La clasificación «alto» significa que entre el 80 % y el 50 % del agua extraída está asociada a usos que posteriormente retornan a la fuente, susceptible parcialmente a medidas de reúso de circulación y a pérdidas del sistema. Sin embargo, ocho SZH tienen una baja eficiencia, clasificados como «bajo» según el IEUA, mostrado en continuación en la tabla 22.

**Tabla 22. Los SZH más vulnerables según el índice de la eficiencia del agua**

| Código SZH | SZH | IEUA (%) | IEUA clasificación |
|---|---|---|---|
| 3506 | Río Guavio | 0.03 | Bajo |
| 3503 | Río Guatiquía | 0.05 | Bajo |
| 3301 | Alto Vichada | 0.06 | Bajo |
| 3507 | Río Garagoa | 0.08 | Bajo |
| 3703 | Río Cobugón-río Cobaría | 0.09 | Bajo |
| 3216 | Alto río Uva | 0.09 | Bajo |
| 3213 | Río Iteviare | 0.09 | Bajo |
| 2105 | Río Páez | 0.10 | Bajo |

**Fuente**: cálculos PNUD con datos de RAP-E, IDEAM.

# 3.2.5. Calidad del recurso hídrico

## Índice de alteración potencial de la calidad del agua[19] (IACAL)

El IACAL es el valor numérico que califica en cinco categorías la razón existente entre la carga de contaminante que se estima recibe una subzona hidrográfica *j* en un período de tiempo *t*, y la oferta hídrica superficial, para año medio y año seco, de esta misma subzona hidrográfica, estimada a partir de una serie de tiempo.

El indicador refleja la alteración potencial de la calidad de los sistemas hídricos superficiales en una subzona hidrográfica dada. Permite reconocer zonas susceptibles a los tipos de contaminación estimada, en la medida que la categoría de amenaza es calificada como alta y muy alta en un intervalo de tiempo específico.

El índice de alteración potencial de la calidad del agua es un reflejo de la vulnerabilidad a la contaminación a que puede estar sometida una subzona hidrográfica. Numéricamente corresponde al promedio de las categorías de clasificación asignadas a los cocientes que surgen de dividir las cargas estimadas de cada una de las cinco variables fisicoquímicas básicas seleccionadas por la oferta hídrica superficial.

La carga de contaminante se estima espacialmente para las subzonas hidrográficas definidas en el país para un período de un año. El recurso hídrico es vulnerable en cuanto a la afectación de su calidad, la cual se ve altamente influenciada por la variabilidad climática; tal vulnerabilidad depende de la disponibilidad natural o regulada de dicho recurso y de la presión ejercida sobre éste por cuenta de los usos y el consumo que realiza la población asentada en sus alrededores, así como de los vertimientos que dicha población descarga en las corrientes. En la medida en que se incrementan las cargas vertidas por los diferentes sectores, se reduce la capacidad natural de autodepuración del sistema hídrico superficial que las recibe, se pierde su aptitud para ciertos usos específicos y se afecta la calidad de los beneficios ambientales que prestan estos sistemas hídricos. Los valores calculados del indicador se comparan con los establecidos en una tabla de interpretación que permite calificar la alteración potencial de la calidad del agua de forma descriptiva como de cierto nivel de presión (baja, moderada, media alta, alta o muy alta), que a su vez están asociados a un determinado color (azul, verde, amarillo, naranja y rojo, respectivamente). La comparación temporal de la vulnerabilidad reflejada por la alteración potencial de la calidad del agua simplifica la interpretación, la identificación de tendencias y la toma de decisiones por cuenta de las diferentes autoridades. Los valores del indicador pueden ser espacializados en mapas, asociándolos al polígono que identifica la ubicación de las subzonas hidrográficas.

19. La metodología para el cálculo del IACAL se encuentra detallada en: http:/z/www.ideam.gov.co/documents/11769/646961/3.03+HM+%2Bndice+Alteraci%C3%B3n+Ptencial+Calidad+Agua.pdf/d634d46e-a27d-4117-9797-722088154ecf.





Las fórmulas de cálculo del indicador son las siguientes (una para año medio y una para año seco):

$$IACAL_{jt\text{-}añomed} = \frac{\sum_{i=1}^{n} catiacal_{ijt\text{-}añomed}}{n}$$

Donde:

- ***IACAL***$_{jt\text{-}añomed}$ **=** el índice de alteración potencial de la calidad del agua de una subzona hidrográfica *j* durante el período de tiempo *t*, evaluado para una oferta hídrica propia de un año medio.
- ***Catiacal***$_{ijt\text{-}añomed}$ **=** la categoría de clasificación de la vulnerabilidad por la potencial alteración de la calidad del agua que representa el valor de la presión de la carga estimada de la variable de calidad *i* que se puede estar vertiendo a la subzona hidrográfica *j* durante el período de tiempo *t* dividido por la oferta hídrica propia de un año medio.
- ***n*** **=** el número de variables de calidad involucradas en el cálculo del indicador, n es igual a 5.

El indicador se calcula a partir de las estimaciones de las cargas que de cada una de las cinco variables fisicoquímicas pueden estar vertiendo a las corrientes superficiales de las 316 subzonas hidrográficas definidas como parte de la red hídrica nacional, las cuales son ponderadas por la oferta hídrica de dichas subzonas hidrográficas y que es estimada para un año medio y para un año seco, mediante análisis de una serie de tiempo de por lo menos 20 años. Los valores obtenidos en cada una de las cinco estimaciones, tanto para año medio como para año seco, se comparan con los rangos establecidos en tablas de referencia construidas para cada una de los variables. Producto de la comparación, cada valor estimado queda clasificado en una categoría de 1 a 5, que representa un nivel de presión (de menor a mayor, respectivamente). El valor del indicador surge de promediar el valor de las categorías de clasificación obtenidas para cada una de las variables.

En tabla 23 se registran los rangos de los valores alternativos que puede tomar el IACAL, la categoría de clasificación que se le asigna a cada uno de ellos, la calificación del nivel de presión al que corresponde y el color que la representa.

**Tabla 23. Interpretación índice de alteración potencial de la calidad del agua**

| Rango $IACAL_{jt\text{-}añomed}$ | Categoría de clasificación | Calificación de presión |
|---|---|---|
| 1.0≤IACAL≤1.5 | 1 | Baja |
| 1.5<IACAL≤2.5 | 2 | Moderada |
| 2.5<IACAL≤3.5 | 3 | Media-alta |
| 3.5<IACAL<4.5 | 4 | Alta |
| 4.5≤IACAL≤5.0 | 5 | Muy alta |

**Fuente**: Orjuela L. C., López M. O., 2013.

Para la demanda bioquímica de oxígeno, con valores de $iacal_{DBO}$ están expresados en toneladas por hectómetro cúbico.

**Tabla 24. Interpretación índice de alteración potencial de la calidad del agua por la demanda bioquímica de oxígeno**

| Rango $IACAL_{DBO\text{-}jt\text{-}añomed}$ | Categoría de clasificación $catiacal_{DBO}$ | Calificación de presión |
|---|---|---|
| $iacal_{DBO} < 0.14$ | 1 | Baja |
| $0.14 \leq iacal_{DBO} < 0.40$ | 2 | Moderada |
| $0.40 \leq iacal_{DBO} < 1.21$ | 3 | Media-alta |
| $1.21 \leq iacal_{DBO} < 4.86$ | 4 | Alta |
| $iacal_{DBO} \geq 4.86$ | 5 | Muy alta |

**Fuente**: Orjuela L. C., López M. O., 2013.



Para la diferencia entre la demanda química de oxígeno y la demanda bioquímica de oxígeno, con valores de $iacal_{DQO\text{-}DBO}$ están expresados en toneladas por hectómetro cúbico.

**Tabla 25. Interpretación índice de alteración potencial de la calidad del agua por la diferencia entre la demanda químico de oxígeno y la demanda bioquímico de oxígeno**

| Rango $IACAL_{DQO\text{-}DBO\text{-}jt\text{-}añomed}$ | Categoría de clasificación $catiacal_{DQO\text{-}DBO}$ | Calificación de presión |
|---|---|---|
| $iacal_{DQO\text{-}DBO} < 0.14$ | 1 | Baja |
| $0.14 \leq iacal_{DQO\text{-}DBO} < 0.36$ | 2 | Moderada |
| $0.36 \leq iacal_{DQO\text{-}DBO} < 1.17$ | 3 | Media-alta |
| $1.17 \leq iacal_{DQO\text{-}DBO} < 6.78$ | 4 | Alta |
| $iacal_{DQO\text{-}DBO} \geq 6.78$ | 5 | Muy alta |

**Fuente**: Orjuela L. C., López M. O., 2013.

Para los sólidos suspendidos totales, con los valores expresados en toneladas por hectómetro cúbico.

**Tabla 26. Interpretación índice de alteración potencial de la calidad del agua por la diferencia entre la demanda químico de oxígeno y la demanda bioquímico de oxígeno**

| Rango $IACAL_{SST\text{-}jt\text{-}añomed}$ | Categoría de clasificación $catiacal_{SST}$ | Calificación de presión |
|---|---|---|
| $iacal_{SST} < 0.4$ | 1 | Baja |
| $0.4 \leq iacal_{SST} < 0.8$ | 2 | Moderada |
| $0.8 \leq iacal_{SST} < 1.9$ | 3 | Media-alta |
| $1.9 \leq iacal_{SST} < 7.7$ | 4 | Alta |
| $iacal_{SST} \geq 7.7$ | 5 | Muy alta |

**Fuente**: Orjuela L. C., López M. O., 2013.

El cálculo de $iacal_{ijt\text{-}añomed}$ se realiza mediante la siguiente fórmula general:

$$iacal_{ijt\text{-}añomed} = \frac{C_{ijt}}{O_{añomed}}$$

Donde:

- $iacal_{ijt\text{-}añomed}$ = las estimaciones de las cargas de la variable de calidad *i* que se puede estar vertiendo a la subzona hidrográfica *j* durante el período de tiempo *t* ponderado por la oferta hídrica estimada para un año medio o un año seco.
- $C_{ijt}$ = la carga de la variable de calidad *i* que se puede estar vertiendo a la subzona hidrográfica *j* durante el período de tiempo *t*.
- $O_{añomed}$ = la oferta hídrica estimada para un año medio.

## Calidad del recurso hídrico para la región central

**Tabla 27. El estado para la región central según el índice de alteración potencial de la calidad del agua**

| | IACAL[20] promedio año medio | IACAL clasificación | IACAL promedio año seco | IACAL clasificación |
|---|---|---|---|---|
| **Región central** | 2,167 | Moderada | 2,641 | Media-alta |

En promedio, la región central cuenta con clasificación «moderada» según el IACAL para un año con precipitación media y clasificación «media alta» para un año seco, como se muestra en la tabla 27. Los parámetros incluidos en el IACAL para la región central son la demanda bioquímica de oxígeno (DQO), la diferencia entre la demanda bioquímica y la demanda biológico de oxígeno (DQO-DBO) y los sólidos suspendidos totales (SST).

Aunque la situación promedio para toda la región parece estable, algunas subzonas hidrográficas son más vulnerables. Indicado en la tabla 28, cuatro SZH muestran problemas con calidad de agua, con una alteración potencial clasificada como «muy alta» para un año meteorológico medio. Indicado en la tabla 29, para un año meteorológico seco son diez SZH las que tienen la clasificación «muy alta».

20. El índice de alteración potencial de la calidad del agua se obtiene con la evaluación de los parámetros relevantes (DBO, DQO-DBO, SST) por separado. Cada parámetro cuenta con sus propias unidades y rangos de valores. A continuación, los parámetros se clasifican y se les dan valores entre 1 y 5. El IACAL se calcula como el valor medio de esta clasificación.

**Tabla 28. Los SZH más vulnerables en un año meteorológico medio según el índice de alteración potencial de la calidad del agua**

| Código SZH | SZH | IACAL | IACAL clasificación |
|---|---|---|---|
| 2111 | Río Fortalecillas y otros | 5 | Muy alta |
| 2120 | Río Bogotá | 5 | Muy alta |
| 2121 | Río Coello | 5 | Muy alta |
| 2124 | Río Totare | 5 | Muy alta |
| 2102 | Río Timaná y otros directos al Magdalena | 4 | Alta |
| 2104 | Ríos directos al Magdalena (mi) | 4 | Alta |
| 2106 | Río Magdalena (md) | 4 | Alta |
| 2110 | Río Neiva | 4 | Alta |
| 2118 | Río Luisa y otros directos al Magdalena | 4 | Alta |
| 2119 | Río Sumapaz | 4 | Alta |
| 2206 | Río Tetuán, río Ortega | 4 | Alta |
| 2208 | Bajo Saldaña | 4 | Alta |
| 2301 | Río Gualí | 4 | Alta |
| 2401 | Río Suárez | 4 | Alta |
| 2403 | Río Chicamocha | 4 | Alta |
| 3503 | Río Guatiquía | 4 | Alta |
| 2516 | Lago de Tota | 4 | Alta |

**Fuente**: cálculos PNUD con datos de RAP-E, IDEAM.

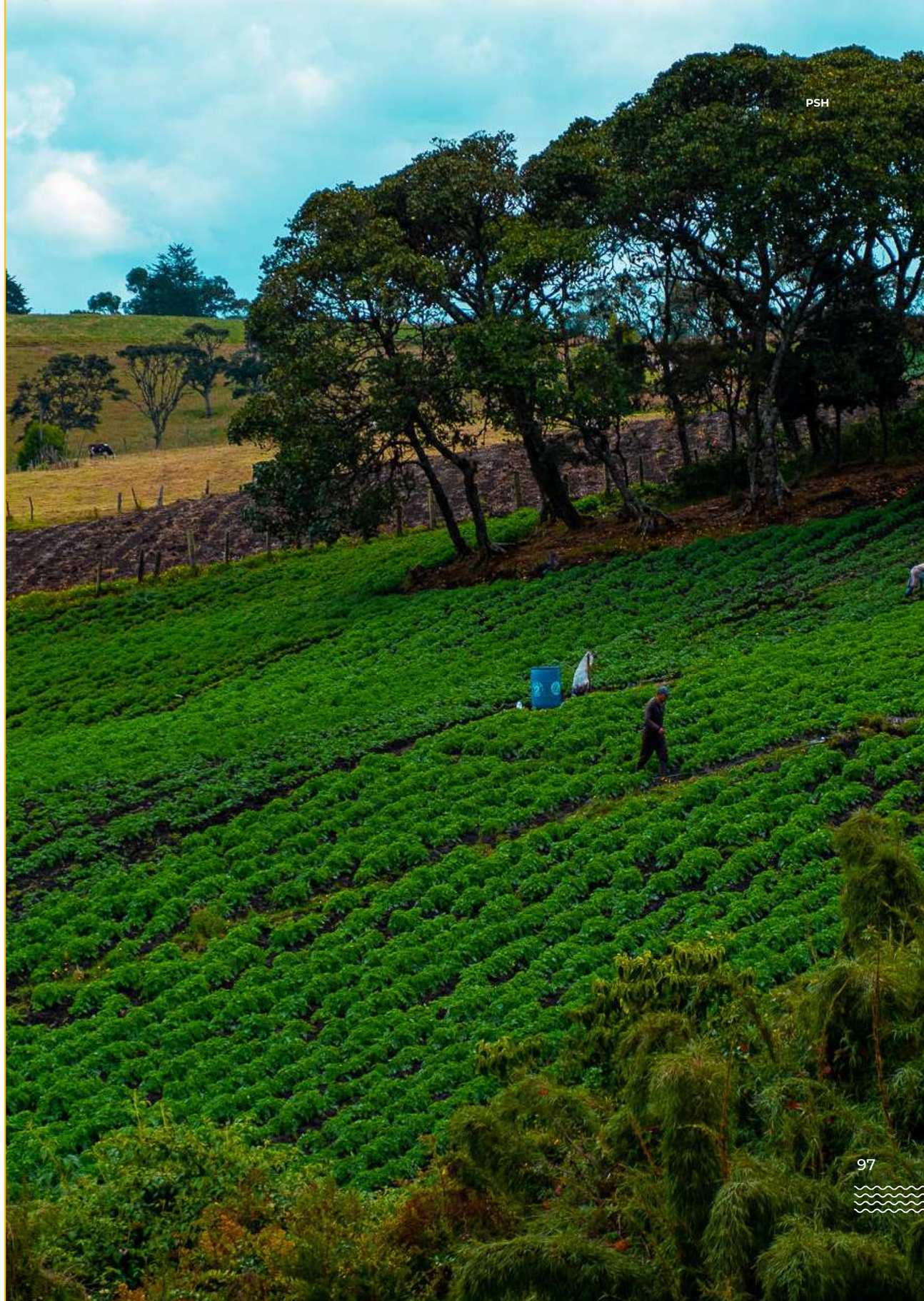
### Tabla 29. Los SZH más vulnerables en un año meteorológico seco según el índice de alteración potencial de la calidad del agua

| Código SZH | SZH | IACAL | IACAL clasificación |
|---|---|---|---|
| 2111 | Río Fortalecillas y otros | 5 | Muy alta |
| 2120 | Río Bogotá | 5 | Muy alta |
| 2121 | Río Coello | 5 | Muy alta |
| 2124 | Río Totare | 5 | Muy alta |
| 2106 | Ríos directos Magdalena (md) | 5 | Muy alta |
| 2118 | Río Luisa y otros directos al Magdalena | 5 | Muy alta |
| 2119 | Río Sumapaz | 5 | Muy alta |
| 2403 | Río Chicamocha | 5 | Muy alta |
| 3503 | Río Guatiquía | 5 | Muy alta |
| 3516 | Lago de Tota | 5 | Muy alta |
| 2102 | Río Timaná y otros directos al Magdalena | 4 | Alta |
| 2104 | Ríos directos al Magdalena (mi) | 4 | Alta |
| 2110 | Río Neiva | 4 | Alta |
| 2206 | Río Tetuán, río Ortega | 4 | Alta |
| 2208 | Bajo Saldaña | 4 | Alta |
| 2301 | Río Gualí | 4 | Alta |
| 2401 | Río Suárez | 4 | Alta |
| 2101 | Alto Magdalena | 4 | Alta |
| 2103 | Río Suaza | 4 | Alta |
| 2108 | Río Yaguará y río Iquira | 4 | Alta |
| 2112 | Río Baché | 4 | Alta |
| 2113 | Río Aipe, río Chenche y otros directos al Magdalena | 4 | Alta |
| 2123 | Río Seco y otros directos al Magdalena | 4 | Alta |
| 2125 | Río Lagunilla y otros directos al Magdalena | 4 | Alta |
| 2203 | Medio Saldaña | 4 | Alta |
| 2303 | Directos al Magdalena entre ríos Seco y Negro (md) | 4 | Alta |
| 2306 | Río Negro | 4 | Alta |
| 2402 | Río Fonce | 4 | Alta |
| 3507 | Río Garagoa | 4 | Alta |
| 3521 | Río Cravo Sur | 4 | Alta |

**Fuente**: cálculos PNUD con datos de RAP-E, IDEAM.







# 3.2.6. Conclusiones sobre el estado del recurso hídrico

Observando la cantidad de agua disponible para la demanda en la región central, según el IUA, vemos una situación potencialmente difícil. Como se muestra en la tabla 17, la región ya tiene una demanda alta, vista en relación con los recursos disponibles para un año con precipitación normal. En años secos, la situación es más difícil aún. Volviendo a la definición de seguridad hídrica de la ONU, que determina que la seguridad hídrica es «La capacidad de una población para salvaguardar el acceso sostenible a cantidades adecuadas de agua de calidad aceptable para mantener los medios de vida, el bienestar humano y el desarrollo socioeconómico [...]», vemos que el balance entre oferta y demanda hídrica para la región no solo está siendo amenazado por ahora, sino que podría volverse un desafío de gran importancia en el futuro.

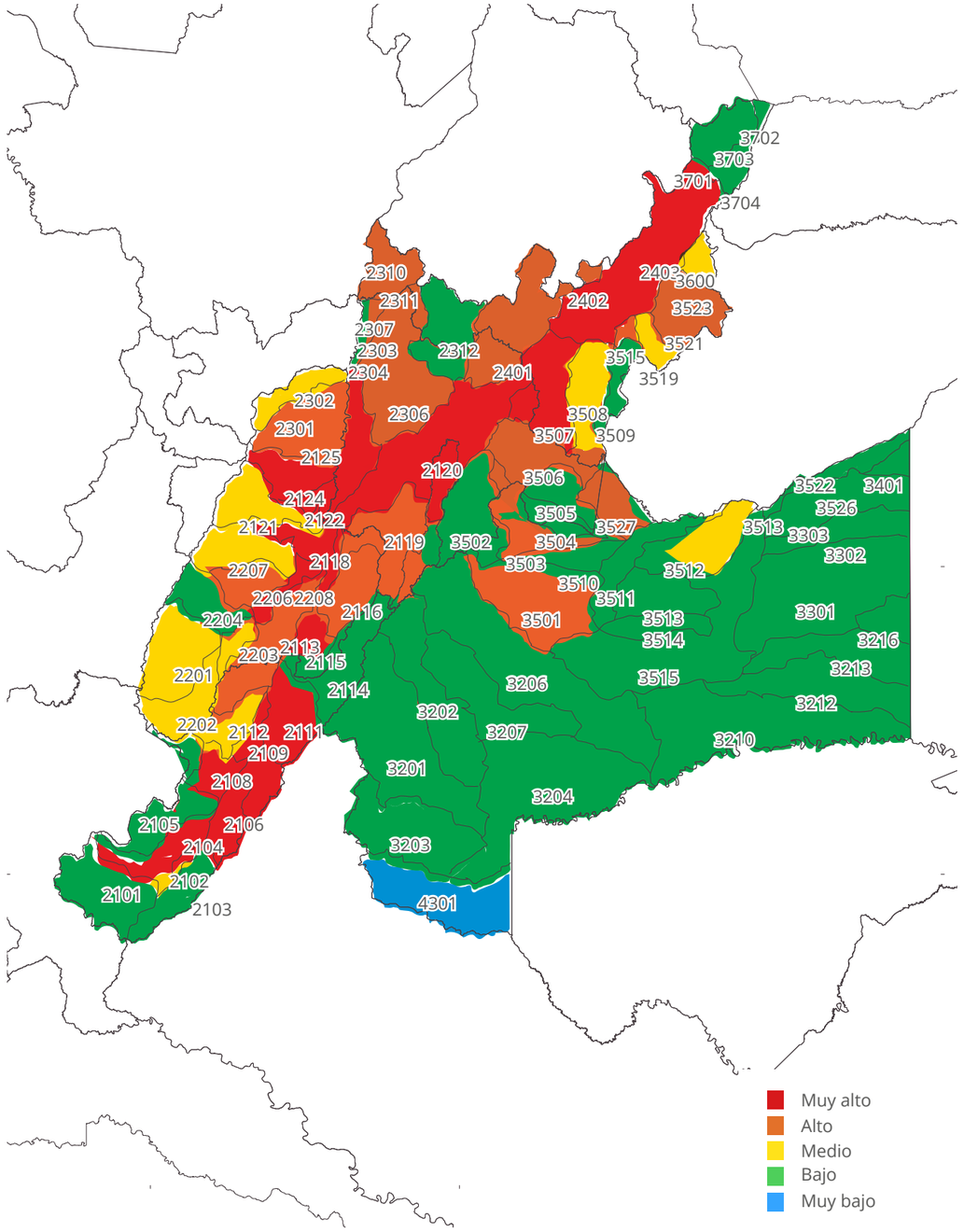
Una de las claves de la seguridad hídrica es el *acceso sostenible*, sostenible implica que debería ser accesible en el futuro también. Como se muestra la situación hoy y teniendo en cuenta las predicciones de crecimiento poblacional y aumento de eventos meteorológicos extremos, digamos años secos, la región podría correr el riesgo de no tener suficientes recursos hídricos. Este riesgo es, por supuesto, más grande en ciertas SZH, como se mostrado en la tabla 19, especialmente en la SZH del río Bogotá que muestra un IUA de más de 250, indicando que el uso es de más del 250 % de la oferta, lo cual sigue siendo un punto de gran interés a pesar de que hay tres SZH más que muestran valores encima de 100 %, los cuatro forman parte de la cuenca Magdalena Cauca.

Si bien la región en su conjunto puede no correr el gran peligro de quedarse sin agua, el tenso equilibrio entre la oferta y la demanda de agua hace que la probabilidad de conflictos socioambientales sea alta cuando los intereses chocan en áreas de alta demanda. En términos de calidad, como es mostrado en la tabla 27, la región central en promedio muestra una condición estable según el índice de alteración potencial de calidad de agua tanto para años normales como secos, incluso si la calidad del agua empeora durante los años secos. Esta diferencia se debe a que durante los años secos hay menos agua para diluir los contaminantes en los ríos, dato importante para tener en cuenta ya que esto significa que la carga contaminante se mantiene igual. Sin embargo, como se muestra en las tablas 28 y 29, algunas SZH muestran una vulnerabilidad muy alta frente a la contaminación, incluyendo la SZH río Bogotá. Además, confiar en la dilución de contaminantes para el estado de la calidad del agua no es una estrategia sostenible, ya que al final la concentración de contaminación probablemente alcanzará un punto de inflexión.Aún si no hace parte del ISH directamente, las fuentes principales de la dimensión recurso hídrico que son la ENA, IDEAM y RAP-E, han hecho varios propios análisis del estado del recurso hídrico.

Cruzando el IUA con el IRH se obtiene el índice de vulnerabilidad hídrica al desabastecimiento (IVH). El IVH muestra que, con una alta demanda del recurso hídrico en relación con la oferta en conjunto con un regulación y retención de caudales bajo, se identifica el grado de fragilidad del sistema hídrico para mantener una oferta que permita el abastecimiento de agua a los sectores y usuarios del recurso, tanto en condiciones hidrológicas promedio como extremas de año seco. Como muestra ilustración 5, este análisis indica que los departamentos de Huila, Tolima, Cundinamarca y Boyacá tiene una vulnerabilidad más alta.

Una de las claves de la seguridad hídrica es el acceso sostenible, sostenible implica que debería ser accesible en el futuro también.

**Mapa 6. Índice de vulnerabilidad hídrica elaborado por RAP-E con datos de ENA 2018 e IDEAM**



En el ENA 2018 se realizó un análisis integrado del agua combinando varios índices con un peso específico por cada uno, para a continuación describir el análisis para las subzonas hidrográficas de la región central por subzona hidrográfica. El propósito de esta evaluación es identificar las zonas con mayor grado de criticidad, lo que se desarrolló de acuerdo con una ponderación de seis factores con base en análisis temáticos y conocimiento de expertos, a continuación, se describe cada uno:

*Analisis Integrado = 0.25*P1+0.25*P2+0.25*P3+0.1*P4+0.05*P5+0.1*P6*

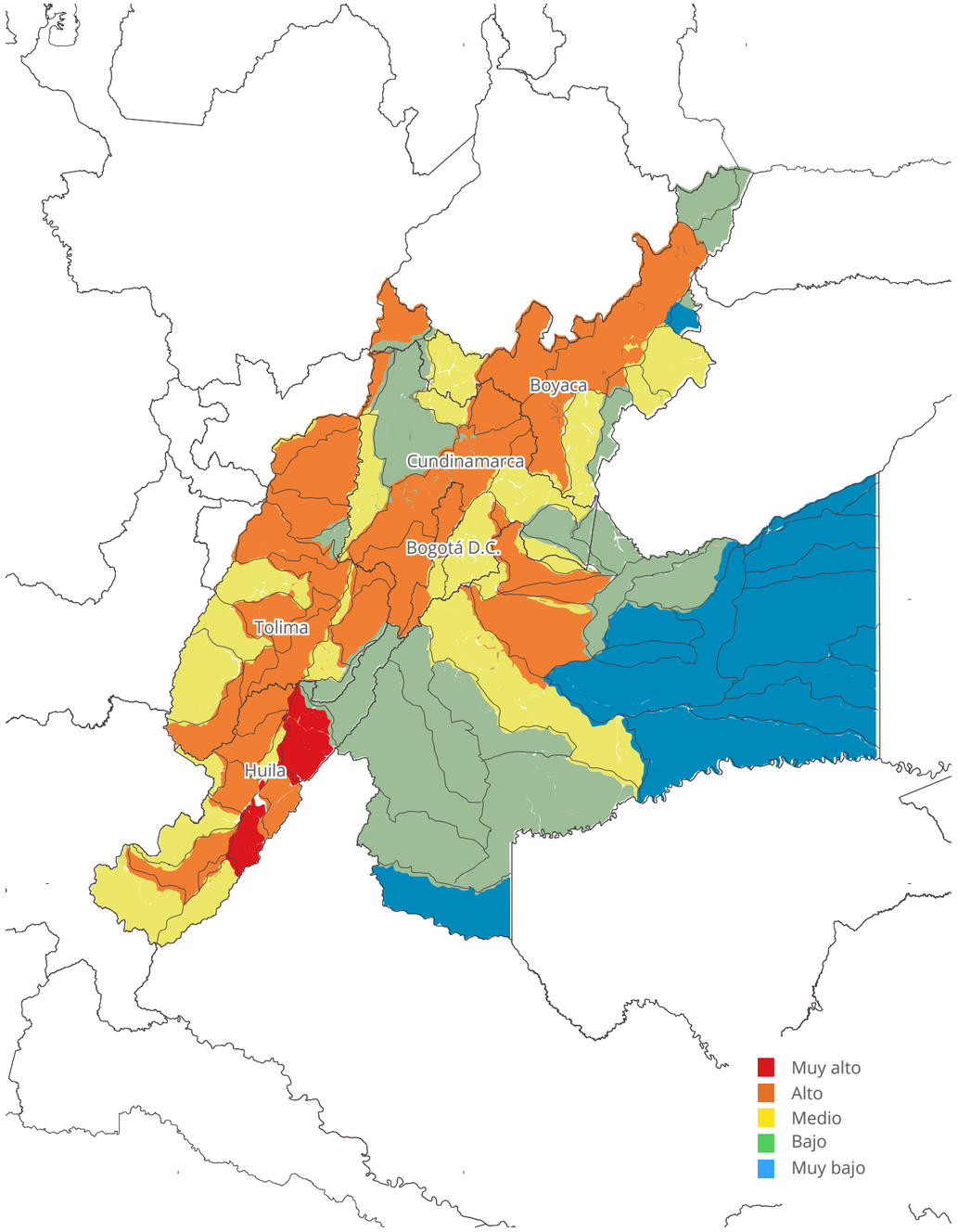
Donde:

- **P1** = VOX-Ex, variabilidad de la OH en condición extrema año seco.
- **P2** = VRH-Ex, variabilidad de la OH y del recurso, bajo presiones IUA.
- **P3** = IPHE, índice de presión hídrica sobre los ecosistemas**.**
- **P4** = IACAL, índice alteración potencial de la calidad del agua condiciones de oferta hídrica en el año seco.
- **P5** = en función de rangos de erosión y categorías.
- **P6** = % de transformación de ZPI (zonas potencialmente inundables) en función de rangos y categorías.

Esta ecuación se aplicó a cada una de las SZH estandarizando el resultado en cinco categorías y complementando con un valor adicional para aquellas subzonas en las que se tenía información de vertimientos en la extracción de oro y plata y en la producción y transformación de coca. A continuación, en el ilustración 6 se muestran los resultados para la región central por subzona hidrográfica.



**Mapa 7. Evaluación integrada del agua por subzona hidrográfica en la región central elaborado por RAP-E con datos de ENA 2018 e IDEAM.**



# 3.3
# **Nivel de riesgo** climático para la seguridad hídrica

Bajo el marco conceptual de las Naciones Unidas, uno de los aspectos claves para garantizar la seguridad hídrica es la habilidad para hacer frente a los riesgos asociados con el agua, como sequías o inundaciones. Para evaluar estos riesgos, es necesario construir un set de indicadores que caractericen los factores que componen el riesgo, tales como la amenaza y la vulnerabilidad. Así, por ejemplo, un indicador compuesto combinará indicadores de la amenaza, como la frecuencia de eventos hidrológicos extremos, y estadísticas de los daños registrados, como el número de hogares afectados por una inundación (Hall & Borgomeo, 2013).



## 3.3.1. Evaluación del riesgo de sequía

La definición de sequía varía ampliamente entre diversos campos de estudio (Yevjevich, 1967), reflejando las múltiples y diferentes percepciones en torno a este tema, que afecta directa o indirectamente, a casi todas las regiones y climas del mundo (Wilhite, Drought, 1992). Por lo tanto, se considera una de las amenazas naturales más complejas y menos comprendidas (Wilhite, Drought as a Natural Hazard: Concepts and Definitions, 2000).

De acuerdo con Van Loon (2012), la sequía se refiere a «[...] un período sostenido y regionalmente extenso de disponibilidad natural de agua por debajo de la media». Que este déficit se manifieste en términos de precipitación, humedad del suelo o escorrentía, dependerá de la evolución de la señal de la sequía a través del ciclo hidrológico (Van Loon A. F., 2013). Por lo tanto, la sequía se clasifica en tres tipos: i) meteorológica, ii) agrícola y iii) hidrológica. La mayoría de los impactos ambientales están relacionados con la sequía agrícola e hidrológica porque los ecosistemas y las actividades humanas dependen más de las formas de almacenamiento de agua que de las precipitaciones directas (Van Loon A. F., 2015).

En el contexto del cambio climático, la evaluación del riesgo de sequía cobra gran relevancia ya que se espera que la ocurrencia de eventos climáticos extremos aumente en frecuencia, gravedad y duración (Wilhite, Sivakumar, y Pulwarty, 2014). En los trópicos y subtrópicos, temperaturas más altas y menores precipitaciones han influido en la variación de la intensidad de las sequías, su duración y la zona afectada, desde la década de 1970 (Li, Ye, Wang, & Yan, 2009). Solo durante el período 2001-2010, las sequías afectaron a más personas en todo el mundo que cualquier otro peligro natural debido a su gran escala y duración (Sivakumar M. , 2013).

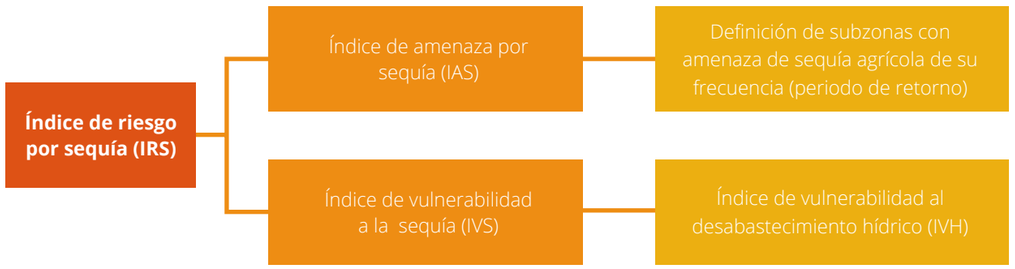
Los resultados de sequía obtenidos en el ENA 2018 indican que la parte alta de la cuenca Magdalena Cauca tiene tendencia a presentar de manera frecuente eventos de reducción de la precipitación a largo plazo, lo que puede afectar el almacenamiento y abastecimiento natural de agua superficial. Adicionalmente, se identificó que periodos de sequía en la región Andina, se encuentran estrechamente relacionados con eventos de El Niño, debido a la gran influencia que tiene el fenómeno ENSO en esta zona.

De acuerdo con lo anterior es de gran importancia evaluar el riesgo sobre la seguridad hídrica durante periodos de sequía. Además, los efectos de la sequía en una región o sector económico están determinados por el sistema ambiental, tecnológico, económico y político (Liverman, 1990). En consecuencia, el riesgo de sequía es el resultado de la interacción entre la amenaza natural y las características socioeconómicas de la zona expuesta (Li, Ye, Wang, & Yan, 2009), es decir, de la vulnerabilidad del sistema (Wilhite, Svoboda, y Hayes, 2007). Esta vulnerabilidad estará dada en función de: i) la exposición al peligro, ii) la sensibilidad a ese peligro y iii) la capacidad de adaptación del sistema para hacer frente o recuperarse de la perturbación (Reed, y otros, 2013).

# Metodología y resultados de riesgo por seguía

Para efectos del presente análisis, se parte del postulado de que el riesgo de sequía para la región central será el resultado de la amenaza por la vulnerabilidad. De esta manera, se integrarán variables cuantitativas para describir la amenaza y la vulnerabilidad, con el fin de obtener un índice de riesgo por sequía a nivel de subzona.

**Ilustración 7. Metodología para la determinación del riesgo por sequía en la región central**




**Fuente**: RAP-E, PNUD 2020.

## Índice de amenaza por sequía (IAS)

En términos generales, un déficit continuo de precipitación sostenido por tres meses se asocia con sequía agrícola. Considerando que, para la región central el sector agrícola representa el sector con mayor demanda de agua, se asumirá que la evaluación del periodo de retorno de la sequía agrícola a nivel de subzona constituye un buen indicador de la amenaza por sequía en la región, con posibles impactos sobre este sector. Esta información se obtuvo a partir de los *shapes* de periodo de retorno de sequía agrícola para las temporadas lluviosas del primer y segundo semestre, elaborados por el IDEAM, como se detalla en la siguiente tabla.







**Tabla 30. Metadatos *shape* periodo de retorno de sequía agrícola, temporada lluviosa primer y segundo semestre (1981-2010)**

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| **Fuente:** | IDEAM | **Año** | 2015 | **Tipo de representación:** | Vector |
| **Sistema de referencia de coordenadas** | European Petroleum Survey Group - EPSG:4686 | **Frecuencia de actualización** | A discreción | | |
| **Descripción** | | | | **Rangos** | |
| Representa el período de retorno de sequía agrícola para las temporadas lluviosas del primer y segundo semestre sobre el área del territorio continental e insular de Colombia durante el período 1981-2010. Los datos empleados para su generación fueron tomados de las estaciones meteorológicas que tiene el IDEAM en toda el área del territorio continental e insular de Colombia. El periodo de retorno de sequía agrícola, esta clasificados en ocho rangos significativos que oscilan entre uno hasta muy baja recurrencia años. | | | | | |

**Fuente**: IDEAM, Catálogo de Metadatos del Sistema de Información Ambiental del IDEAM, 2020.

La clasificación de la amenaza se realizó teniendo en cuenta los rangos definidos en la tabla 31, se consideró el predominio del periodo de retorno más crítico (más frecuente), entre la temporada lluviosa del primer y segundo semestre, así como el rango que presentara un mayor porcentaje de cobertura a nivel de cada subzona.

**Tabla 31. Rangos definidos para la clasificación de la amenaza**

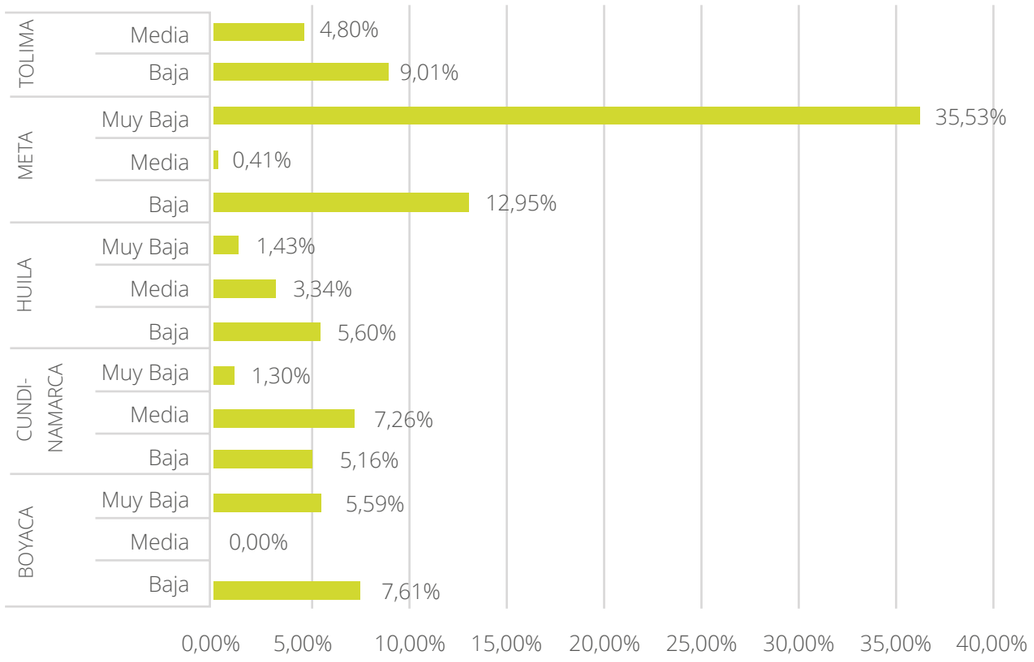
| Tiempo de retorno | Clasificación amenaza |
|---|---|
| 0 - 5 | Muy alta |
| 5 - 9 | Alta |
| 10 - 20 | Media |
| 20 - 29 | |
| 30 - 40 | |
| 40 - 59 | Baja |
| 60 - 80 | |
| Muy baja recurrencia | Muy baja |

**Fuente**: RAP-E, PNUD 2020.



A partir del análisis realizado se obtuvo que el nivel de amenaza más crítico a nivel de subzona fue el medio, con un periodo de frecuencia de sequías agrícolas entre 10 a 30 años, el 7.26 % del área bajo este nivel de amenaza se ubica en el departamento de Cundinamarca, seguido de los departamentos de Tolima y Huila con el 4.80 % y 3.34 % respectivamente. El mayor porcentaje del área se encuentra representado por el nivel de amenaza muy bajo, siendo el departamento del Meta el que mayor porcentaje ocupa con el 35.53 % (ilustración 8).

**Ilustración 8. Resultados amenaza por sequía a nivel departamental**




**Fuente**: cálculos PNUD con datos de RAP-E, IDEAM.





## Índice de vulnerabilidad a la sequía (IVS)

El IVH se obtuvo a partir del anexo 2 del ENA 2018[21], en donde se presenta este indicador calculado a nivel de subzona, cuya descripción se presenta a continuación.

**Tabla 32. Metadatos índice de vulnerabilidad al desabastecimiento hídrico (IVH)**

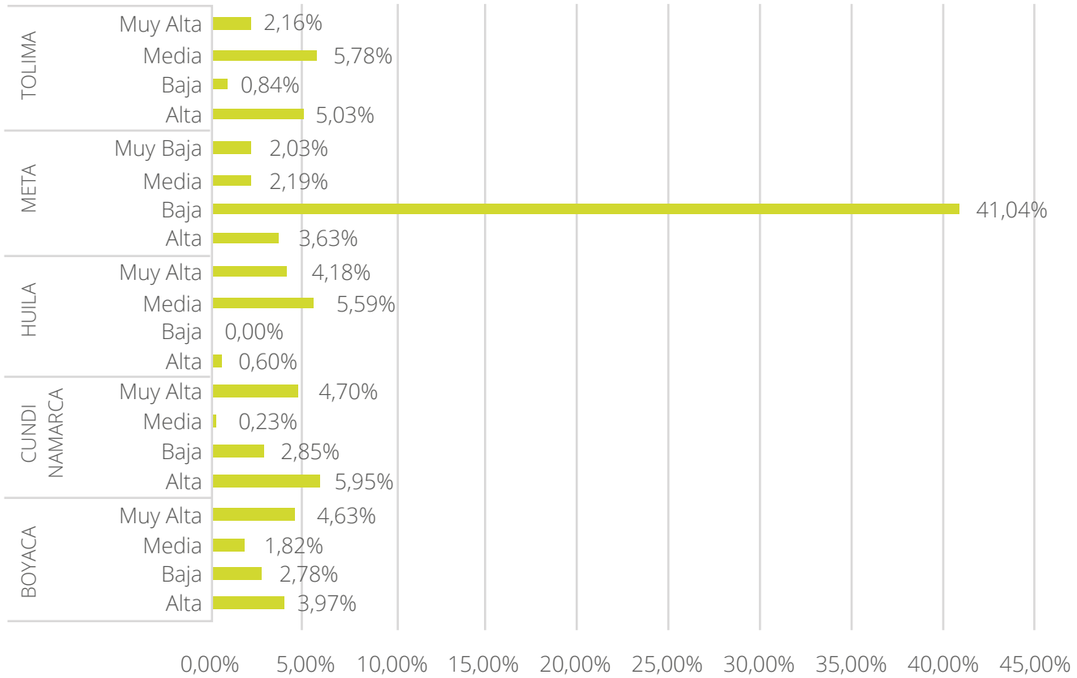
| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| **Fuente:** | IDEAM | **Año** | 2018 | **Tipo de representación:** | Tabla |
| **Condición** | Año seco | **Frecuencia de actualización** | A discreción | | |
| **Descripción** | | | | **Rangos** | |
| Este indicador mide el grado de fragilidad del sistema hídrico para mantener una oferta en el abastecimiento de agua, que ante amenazas —como periodos largos de estiaje o eventos como el fenómeno cálido del Pacífico (El Niño)— podría generar riesgos de desabastecimiento. El IVH se determina a través de una matriz de relación de rangos del índice de regulación hídrica (IRH) y el índice de uso de agua (IUA). | | | | <1 Muy bajo<br>1-10 Bajo<br>10-20 Moderado<br>20-50 Alto<br>50-100 Muy alto<br>>100 Crítico | |

**Fuente**: ENA, 2018.

Para el cálculo del índice de vulnerabilidad a la sequía (IVS), se asumió una equivalencia directa con el IVH para la condición más crítica (año seco). A partir del análisis realizado, se obtuvo que en términos generales el IVS excede al IAS, donde la categoría más alta de vulnerabilidad por subzona es muy alta, con un porcentaje de 15.67 % del área total, en donde los departamentos de Boyacá, Cundinamarca y Huila, tiene aproximadamente el 5 % del total de su área bajo esta categoría. El 47.51 % del área total de la RAP-E se encuentra en la categoría de IVS baja, representada principalmente por el departamento del Meta (41.04 %) (ilustración 8).

21. Para más información consultar anexo 2 del ENA en: http://www.ideam.gov.co/web/agua/anexos-estudio-nacional-del-agua-2018.

**Ilustración 9. Resultados vulnerabilidad ante la sequía a nivel departamental**




**Fuente**: cálculos PNUD con datos de RAP-E, IDEAM.

## Índice de riesgo por sequía (IRS)

El IRS se determinó a través de una matriz de relación de rangos del índice de amenaza por sequía hídrica (IAS) y del índice de vulnerabilidad ante la sequía (IVS). Las categorías de este índice se presentan en la tabla 33**.**

Del análisis de resultados a nivel departamental del IRS se obtuvo que el departamento de Huila es el que presenta mayor riesgo por sequía, con el 46.1 % de su área en las categorías alta y media alta, seguido de los departamentos de Cundinamarca (44.7 %), Boyacá (35.1 %) y Tolima (31.4 %). Por su parte, el departamento del Meta tiene un bajo riesgo de sequía con el 92.6 % de su área en esta categoría.

Del análisis de resultados a nivel departamental del IRS se obtuvo que el departamento de Huila es el que presenta mayor riesgo por sequía

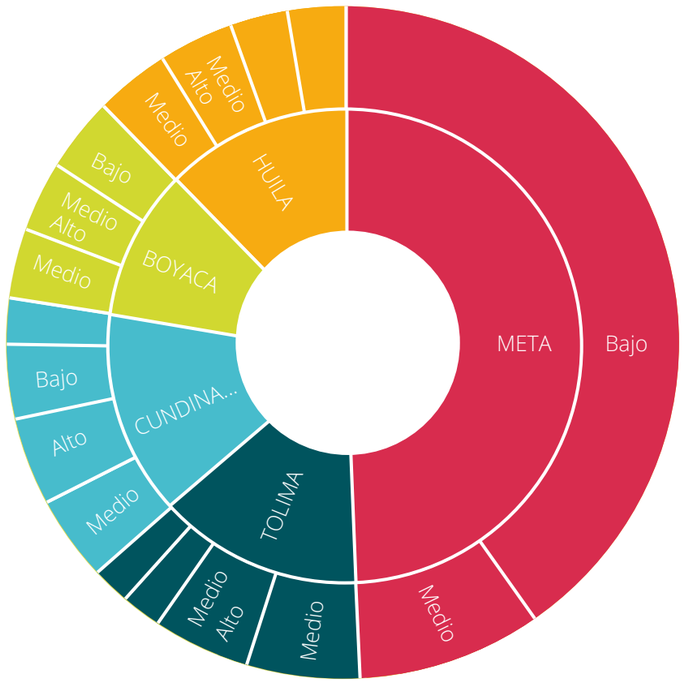
**Tabla 33. Matriz de análisis para la determinación del índice de riesgo por sequía**

| Riesgo (amenaza x vulnerabilidad) | | | Amenaza (tiempo de retorno sequía agrícola en años ) | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | Muy baja | Baja | Media | Alta | Muy alta |
| | | | >80 | 30-80 | 10-30. | 5-10. | 0-5 |
| Vulnerabilidad (índice de vulnerabilidad hídrica IVH) | Muy baja | < 1 | 0 | 0 | 0.15 | 0.15 | 0.3 |
| | Baja | 1-10. | 0 | 0.15 | 0.15 | 0.3 | 0.45 |
| | Media | 10-20. | 0.15 | 0.3 | 0.3 | 0.45 | 0.6 |
| | Alta | 20-50. | 0.3 | 0.3 | 0.45 | 0.6 | 0.75 |
| | Muy alta | 50-100. | 0.45 | 0.45 | 0.6 | 0.6 | 0.75 |
| | Crítica | >100 | 0.45 | 0.6 | 0.6 | 0.75 | 0.75 |

| Clasificación del índice de riesgo por sequía (IRS) | |
|---|---|
| Bajo | (0-0,15) |
| Medio | (0,15-0,30) |
| Medio alto | (0,30-0,45) |
| Alto | (0,45-0,75) |
| Muy Alto | >0,75 |



**Ilustración 10. Resultados riesgo ante la sequía a nivel departamental**




## 3.3.2. Evaluación del riesgo de inundación

La inundación es un extremo climático más fácil de definir y clasificar en comparación con la sequía, dado que sus efectos son más visibles y obvios. Esta se define como una condición temporal de la superficie del agua (río, lago, mar), en la cual el nivel del agua o el caudal excede un valor determinado, escapando de sus límites naturales (Munich-Re, 1997 citado por Douben, 2006).

En general, se reconocen cuatro categorías principales para clasificar la inundación en función del lugar en el que ocurren: marejadas ciclónicas, inundaciones por ríos, inundación urbana y crecidas repentinas (Gleick, y otros, 2006). No obstante, también se incluyen un gran número de casos especiales, entre los que se encuentran: tsunamis, anegamientos, inundaciones debido a desbordamiento de presas o de lagos glaciales, aumento de aguas subterráneas, entre otros (Kron, 2005). Dentro de la región central se distinguen dos tipos principales de inundaciones: inundaciones lentas (por ríos) y crecidas repentinas.

Las inundaciones lentas son el resultado de lluvias persistentes sobre extensas regiones, excediendo la capacidad de almacenamiento de un curso de agua, generando su desbordamiento. El área afectada puede ser extensa en el caso de valles amplios con planicies de inundación extensas, mientras en valles estrechos el área inundada suele restringirse alrededor de los cursos de agua, sin embargo, suele alcanzar mayores velocidades y profundidades de flujo (Kron, 2005). En el ENA 2018 se realizó la identificación de las zonas potencialmente



inundables (ZPI), haciendo referencia especialmente a las llanuras de inundación. Como resultado de dicha zonificación se puede observar que los departamentos de Boyacá, Tolima, Huila y Cundinamarca presentan bajos porcentajes de ZPI, siendo en todos los casos inferior al 10 %; mientras que el departamento del Meta se encuentra cercano al 20 %, representado por las planicies inundables de los ríos Guaviare y Meta.

De acuerdo con la Sociedad Meteorológica Americana (AMS, 2017), una crecida repentina se refiere a: «[…] inundación causada por el rápido aumento del nivel del agua en arroyos, ríos u otros cursos fluviales, normalmente lechos de arroyos secos o en áreas urbanas, generalmente como resultado de lluvias intensas sobre un área relativamente pequeña o por lluvias moderadas a intensas sobre superficies terrestres altamente saturadas o impermeables, que ocurren en cuestión de minutos a varias horas después de un evento de lluvia». Normalmente, crecidas repentinas generadas por lluvias intensas ocurren en cuencas con áreas inferiores a 260 Km$^2$. Su repuesta rápida está asociada a factores como: pendientes pronunciadas, saturación del suelo, alteraciones del drenaje natural e impermeabilización del suelo por encostramiento o por estructuras humanas (Prasantha Hapuarachchi & Wang, 2008).

Si bien los departamentos de Cundinamarca, Boyacá y Tolima tienen un bajo porcentaje de ZPI, se encuentran entre los departamentos que tienen mayor amenaza de crecientes súbitas (IDEAM, 2017).

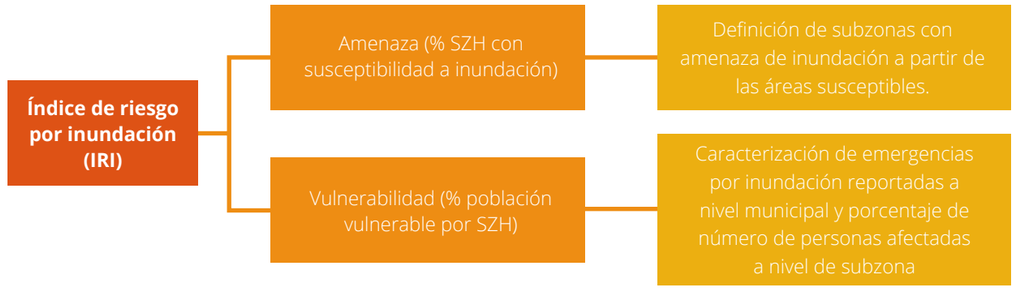
## Metodología y resultados de riesgo por inundación

Para efectos del presente análisis se parte del postulado de que el riesgo de inundación para la región central será el resultado de la amenaza por la vulnerabilidad. De esta manera, se integrarán variables cuantitativas para describir la amenaza, con variables cualitativas para caracterizar la vulnerabilidad, con el fin de obtener un índice de riesgo por inundación a nivel de subzona.





**Ilustración 11. Metodología para la determinación del riesgo por sequía en la región central**




**Fuente**: RAP-E, PNUD 2020.

## Amenaza (% SZH con susceptibilidad a inundación)

La definición de la amenaza se obtuvo en función del porcentaje de cada subzona que representa este riesgo, con base en el *shape* de zonas susceptibles a inundación del IDEAM, cuya descripción se presenta a continuación:

**Tabla 34. Metadatos *shape* zonas susceptibles a inundación**

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| **Fuente** | IDEAM | **Año** | 2010 | **Tipo de representación** | Vector |
| **Escala** | 1:500000 | **Frecuencia de actualización** | A discreción | | |
| **Descripción** | | | | | |
| Dimensiona geográficamente los territorios que se pueden afectar por este proceso. Para establecer las zonas susceptibles a inundación, se parte de la capa de sistemas morfogénicos, donde se identificaron las unidades que por geoformas y condiciones de drenaje son susceptibles a procesos de inundación lenta cuando se presentan aumentos en las precipitaciones y desborde de los cuerpos de agua. Se utilizó tecnología geoespacial como percepción remota, que brinda por medio de interpretación visual y procesamiento digital de imágenes satelitales y aerotransportadas, la georreferenciación de las zonas susceptibles de ser afectadas. | | | | | |

**Fuente**: IDEAM, Catálogo de Metadatos del Sistema de Información Ambiental del IDEAM, 2020.

La clasificación de la amenaza se realizó teniendo en cuenta los rangos definidos en la tabla 35.

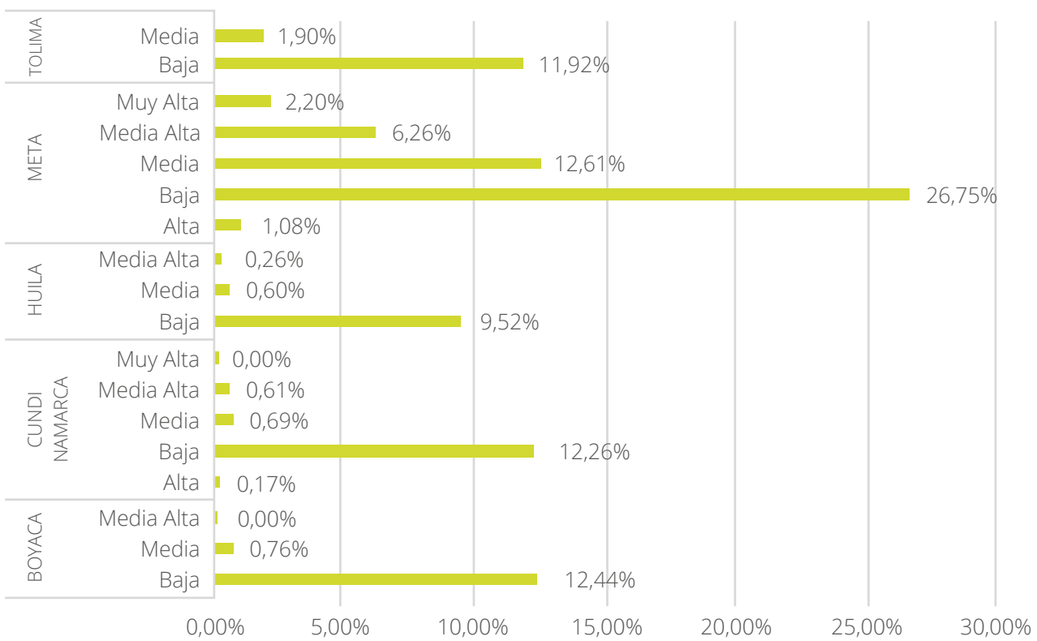
**Tabla 35. Rangos definidos para la clasificación de la amenaza**

| % subzona con susceptibilidad | Clasificación amenaza |
|---|---|
| 0 - 15 | Baja |
| 15-30 | Media |
| 30-45 | Media alta |
| 45-60 | Alta |
| 60-75 | Muy alta |

**Fuente**: RAP-E, PNUD 2020.

A partir del análisis realizado se obtuvo que el nivel de amenaza por inundación predominante a nivel de subzona es bajo, con 59 de las 78 subzonas analizadas bajo esta categoría, que representan subzonas con un porcentaje de áreas susceptibles a inundación entre el 0 y el 15 %. El departamento con mayor porcentaje de amenaza en las categorías muy alta, media alta y media es el Meta, mientras que en los departamentos de Boyacá, Cundinamarca, Huila y Tolima se encuentran predominantemente en amenaza baja (ilustración 12).

**Ilustración 12. Resultados amenaza por inundación a nivel departamental**




**Fuente**: cálculos PNUD con datos de RAP-E, IDEAM.





Cabe resaltar que estos resultados representan únicamente la dinámica de inundaciones lentas, dado que no se cuenta con información secundaria que represente la dinámica de crecientes súbitas para toda la zona RAP-E y es precisamente este tipo de inundaciones a las que se encuentran sujetas los departamentos de Huila, Cundinamarca, Boyacá y Tolima.

## Vulnerabilidad (% población vulnerable por SZH)

La vulnerabilidad se definió a partir del histórico de eventos de sequías registrados en la base de datos de la Unidad Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres (UNGRD), para el periodo 2005-2019, filtrando los eventos registrados bajo la categoría INUNDACIÓN por departamento y municipio. Debido a que el solo número de eventos no es suficiente para caracterizar la vulnerabilidad, se asumirá que el ítem población afectada representa mejor esta variable. De acuerdo con lo anterior, la vulnerabilidad ante la amenaza de inundación a nivel municipal se definirá a partir de la consolidación histórica de los eventos y personas afectadas a través de la siguiente base de datos, en donde la población total corresponde a la proyección poblacional del DANE 2005-2020.

**Tabla 36. Contenido de la base de datos para la caracterización de la vulnerabilidad**

| Fecha | Evento | Departamento | Municipio | Población afectada | % Población vulnerable x municipio x año | % Población vulnerable promedio por municipio |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Año de estudio | | | | | | |
| Dd/ mm/ año | Inundación | Nombre departamento | Nombre municipio | # personas afectadas | | |

Para el cálculo de la población afectada a nivel de subzona se asumió que esta sería equivalente al promedio de la población vulnerable de todos los municipios que conforman cada subzona. La clasificación de la vulnerabilidad se realizó teniendo en cuenta los rangos definidos en la tabla 37.

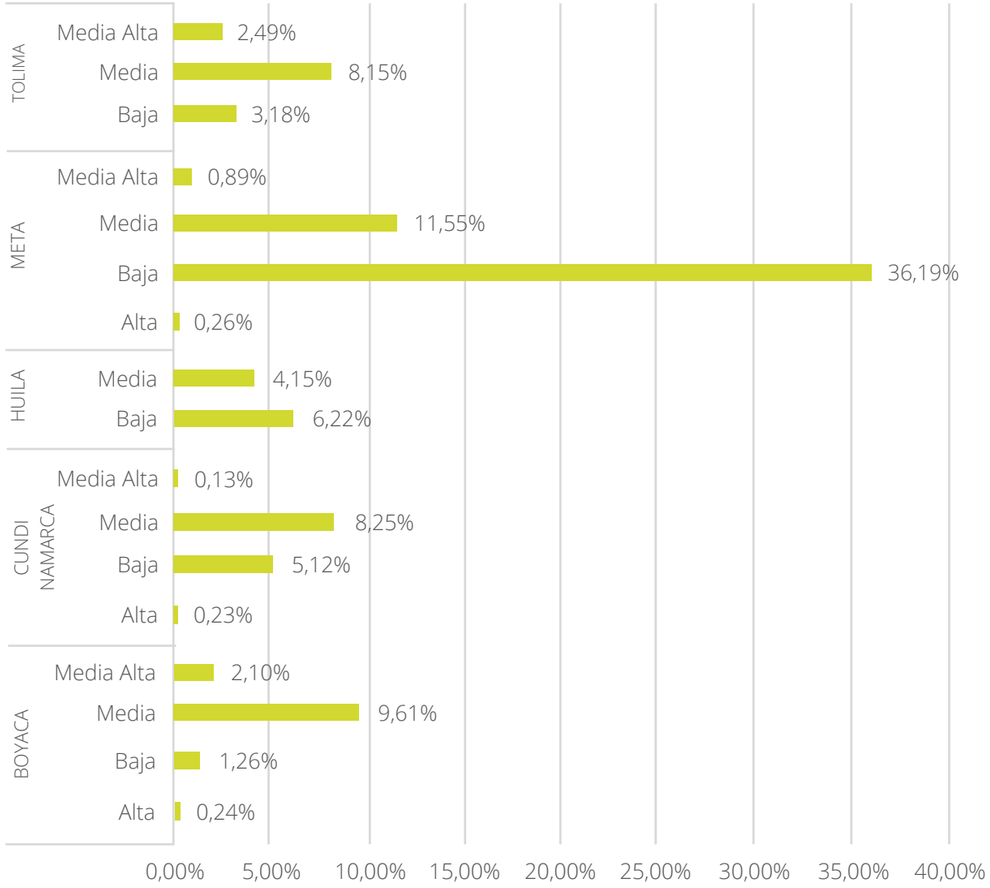
**Tabla 37. Rangos definidos para la clasificación de la vulnerabilidad**

| % población vulnerable por SZH | Clasificación Vulnerabilidad |
|---|---|
| 0 - 5 | Baja |
| 5-10 | Media |
| 10-15 | Media alta |
| >15 | Alta |

**Fuente**: RAP-E, PNUD 2020.

A partir del análisis realizado se obtuvo que a pesar de que predomina la categoría de vulnerabilidad baja, con el 36 % del área total tan solo para el departamento del Meta, en los municipios de Boyacá, Cundinamarca, Tolima y Huila prevalece la categoría media, con porcentajes que oscilan entre el 8 % y 10 % del área total de la RAP-E para los tres primeros (ilustración 13). Cabe resaltar que específicamente en el caso de Bogotá que registra múltiples eventos de inundación y un gran número de personas afectas, al ser comparada con la población total, arroja un bajo porcentaje de personas vulnerables, debido a la alta densidad poblacional.

**Ilustración 13. Resultados vulnerabilidad ante la inundación a nivel departamental**




**Fuente**: cálculos PNUD con datos de RAP-E, IDEAM.





## Índice de riesgo por inundación (IRI)

El IRS se determinó a través de una matriz de relación de rangos de la amenaza y la vulnerabilidad. Las categorías de este índice se presentan en la tabla 38**.**

**Tabla 38. Matriz de análisis para la determinación del índice de riego por inundación**

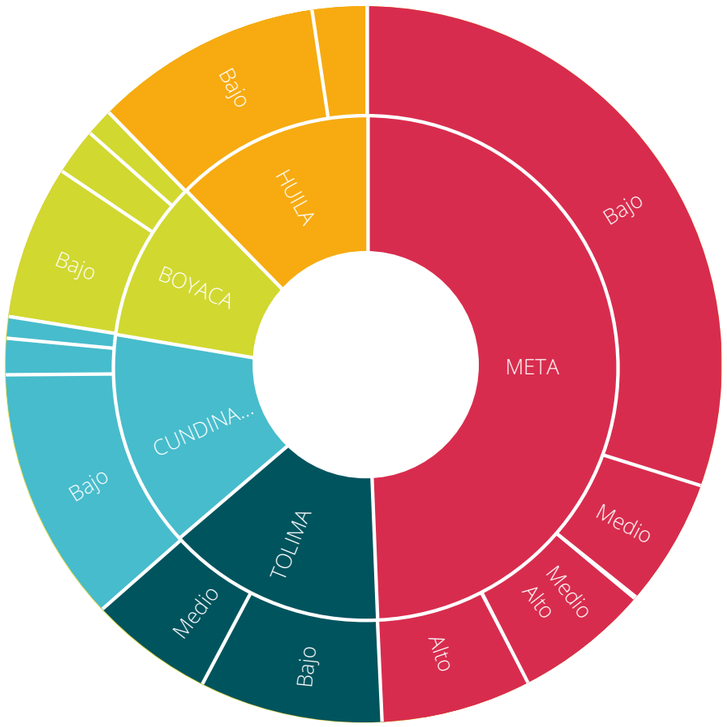
| Riesgo (amenaza x vulnerabilidad) | | | Amenaza (% SZH con susceptibilidad a inundación) | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | Baja | Media | Media alta | Alta | Muy alta |
| | | | 0-15% | 15-30% | 30-45 % | 45-60 % | >60 % |
| Vulnerabilidad (% población vulnerable por SZH) | Baja | 0-5 % | 0 | 0.15 | 0.3 | 0.45 | 0.6 |
| | Media | 5-10 % | 0.15 | 0.3 | 0.45 | 0.6 | 0.75 |
| | Media alta | 10-15 % | 0.3 | 0.45 | 0.6 | 0.75 | 0.9 |
| | Alta | >15 % | 0.45 | 0.6 | 0.75 | 0.9 | 1 |

| Clasificación del índice de Riesgo por Inundación (IRI) | | |
|---|---|---|
| | **Bajo** | (0-0,15) |
| | **Medio** | (0,15-0,30) |
| | **Medio alto** | (0,30-0,45) |
| | **Alto** | (0,45-0,75) |
| | **Muy Alto** | >0,75 |

Del análisis de resultados a nivel departamental del IRI se obtuvo que en todos los departamentos predomina la categoría de bajo riesgo, la cual representa entre el 68 % y 92 % del área total de cada municipio. El departamento del Meta es el que presenta mayor riesgo por inundación, con el 18.5 % de su área en las categorías alto y medio alto, seguido de los departamentos de Boyacá (7.5 %) y Cundinamarca (5.65 %). En los departamentos del Tolima y Huila el máximo nivel de riesgo fue el Medio con 28.8 % y 8.23 % del total de su área respectivamente.



**Ilustración 14. Resultados riesgo ante la inundación a nivel departamental**




## 3.3.3 Conclusiones sobre el nivel de riesgo climático para la seguridad hídrica

El análisis de riesgos por eventos hidrometeorológicos extremos, específicamente sequías e inundaciones, evidenció el gran peso que ejerce la variable vulnerabilidad en la valoración del riesgo, lo cual implica que independientemente de la recurrencia o extensión de la amenaza, en caso de que se registre uno de estos eventos, es muy probable que se generen afectaciones debido a que el sistema socioeconómico no se encuentra en capacidad de prevenir o mitigar la amenaza.

Subzonas clasificadas en alto riesgo por sequía están estrechamente relacionadas con una alta demanda de agua. Este es el caso de la cuenca alta del río Magdalena, en los departamentos de Huila y Tolima, zona en la que existe una marcada estacionalidad, con un descenso significativo de las lluvias durante cuatro meses (junio-septiembre), mientras que la demanda de agua es alta a lo largo de todo el año.

La situación anterior es común para aquellas subzonas en las que se ha generado un modelo de industrialización para las actividades agropecuarias. Lo anterior se explica porque la agricultura industrializada no responde a la lógica de disponibilidad del recurso hídrico a lo largo del año. De esta manera, no se respeta el balance entre oferta y demanda, lo que conlleva a la sobreexplotación del recurso hídrico y al desabastecimiento.





A su vez, zonas con alta demanda de agua se asocian a la aparición de conflictos por uso del agua y altos niveles de intervención y deforestación, incidiendo negativamente en la capacidad de regulación hídrica. Entonces, zonas con altas tasas de deforestación son más propensas a que se presenten eventos de sequía e inundación.

Respecto a la amenaza por inundación se advierte que en el presente estudio solo fue posible caracterizar la amenaza en subzonas que por su geomorfología son susceptibles a inundaciones lentas. La identificación de la amenaza ante inundaciones rápidas es más compleja, en la medida que depende de la interacción de factores como: la pendiente, la humedad antecedente del suelo, la intensidad de la lluvia, la morfología y el grado de intervención de la cuenca, entre otras.

Del estudio de la vulnerabilidad ante inundaciones se pudo identificar que subzonas, que no son susceptibles a inundaciones lentas, se han visto afectadas por eventos de inundación. De acuerdo con esto, se resalta la importancia de integrar en futuros estudios la amenaza por inundaciones rápidas en la región central.

Se destaca que, en el contexto del cambio climático, se prevé un aumento en intensidad y frecuencia de los eventos hidrometeorológicos extremos, por lo tanto, la evaluación del riesgo por inundaciones y sequías es dinámica en el tiempo. Así mismo, la gestión de dichos riesgos transciende las acciones regionales para su prevención y mitigación, por lo que uno de sus componentes principales serán las medidas de adaptación.

A su vez, zonas con alta demanda de agua se asocian a la aparición de conflictos por uso del agua y altos niveles de intervención y deforestación,



# 3.4.
# **Estado de conservación** de los servicios ecosistémicos relacionados con el agua

El agua es fundamental para las diferentes actividades de la sociedad y garantizar el acceso continuo y regulado a esta supone un interés mundial al punto que está considerada en varios Objetivos del Milenio por las Naciones Unidas (United Nations, 2015). Esto se debe principalmente a que el agua es altamente requerida para temas de saneamiento básico, riego de cultivos, actividades productivas y el mantenimiento de funciones de ecosistemas naturales (UNESCO, 2016).El acceso al agua es posible si los procesos y mecanismos que operan sobre el ciclo hidrológico en las cuencas generan un volumen suficiente para que corra de manera superficial sobre los cauces, pero también si los componentes químicos en ella la hacen potable o usable (IDEAM, 2015).

El volumen de agua observado en los cauces es el resultado de la diferencia entre el ingreso de esta a las cuencas y su pérdida a través diferentes formas y mecanismos. El volumen disponible es conocido como la oferta hídrica superficial y es una expresión del régimen hidrológico resultante de la interacción de componentes climáticos, geomorfológicos, biológicos y sociales (Watershed Science Centre, 2000). El estudio de cada uno de estos factores resulta útil para identificar la importancia de cada uno de estos en la disponibilidad de agua, generar ejercicios de pronóstico sobre la oferta hídrica, indicadores de ocurrencia de fenómenos extremos y modelación de escenarios de transformación (Hofe et al., 2012).

Dentro de los elementos que determinan la oferta hídrica la precipitación resulta ser la entrada de agua más importante al interior de las cuencas, de tal forma la oferta encontrada responde en gran parte a volúmenes aportados por este componente (Burbano-Girón et al., 2016). Considerando que los caudales son la expresión de proceso acumulativo de agua concentrada al interior de una cuenca, la ubicación y distancia de las precipitaciones caídas al suelo condicionan los tiempos en los que los caudales son construidos y aportados sobre el cauce. Es por esta razón que la geomorfología de la cuenca determina a través de la distribución espacial del agua, el tiempo en que se puede observar la oferta hídrica sobre los cauces.

Estos dos elementos han sido los más importantes en capacidad de predicción a lo largo de diferentes estudios y explican cerca del 70 % de la oferta. El 30 % restante es atribuido en gran medida, entre otros factores, al sistema vegetación-suelo. La importancia de este componente se basa en las diferentes dimensiones en las que el agua interactúa con la vegetación de manera permanente a lo largo de las cuencas (evaporación, transpiración, infiltración, etcétera) (FAO, 2013). Zhang y colaboradores en su reciente revisión (Zhang et al., 2017) han encontrado la relación entre oferta hídrica y coberturas vegetales puede responder a diferentes escalas y propiedades y que el sentido y magnitud de la relación puede



verse influenciada por aspectos como tamaño, aridez y tipo de ecosistemas. La principal motivación para entender esta relación radica en que si bien la cobertura vegetal no es la variable que más explica el rendimiento hídrico sí es un atributo que cambia rápidamente según la actividad humana y las autoridades y comunidades locales están en capacidad de transformar o proteger en horizonte reducido de tiempo (Li et al., 2018; Zhou et al., 2015)which relates annual water yield (R. El proceso de transformación actual de los ecosistemas terrestres y acuáticos han generado una pérdida de área natural considerable, dando lugar a un gradiente donde la relación con cambios en redimiendo hídrico puede evaluarse (Achard et al., 2002; Ellis y Ramankutty, 2008; Vitousek et al., 2007). Estas tasas de deforestación son permanentes y extensas en países como Colombia (González et al., 2011; Sanchez-Cuervo y Aide, 2013) y en consecuencia los procesos naturales de regulación hídrica provistos por los ecosistemas pueden perderse.

Otra dimensión hídrica relacionada con las coberturas vegetales terrestres es la protección de los cuerpos hídricos en zonas aledañas. Las conocidas rondas hídricas o franjas de protección, similares en estructura a los bosques de galería de ecosistemas de sabana, son áreas búfer alrededor de los ríos y lagos cubiertos generalmente por bosques. Estas franjas son las zonas de mayor interacción entre sistemas terrestres y acuáticos, y además el punto final de acumulación de flujos del medio terrestre antes de ser depositados en los sistemas hídricos (Buitrago et al., 2018). Las rondas hídricas tienen una relevancia ecosistémica en varios niveles pues participa en varios procesos a diferentes escalas. Dentro de los elementos más relevantes a mencionar sobre la importancia de estas franjas, encontramos: la conectividad estructural que provee a lo largo del paisaje, hábitat para especies de ambos sistemas (terrestres y acuáticos), retención de sedimentos, productividad ecosistémica (Buitrago et al., 2018). Cada uno de estos elementos mencionados impactan positivamente la calidad del agua que puede ser usada para diferentes actividades y en ese sentido, la preservación de las rondas hídricas representa un mecanismo de protección para las propiedades deseables de la misma.

El componente de servicios ecosistémicos en este índice aportará información relevante a coberturas de bosques, pues al considerarlas relevantes para evaluar aspectos de la condición de del recurso hídrico y contar con información disponible, puede aportar insumos en la siguiente forma:

- Porcentaje de bosque: cantidad de superficie en bosque dentro de cada una de las unidades espaciales.
- Porcentaje de bosque ripario: cantidad de superficie en bosque para rondas hídricas de 30 metros dentro de cada una de las unidades espaciales.
- Tasa de deforestación: porcentaje promedio anual de pérdida de bosque total en el área de cada una de las unidades espaciales.
- Áreas protegidas: porcentaje de superficie en áreas protegidas en el área de cada una de las unidades espaciales.

La incorporación de estas variables sobre la condición de estos ecosistemas permite al índice identificar zonas de mejor condición natural y arrojar valores más altos para el índice de seguridad hídrica par los sitios mejor conservados.





## 3.4.1. Estimación de las variables por subzonas hidrográficas

El área en bosque será calculada como porcentaje en referencia al área de cada una de las 78 subzonas hidrográficas del área de estudio. El insumo para esta variable será el mapa de bosque/no bosque generado por el IDEAM en 2016 y que se encuentran en formato espacial ráster con un tamaño de celda de 30 metros de lado. La información contenida en este conjunto de datos indica la presencia de bosque, no bosque y no datos, asociados generalmente a nubes. Los valores de «bosques» excluyen plantaciones forestales, por lo que podemos asumir que el mapa señala únicamente los bosques naturales en el país. El cálculo de la variable se hace de la siguiente forma:

$$Pb_i = \frac{Ab_i}{At_i} * 100 \qquad (eq.1)$$

Donde:

- $Pb_i$: porcentaje de área en bosque en el 2016 de la subzona hidrográfica *i.*
- $Ab_i$: área en bosque en el 2016 de la subzona hidrográfica *i.*
- $At_i$: área total de la subzona hidrográfica *i.*

El área en bosque de las rondas hídricas será calculada como porcentaje en referencia al área de las rondas de cada una de las 78 subzonas hidrográficas del área de estudio. El insumo de bosques será el mismo de la variable anterior, pero para este caso se considerará además una capa espacial vectorial de líneas de los drenajes sencillos, tomado de la cartografía disponible en la página del IGAC a escala 1:25.000 y a la cual se le calculó un búfer de 30 metros lineales para generar las áreas de las rondas. El cálculo de la variable se hace de la siguiente forma:

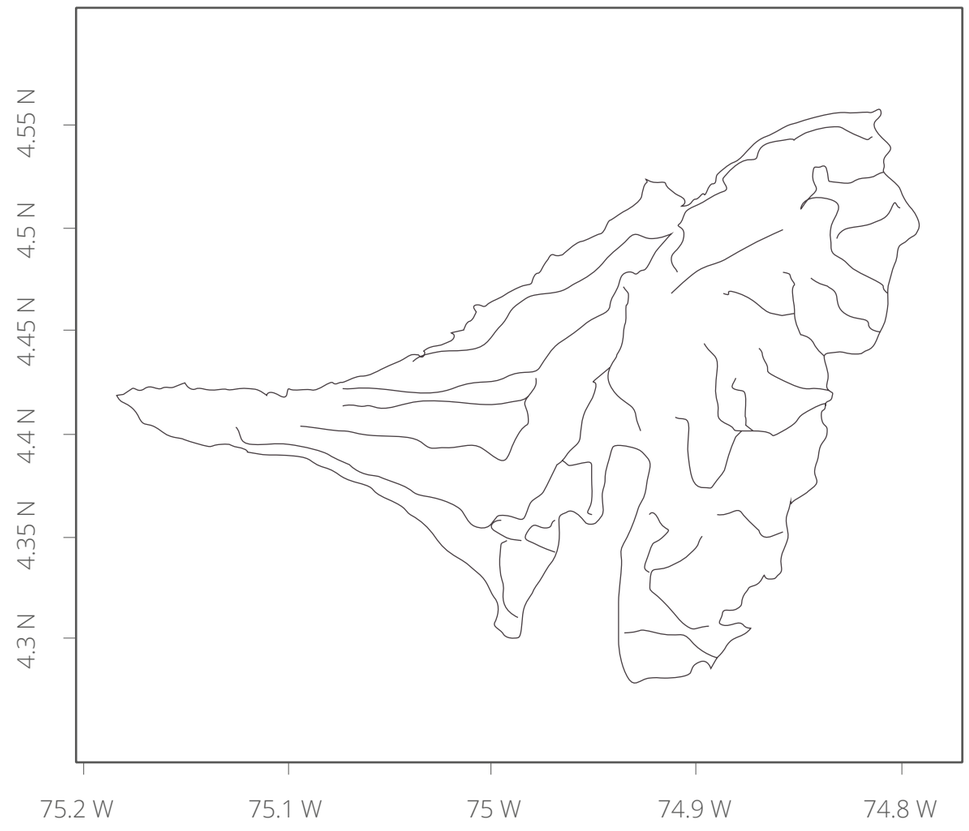
$$Pbr_i = \frac{Abr_i}{Atr_i} * 100 \qquad (eq.2)$$

Donde:

- $Pbr_i$: porcentaje de área en bosque de las rondas hídricas de la subzona hidrográfica *i* en el 2016.
- $Abr_i$: área en bosque de las rondas hídricas de la subzona hidrográfica *i* en el 2016.
- $Atr_i$: área total de las rondas hídricas de la subzona hidrográfica *i.*

En la siguiente figura se observa un ejemplo del búfer de los drenajes sencillos en la cuenca del río Opía. Como se puede observar, son franjas delgadas que se distribuyen a lo largo de la subzona hidrográfica.

**Ilustración 15. Búfer de 30 metros a los drenajes sencillos de la cuenca del río Opía**




**Fuente**: cálculos PNUD con datos de RAP-E, IDEAM.





La tasa de deforestación se reportará como porcentaje de cambio (pérdida) promedio anual para el periodo 1990-2016. Este indicador usará la misma capa de bosques mencionada anteriormente y agregará la del periodo 1990, que contiene las mismas especificaciones que la capa del 2016. La tasa se calculará usando la fórmula adoptada por las Naciones Unidas para el cálculo de la deforestación en el indicador ODS 15.1.2 (Puyravaud, 2003). Esta fórmula se interpreta como la proporción de bosque perdido del total de área disponible, mas no del área total de la subzona. El cálculo de la variable se hace de la siguiente forma:

$$r_i = \left( \left( \frac{A_{2i}}{A_{1i}} \right)^{\frac{1}{2016-1990}} \right) - 1 \qquad \textit{(eq.3)}$$

Donde:

- $r_i$ : tasa de deforestación promedio anual entre 1990 y 2016 de la subzona hidrográfica *i.*
- $A_{1i}$ : área total en bosque para la 1990 de la subzona hidrográfica *i.*
- $A_{2i}$ : área total en bosque para la 2016 de la subzona hidrográfica *i.*

El porcentaje de superficie cubierta por áreas protegidas en cada una de las subzonas se estimará intersectando la capa vectorial del área de estudio con la capa vectorial de polígonos de áreas protegidas disponible en el Sistema de Información Ambiental de Colombia (SIAC) generado por Parques Nacionales Naturales. El cálculo de la variable se hace de la siguiente forma:

$$Pap_i = \frac{Aap_i}{At_i} * 100 \qquad \textit{(eq.4)}$$

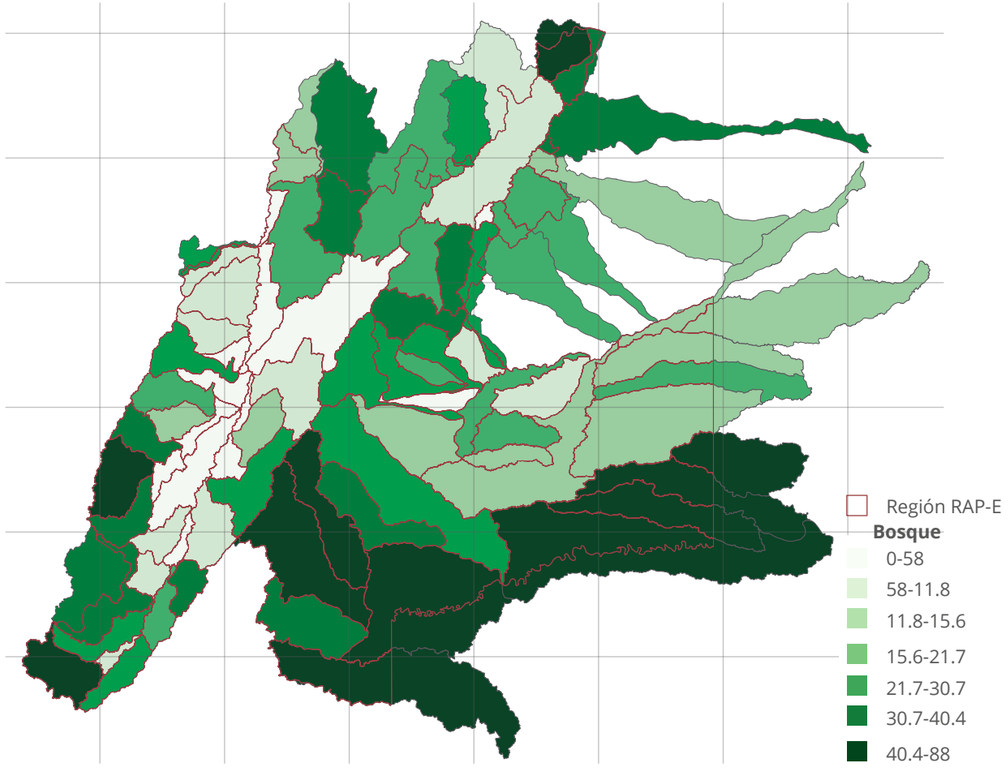
Donde:

- $Pap_i$ : porcentaje de área cubierta por áreas protegidas de la subzona hidrográfica *i.*
- $Aap_i$ : área cubierta por áreas protegidas de la subzona hidrográfica *i.*
- $At_i$ : área total de la subzona hidrográfica *i.*

## 3.4.2. Resultados de estimación de variables ecosistémicas

Para la primera variable, porcentaje de área en bosque para cada subzona hidrográfica (SZH), se encontró que los valores más altos, cercanos al 94 % se encontraron en las subzonas ubicadas mayoritariamente en la región amazónica. Las más destacadas son las SZH de medio y alto Guaviare, río Tunia o Macayá, río Guayabero, río Guape, río Siare, río Itevare y alto río Uvá. Otras SZH de alto valor en este índice son: río Cobugón en Norte de Santander, alto Saldaña en Tolima y alto Magdalena en Cauca. La media y mediana de esta variable son 24 % y 17 % respectivamente, indicando una alta transformación de los ecosistemas de la región, especialmente las ubicadas a lo largo de la vertiente occidental de la cordillera Oriental y sobre el valle del río Magdalena. Las subzonas hidrográficas andinas se caracterizaron por ser las más deforestadas, pues tienen además la historia más larga de transformación y uso en sus territorios. En el siguiente lugar se encuentran las SZH de la región Orinoquía, donde río Metica, río Manacacías, río Muco y alto Vichada, que están dominados por sabanas y donde naturalmente los bosques no son tan extensos. En el mapa 5 se observa la distribución espacial del indicador.

**Mapa 8. Porcentaje de bosque en las subzonas hidrográficas**

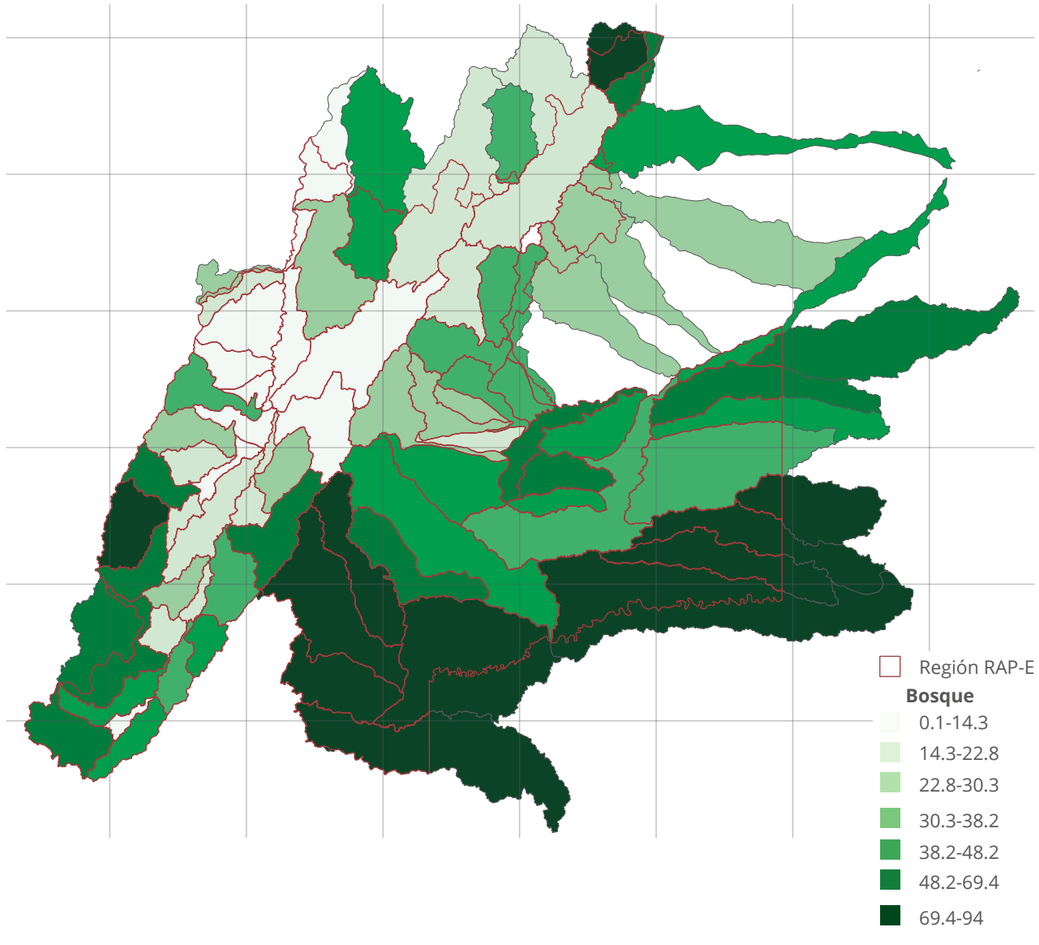



**Fuente:** elaboración PNUD con información del IDEAM.



Para la segunda variable, porcentaje de área en bosque en las rondas hídricas de cada subzona hidrográfica, se encontró, al igual que la primera variable, que los valores más altos, cercanos al 88 % se encontraron en la región amazónica en su gran mayoría. El patrón espacial es muy similar al índice anterior, donde las regiones menos pobladas están al suroriente de la RAP-E. Sin embargo, la región de los llanos, en SZH como río Muco, alto río Tomo y río Melúa, tienen valores medio altos en este índice, ya que sus ecosistemas naturales presentan una distribución concentrada de bosques en las orillas de los ríos. La media y mediana de esta variable son 38 % y 35 % respectivamente, señalando la falta de protección a los cuerpos hídricos de la región. De conformidad al indicador anterior, las subzonas hidrográficas andinas e interandinas son las que menos bosque tienen en las rondas hídricas, en especial las cercanas a río Bogotá, río Sumapaz, río Opía, río Totare, río Lagunilla y alrededores. En el mapa 6 se observa la distribución espacial del indicador.

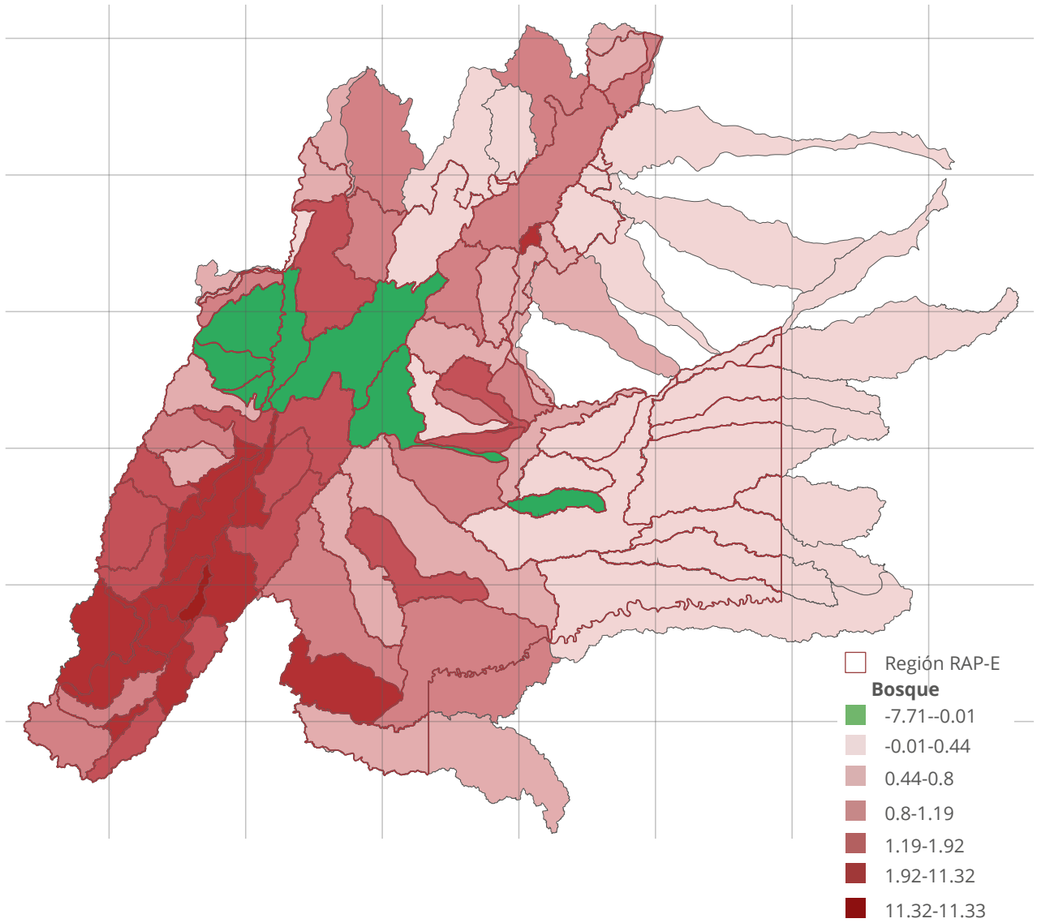
**Mapa 9. Porcentaje de bosque dentro de las rondas hídricas de 30 metros en las subzonas hidrográficas**




**Fuente:** elaboración PNUD con información del IDEAM.

En términos de deforestación, las regiones de mayor pérdida de bosque se ubicaron en zonas que el indicador de porcentaje en área en bosque señaló como de menor valor, al igual que aquellas SZH donde se reportaron cambios netos positivos (regeneración). El índice, que estima el porcentaje de bosque cambiado respecto al valor del periodo anterior, cuantificó la dinámica relativa a la cantidad de bosque previo, con lo cual zonas de poco bosque, que posiblemente tengan altas presiones de transformación, fueron aquellas que se categorizaron más severamente por el indicador. Las SZH de lago Tota, río Losada en Meta, río Negro en Cundinamarca, y en general las SZH del Tolima grande fueron las que más deforestación presentaron. La tasa presentó casos de regeneración en siete subzonas, ubicadas en sitios altamente transformados: río Bogotá, Seco, Opía, Totare, Lagunilla y dos en la región Orinoquía: caño Cumaral y río Guayuriba. Las SZH ubicadas al nororiente fueron determinadas como las de menor pérdida de bosque. En la siguiente figura se observa la distribución espacial de las tasas de deforestación en las diferentes subzonas hidrográficas.

**Mapa 10. Tasa de deforestación promedio anual en el periodo 1990-2016 en las subzonas hidrográficas**

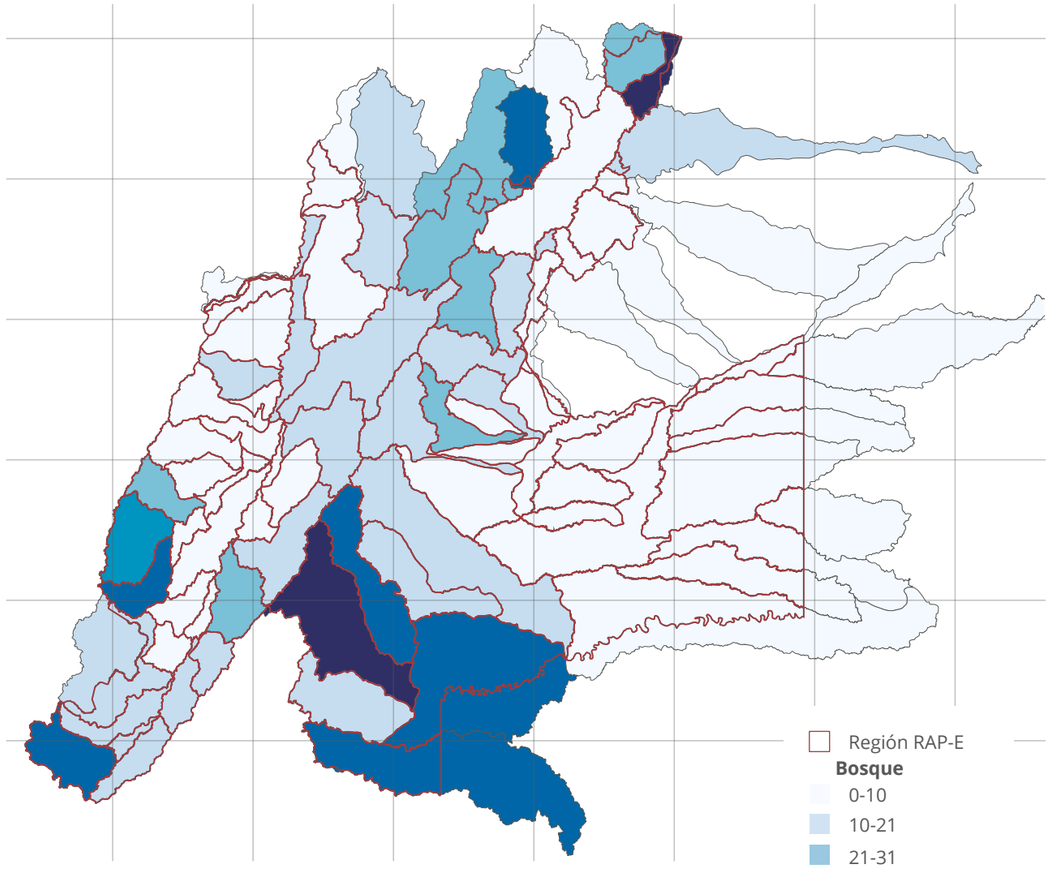



**Fuente:** elaboración PNUD con información del IDEAM e IGAC**.**



Finalmente, la cobertura de áreas protegidas en la región tiene valores que van desde el 0 (14 áreas) hasta el 62 %. Se encontró que en promedio las subzonas están cubiertas en un 12 % y en un 9 % usando la mediana. Las SZH con mayor representatividad se pueden agrupar en tres conjuntos: las del arco de deforestación amazónico que comprende las SZH de río Tunia o Macayá, alto Guaviare y río guayabero; el alto Magdalena en Cauca, río Atá, alto Saldaña y río Amoyá en Tolima y río Fonce en Santander y río Bojabá al norte de Boyacá. El resto de SZH en región Andina, valle del Magdalena y Orinoquía se acercan a los valores promedios de la región en términos de protección de áreas protegidas. La siguiente figura muestra la distribución espacial de la variable en la región de estudio.

**Mapa 11. Porcentaje de las subzonas cubiertas por áreas protegidas**



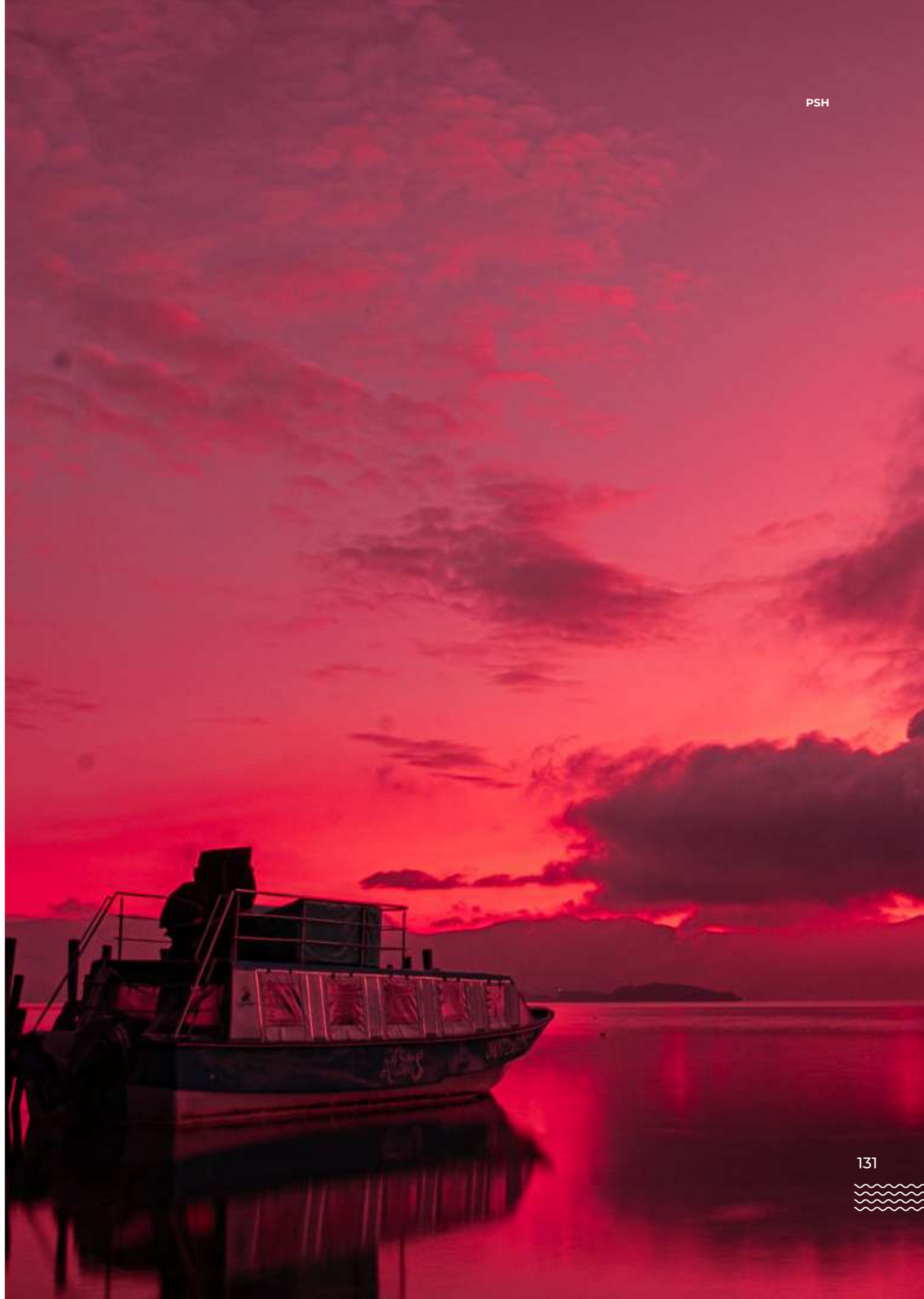

**Fuente:** elaboración PNUD con información del IDEAM e IGAC.

# 3.4.3. Conclusiones sobre el estado de conservación de los servicios ecosistémicos relacionados con el agua

La condición natural de la región muestra un rango amplio a lo largo de las subzonas de la región. En algunos casos se cuenta con áreas altamente deforestadas y sin cobertura en las rondas hídricas, especialmente en las regiones cercanas a grandes ciudades, mientras que las subzonas más alejadas, como en el Amazonas o algunos sectores del sur de los Andes, se cuenta con alta cobertura en bosques naturales. Los casos de SZH con la mayor cantidad de bosque total y bosque de galería son: río Ariari, río Guejar, río Guape, río Guayabero, río Losada, río Tunia, alto Guaviare, medio Guaviare, río Siare, río Iteviare, y alto río Uvá. Estas, a pesar de no tener protección por figuras de parques naturales, puede decirse que son las de mejor condición natural, con tasas de deforestación bajas. Las SZH ubicadas alrededor de dos ejes son las de menor condiciones naturales: Bogotá (río Bogotá) y suroriente del Tolima (río Aipe). Las unidades espaciales que rodean estos dos ejes tienen baja cobertura de bosques y de bosques en rondas hídricas, baja cobertura por áreas protegidas y tasas de cambio muy altas o incluso de regeneración. Esta tasa de cambio con aumento de bosques si bien sugiere una mejora del recurso natural, puede presentarse en sitios con muy poca superficie en bosques. Sin embargo, la formulación del índice permite que en SZH como Bogotá el aumento de zonas muy pequeñas de bosques resulte en tendencias de regeneración, pues el valor calculado depende de valores iniciales muy bajos. Si bien el rango de los índices calculado es alto, hay un patrón de alerta en cuanto a la condición de las coberturas vegetales en la región al ser menores al 40 % en promedio (usando media y mediana). La conservación de los elementos naturales en la región puede derivar en beneficios para la sociedad, pero también en el mantenimiento de otros procesos ecológicos que no son necesariamente usados por las personas. Contar con mejores ecosistemas permitirá a la región estar mejor adaptada para los desafíos que la gestión del recurso hídrico traerá en condiciones actuales y futuras. Adicionalmente, la inversión en el mantenimiento de esos ecosistemas es relativamente baja en comparación con otras intervenciones de ingeniería, gestión, restauración y adaptación que pueden requerirse por no contar son las suficientes soluciones basadas en la naturaleza. El desafío para la región se basa en mantener las regiones que cuentan con suficientes coberturas naturales y que tienen altas tasas de deforestación, pero también mejorar y extender estas coberturas en aquellas que tienen un porcentaje bajo en bosques. Para esto, las autoridades podrían mejorar el sistema de áreas protegidas u otras estrategias de conservación.







# 3.5
# **Estado de las** condiciones socioeconómicas para la seguridad hídrica

La seguridad hídrica tiene una relación dinámica frente a aspectos relacionados con las condiciones de infraestructura y capacidades de los sistemas socioeconómicos para aprovechar y garantizar la disponibilidad del recurso hídrico necesario para las actividades económicas y sociales básicas para el desarrollo humano.

Para la seguridad hídrica es necesario entender cómo operan e interactúan los usuarios del agua, qué destinos de uso se le da al recurso y los peligros y amenazas que derivan del mal manejo. Para ello se tomaron varias variables que se aproximan a identificar aquellos elementos que se refiere a la infraestructura dura que facilita la provisión para actividades domésticas y productivas, que tiene una relación con las medidas blandas (institucionales) que confluyen para asegurar la disponibilidad del recurso hídrico (Global Water Partnership, 2010).

Las coberturas en acueducto, alcantarillado y el estado de plantas de tratamiento de aguas residuales buscan garantizar la salubridad y el adecuado desarrollo de las actividades domésticas, dichas actividades, que al mismo tiempo generan otros impactos como la contaminación y la generación de desechos que afectan la calidad del recurso hídrico. Dichos impactos dependen del nivel de calidad de la infraestructura disponible.

Por otra parte, la seguridad hídrica tiene un carácter multisectorial donde se hace uso del agua para el desarrollo económico, donde el abastecimiento, además del saneamiento, es aprovechado por la agricultura, la industria, el desarrollo urbano, la generación de energía hidroeléctrica, la pesca en aguas interiores, el transporte, las actividades recreativas, la ordenación de las tierras bajas y las planicies y otras actividades (Global Water Partnership, 2010).

En este sentido se hace referencia a la disponibilidad de sistemas de riego para la producción agropecuaria que resultan fundamentales para lograr y mantener la seguridad alimentaria y económica en términos de empleo e ingresos para las áreas rurales. La región central tiene una gran importancia al contar con departamentos considerados despensas alimentarias del país y de la propia ciudad de Bogotá, centro del consumo y producción del país. Sumado a ello, para poder tener una aproximación a la importancia económica del agua se describirá y tomará en cuenta una estimación de la productividad hídrica de la región central.

Finalmente, un aspecto fundamental que determina muchas de las variables relacionadas con coberturas de servicios públicos y la importancia económica y social del agua, es la dinámica demográfica, en este caso vista desde la perspectiva de densidad poblacional. El crecimiento poblacional y el aumento de la presión sobre la demanda y calidad del agua se determina por la cantidad de personas que, en el caso de la región central, se densifica cada vez más.

A continuación de hace una descripción de las variables consideradas básicas para analizar la seguridad hídrica desde una dimensión socioeconómica.



## 3.5.1. Infraestructura - cobertura de acueducto (urbano y rural)

Las condiciones de coberturas de acueducto en la región central muestran un gran avance, especialmente en relación con la infraestructura en zonas urbanas, que gracias a la densificación de las ciudades y centros poblados facilita la construcción de sistemas que provean agua a la población. En este sentido se puede que ver que en promedio la cobertura en la región central supera por poco más de un punto porcentual al del promedio nacional, jalonado por los promedios de Bogotá, Boyacá y Tolima.

**Tabla 39. Cobertura de acueducto total, urbano y rural**

| Ente territorial | Cobertura acueducto | Cobertura acueducto urbano | Cobertura acueducto rural |
|---|---|---|---|
| Boyacá | 85.50 % | 99.26 % | 64.36 % |
| Bogotá | 99.50 % | 99.53 % | 71.18 % |
| Cundinamarca | 89.70 % | 97.80 % | 68.60 % |
| Huila | 85.10 % | 97.99 % | 62.91 % |
| Meta | 79.00 % | 91.63 % | 34.05 % |
| Tolima | 84.90 % | 98.44 % | 50.10 % |
| **Región central** | **87.30 %** | **98.60 %** | **70.24 %** |
| **Colombia** | **86.40 %** | **97.90 %** | **71.50 %** |

**Fuente**: cálculos PNUD con datos del DANE-Censo 2018.

Los departamentos de Meta, Huila y Cundinamarca muestras promedios por debajo de la media nacional, aunque con niveles por encima del 90 % en cobertura urbana. En este sentido, frente a la seguridad hídrica, de acuerdo con la provisión de agua para los habitantes de las ciudades se percibe una buena condición de infraestructura dura.

En el caso de la infraestructura en las zonas rurales se observa una realidad más diversa frente al estado de la seguridad hídrica. La región central está 1.25 puntos porcentuales por debajo de la media nacional. Siendo los departamentos con mayores retos en este aspecto Meta, Tolima, y el Huila, que están por debajo del 63 % de cobertura en promedio. Y aunque Boyacá, Cundinamarca y Bogotá tienen mejores indicadores respecto al grupo, aún existe en promedio un 30 % de la población sin cobertura de acueducto.

## 3.5.2 Infraestructura - cobertura de alcantarillado (urbano y rural)

En relación con las condiciones de coberturas de alcantarillado la región central muestra una situación muy similar a la observada con los acueductos. El desempeño de la región central frente al promedio nacional es casi idéntico con relación a la cobertura de alcantarillado frente al promedio nacional. Se observa una cobertura regional en las zonas urbanas del 96 %.

En este sentido se puede ver que en promedio la cobertura en la región central se mueve por el alto nivel de cobertura de Bogotá, con el 99.3 % seguido de Boyacá y Tolima. Los niveles más bajos los presentan los departamentos de Meta, Huila y Cundinamarca.

Si bien en general la cobertura urbana tiene niveles por encima del 90 %, podemos ver en promedio que existe entre un 2 % y 5.6 % de déficit en la cobertura por asociado, lo que determina una pérdida de eficiencia en relación con la capacidad de tratamiento del agua.



**Tabla 40. Cobertura de alcantarillado total, urbano y rural**

| Ente territorial | Cobertura alcantarillado | Cobertura alcantarillado urbano | Cobertura alcantarillado rural |
|---|---|---|---|
| Boyacá | 63.20 % | 97.91 % | 9.80 % |
| Bogotá | 99.20 % | 99.31 % | 27.31 % |
| Cundinamarca | 76.80 % | 96.57 % | 25.36 % |
| Huila | 68.80 % | 96.14 % | 21.53 % |
| Meta | 78.30 % | 94.31 % | 21.32 % |
| Tolima | 74.00 % | 97.33 % | 14.20 % |
| **Región central** | **76.72 %** | **96.93 %** | **19.92 %** |
| **Colombia** | **76.60 %** | | |

**Fuente**: cálculos PNUD con datos del DANE-Censo 2018.

La cobertura en las zonas rurales muestra los niveles más críticos en cuanto a cobertura de alcantarillado. La media de la región central está en 19.9 %. Siendo los departamentos con mayores retos en este aspecto Boyacá y Tolima, con un 9.8 % y 14.2 % de cobertura respectivamente. Los demás asociados están entre el 21 % y el 27 %, este último siendo Bogotá.

En general existe grandes diferencias entre la realidad urbana y rural, pero en el caso de los sistemas de alcantarillado las brechas son más evidentes en las zonas rurales, lo que implica una menor seguridad hídrica, debido a la falta de medios para poder canalizar y dar adecuado tratamiento a las aguas residuales de las zonas rurales.

La cobertura en las zonas rurales muestra los nivelas más críticos en cuanto a cobertura de alcantarillado.

## 3.5.3. Infraestructura - cantidad de plantas de tratamiento de aguas residuales

Las plantas de tratamiento son una parte fundamental para la gestión de las aguas residuales en el caso específico de las aguas negras derivadas del uso domiciliario. El país en general tiene aún grandes retos en este aspecto. Otro elemento fundamental para que las PTAR aporten a la seguridad hídrica es que el nivel de eficiencia de estos sistemas depende del nivel de cobertura de sistemas de alcantarillado.

**Tabla 41. Cantidad de plantas de tratamiento de aguas residuales**

| Ente territorial | Cantidad de PTAR | Porcentaje |
|---|---|---|
| Bogotá | 1 | 0.5 % |
| Boyacá | 38 | 18.0 % |
| Cundinamarca | 123 | 58.3 % |
| Huila | N_D | N_D |
| Meta | 12 | 5.7 % |
| Tolima | 37 | 17.5 % |
| **Total, región central** | **211** | **100.0 %** |

**Fuente**: RAP-E - Región Central 2019.

En el caso de Bogotá se viene avanzando en la construcción de varios sistemas que ayudarán en el futuro a aliviar la carga contaminante que llega al río Bogotá. Pero según los datos existentes en los 353 municipios de la región central, existen 211 plantas de tratamiento de aguas residuales, lo que indica en promedio cerca de media planta por municipio. Cabe remarcar que hay municipios con más de una planta de tratamiento. En este sentido se observa una baja cobertura de este tipo de infraestructura. Sin tener en cuenta a Bogotá, Cundinamarca es el departamento con mayor cantidad de plantas respecto al total disponible en la región, seguido de Boyacá y Meta con el 18 % y 17.5 % respectivamente.

En el caso de los municipios de Huila, llama la atención no disponibilidad de información de reporte de PTAR en operación y en el Meta la menor cantidad frene al grupo de socios. Esto puede indicar un alto riesgo de contaminación e impacto en la calidad del agua, la posibilidad de enfermedades y el aumento de costos de tratamiento y potabilización de acueductos aguas abajo del vertimiento. Dichos factores son muestra de brechas y retos para la seguridad hídrica en la región.





## 3.5.4. Infraestructura - estado de sistemas de riego

Un elemento para tener en cuenta para la seguridad hídrica es la relación del agua con el aparato productivo, sector en donde la mayor importancia está en el ciclo de producción agropecuaria. En esta sección se analizan variables como: porcentaje de unidades de producción agropecuaria con acceso a riego, estado de distritos de riesgo, cantidad de sistemas de riego con concesión de agua, y número de familias beneficiadas de sistemas de riesgo.

De acuerdo con el censo agropecuario de 2014, el Meta, Bogotá y Tolima son los que tienen mayores porcentajes de unidades agropecuarias con acceso a sistemas de riego y el Huila y Cundinamarca los menores con el 25 % y el 30 % respectivamente. Si bien cada tipo de cultivo tiene unos requerimientos de agua diferentes, es necesario resaltar que la seguridad hídrica pasa por el hecho de asegurar la disponibilidad de agua para la producción y la estabilidad productiva.

**Tabla 42. Porcentaje de unidades productivas agropecuarias con sistema de riego**

| Ente territorial | Porcentaje |
|---|---|
| Meta | 55.9 % |
| Tolima | 42.7 % |
| Boyacá | 35.7 % |
| Cundinamarca | 30.0 % |
| Huila | 25.1 % |
| Bogotá | 44.7 % |

**Fuente**: cálculos PNUD con datos del DANE-Censo agropecuario 2014.

Para entender mejor el estado de la infraestructura de riego para la seguridad hídrica se puede observar que del 100 % de los distritos de riego (282), en promedio el 17 % no está operando en la región central. El Huila es el departamento con mayor cantidad de distritos de riego en operación, seguido de Boyacá con 69. El departamento del Tolima es el asociado con mayor cantidad de distritos fuera de operación con 21 sistemas.



### Tabla 43. Cantidad de distritos de riego en operación (sí/no)

| Ente Territorial | No | Sí | Total | Porcentaje de sistemas inoperantes |
|---|---|---|---|---|
| Boyacá | 9 | 69 | 78 | 12 % |
| Cundinamarca | 4 | 35 | 39 | 10 % |
| Huila | 9 | 82 | 91 | 10 % |
| Meta | 4 | 9 | 13 | 31 % |
| Tolima | 21 | 40 | 61 | 34 % |
| **Total** | **47** | **235** | **282** | **17 %** |

**Fuente**: cálculos PNUD con datos del datos abiertos 2018.

Finalmente, los departamentos con mayor proporción de distritos fuera de operación respecto a los que están aprovechando o haciendo uso de dicha infraestructura son el Tolima y el Meta, con el 34 % y el 31 %. Es necesario profundizar sobre las condiciones institucionales o técnicas que explican la no operación de esta infraestructura.

En cualquier caso existe una oportunidad de aprovechamiento o de mejoramiento de la infraestructura ya existente para aumentar los niveles de seguridad hídrica que favorezca la producción y la seguridad alimentaria de la región. Los sistemas de riego son una infraestructura fundamental para mejorar los niveles de eficiencia en el uso del recurso y asegurar su adecuada disponibilidad.

Los 282 distritos de riego permiten abastecer para actividades productivas a 23.207 familias en la región central, 39 % en Boyacá, 24 % en el Huila, 21 % en Cundinamarca, 13 % en el Tolima y 4 % en el Meta, dando cobertura a 34.668 hectáreas.

Otro factor importante para la seguridad hídrica es la situación de infraestructura blanda (institucional) que tiene directa relación con la infraestructura dura, que en este caso se materializa con los distritos de riego. Dicha situación es el cumplimiento de los permisos y concesiones para el uso del agua, lo cual permite desde lo institucional tener un control sobre el uso al tiempo que recaudan los recursos para su gestión.



### Tabla 44. Porcentaje de distritos de riego con concesión de agua (sí/no)

| Ente territorial | No | Sí | ND[22] |
|---|---|---|---|
| Boyacá | 36 % | 50 % | 14 % |
| Cundinamarca | 15 % | 69 % | 15 % |
| Huila | 18 % | 77 % | 5 % |
| Meta | 46 % | 54 % | 0 % |
| Tolima | 59 % | 39 % | 2 % |
| **Promedio** | **35 %** | **58 %** | **7 %** |

**Fuente**: cálculos PNUD con datos abiertos 2018.

En el caso de la región central el 35 % de los distritos no cuentan con concesión de agua y para el 7 % no se puede establecer su estado o no cuenta con información. Los departamentos con menores registros de concesión de agua para los distritos son: Tolima (59 %), Meta (46 %) y Boyacá (36 %). Esa situación es importante entenderla para mejorar las condiciones de seguridad hídrica, en donde se atienda el fortalecimiento de capacidades institucionales y de la infraestructura dura necesaria para asegurar la disponibilidad el agua la producción agropecuaria.



22. Información no disponible (ND).

# 3.5.5. Productibilidad hídrica[23]

Teniendo como referencia la propuesta del DANE, la productividad hídrica indica cuánto valor agregado es producido por unidad de agua utilizada, como una relación entre la oferta hídrica y el valor agregado. Esta es considerada como un indicador de rendimiento en el uso del agua y representa cuánto obtiene la economía derivado del uso de los recursos naturales (DANE, 2020).

El índice de productividad hídrica se calcula mediante la fórmula:

$$IPHSZH = \frac{VA_t}{DHSZH\ año\ VA_t}$$

Donde:

- *IPHSZH* = índice de productividad hídrica por subzona hidrográfica.
- *VAt* = sumatoria ponderada por área del valor agregado municipal de cada subzona hidrográfica a través del deflactor del PIB departamental.
- *DHZSH:* demanda hídrica de las actividades socioeconómicas y de los ecosistemas en millones de metros cúbicos ($Mm^3$/año).

El periodo usado para esta estimación es el año 2016, usando el valor agregado por municipio provisto por el DANE, junto con al valor de demanda total reportado por el ENA 2018. Este se toma como una variable que muestra una aproximación (proxy) sobre las condiciones de cómo se está comportando el recursos hídrico frente a la dinámica económica.

El valor agregado por municipio muestra como el peso de Bogotá en términos económicos está muy por encima del promedio de los demás territorios con un peso del 61 % de la región central. Le sigue Cundinamarca con un 14 %, el resto de los socios tienen pesos relativos muy cercanos que van desde 4 % al 9 %.

**Tabla 45. Estimación del valor agregado municipal a través del deflactor del PIB departamenta**

| Ente Territorial | Valor agregado24 | Porcentaje |
|---|---|---|
| Bogotá, D. C. | 188646.78 | 61 % |
| Boyacá | 20809.45 | 7 % |
| Cundinamarca | 44504.71 | 14 % |
| Huila | 12904.60 | 4 % |
| Meta | 27919.73 | 9 % |
| Tolima | 16461.90 | 5 % |
| **Total general** | **311.247,20** | **100 %** |

**Fuente**: cálculos PNUD con datos DANE 2018.

Para hallar el valor de la demanda de agua se toma el dato por subzona hidrográfica del ENA 2018, que reporta datos colectados en 2016[25].

Los resultados muestran que las subzonas hidrográficas de: río Chicamocha, río Guavio, ríos directos Magdalena (md), río Cravo Sur, río Yaguará, río Iquira, río Garagoa, ríos directos al Magdalena (mi), río Lagunilla, otros directos al Magdalena, río Suárez, río Casanare, río Prado y río Pauto, tienen los niveles más altos de productividad hídrica con niveles que van desde 1.08 a 3.9 billones de pesos por cada millón de metros cúbicos de agua utilizada.

Por el contrario, las subzonas hidrográficas de río Cabrera, alto río Tomo, río Guarrojo, río Melúa, río Tunia o Macayá, caño Cumaral, río Guape, alto Vichada, río Iteviare, y alto río Uvá, muestran los niveles más bajos de productividad hídrica que van desde cerca de los 352 millones de pesos por cada millón de metros cúbicos utilizados, hasta 10.221.927 de pesos.

**Tabla 46. Niveles de productividad hídrica de las subzonas hidrográficas de la región central**

| Nivel | Cantidad | Porcentaje |
|---|---|---|
| Alto | 12 | 16 % |
| Medio | 27 | 35 % |
| Bajo | 38 | 49 % |

**Fuente**: cálculos PNUD con datos DANE 2018.

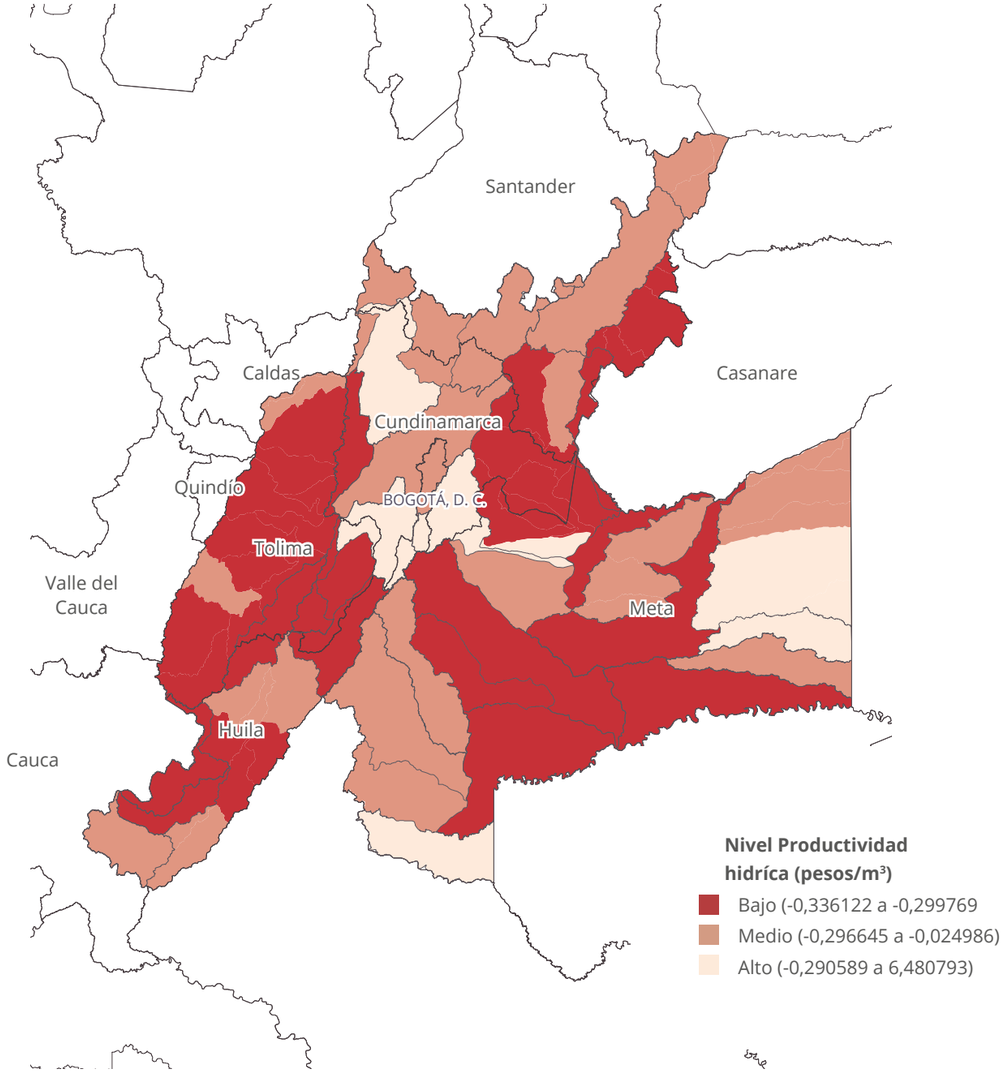
23. Mide una aproximación de la presión que ejerce la economía sobre los recursos hídricos. Es un indicador del DANE en la cuenta satélite ambiental y se puede consultar en: https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/pib/ambientales/cuentas_ambientales/indicadores/cuenta-ambiental-y-economica-de-flujos-del-agua/productividad-hidrica/hoja-metodologica-productividad-hidrica.pdf.

24. Unidad de medida en miles de millones.

25. Ver sección de análisis sobre demanda hídrica abordado en la dimensión de análisis sobre la gestión del recurso hídrico.

En conclusión, se obtienen tres grandes grupos donde el 49 % de las cuencas hidrográficas muestran una baja productividad hídrica que puede explicarse por los bajos niveles de producción en los diferentes sectores de la economía, al tiempo que los niveles de eficiencia y de uso de los recursos de capital en donde se requiera agua es baja. El 35 % se encuentra en un nivel medio en donde se destacan las subzonas hidrográficas de los ríos Negro, Bogotá y Páez, mientras que en los niveles bajos se encuentra el 16 % de las cuencas.

**Mapa 12. Mapa de índice de productividad hídrica**




**Fuente**: cálculos PNUD con datos DANE 2018 y ENA 2018.







## 3.5.6. Densidad poblacional

La dinámica poblacional es determinante para entender los retos de la seguridad hídrica que está enfocada precisamente en las capacidades para proveer agua a las personas de manera segura en diferentes actividades económicas y sociales. El aumento de la población establece un incremento subsecuente de presión sobre los recursos naturales reduciendo el tiempo necesario para regeneración natural de dichos recursos.

Es evidente el peso que ejerce en la región una ciudad como Bogotá con una densidad poblacional de 4.618 habitantes por kilómetro cuadrado en 2018, con un incremento a 4.825 habitantes (4 %) al 2020. Le sigue el departamento de Cundinamarca con una densidad de 121 habitantes por kilómetro cuadrado y con un incremento del 10 % según cifras del DANE en 2020. En este sentido Cundinamarca muestra una mayor dinámica con tendencia a un aumento en la presión por recursos por la mayor densidad poblacional. En el caso de los departamentos de Boyacá, Meta y Tolima muestra una tendencia casi estática.

**Tabla 47. Densidad poblacional Hab/Km²**

| Ente Territorial | 2018 | 2019 | 2020 |
|---|---|---|---|
| Boyacá | 52 | 53 | 54 |
| Cundinamarca | 121 | 127 | 134 |
| Huila | 55 | 56 | 56 |
| Meta | 12 | 12 | 12 |
| Tolima | 56 | 57 | 57 |
| Bogotá | 4.618 | 4.731 | 4.825 |

**Fuente**: cálculos PNUD con datos DANE 2018.

## 3.5.7. Conclusiones sobre el estado de las condiciones socioeconómicas para la seguridad hídrica

Desde la dimensión de análisis sobre las variables socioeconómicas y la infraestructura se identifican varios desafíos relacionados con aspectos institucionales, siendo necesario avanzar en el mejoramiento de la infraestructura gris y tecnológica que facilite la reducción de brechas en seguridad hídrica para la región central.

Las zonas urbanas tienen grandes avances respecto a salubridad y manejo del agua para actividades domésticas. Pero dichos avances no son suficientes frente a la falta de infraestructura que asegura el tratamiento de aguas servidas. El mejoramiento en calidad y cantidad de plantas de tratamiento de aguas residuales es fundamental para avanzar en la seguridad hídrica. Se requiere que el 100 % de los municipios cuenten con la infraestructura para hacer el adecuado tratamiento. El establecimiento de sistemas regionales para el reúso o economía circular del agua son fundamentales para asegurar el abastecimiento de agua para actividades domésticas y productivas.

Las áreas rurales son las que mayor riesgo por desabastecimiento para la provisión del recurso hídrico para actividades productivas, dado que se encuentra una alta proporción de infraestructura para riego sin estar en operación (35 %), al mismo tiempo que los distritos de riego en operación no cuentan con concesión de agua, 66 distritos de 235 distritos en operación no cuentan con concesión de agua.

La dinámica poblacional y el aumento de la densidad de esta son variables sobre las cuales poco se puede incidir. El centro del país siempre se ha constituido como un polo de desarrollo y de atracción de población, generando altas tasa crecimiento natural y por migración, lo que genera que se incremente la presión sobre los recursos naturales. En este punto el uso eficiente del agua tanto para el uso doméstico como para la producción son fundamentales, especialmente en las áreas de incidencia de Bogotá y Cundinamarca.

Las zonas urbanas tienen grandes avances respecto a salubridad y manejo del agua para actividades domésticas.





# 3.6 **Índice de seguridad** hídrica para la región central

El índice de seguridad hídrica para la región central responde a una apuesta conceptual desde una visión multidimensional, expresada en las cinco dimensiones de análisis que operacionalizan el concepto propuesto para este plan. En dicha aproximación se plantearon en los anteriores apartados las variables que se constituyen en valores proxy de cada uno de los atributos que se buscan medir mediante cada dimensión o esfera de análisis. Estos elementos son fundamentales para construir una línea de base que permita contar con un referente para el seguimiento del estado de la seguridad hídrica y de los cambios en el corto, mediano y largo plazo.

Como se ha revisado en anteriores secciones, el concepto de seguridad hídrica ha tenido una amplia difusión y aceptación con diferentes matices que responden a necesidades institucionales, técnicas y políticas. Mostrando de esta manera diferentes formas de aterrizar el concepto mediante índices o métricas.

El diseño de un índice integral que concrete el concepto de seguridad hídrica sirve para identificar los objetivos y metas para lograr la disponibilidad del agua. En este caso teniendo en cuenta las circunstancias relacionadas con la gobernanza, el estado del recurso hídrico, la salud de sus ecosistemas asociados, la situación frente a la gestión del riesgo y resiliencia, así como su relación con factores socioeconómicos y productivos.

Por ello, un índice de seguridad hídrica favorece la lectura regional de los problemas, al evaluar los cambios generados por la implementación de las acciones y comparar la situación de avance o retroceso en los sectores evaluados.

En un breve recuento gracias al estudio realizado por el Semarnat denominado *Índices de seguridad hídrica (ISH)* se hace una revisión de las diferentes aproximaciones donde se identificaron varias metodologías internacionales y nacionales para medir la seguridad hídrica (SEMARNAT, IMTA, 2020). Algunas de estas aproximaciones coinciden con los marcos conceptuales analizados anteriormente.



### Tabla 48. Propuestas metodológicas para índices de seguridad hídrica

| Nombre | Descripción | Variables/dimensiones |
|---|---|---|
| Metodología aplicada en la región Asia Pacífico. | Seguridad hídrica, sobre la base de cinco dimensiones. Cada dimensión fue cuantificada mediante dos a cuatro indicadores, los cuales generan un valor representativo de cada una de ellas y en conjunto de la seguridad hídrica. | • La satisfacción a nivel de hogares de las necesidades de abastecimiento de agua potable y saneamiento.<br>• La capacidad de abastecer y obtener beneficio productivo del agua utilizada en el desarrollo de la agricultura, minería, industria y energía.<br>• El apoyo de los servicios relacionados con el agua al mejoramiento de la calidad de vida en ciudades y pueblos.<br>• La capacidad de los cuerpos de agua de mantener sus servicios ambientales.<br>• La capacidad para hacer frente y recuperarse de los impactos de los desastres relacionados con el agua. |
| Metodología Mason y Roger. | Estos autores plantearon un análisis sistemático de los temas que se relacionan con la seguridad hídrica, con el fin de establecer una metodología que refleje la situación y los avances de países en la materia. | • Capacidad efectiva de acceder a recursos hídricos.<br>• Gestión de la variabilidad y el riesgo.<br>• Satisfacción de las necesidades humanas, incluidas las relativas a la producción.<br>• Atención de los requerimientos ambientales.<br>• Gestión de la competencia y el conflicto en relación con el aprovechamiento de los recursos hídricos. |
| Metodología Van Beek y Arriens. | Proponen una metodología que depende de los temas y problemas relevantes de cada zona de estudio. | No definen variables *per se*, en su lugar establecen un conjunto de pasos para identificar la información, los pasos son:<br>• Identificación de la visión y de las metas para la gestión de recursos hídricos.<br>• Determinación de las dimensiones que resultan críticas para la seguridad hídrica.<br>• Identificación de los indicadores que informan acerca de las distintas dimensiones, o consideración de métodos alternativos.<br>• Asegurar que los indicadores reflejen los elementos centrales de una gestión integrada de los recursos hídricos (equidad social, sustentabilidad ambiental y eficiencia económica). |
| Metodología Ait-Kadi y Lincklaen. | Propone indicadores para la seguridad hídrica que se sustentan en tres dimensiones, que a su vez se subdividen en temas, los cuales pueden ser empleados para establecer los indicadores. | • Dimensiones sociales: asegurar el acceso equitativo a los servicios y recursos hídricos mediante políticas y marcos legales robustos a todos los niveles. Construir resiliencia en las comunidades para enfrentar eventos hídricos extremos mediante medidas duras y suaves.<br>• Dimensiones ambientales: gestionar el agua de modo más sostenible como parte de economías verdes. Restaurar los servicios ecosistémicos en las cuencas fluviales para mejorar la salud de los ríos.<br>• Dimensiones económicas: aumentar la productividad y conservación hídrica en todos los sectores usuarios de agua. Compartir los beneficios económicos, sociales y ambientales de los ríos, lagos y acuíferos transfronterizos. |
| Metodología Animesh y otros. | Propuesta de un índice global —Índice Global de Seguridad Hídrica (IGSH)— para medir la seguridad hídrica según el objetivo 6 de Objetivos para Desarrollo Sostenible establecidos por la Organización de las Naciones Unidas | • Disponibilidad.<br>• Accesibilidad a los servicios.<br>• Seguridad y calidad.<br>• Administración. |
| Índice de Desarrollo Ambiental (Environmental Performance Index EPI)- | Metodología propuesta por la Universidad de Yale basada en dos grandes componentes: la salud ambiental y la vitalidad de los ecosistemas, ambos con un peso del 50 %, que se integran a su vez por varios indicadores. | • Salud ambiental<br>• Impactos en la salud.<br>• Calidad del aire.<br>• Agua y saneamiento.<br>• Vitalidad de ecosistemas.<br>• Recursos hídricos<br>• Agricultura.<br>• Bosques.<br>• Pesca.<br>• Biodiversidad y hábitat.<br>• Clima y energía. |

| | | |
|---|---|---|
| Metodología del Programa Nacional Hídrico (PNH). | La metodología de indicadores del Programa Nacional Hídrico (PNH) 2014-2018, elaborado por el instituto mexicano de tecnología del agua, que usa el diagnóstico nacional, de sus objetivos, estrategias y líneas de acción. | • Índice Global de Sustentabilidad Hídrica (IGSH).<br>• Decretos de reserva de agua para uso ambiental formulados.<br>• Población y superficie productiva protegida contra inundaciones.<br>• Programas de manejo de sequías elaborados y aprobados por consejos de cuenca.<br>• Índice global de acceso a los servicios básicos de agua (IGASA).<br>• Influencia del desarrollo tecnológico del sector hídrico en la toma de decisiones.<br>• Productividad del agua en distritos de riego (kg/m3).<br>• Proyectos de cooperación internacional atendidos. |
| Instituto de mexicano de tecnología del agua (IMTA) | Metodología que parte de conceptos adoptados institucionalmente por el IMTA y tomados por fuentes nacionales del *Atlas de vulnerabilidad hídrica de México 2015 ante el cambio climático*, además utiliza el *Proyecto de Índices de vulnerabilidad ante la sequía 2015*, y otros documentos. | La metodología plantea una aproximación probabilística del índice de seguridad hídrica entendido como una relación con el riesgo y vulnerabilidad, es decir:<br>Seguridad = 1- riesgo.<br>Siendo, riesgo = vulnerabilidad x amenaza<br>y<br>riesgo = peligro x vulnerabilidad x exposición. |

**Fuente**: informe final *Índices De Seguridad Hídrica (ISH),* adaptado por PNUD y RAP-E.

De acuerdo con la anterior revisión se puede concluir que existe una amplia oferta de opciones que responden a necesidad y a datos de diferente escala, unas de visión global y otras con una posibilidad de alcance regional. De igual forma hay aproximaciones más completas o complejas que otras de acuerdo con el tipo de información que se maneja. Una conclusión del documento citado plantea que la elaboración de dichos índices dependerá de la disponibilidad de información y del alcance que este pueda tener desde el contexto institucional para la toma de decisiones.

De esta manera se propone de acuerdo con la revisión de información disponible y según las fuentes oficiales un índice de seguridad hídrica para la región central que responde a las cinco dimensiones de análisis del concepto.





# 3.6.1. Metodología ISH

**Nombre del Indicador: Índice se** seguridad hídrica para la región central

| **Código del Indicador (RAP-E)**<br>*0001* |
|---|

| Identificación del indicador | |
|---|---|
| **Unidad de medida** | *Unidades estandarizadas que combinan la relación entre las cinco dimensiones de análisis (gobernanza, estado del recurso hídrico, estado de ecosistemas, riesgo, infraestructura y condiciones socioeconómicas).* |
| **Periodicidad**<br>*Marque con una "X" la(s) frecuencia(s) con la que se consolida(n) y entrega(n) los datos del indicador.* | ☐ *Anual*<br>☐ *Semestral*<br>☐ *Trimestral*<br>☐ *Mensual*<br>☐ *Diario*<br>☐ *Otra, cuál* |
| **Cobertura geográfica**<br>*Marque con una "X" la(s) unidad(es) espacial(es) para la(s) cual(es) se encuentra calculado el indicador.* | ☐ Nacional<br>☐ Departamental<br>☐ Municipal<br>☐ *Otra, cuál: Subzona hidrográfica (Según ENA)* |
| **Cobertura temporal** | *Gobernanza del agua y marco institucional para la región central (2019).*<br>*Gestión del recurso hídrico para la región central (2014-2018).*<br>*Servicios ecosistémicos relacionados con el agua (2016-2016-2020).*<br>*Resiliencia regional frente a desastres relacionados con el agua (Riesgos frente a desastres relacionados con el agua) (1990-2018).*<br>*Dinámicas socioeconómicas para alcanzar la seguridad hídrica (infraestructura servicios y demografía) (2018).* |

| Descripción del indicador | |
|---|---|
| **Definición** | *El índice de seguridad hídrica para la región central muestra la relación multinacional de los aspecto asociados a factores cualitativos y cuantitativos sobre las condiciones aproximadas de la cuencas (SZH) en cuanto a factores como: gobernanza, estado del recurso hídrico, estado de ecosistemas, riesgo, infraestructura y condiciones socioeconómicas.* |
| **Pertinencia** | **Finalidad/propósito**<br>*El índice tiene como fin contar con una* línea base que se *constituye de una base de datos de variables que constituyen el índice, al tiempo que ofrece sus valores resumen en cada dimensión de análisis para el seguimiento de la dinámica de la seguridad hídrica en el mediano y largo plazo.* |
| **Metas / Estándares** | *N/A* |
| **Marco conceptual** | *El índice tiene como referencia la propuesta de ONU-Agua en 2013, el cual define a la seguridad hídrica como «[…] la capacidad de una población para resguardar el acceso sostenible a cantidades adecuadas de agua de calidad aceptable para el sustento, bienestar y desarrollo socioeconómico sostenibles; para asegurar la protección contra la contaminación transmitida por el agua y los desastres relacionados con ella, y para preservar los ecosistemas, en un clima de paz y estabilidad política***»** *(ONU -Agua, 2013) .* |
| **Fórmula de cálculo**[26] | *ISH* = índice gobernanza + índice estado recurso hídrico + índice estado ecosistemas – índice riesgo + índice condiciones socioeconómicas.<br><br>Índice *gobernanza = valores estandarizados (esfuerzo fiscal en recurso hídrica + número de POMCAS aprobados + número de protesta social/consultas populares + número de conflictos asociados por el agua).*<br><br>*Índice estado recurso hídrico = valores estandarizados (variabilidad oferta hídrica VOH* + índice de regulación hídrica *(IRH) - índice de uso del agua (IUA) - demanda hídrica sectorial + índice de eficiencia en el uso del agua (IEUA) - índice de alteración potencial de la calidad del agua (IACAL)*<br><br>*Índice estado ecosistemas = valores estandarizados (porcentaje de cobertura de bosques + porcentaje de áreas protegidas + porcentaje de área en rondas hídricas cubierta por bosque + tasa de deforestación).*<br><br>*Índice riesgo = valores estandarizados (índice de riesgo por inundaciones + índice de riesgo por sequías).*<br><br>*Índice condiciones socioeconómicas = valores estandarizados (porcentaje cobertura acueducto (urbano) + porcentaje cobertura acueducto (rural) + porcentaje cobertura alcantarillado (urbano) + porcentaje cobertura alcantarillado (rural) + número de plantas de tratamiento por municipio + distritos de riego en operación + índice productividad hídrica + densidad poblacional (cantidad de habitantes/km2).* |

| | |
|---|---|
| **Metodología de cálculo** | *Cada variable se lleva a la escala de SZH si el dato esta municipalizado, mediante el uso de promedios simples o haciendo las atribuciones por factor de participación de área (ver descripciones anteriores en cada una de las variables).*<br>*Una vez compilado cada uno de los datos, se estandarizaron (normalización) usando la siguiente fórmula para cada conjunto de datos buscando construir un auto valor simple para cada variable.*<br><br>$$z_i \quad \frac{X_i - \bar{X}}{S_X}$$<br><br>*Una vez construida la base de datos de cada dimensión y de sus respectivas variables estandarizadas se aplica la fórmula de cálculo del ISH, para más información consultar las hojas metodológicas de cada variable en el anexo 1, también consultar la base de datos de Excel ubicada como anexo 2.* |
| **Interpretación** | *Los rangos estarán determinados por el proceso de normalización el cual determina valores negativos a positivos en donde los valores negativos muestran una condición deficitaria respecto al estado de la seguridad hídrica, el cual varía a valores positivos. Los rasgos de valores permiten establecer una comparación respecto a las condiciones propias del grupo analizado (condiciones SZH).*<br><br>*En el caso de esta primera iteración de datos se tiene un rango de datos que varían entre – 15.17 hasta 14.10.*<br><br>*Se establecen cinco categorías para análisis de los grupos de cuencas analizados siendo: muy baja, baja, media, alta y muy alta seguridad hídrica.*<br><br>*Los límites de los intervalos se definen mediante el método de Dalenius definiendo la mayor cantidad de marcas de clase (43), para ser más detallados en la definición de los grupos por categorías*<br><br>*Los límites son:* |

| *Límites del estrato* | | |
|---|---|---|
| *Inferior* | *Superior* | *Nivel* |
| *- 15.17* | *- 7.00* | *Muy bajo* |
| *- 7.00* | *- 2.23* | *Bajo* |
| *- 2.23* | *1.85* | *Medio* |
| *1.85* | *5.93* | *Alto* |
| *5.93* | *14.10* | *Muy alto* |

*Dichos valores son el resultado de una relación directa de los autovalores calculados para cada dimensión. Para poder ver los principales factores que explican el nivel de seguridad hídrica en cada cuenca, se debe analizar el estado de cada valor en cada una de las dimensiones.*





**26.** La ficha técnica será completada con la descripción de cada variable.

| | |
|---|---|
| **Restricciones o Limitaciones** | *El índice y sus variables se constituye de información secundaria oficial que tiene limitantes de orden temporal y espacial.*<br><br>*En el ámbito temporal se debe considerar el rezago de reporte de algunas variables que cuales dependen de los compromisos institucionales para su expedición y de sus propuestas metodologías las cuales establecen ciclos de reporte.*<br><br>*Adicionalmente el nivel de actualización del índice depende que la institucional siga reportando con la garantía de la disponibilidad y apertura de datos su uso.*<br><br>*Algunas variables son recopiladas inicialmente a escala municipal y en cada caso su tratamiento varía para poder llevarla a escala de cuenca, en dicho proceso se mantienen las características promedio de la información y no se puede atribuir a una descripción de una condición geográfica estricta, las variables y los resultados son información plana de cada SZH analizada que permite tener una aproximación para entender y describir las características en cada dimensión de análisis.* |
| **Facilidad de obtención** | ☐ *Fácil*<br>☐ *Regular*<br>☐ *Difícil*<br><br>*¿Por qué?* *Usa información multisectorial que varía en los términos del reporte* |

Las fichas metodológicas de cada una de las variables se encuentran en el anexo 1 del presente documento y la base de datos manejada para este cálculo del ISH se encuentra en el anexo 2.









# 3.6.2. Resultados del índice de seguridad hídrica para la región central

**Tabla 49. Índice de seguridad hídrica, resultados por cada dimensión de análisis**

| Código SZH | Nombre SZH | Servicios ecosistémicos relacionados con el agua | Categoría _SE | Riesgos frente a desastres relacionados con el agua | Categoría _R | Gobernanza del agua y marco institucional para la región central | Categoría _G | Dinámicas socioeconómicas para alcanzar la seguridad hídrica (infraestructura, servicios y demografía) | Categoría _Eco | Gestión del recurso hídrico para la región central | Categoría _RH | ISH | Categoría _ISH |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 4301 | Río Tunia o Macayá | 4.92 | Muy alto | -2.41 | Muy bajo | 3.91 | Muy alto | -1.74 | Bajo | 4.61 | Muy alto | 14.10 | Muy alto |
| 3216 | Alto río Uvá | 4.89 | Muy alto | -2.41 | Muy bajo | 2.76 | Muy alto | -0.33 | Medio | 1.90 | Alto | 11.62 | Muy Alto |
| 3301 | Alto Vichada | -1.00 | Bajo | -2.41 | Muy bajo | 3.38 | Muy alto | 4.28 | Muy alto | 1.71 | Alto | 10.78 | Muy Alto |
| 3201 | Río Guayabero | 5.17 | Muy alto | -0.69 | Bajo | 1.50 | Alto | -1.44 | Bajo | 4.72 | Muy alto | 10.65 | Muy alto |
| 3213 | Río Iteviare | 4.18 | Muy alto | -1.59 | Muy bajo | 2.22 | Muy alto | 0.33 | Medio | 1.92 | Alto | 10.26 | Muy Alto |
| 3212 | Río Siare | 4.21 | Muy alto | -2.41 | Muy bajo | 2.44 | Muy alto | -3.86 | Muy bajo | 4.65 | Muy alto | 9.85 | Muy alto |
| 3203 | Río Losada | 1.23 | Alto | -1.51 | Bajo | 4.00 | Muy alto | -2.78 | Muy bajo | 5.25 | Muy alto | 9.19 | Muy alto |
| 3511 | Directos río Metica entre ríos Guayuriba y Yucao | 0.28 | Alto | -1.51 | Bajo | 1.07 | Alto | 2.23 | Muy alto | 2.93 | Alto | 8.03 | Muy Alto |
| 3514 | Caño Cumaral | -0.58 | Medio | -2.41 | Muy bajo | 0.93 | Alto | 1.07 | Alto | 2.85 | Muy alto | 7.77 | Muy alto |
| 3401 | Alto río Tomo | -0.27 | Medio | -2.41 | Muy bajo | 2.76 | Muy alto | -2.47 | Muy bajo | 4.92 | Muy alto | 7.35 | Muy alto |
| 3303 | Río Muco | 0.06 | Medio | -2.41 | Muy bajo | 2.76 | Muy alto | -2.44 | Muy bajo | 4.08 | Muy alto | 6.87 | Muy alto |
| 3204 | Alto Guaviare | 3.49 | Muy alto | -1.51 | Bajo | 0.93 | Alto | -3.80 | Muy bajo | 4.07 | Muy alto | 6.19 | Muy alto |
| 3513 | Río Melúa | 0.00 | Medio | -2.41 | Muy bajo | 1.12 | Alto | -1.20 | Bajo | 3.71 | Muy alto | 6.04 | Muy alto |
| 2312 | Río Carare (Minero) | 3.51 | Muy alto | -0.61 | Bajo | 0.54 | Medio | -1.45 | Bajo | 2.80 | Alto | 6.02 | Muy Alto |
| 3512 | Río Yucao | -1.13 | Bajo | -1.59 | Muy bajo | 1.77 | Muy alto | -0.44 | Medio | 1.82 | Muy alto | 5.61 | Alto |
| 3302 | Río Guarrojo | 0.06 | Medio | -1.59 | Muy bajo | 2.76 | Muy alto | -2.28 | Bajo | 3.37 | Muy alto | 5.51 | Alto |
| 3505 | Río Humea | -0.92 | Bajo | 0.20 | Medio | 2.83 | Muy alto | 0.20 | Medio | 3.57 | Muy alto | 5.47 | Alto |

| | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 3526 | Directos al río Meta entre ríos Cusiana y Carare | 0.20 | Medio | -0.61 | Bajo | 2.76 | Muy alto | 2.47 | Muy bajo | 4.33 | Muy alto | 5.44 | Alto |
| 3704 | Río Bojabá | 0.47 | Alto | 0.20 | Medio | 2.39 | Muy alto | -1.43 | Bajo | 4.03 | Muy alto | 5.25 | Alto |
| 3210 | Medio Guaviare | 2.62 | Muy alto | 0.20 | Medio | 1.62 | Muy alto | -4.12 | Muy bajo | 5.18 | Muy alto | 5.14 | Alto |
| 3502 | Río Guayuriba | -0.14 | Medio | -0.69 | Bajo | -2.26 | Muy bajo | 5.20 | Muy alto | 1.50 | Alto | 5.00 | Alto |
| 2201 | Alto Saldaña | 1.78 | Alto | 0.12 | Medio | -0.03 | Medio | -1.39 | Bajo | 4.63 | Muy alto | 4.86 | Alto |
| 3703 | Río Cobugón - Río Cobaría | 3.55 | Muy alto | 0.20 | Medio | 1.14 | Alto | -1.44 | Bajo | 1.43 | Alto | 4.47 | Alto |
| 2204 | Río Amoyá | 1.13 | Alto | 0.20 | Medio | 1.86 | Muy alto | -0.83 | Medio | 2.47 | Alto | 4.43 | Alto |
| 3202 | Río Guape | 5.09 | Muy alto | -1.59 | Muy bajo | -1.09 | Bajo | -5.65 | Muy bajo | 4.25 | Muy alto | 4.20 | Alto |
| 2103 | Río Suaza | 0.19 | Medio | -0.78 | Bajo | 1.39 | Alto | 1.55 | Alto | 0.00 | Medio | 3.91 | Alto |
| 3509 | Río Upía | 0.51 | Alto | -1.51 | Bajo | -0.69 | Medio | -0.40 | Medio | 2.76 | Alto | 3.70 | Alto |
| 3510 | Río Negro | 0.14 | Medio | 1.10 | Alto | 2.62 | Muy alto | 0.46 | Medio | 1.50 | Alto | 3.63 | Alto |
| 3207 | Río Guejar | 0.42 | Alto | -0.61 | Bajo | -0.41 | Medio | -2.44 | Muy bajo | 4.71 | Muy alto | 2.89 | Alto |
| 2105 | Río Páez | 1.14 | Alto | 0.12 | Medio | -0.66 | Medio | 1.66 | Alto | 0.33 | Medio | 2.36 | Alto |
| 2101 | Alto Magdalena | 2.25 | Muy alto | -1.59 | Muy bajo | -0.57 | Medio | 0.25 | Medio | -1.22 | Medio | 2.30 | Alto |
| 3508 | Río Lengupá | -0.41 | Medio | -0.69 | Bajo | 0.81 | Alto | -0.75 | Medio | 1.63 | Alto | 1.97 | Alto |
| 3602 | Río Casanare | 0.48 | Alto | 1.02 | Alto | 0.34 | Medio | -1.67 | Bajo | 3.14 | Alto | 1.27 | Medio |
| 2303 | Directos al Magdalena entre ríos Seco y Negro (md) | -2.01 | Bajo | 0.29 | Medio | -0.18 | Medio | 2.79 | Muy alto | 0.93 | Alto | 1.26 | Medio |
| 3515 | Río Manacacias | -0.97 | Bajo | -2.41 | Muy bajo | 0.85 | Alto | -3.38 | Muy bajo | 2.35 | Alto | 1.25 | Medio |
| 2114 | Río Cabrera | -0.38 | Medio | 0.12 | Medio | -1.00 | Bajo | -1.38 | Bajo | 4.03 | Muy alto | 1.15 | Medio |
| 3523 | Río Pauto | 1.55 | Alto | 1.92 | Muy alto | 0.99 | Alto | -2.83 | Muy bajo | 3.10 | Alto | 0.90 | Medio |

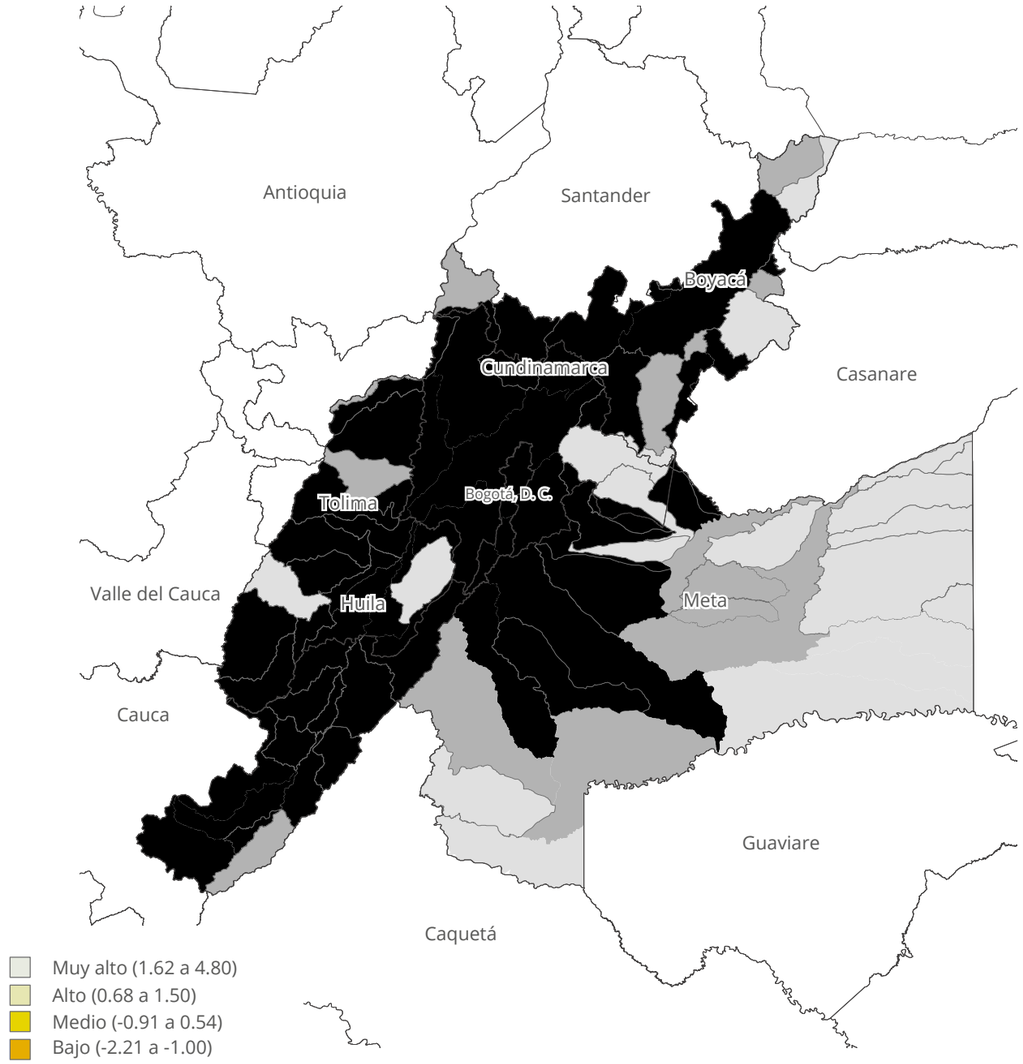
| | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 2311 | Directos al Magdalena medio entre ríos Negro y Carare | -2.11 | Muy bajo | 1.92 | Muy alto | 1.37 | Alto | 3.52 | Muy alto | -0.26 | Medio | 0.60 | Medio |
| 2302 | Río Guarinó | -0.65 | Medio | -0.78 | Bajo | 1.13 | Alto | -1.13 | Bajo | 0.38 | Medio | 0.51 | Medio |
| 2402 | Río Fonce | 0.89 | Alto | 0.12 | Medio | -1.08 | Bajo | -0.54 | Medio | 1.06 | Alto | 0.21 | Medio |
| 3527 | Directos al río Meta entre ríos Humea y Upia (mi) | -0.98 | Bajo | 2.82 | Muy alto | 0.11 | Medio | 0.81 | Alto | 2.95 | Alto | 0.08 | Medio |
| 3519 | Río Cusiana | 1.65 | Alto | 0.12 | Medio | -1.03 | Bajo | -0.32 | Medio | -0.17 | Medio | 0.01 | Medio |
| 2122 | Río Opía | 1.04 | Alto | 1.75 | Muy alto | -2.00 | Bajo | 0.44 | Medio | 2.09 | Alto | -0.18 | Medio |
| 2110 | Rio Neiva | 1.87 | Muy alto | 0.04 | Medio | -0.34 | Medio | 1.69 | Alto | -3.39 | Bajo | -0.20 | Medio |
| 2207 | Río Cucuana | -1.38 | Bajo | 0.12 | Medio | -2.85 | Muy bajo | -0.55 | Medio | 4.60 | Muy alto | -0.30 | Medio |
| 2202 | Río Atá | 0.86 | Alto | 0.12 | Medio | -0.91 | Medio | -0.55 | Medio | -0.07 | Medio | -0.79 | Medio |
| 3506 | Río Guavio | 0.52 | Alto | 0.12 | Medio | 2.66 | Muy alto | -1.21 | Bajo | -2.90 | Bajo | -1.06 | Medio |
| 2125 | Río Lagunilla y otros directos al Magdalena | -0.59 | Medio | 0.12 | Medio | -2.09 | Bajo | 2.19 | Muy alto | -1.19 | Medio | -1.80 | Medio |
| 2102 | Río Timaná y otros directos al Magdalena | -2.92 | Muy bajo | 0.12 | Medio | -0.21 | Medio | 1.38 | Alto | 0.01 | Medio | -1.86 | Medio |
| 2115 | Directos Magdalena entre ríos Cabrera y Sumapaz | -1.99 | Bajo | 1.02 | Alto | -0.91 | Medio | 0.55 | Medio | 1.37 | Alto | -2.00 | Medio |
| 2112 | Río Baché | -3.38 | Muy bajo | -0.78 | Bajo | -0.70 | Medio | 0.91 | Alto | -0.11 | Medio | -2.51 | Bajo |
| 3504 | Río Guacavía | -0.52 | Medio | 2.00 | Muy alto | 0.09 | Medio | -0.32 | Medio | 0.16 | Medio | -2.60 | Bajo |
| 2116 | Río Prado | -0.53 | Medio | 1.84 | Muy alto | 1.72 | Muy alto | 0.25 | Medio | -2.56 | Bajo | -2.95 | Bajo |
| 2301 | Río Gualí | -2.05 | Bajo | 1.02 | Alto | 0.40 | Medio | -1.27 | Bajo | 0.34 | Medio | -3.60 | Bajo |
| 2203 | Medio Saldaña | -3.54 | Muy bajo | -0.78 | Bajo | 0.22 | Medio | -1.00 | Bajo | -0.07 | Medio | -3.62 | Bajo |
| 3521 | Río Cravo sur | -1.14 | Bajo | 1.02 | Alto | 1.86 | Muy alto | -0.94 | Bajo | -2.46 | Bajo | -3.71 | Bajo |
| 3501 | Rio Metica (Guamal - Humadea) | 0.18 | Medio | 2.82 | Muy alto | -2.13 | Bajo | 2.30 | Muy alto | -1.48 | Medio | -3.94 | Bajo |

| | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 2306 | Río Negro | 1.12 | Alto | 0.12 | Medio | -2.12 | Bajo | 0.69 | Alto | -4.00 | Bajo | -4.43 | Bajo |
| 3206 | Río Ariari | 0.79 | Alto | 0.29 | Medio | -4.67 | Muy bajo | -2.33 | Bajo | 1.42 | Alto | -5.07 | Bajo |
| 2109 | Juncal y otros ríos directos al Magdalena | -4.43 | Muy bajo | 2.65 | Muy alto | -0.58 | Medio | 2.26 | Muy alto | 0.20 | Medio | -5.21 | Bajo |
| 2124 | Río Totare | -1.54 | Bajo | 0.94 | Alto | 0.82 | Alto | 0.68 | Alto | -4.47 | Bajo | -5.43 | Bajo |
| 2208 | Bajo Saldaña | 0.33 | Alto | 2.65 | Muy alto | -1.46 | Bajo | -1.19 | Bajo | -0.47 | Medio | -5.44 | Bajo |
| 3507 | Río Garagoa | -2.05 | Bajo | 0.04 | Medio | -0.55 | Medio | 2.45 | Muy alto | -5.51 | Muy bajo | -5.70 | Bajo |
| 2121 | Río Coello | 0.39 | Alto | 0.12 | Medio | -3.15 | Muy bajo | 0.06 | Medio | -2.92 | Bajo | -5.74 | Bajo |
| 2111 | Rio Fortalecillas y otros | -1.87 | Bajo | 0.86 | Alto | -1.21 | Bajo | 4.46 | Muy alto | -6.33 | Muy bajo | -5.81 | Bajo |
| 2104 | Ríos directos al Magdalena (mi) | 0.49 | Alto | 0.94 | Alto | -1.33 | Bajo | 0.23 | Medio | -5.26 | Muy bajo | -6.80 | Bajo |
| 2401 | Río Suárez | -0.62 | Medio | 0.12 | Medio | -5.74 | Muy bajo | 1.55 | Alto | -2.31 | Bajo | -7.25 | Muy Bajo |
| 2206 | Río Tetuán, río Ortega | -1.96 | Bajo | 1.02 | Alto | -1.67 | Bajo | 0.14 | Medio | -2.96 | Bajo | -7.47 | Muy Bajo |
| 2403 | Río Chicamocha | 0.92 | Alto | 0.94 | Alto | -8.94 | Muy bajo | 6.73 | Muy alto | -5.31 | Muy bajo | -7.54 | Muy bajo |
| 2118 | Río Luisa y otros directos al Magdalena | -2.09 | Bajo | 1.75 | Muy alto | -0.81 | Medio | 0.26 | Medio | -4.37 | Bajo | -8.76 | Muy Bajo |
| 2119 | Río Sumapaz | -2.89 | Muy bajo | 0.94 | Alto | -2.76 | Muy bajo | 1.44 | Alto | -4.08 | Bajo | -9.22 | Muy Bajo |
| 2123 | Río Seco y otros directos al Magdalena | -1.26 | Bajo | 1.75 | Muy alto | -2.21 | Bajo | -0.84 | Medio | -3.72 | Bajo | -9.78 | Muy Bajo |
| 3503 | Río Guatiquía | -0.18 | Medio | 2.82 | Muy alto | -0.21 | Medio | -0.92 | Bajo | -6.44 | Muy bajo | -10.56 | Muy bajo |
| 3516 | Lago de Tota | -5.99 | Muy bajo | -0.78 | Bajo | 0.68 | Alto | -0.33 | Medio | -6.93 | Muy bajo | -11.80 | Muy bajo |
| 2106 | Ríos directos Magdalena (md) | -0.02 | Medio | 0.04 | Medio | -1.79 | Bajo | 2.80 | Muy alto | -13.22 | Muy bajo | -12.26 | Muy bajo |
| 2108 | Río Yaguará y río Iquira | -2.94 | Muy bajo | 0.04 | Medio | -0.07 | Medio | 0.91 | Alto | -10.76 | Muy bajo | -12.90 | Muy bajo |
| 2113 | Río Aipe, río Chenche y otros directos al Magdalena | -4.87 | Muy bajo | 1.84 | Muy alto | -2.00 | Bajo | 1.85 | Alto | -6.74 | Muy bajo | -13.59 | Muy bajo |
| 2120 | Río Bogotá | -2.31 | Muy bajo | 0.86 | Alto | -3.91 | Muy bajo | 7.24 | Muy alto | -15.33 | Muy bajo | -15.17 | Muy bajo |

A continuación, se hace una descripción de cada una de las dimensiones de la seguridad hídrica propuesta.

## 3.6.3. Resultados espacializados para cada dimensión del ISH

**Mapa 13. Resultado Nivel de la gobernanza y marco institucional del agua**




**Fuente**: cálculos PNUD con datos de RAP-E, IDEAM.

Las variables analizadas para identificar el estado de la gobernanza y el marco normativo para la seguridad hídrica de la región central fueron el esfuerzo fiscal municipal en seguridad hídrica, el estado de ordenamiento de las cuencas, los conflictos ambientales por el agua y las protestas sociales, alcanza la categoría de muy alto y alto para 38 SZH, medio para 14 y entre bajo y muy bajo para 26 de estas, ubicadas principalmente en los departamentos de Cundinamarca y Boyacá (mapa 13).

Las SZH en categoría alto y muy alto se deben principalmente a la baja presencia de conflictos ambientales y por el agua y protestas sociales, así como a un esfuerzo fiscal superior en la región, esto para las SZH de río Iteviare, río Bojabá, río Siare, río Negro, río Guavio, río Humea, ríos directos Magdalena (md), directos al río Meta entre ríos Cusiana y Carare, río Guarrojo, río Muco, alto río Tomo, alto río Uvá, alto Vichada, río Tunia o Macayá y río Losada de los departamentos de Meta y Huila, sin embargo, frente a esto es importante mencionar que la información sobre conflictos ambientales en la región no es uniforme y presenta brechas entre los departamentos.

Las categorías de bajo y muy bajo para la gobernanza y marco normativo coinciden con la categoría bajo de la dimensión de estado de la gestión del recurso hídrico especialmente en las SZH de: río Chicamocha, río Suárez, río Ariari, río Bogotá, río Coello y río Sumapaz, siendo también estas SZH las que obtienen un ISH en categoría bajo y muy bajo. Esto indica que se debe trabajar en la gobernanza y la gestión del recurso hídrico para alcanzar una mejor seguridad hídrica de la región.

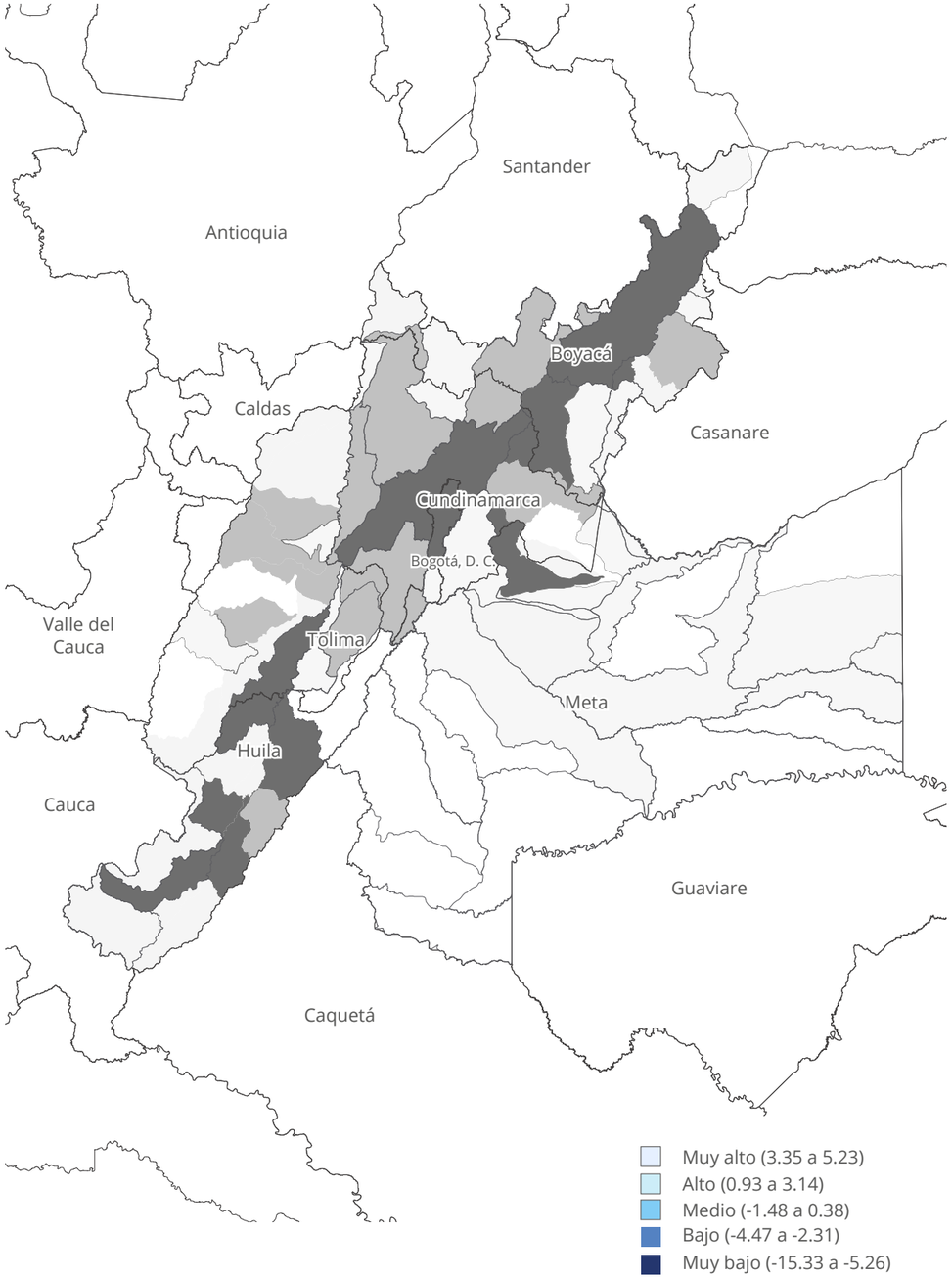
A pesar de contar con instrumentos de ordenación de la cuenca (POMCA) aprobados, la presencia de conflictos ambientales, el número de protestas y el bajo esfuerzo fiscal hacen que las SZH de río Bogotá, río Seco y otros directos al Magdalena y río Lagunilla y otros directos al Magdalena sean zonas críticas (categoría muy bajo) para la gobernanza y marco normativo para la seguridad hídrica.

Para las SZH de alto Vichada, alto río Uvá, río Guarrojo, río Muco, directos al río Meta entre ríos Cusiana y Carare y alto río Tomo el alto esfuerzo fiscal que obtienen no se refleja en la cobertura de acueducto y alcantarillado de estos territorios, no obstante cabe recordar que las inversiones relacionadas con el sector son complejas, pueden ser proyectos muy largos y deben surtir etapas de estudios previos e interventorías lo que genera problemas en la fiscalización y en control de los recursos.

Para las SZH de río Chicamocha, río Bogotá y río Guayuriba la categoría de la dimensión de gobernanza y marco normativo es muy baja mientras que estas mismas obtienen categoría de muy alto en la dimensión socioeconómica, esto indica que la débil gobernanza para la seguridad hídrica de estas zonas no depende por conflictos asociados a la infraestructura o cobertura de los servicios de acueducto y alcantarillado sino por disputas con otros usos del agua.

Las variables analizadas para identificar el estado de la gobernanza y el marco normativo para la seguridad hídrica de la región central fueron el esfuerzo fiscal municipal en seguridad hídrica

### Mapa 14. Resultado estado del recurso hídrico




**Fuente**: cálculos PNUD con datos de RAP-E, IDEAM.

El mapa 14 muestra los resultados para la dimensión del estado del recurso hídrico. Los departamentos de Huila, Tolima, Cundinamarca y Boyacá muestran los niveles más bajos.

Se recuerda que las variables analizadas para identificar el estado del recurso hídrico de la región central retoman datos provistos por el estudio nacional del agua (ENA 2018), específicamente las variables de: variabilidad oferta hídrica (VOH), índice de regulación hídrica (IRH), índice de uso del agua (IUA), demanda hídrica, índice de eficiencia en el uso del agua (IEUA) e índice de alteración potencial de la calidad del agua (IACAL). Principalmente se encuentras que:

- En promedio, la región tiene una demanda del recurso hídrico correspondiente al 22 % de la oferta en año medio y al 58 % de la oferta hídrica en año seco, siendo entre alto y muy alto.
- De la misma manera, en promedio, la región tiene un riesgo de contaminación (IACAL) clasificado en categoría moderada, para año medio y media alta para año seco.
- En año seco la región presenta tanto un aumento considerable de la demanda como un riesgo alto de la calidad del recurso, lo que evidencia la vulnerabilidad de esta frente a los efectos del cambio climático.

Por otro lado, aunque los promedios por el estado de calidad y cantidad de los recursos hídricos obtiene clasificaciones entre medio y muy alto, es importante tener en cuenta que hay múltiples SZH donde la situación es crítica, mostrando también brechas en la gestión del recurso en la región central, especialmente relacionado con la densidad poblacional.

En Cundinamarca, 27.8 % del departamento está clasificado como muy bajo, 30.9 % como bajo, 1.7 % como medio, 34.6 % como alto y 5.1 % como muy alto. Cundinamarca cuenta con una demanda de agua muy alta, conteniendo las SZH río Bogotá (que usa el 13.5 % del agua de la región y que tiene una demanda mayor que 250 % de la oferta por un año medio), río Guavio, río Garagoa, río Metica y río Suárez. Juntos representan 27.6 % de la demanda total de la región central. El puntaje del IRH por Cundinamarca es bajo, indicando que la regulación de caudales en las cuencas dentro del departamento es inestable. Algunas SZH muestran bajos puntajes en el IEUA y el IACAL, indicando un uso de agua económicamente ineficiente y un estado de la calidad del agua vulnerable.

En Boyacá, 35.6 % del departamento está clasificado como muy bajo, 21.9 % como bajo, 8.6 % como medio, 29.4 % como alto y 4.2 % como muy alto. El departamento cuenta con una alta demanda de agua también y tiene las SZH río Chicamocha, río Guavio, río





Garagoa y río Suárez que juntos representan 17.1 % de la demanda total de la región central. El puntaje en el IRH es bajo (5 SZH), indicando que la regulación de caudales en la cuenca es inestable. Muestra problemas con un uso de agua económicamente eficiente según el IEUA (principalmente en 3 SZH).

En Tolima, 6.5 % del departamento está clasificado como muy bajo, 32.3 % como bajo, 27.7 % como medio, 12.5 % como alto y 21.0 % como muy alto. El departamento de Tolima muestra problemas con la disponibilidad y la calidad del agua. Contiene varias SZH con un IUA alto, por ejemplo, río Bogotá que tiene una demanda mayor que 250 % de la oferta por un año medio. También contiene varias SZH, incluyendo río Bogotá, río Fortalecillas, río Coello y río Totare que tienen un IACAL muy alto, señalando un estado de la calidad del agua muy vulnerable en el departamento.

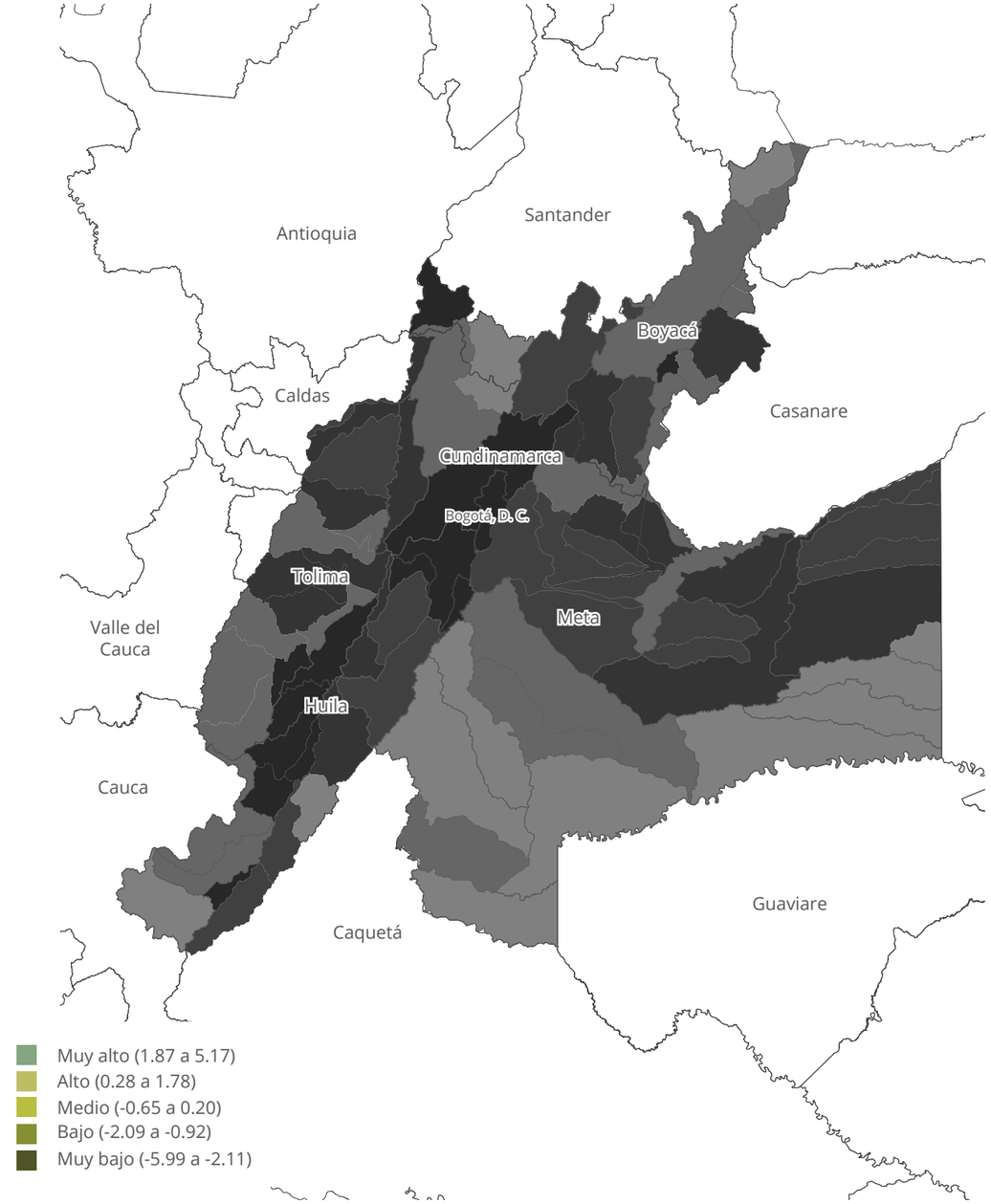
En Huila, 37.7 % del departamento está clasificado como muy bajo, 5.9 % como bajo, 44.3 % como medio y 12.1 % como muy alto. Huila también es un departamento con alta demanda de agua, conteniendo las SZH ríos directos Magdalena (md), ríos directos Magdalena (mi), río Yaguará y río Iquira que juntos representan 16.4 % de la demanda total de la región. El IUA se muestra crítico por 3 SZH (indicando una demanda que supera el 100 % de la oferta) y muy alto por otros 3 SZH (indicando una demanda que supera el 50 % de la oferta). La VOH es clasificada como alta en 6 SZH dentro el departamento. En términos de calidad el IACAL es clasificado como muy alto por varias SZH dentro el departamento.

En Meta, 1.8 % del departamento está clasificado como muy bajo, 1.1 % como bajo, 5.0 % como medio, 34.8 % como alto y 57.3 % como muy alto. Entonces, el departamento de Meta muestra menos problemas con la dimensión del estado recurso hídrico en la región central. No hay fuertes tendencias por indicadores de recurso hídrico como en los otros departamentos, aunque varias SZH en el departamento muestra bajos puntajes en el IRH y IEUA. Entre las pocas SZH que muestran una vulnerabilidad más grande están río Guatiquía, río Metica (Guamal-Humadea), río Sumapaz y río Negro, cuencas (Guatiquía, Metica y Sumapaz) que son compartidas con el departamento de Cundinamarca.

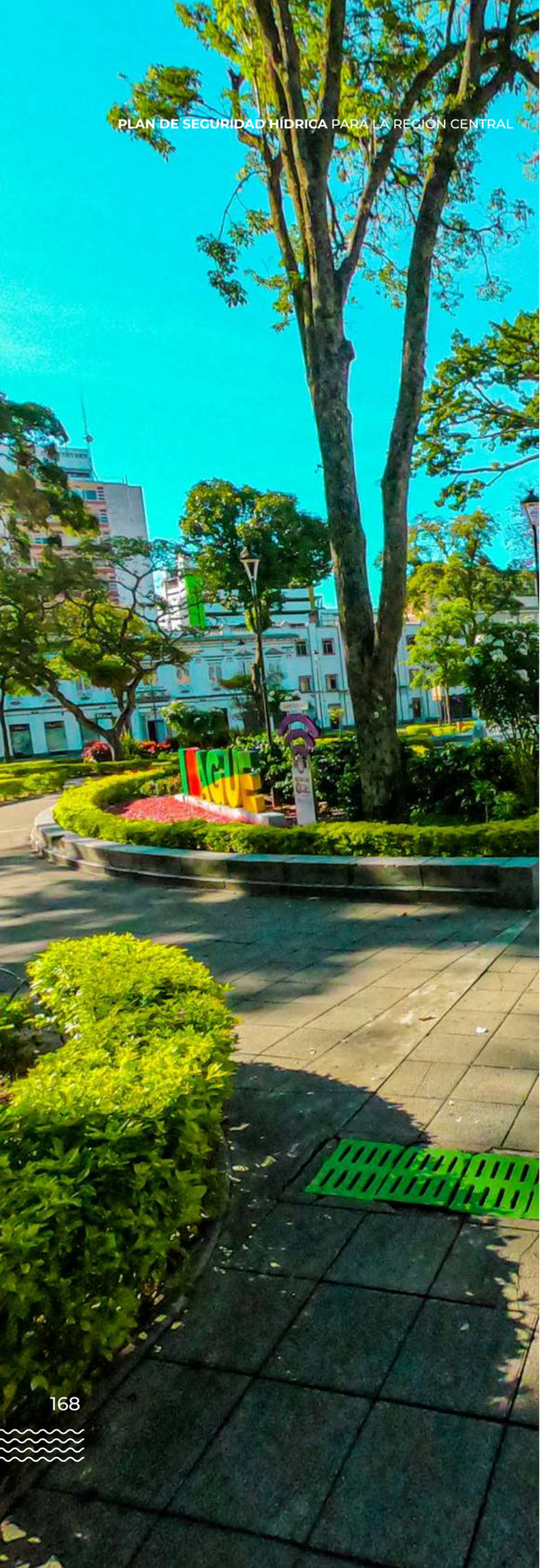




**Mapa 15. Resultado Estado de conservación de los servicios ecosistémicos relacionados con el agua**




**Fuente**: cálculos PNUD con datos de RAP-E, IDEAM.



La combinación de las variables aquí analizadas es la aproximación para entender la relación entre ecosistemas y el recurso hídrico en la generación de servicios ecosistémicos hídricos, tomando como referencia las variables ya descritas como el porcentaje de cobertura de bosques, el porcentaje de áreas protegidas, el porcentaje de área en rondas hídricas cubierta por bosque y la tasa de deforestación.

Para Cundinamarca, 35.1 % del departamento está clasificado como muy bajo, 17.6 % como bajo, 35.5 % como medio, 8.3 % como alto y 3.4 % como muy alto. Este departamento se caracteriza por contar con una porción importante de áreas intervenidas que coincide con aquellas SZH que tienen bajos desempeños en términos de calidad de agua o gestión del recurso hídrico. Las subzonas hidrográficas andinas se caracterizaron por ser las más deforestadas, pues tienen además la historia más larga de transformación y uso del suelo en sus territorios.

En Tolima, 11.3 % del departamento está clasificado como muy bajo, 31.1 % como bajo, 21.7 % como medio, 35.9 % como alto y 0 % como muy alto. El departamento de Tolima muestra que no tiene ninguna SZH con un puntaje muy alto.

En términos de deforestación, las regiones de mayor pérdida de bosque se ubicaron en zonas donde el indicador de porcentaje en área de bosque señaló el menor valor, al igual que aquellas cuencas donde se reportaron cambios netos positivos (regeneración). El índice, que estima el porcentaje de bosque cambiado respecto al valor del periodo anterior, cuantificó la dinámica relativa a la cantidad de bosque previo, con lo cual zonas de poco bosque, que posiblemente tengan altas presiones de transformación, fueron aquellas que se categorizaron más severamente. Tanto índices de transformación muy negativos o positivos fueron reportados en zonas con muy poca cobertura de bosque. Esto se presentó en Bogotá y alrededores, Tolima grande y arco de deforestación en el Meta-Caquetá.

El departamento del Huila estaría en el segundo lugar después de Cundinamarca al mostrar un desempeño bajo por contar con la mayor cantidad de área calificada en niveles muy bajos y bajos en relación al estado de sus variables relacionadas con los ecosistemas, el 21.1 % del departamento está clasificado como muy bajo, el 11.9 % como bajo, 26.3 % como medio y 19.7 % como muy alto.







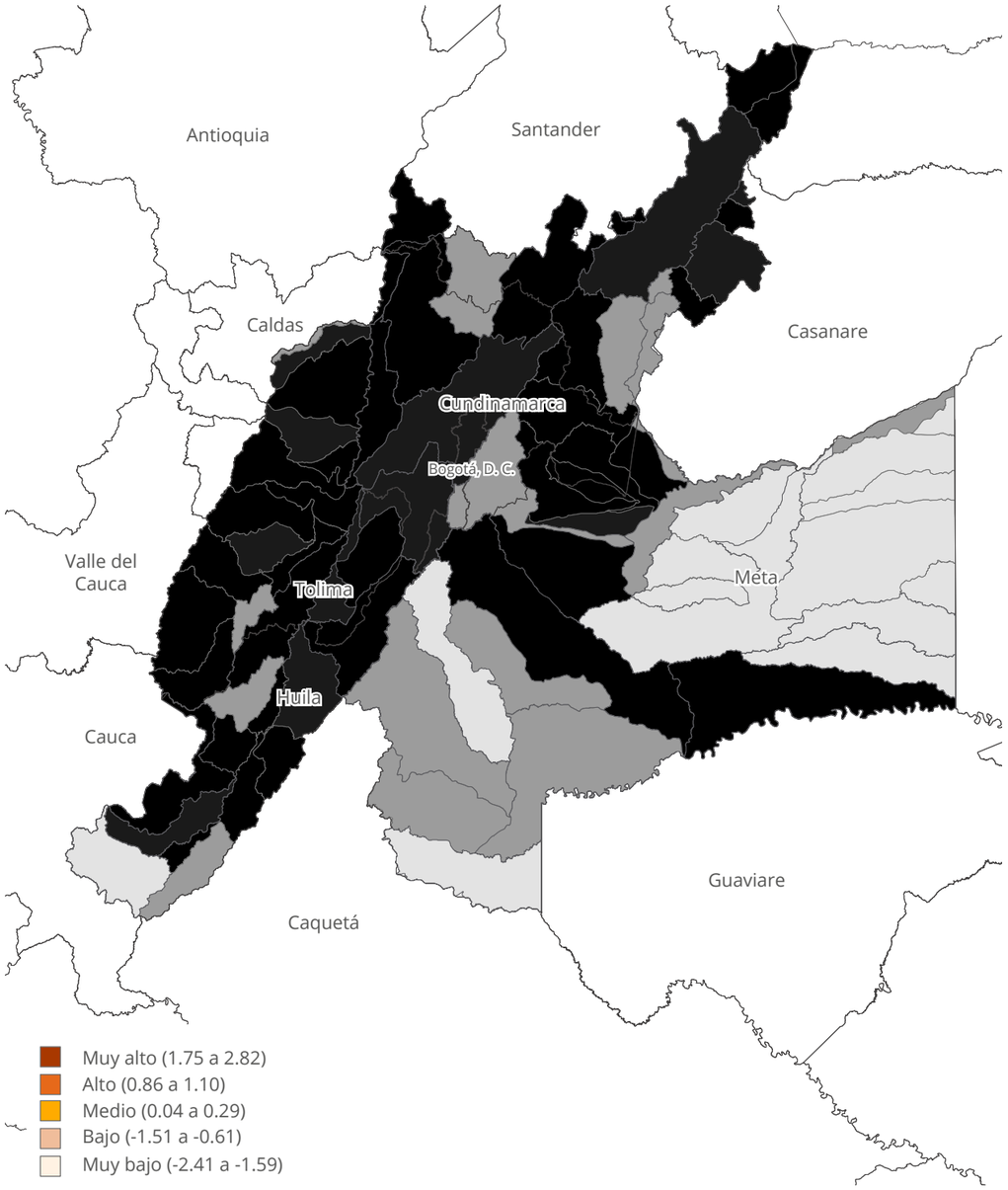
En Boyacá, 6.7 % del departamento está clasificado como muy bajo, 17.4 % como bajo, 21.2 % como medio, 41.5 % como alto y 13.1 % como muy alto. El departamento cuenta con condiciones aceptables en más del 50 % de su área, con los mejores despeños en comparación con otros departamentos. Las cuencas ubicadas al nororiente fueron determinadas como las de menor pérdida de bosque.

En Meta, 0 % del departamento está clasificado como muy bajo, 20 % como bajo, 18.1 % como medio, 21.3 % como alto y 39.9 % como muy alto. El departamento de Meta muestra en términos relativos áreas con menos problemas en el estado de los ecosistemas en la región central, junto con el departamento de Boyacá. En cuanto al porcentaje de área en bosque, los valores más altos alcanzaron el 94 % correspondientes a subzonas ubicadas mayoritariamente en la región amazónica. La media y mediana de esta variable son 24 % y 17 % respectivamente, indicando una alta transformación de los ecosistemas de la región, especialmente a lo largo de la vertiente occidental de la cordillera Oriental y sobre el valle del río Magdalena.

En el siguiente lugar, en términos de baja cobertura de bosques, se encuentran las de la región de la Orinoquía, que está dominada por sabanas y donde naturalmente los bosques no son tan extensos. Para bosque de galería, se cuenta con el mismo patrón espacial que el indicador anterior, sin embargo, las cuencas de la Orinoquía, que naturalmente se caracterizan como sabanas y bosques ripiaros, aumentan su posición relativa frente a todas las cuencas de la región en este indicador.

Para porcentaje de superficie en áreas protegidas se estimaron valores desde 0 (14 áreas) hasta el 62 %. Se encontró que en promedio las subzonas están cubiertas en un 12 % y en un 9 % usando la mediana. Las cuencas con mayor representatividad se pueden agrupar en tres conjuntos: las del arco de deforestación amazónico, alto Magdalena en Cauca y río Fonce en Santander y río Bojabá al norte de Boyacá. El resto de las cuencas en la región Andina, valle del Magdalena y Orinoquía se acercan a los valores promedios de la región en términos de protección de áreas protegidas.

**Mapa 16. Resultado del nivel de riesgo climático**




**Fuente**: cálculos PNUD con datos de RAP-E, IDEAM.

Del análisis de riesgos por eventos hidrometeorológicos extremos, específicamente sequías e inundaciones, se evidenció el gran peso que ejerce la variable vulnerabilidad en la valoración del riesgo, lo cual implica que independientemente de la recurrencia o extensión de la amenaza, en caso de que se registre uno de estos eventos, es muy probable que se generen afectaciones, debido a que el sistema socioeconómico no se encuentra en capacidad de prevenir o mitigar la amenaza.

## *Sequías*

La amenaza por sequía agrícola para la región central no es muy representativa en términos de su recurrencia, debido a que la menor frecuencia en la que se puede presentar este tipo de evento se encuentra en el rango de 10 a 30 años y solo para el 15.81 % del área total, mientras que 43.85 % de la región presenta una recurrencia de este tipo de eventos en periodos superiores a 80 años.

La vulnerabilidad ante la sequía incide en mayor proporción en el riesgo por sequía, debido a que 15.67 % de área total de la región se encuentra en la categoría de muy alta vulnerabilidad, indicativa de zonas que ante eventos de sequías tienen una probabilidad muy alta de registrar desabastecimiento.

## *Inundaciones*

La amenaza por inundación para la región central no es muy representativa en términos de su extensión, debido a que 59 de las 78 subzonas analizadas se ubican en la categoría de amenaza baja; es decir, que solo entre el 0 % y 15 % del área de su cuenca presenta susceptibilidad ante inundaciones lentas.

La vulnerabilidad ante inundaciones, indica que en un alto porcentaje del área de la región central (41.71 %), un promedio entre 5 % a 10 % de la población total ha sido afectada por este tipo de eventos. Es decir, a pesar de que las inundaciones lentas no se identificaron como una amenaza relevante en términos de extensión, sí lo son en función de sus impactos, alcanzando un alto número de personas afectadas.

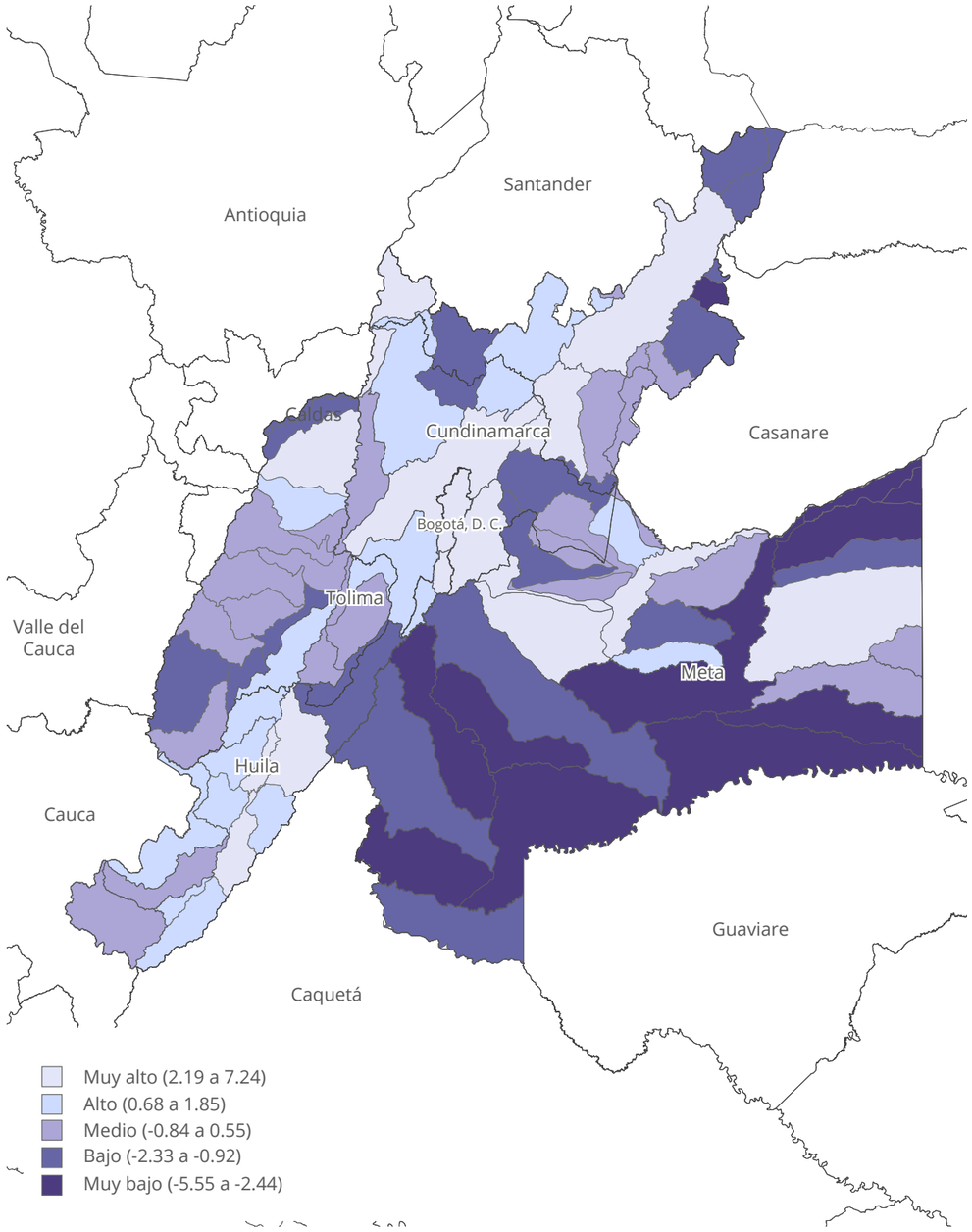
Por otra parte, del análisis combinado de los índices estudiados se obtuvo que las 13 SZH que presentan un mayor riesgo de inseguridad hídrica relacionada con la probabilidad de ocurrencia y vulnerabilidad ante eventos hidrometeorológicos extremos son: directos al río Meta entre ríos Humea y Upía, río Metica (Guamal-Humadea), río Guatiquía, Juncal y otros ríos directos al Magdalena, río Guacavía, río Pauto, directos al Magdalena medio entre ríos Negro y Carare, río Prado, río Aipe, Chenche y otros directos al Magdalena, río Opía, bajo Saldaña, río Luisa y río Seco (mapa 16).

Se identificó que la mayoría de las SZH con mejores resultados se localizan en el departamento del Meta, lo que se relaciona con el menor nivel de riesgo por sequía que caracteriza a esta subregión, así como a un mejor estado de conservación de los ecosistemas, en donde las SZH de alto Guaviare, río Tunia o Macayá, río Siare, río Iteviare y río Uvá, se encuentran en la categoría muy alta para la dimensión de conservación de los ecosistemas, lo cual incide en una mejor regulación hídrica.

La mayor proporción de las SZH que se ubican en jurisdicción de la cuenca alta y media del río Magdalena, se encuentran en las categorías de más bajo desempeño, lo que responde al mayor peso que le asigna el riesgo por sequía en esta zona, así como el aumento de la vulnerabilidad de la población en términos de su exposición a la inundación, mayor demanda de agua, alta intervención de ecosistemas estratégicos para la regulación hídrica y baja implementación de instrumentos para el manejo y ordenación de las cuencas.

Lo anterior se ve reforzado por la coincidencia que se presenta entre las categorías de bajo desempeño en esta dimensión, con las categorías de bajo desempeño en las dimensiones de gobernanza y gestión del recurso hídrico, para las SZH de río Chicamocha, río Ariari, río Bogotá, río Lagunilla y río Seco y otros directos al Magdalena, caracterizadas por ser zonas de alta conflictividad, en las que existe una mayor competencia sobre el recurso hídrico y por lo tanto presentan mayor vulnerabilidad a la escasez.

### Mapa 17. Resultado del estado de las condiciones socioeconómicas para la seguridad hídrica




**Fuente**: cálculos PNUD con datos de RAP-E, IDEAM.

Esta dimensión se refiere a las condiciones de la infraestructura social y productiva relacionadas con el manejo el agua. Las cuencas del departamento del Meta dan cuenta de los peores indicadores en cuanto a condiciones de coberturas en acueducto y alcantarillado, distritos de riego operando y baja productividad hídrica.

Las cuencas con mejores indicadores en esta dimensión son las ubicadas en Boyacá, Cundinamarca, Tolima y Huila. Mostrando en su mayoría niveles medios y altos respecto al estado de la dimensión socioeconómica. Esto se explica por las diferencias en cuando a desarrollo económico, que han tenido claras ventajas históricas, ya que las actividades productivas se han concentrado en el eje central de la región.

Una tendencia interesante dentro de las SZH analizadas es que las mejores coberturas en acueducto y alcantarillado no necesariamente cuentan con plantas de tratamiento residuales, lo que evidencia una ineficiencia o falta de aprovechamiento de los sistemas de alcantarillado, ya que no hay conexión con plantas de tratamiento que eviten la disposición directa en cuerpos de agua.

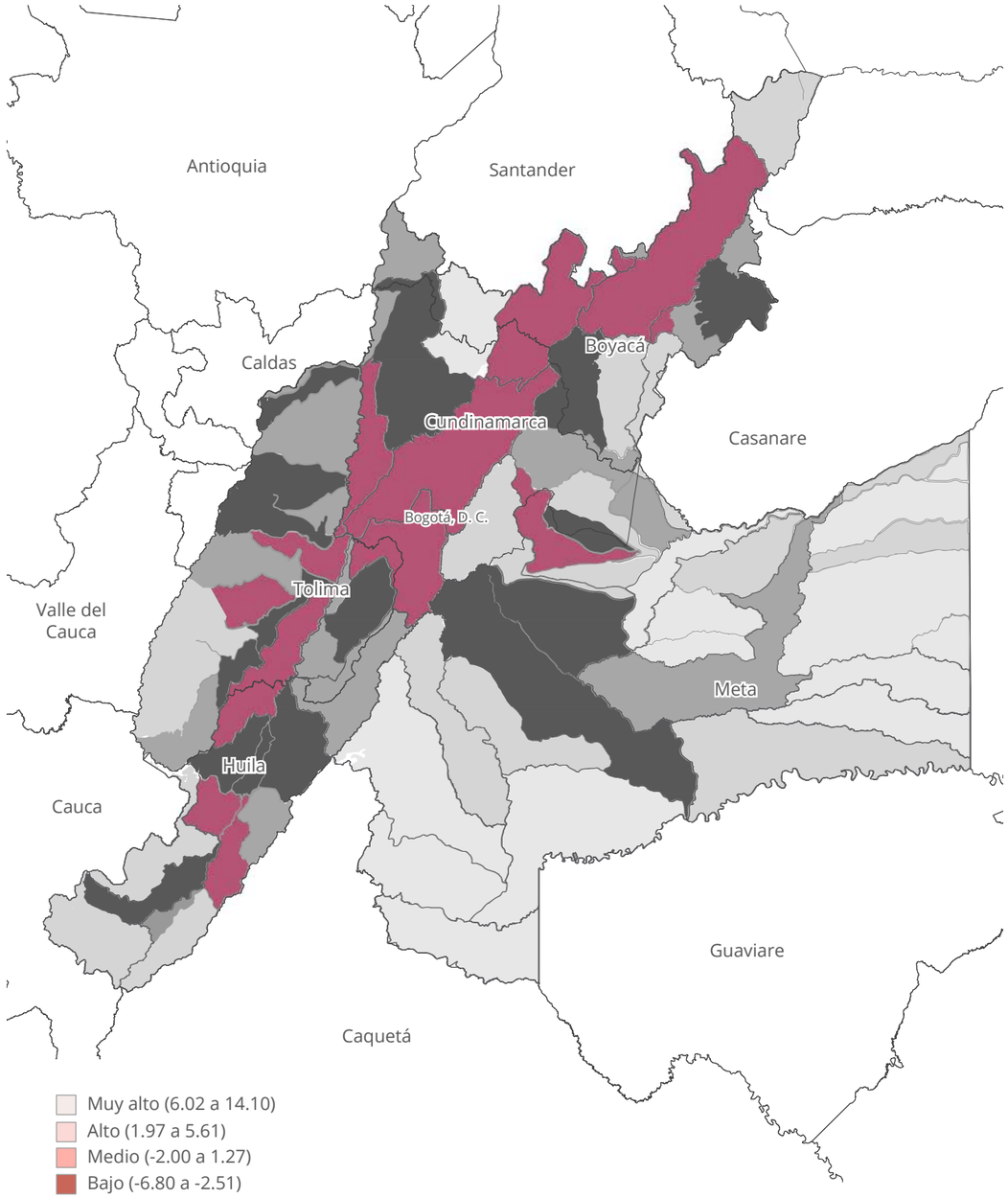
Las 10 SZH con los peores puntajes en esta dimensión son: alto río Tomo, directos al río Meta entre ríos Cusiana y Carare, río Muco, río Guarrojo, alto río Uvá, río Negro, río Yucao, río Siare, río Melúa y río Tunia o Macayá (mapa 17).

Una de las variables analizadas es la productividad hídrica y muestra que las SZH con los mejores desempeños son: alto Vichada, río Iteviare, río Guayuriba, alto río Uvá, caño Cumaral, río Tunia o Macayá, río Sumapaz y río Negro. Sin embargo, al mismo tiempo tienen bajas coberturas en acueducto, alcantarillado y no cuentan con suficientes PTAR y distritos de riego en operación. Esto indica que el aprovechamiento económico del agua no se ve reflejando en mejores indicadores sobre servicios públicos básicos asociados al agua.

La densidad poblacional es una variable que muestra el posible nivel de presión sobre el recurso hídrico y en este caso las SZH con mayor densidad son: río Guape, río Bogotá, río Cabrera, río Sumapaz, río Negro, río Guayuriba, río Luisa y otros directos al Magdalena, río Ariari y río Opía.



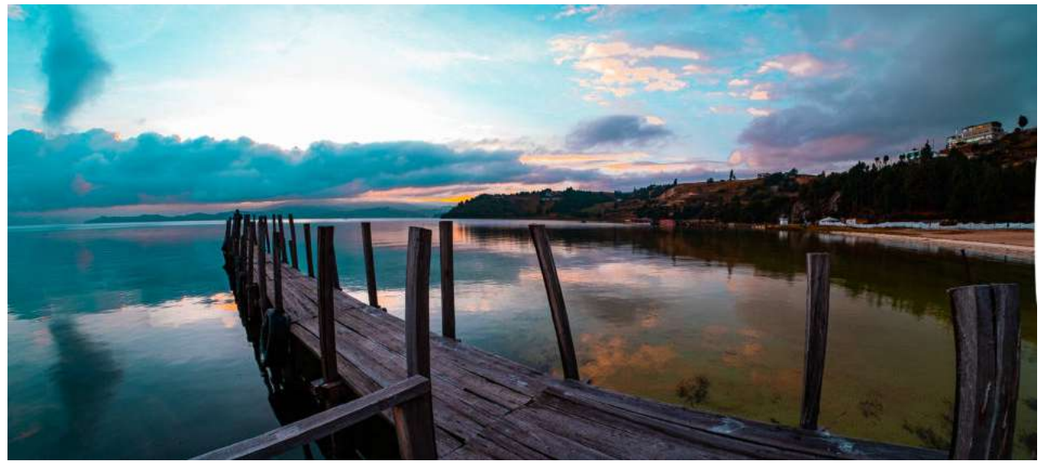
## Mapa 18. Resultado índice de seguridad hídrica




**Fuente**: cálculos PNUD con datos de RAP-E, IDEAM.







En conclusión, con el índice de seguridad hídrica desarrollado por el PNUD y la RAP-E - Región Central, se identificó que 12 de sus 78 cuencas se encuentran en estado crítico, estas proveen agua para más de catorce millones de personas de Bogotá, Cundinamarca, Boyacá, Huila, Meta y Tolima. Estas cuencas con índice muy bajo en su nivel de seguridad hídrica son: río Bogotá (Cundinamarca, Tolima), río Aipe, río Chenche y otros directos al Magdalena (Tolima, Huila), río Yaguará y río Iquira (Huila), río directos Magdalena (Huila), lago de Tota (Boyacá), río Guatiquía (Meta, Cundinamarca), río Seco y otros directos al Magdalena (Cundinamarca, Tolima), río Sumapaz (Cundinamarca, Tolima, Meta, Huila), río Luisa y otros directos al Magdalena (Tolima, Cundinamarca), río Chicamocha (Boyacá) río Tetuán y Río Ortega (Tolima) y el río Suárez (Boyaca, Cundinamarca).

Los principales factores que determinan los bajos niveles de seguridad hídrica en el caso de estas cuencas se explican fundamentalmente por la baja gestión adecuada del recurso hídrico para la región central, en donde los mayores retos que se identifican están relacionados con la gestión del alto índice del uso del agua (IUA), la alta demanda hídrica sectorial y la baja eficiencia en el uso del agua (IEUA), sumado al bajo potencial de la calidad del agua (IACAL).

Otro factor importante de la debilidad de estas subzonas hidrográficas es el bajo nivel de la gobernanza del agua y de las capacidades institucionales en la región central, siendo así importante fortalecer las acciones para la gestión y reducción de los conflictos socioambientales y asociados al agua.

Finalmente, la dimensión que explica este nivel crítico de seguridad hídrica es el estado de los servicios ecosistémicos relacionados con el agua en estas cuencas, siendo los elementos más importantes para reducir esa inseguridad hídrica: mejorar o ampliar el porcentaje del área de la ronda hídrica cubierto por bosques, el porcentaje del área de la subzona cubierto por bosques y el porcentaje del área de la subzona hidrográfica cubierta por áreas protegidas mediante esquemas alternativos.

Las subzonas hidrográficas con niveles bajos según el índice de seguridad hídrica tenemos (16) a: ríos directos al Magdalena (mi) (Huila), ríos Fortalecillas y otros (Huila, Tolima), río Coello (Tolima), río

Otro factor importante de la debilidad de estas subzonas hidrográficas es el bajo nivel de la gobernanza del agua



Garagoa (Boyacá, Cundinamarca), río Bajo Saldaña (Tolima), río Totare (Tolima, Cundinamarca), Juncal y otros ríos directos al Magdalena (Huila), río Ariari (Meta, Cundinamarca), río Negro (Meta), río Metica-Guamal-Humadea (Meta, Cundinamarca), río Cravo Sur (Boyacá), Medio Saldaña (Tolima, Huila), río Gualí (Tolima, Cundinamarca), río Prado (Tolima, Cundinamarca), río Guacavía (Cundinamarca, Meta) y río Baché (Huila, Tolima).

Los factores más determinantes de estas cuencas son descritos por dos dimensiones de la seguridad hídrica con bajos puntajes: el estado de la gestión del recurso hídrico y el bajo promedio en los niveles de gobernanza del agua en la región central. Nuevamente, la baja gestión del agua es una variable determinante y en este caso específico es la baja calidad del agua y el bajo uso eficiente del recurso, siendo así, de manera más relevante, en las subzonas hidrográficas de río Coello, río Chicamocha, río Totare y río Fortalecillas.

En relación al nivel de la gobernanza se observa una combinación de factores con bajos puntajes que van desde el bajo nivel de esfuerzo fiscal, la alta conflictividad socioambiental y la necesidad de avanzar en la implementación de planes ordenación de algunas de sus subzonas hidrográficas como: río Tetuán, río Ortega, medio Saldaña, bajo Saldaña, río Coello y río Baché.

Del grupo de 78 subzonas hidrográficas tenemos 18 de ellas en niveles medios de seguridad hídrica, mostrando un grupo equilibrado en términos promedio de las cinco dimensiones análisis, pero, a pesar de ello, existen particularidades donde estas cuencas tienen oportunidad de mejorar y evitar el riesgo de caer en niveles bajos de seguridad hídrica.

En este caso se podría resaltar que en aquellos con menor puntaje dentro del grupo de nivel medio de seguridad hídrica se encuentran las SZH de los ríos directos al Magdalena entre ríos Cabrera y Sumapaz, río Neiva, río Lagunilla y otros directos al Magdalena y río Atá. Siendo el común denominador los niveles bajos de gobernanza y de estado de los ecosistemas. Por otro lado, las SZH de río Guarrojo, ríos directos al río Meta entre ríos Cusiana y Carare, el río Guarinó, río Fonce y los ríos directos al Magdalena entre ríos Seco y Negro muestran los peores puntajes en la dimensión socioeconómica y en nivel de riesgo por sequía e inundaciones. En este sentido, es importante fortalecer estas dimensiones para evitar que estas zonas bajen su nivel de seguridad hídrica.

El índice de seguridad hídrica identifica 18 SZH en un nivel alto de seguridad hídrica. En este grupo tenemos: río Lengupá (Boyacá) , alto Magdalena (Huila) , río Páez (Huila, Tolima), río Guejar (Meta), río Negro (Cundinamarca, Boyacá), río Upía (Boyacá, Meta, Cundinamarca), río Suaza (Huila), río Guape (Meta, Cundinamarca, Huila) , río Amoyá (Tolima), río Cobugón - río Cobaría (Boyacá), Alto Saldaña (Tolima), río Guayuriba (Cundinamarca, Meta), medio Guaviare (Meta), río Bojabá, (Boyacá), directos al río Meta entre ríos Cusiana y Carare (Meta), río Humea (Cundinamarca, Meta), río Guarrojo (Meta) y río Yucao (Meta).

En este grupo las SZH se destacan por mostrar niveles altos o muy altos en las dimensiones de estado de la gestión del recurso hídrico y de estado de los ecosistemas, seguido por niveles medios o altos en las condiciones de gobernanza analizados en este índice. Las oportunidades de mejora de este grupo de SZH se encuentran en las dimensiones sobre gestión del riesgo y en algunas cuencas en las condiciones socioeconómicas asociadas al agua, que muestran niveles medios o bajos, donde se podría trabajar en mejorar condiciones de infraestructura asociada al agua, al igual que en fortalecer sus sistemas de prevención y atención de desastres, estas son las SZH río Melúa, alto Guaviare, alto río Tomo, río Muco y río Guape las cuales se contrarrestan por las buenas puntuaciones, en las demás dimensiones ya descritas.

Las SZH que se ubicaron en un nivel muy alto de seguridad hídrica, según las variables utilizadas, tienen unas condiciones relativas mejores frente al total de las 78 cuencas analizadas en las cinco dimensiones del análisis. Esto no implica que no existan algunos elementos sobre los cuales seguir trabajando para reforzar la seguridad hídrica regional. En este grupo se observan las siguientes SZH: río Carare (Minero), río Melúa, alto Guaviare, río Muco, alto río Tomo, caño Cumaral, directos río Metica entre ríos Guayuriba y Yucao, río Losada, río Siare, río Iteviare, río Guayabero, alto Vichada, alto río Uvá y río Tunia o Macayá.

En este grupo observamos que las dimensiones con mejores puntajes, que explican en gran parte el nivel muy alto de seguridad hídrica, son el buen estado del recurso hídrico, los niveles adecuados de gobernanza y finalmente el estado de los ecosistemas, que en su mayoría muestran niveles altos o muy altos de calidad. Además, los niveles de riesgos por sequía o inundación que muestran niveles relativamente bajos. Por otra parte, estas SZH muestran resultados en la dimensión socioeconómica con niveles bajos, lo cual no supera los promedios buenos que se reflejan en las demás dimensiones, esto también es coherente ya que estas cuencas en general son las que menos dinámica productiva tienen, por eso la baja cantidad de distritos de riesgo y la baja densidad poblacional, así la presión sobre las variables ambientales y el recurso hídrico es menor.

En relación al nivel de la gobernanza se observa una combinación de factores con bajos puntajes que van desde el bajo nivel de esfuerzo fiscal, la alta conflictividad socioambiental y la necesidad de avanzar en la implementación de planes ordenación de algunas de sus subzonas hidrográficas como: río Tetuán, río Ortega, medio Saldaña, bajo Saldaña, río Coello y río Baché.

# 4

# ANÁLISIS DE PROSPECTIVA REGIONAL DESDE LAS DIMENSIONES DE ANÁLISIS

**PLAN DE SEGURIDAD HÍDRICA (PSH) - REGIÓN CENTRAL**
MARCO ESTRATÉGICO Y PROGRAMÁTICO

# 4.1
# **Mapa de instituciones** y actores involucrados

La gestión del agua es un tema transversal en la sociedad e involucra diferentes actores públicos, privados y de la sociedad civil, en diversos niveles de gobierno. Para alcanzar la seguridad hídrica es necesario el reconocimiento de esa diversidad de actores y la promoción de mecanismos de articulación para la cooperación y el fortalecimiento de las capacidades de gestión del agua.

Para el Plan de Seguridad Hídrica - Región Central se hizo un diagnóstico de actores que identifica a aquellos que tienen interés en incidir en las decisiones de aprovechamiento y conservación del agua de la región, analizando además su posición y papel en el proceso de toma de decisiones en la apropiación y gestión del agua.

Los actores fueron clasificados y categorizados de acuerdo con su rol en la seguridad hídrica así:

- Actores según su escala o el ámbito territorial en el que se desempeñan (internacionales, nacionales, regionales y locales).
- Actores según su naturaleza (sociedad civil, públicos, privados).
- Actores según su interés en incidir en los temas de seguridad hídrica (alto y bajo interés), para ello se tuvieron en cuenta sus objetivos sociales, funciones o competencias.
- Actores según poder de incidir (alto y bajo poder), esto se calificó de acuerdo con los recursos disponibles, económicos, legales, de acceso a la información, control de medios de comunicación, experiencia, liderazgo y movilización social.

Este mapeo y análisis de actores permite caracterizar mejor la gobe rnanza del agua en la región y los procesos políticos asociados a la interacción entre diferentes actores, también es un insumo clave para priorizar acciones estratégicas que mejoren la seguridad hídrica.

Es importante anotar que este tipo de análisis sistematiza en un momento del tiempo la complejidad social, política e institucional de los procesos de formulación e implementación de decisiones colectivas alrededor del agua (Hufty, 2011). Esto implica que es un análisis dinámico que requiere actualización periódica para que refleje en cada momento del tiempo la diversidad de relaciones existentes entre los actores.

En este mapeo la identificación de actores estuvo muy relacionada con la matriz de identificación de conflictos socioambientales presentes en la región central que se desarrolló en el componente de gobernanza del ISH. Así, la mayoría de los actores sociales mapeados corresponden a los que participan o están involucrados en conflictos por el agua. Se identificaron más de mil ochocientos actores agrupados como muestra la siguiente tabla.



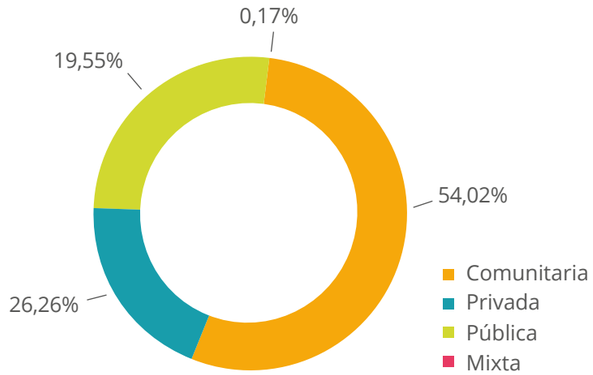
**Tabla 50. Agrupamiento de los actores de la seguridad hídrica en la región central, según ámbito de acción**

| Ámbito | Grupo de actores |
|---|---|
| **Internacional** | Empresa privada.<br>Organizaciones sociales.<br>Academia.<br>Entes de control. |
| **Nacional** | Empresas privadas.<br>Empresas públicas.<br>Financiamiento.<br>Institutos investigación.<br>Ministerios.<br>Organizaciones sociales.<br>Organizaciones sectoriales.<br>Academia.<br>Autoridades de gestión del riesgo.<br>Autoridades ambientales.<br>ONG<br>Fondos de agua.<br>Organizaciones sectoriales.<br>Fuerzas armadas.<br>Gremios. |
| **Regional** | Empresas privadas.<br>Empresas servicios públicos (ESP).<br>Organizaciones sociales.<br>Academia.<br>Autoridades de gestión del riesgo.<br>Asociaciones productores.<br>Autoridades ambiental.<br>ONG.<br>Autoridades departamentales.<br>Gremios. |
| **Local** | Empresa privada.<br>Empresas de servicios públicos (ESP).<br>Institutos investigación.<br>Organizaciones sociales.<br>Autoridades de gestión del riesgo.<br>Autoridades municipales.<br>Autoridades ambientales.<br>ONG.<br>Cooperación internacional.<br>Asociaciones productores. |

Según su ámbito territorial, más del 85 % de los actores identificados son del nivel local y un poco más del 7 % son del nivel nacional. Esto se relaciona con la gobernanza descentralizada que caracteriza la gestión del agua en el país, donde la responsabilidad del gobierno central se reparte entre niveles descentralizados (regional y local) y entre diversos actores no estatales (privados y sociedad civil).

Está gobernanza descentralizada es también jerárquica, en tanto el Estado central tiene un rol predominante en las decisiones sobre el agua y su interacción con otros actores está basada en la autoridad legal y formal, de carácter vertical, coercitiva, de regulación y mediante el uso de instrumentos de comando y control. No obstante, esta dinámica enfrenta limitaciones operativas y técnicas para garantizar el cumplimiento y aplicación de normas y su eficacia para enfrentar conflictos es limitada, como ya se analizó en la sección de gobernanza del ISH.

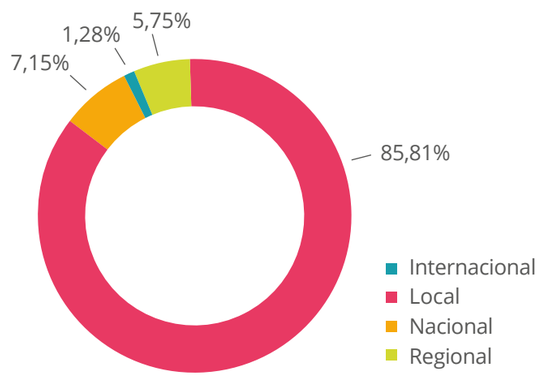
**Ilustración 16. Clasificación actores según su escala o ámbito territorial**




En efecto, el 77 % de los actores locales mapeados corresponden a las empresas de servicios públicos las cuales son de naturaleza diversa: se encuentran organizaciones privadas, públicas (operadas directamente por las autoridades municipales) y pequeños prestadores de agua potable y saneamiento básico en áreas rurales, cuya naturaleza es comunitaria.

La diversidad de actores estatales, privados y sociales que participan en la gestión del agua son evidentes en la región central y revelan la coexistencia de diversas visiones del agua (bien público, derecho humano, servicio público, vida, etcétera) y de diferentes reglas y normas que definen modelos institucionales de gestión del agua distintos.

**Ilustración 17. Clasificación actores según su naturaleza**








Adicional al mapeo de actores se realizó un análisis de la influencia de estos según el interés en incidir en la seguridad hídrica y el poder que tienen sobre la misma. Para este ejercicio se entiende la incidencia como el esfuerzo de un conjunto de actores públicos y privados para definir en el proceso de diseño, formulación ejecución y evaluación de las políticas, este proceso se define a partir de los diferentes espacios y niveles de participación de los actores involucrados y las acciones para el acceso a la información, toma de decisiones y realización de acciones conjuntas (Quijano, 2009, p. 10). Así que, tomando en cuenta los objetivos, las funciones y las competencias de cada actor, se calificó si tenían alto o bajo interés en incidir en la seguridad hídrica.

Por otro lado, el poder se concibió como la capacidad real o simbólica para que el actor mantenga, modifique, o transforme el entorno e impacte de manera positiva o negativa de acuerdo con el contexto (Quijano, 2009, p. 10). Se evaluó en alto y bajo poder, a partir de los recursos disponibles de cada uno, incluyendo económicos, legales, acceso a la información, medios de comunicación, experiencia, liderazgo y movilización social.

**Ilustración 18. División del grupo de actores según su interés y poder**




Este análisis arrojó una clasificación en cuatro grupos de actores que permite por un lado identificar y priorizar acciones para fortalecer la seguridad hídrica en cada grupo y, por otro, identificar las debilidades en los espacios de articulación o intermediación entre estos actores.

## Grupo 1. Actores con alto poder y bajo interés.

Corresponde a los actores sociales que no tienen interés específico en la gestión sostenible del agua, pero que disponen de recursos que tienen un alto impacto sobre la seguridad hídrica del agua.

Este grupo está compuesto principalmente por empresas privadas, cuyos procesos productivos hacen uso intensivo del agua; organizaciones sectoriales, especialmente del sector minero e hidrocarburos; algunos gremios y asociaciones de productores, y también organismos de control. La mayoría de estos actores corresponden al nivel nacional e internacional

Estos actores reflejan las principales tensiones que existen entre la gestión del agua y la gobernanza de sectores económicos estratégicos para el país, como el minero energético e industrial. También evidencia la necesidad de articulación interinstitucional para alcanzar la seguridad hídrica.

Para este grupo se sugiere priorizar acciones que promuevan e incentiven la participación y coordinación de estos actores con otros claves en la gestión del agua, ya que el cumplimiento de los objetivos sectoriales de estos suele identificarse en contravía con procesos locales de ordenamiento territorial y ambiental, además en su relacionamiento se evidencian, en general, tensiones entre el nivel central y territorial.

## Grupo 2. Actores con alto poder e interés.

Agrupa a los actores sociales que participan activamente en la gestión y uso del recurso, toman decisiones y tienen facultades para impactar significativamente la seguridad hídrica.

Este grupo es diverso en cuanto a los ámbitos de acción y la naturaleza de los actores. Se encuentran asociaciones de productores, gremios, empresas, autoridades locales, ambientales y de gestión del riesgo, tanto del nivel central como territorial. Las organizaciones sociales tienen un rol importante, así como las empresas de servicios públicos.

## Grupo 3. Actores con bajo poder y alto interés.

Corresponde a los actores sociales que participan activamente en la gestión y el uso del recurso pero cuya gestión tiene un impacto bajo sobre el contexto de la seguridad hídrica, ya que no cuentan con los recursos adecuados para lograrlo.

Las principales limitaciones para este grupo provienen de la falta de recursos técnicos y económicos para incorporar medidas de protección y conservación, la escasez de información para el seguimiento y monitoreo de los impactos sobre el agua, que se relaciona con la debilidad en la transparencia y sus impactos en la participación efectiva.

Con este grupo conviene focalizar actividades dirigidas al fortalecimiento de capacidades específicas de los actores, así como la transparencia de las instituciones y los ejercicios de rendición de cuentas, que contribuyan a una mejor articulación entre los actores y una participación efectiva en la toma de decisiones.

## Grupo 4. Actores con bajo poder e interés.

Corresponde a los actores sociales que no se encuentran interesados por participar e involucrarse en la gestión del agua, y cuyas acciones tienen un bajo impacto sobre el mismo. Este grupo contiene la menor cantidad de actores del mapa y se ubican en él algunas organizaciones de productores y organizaciones sociales que no incluyen en su agenda política el tema del agua.

**Ilustración 19. Principios de la gobernanza del agua**

### PRINCIPIOS DE GOBERNANZA DEL AGUA

El Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo junto con el Instituto Internacional del Agua de Estocolmo, definieron tres principios de la gobernanza del agua: la transparencia, la rendición de cuentas y la participación (UNDP,2013). Estos tres principios están estrechamente relacionados entre sí y sus mecanismos de funcionamiento determinan cómo se comportan las partes interesadas en el recurso hídrico y cómo trabajan juntas.

Así, la transparencia es una condición previa para la participación y la rendición de cuentas, si las personas no tienen acceso a la información sobre las actividades de las instituciones, no podrán participar en la toma de decisiones o seguimiento. Del mismo modo, la transparencia sin rendición de cuentas puede conducir a la desilusión y desconfianza en las instituciones, ya que los ciudadanos tienen información sobre servicios a los que tienen derecho, pero no tienen ningún mecanismo para pedir cuentas a los que están en el poder si no reciben tales servicios (UNDP,2013).

**Transparencia**

Nivel de apertura de los procesos de toma de decisiones de los ciudadanos y los medios de comunicación.

**Rendición de cuentas**

Conjunto de mecanismos de control supervición y sanción con los que instituciones, públicas y privadas responden por sus acciones.



**Participación**

La posibilidad de que los ciudadanos y la sociedad covil provean retroalimentación oportuna e importante que sea tenida en cuenta en la toma de desiciones.

# 4.2
# **Análisis de políticas** nacionales y regionales sobre el recurso hídrico

La Política Nacional para la Gestión Integral del Recurso Hídrico es la hoja de ruta para alcanzar una adecuada gestión del recurso en el país, tiene un horizonte de acción a 12 años (2010-2022), establece ocho principios y seis objetivos específicos con un enfoque integral del recurso que incluye el uso y aprovechamiento eficiente del agua; el manejo del recurso por parte de autoridades y usuarios; los objetivos para la prevención de la contaminación hídrica, considerando la armonización de los aspectos sociales, económicos y ambientales, y el desarrollo de los respectivos instrumentos económicos y normativos pertinentes para su gestión y ordenamiento.

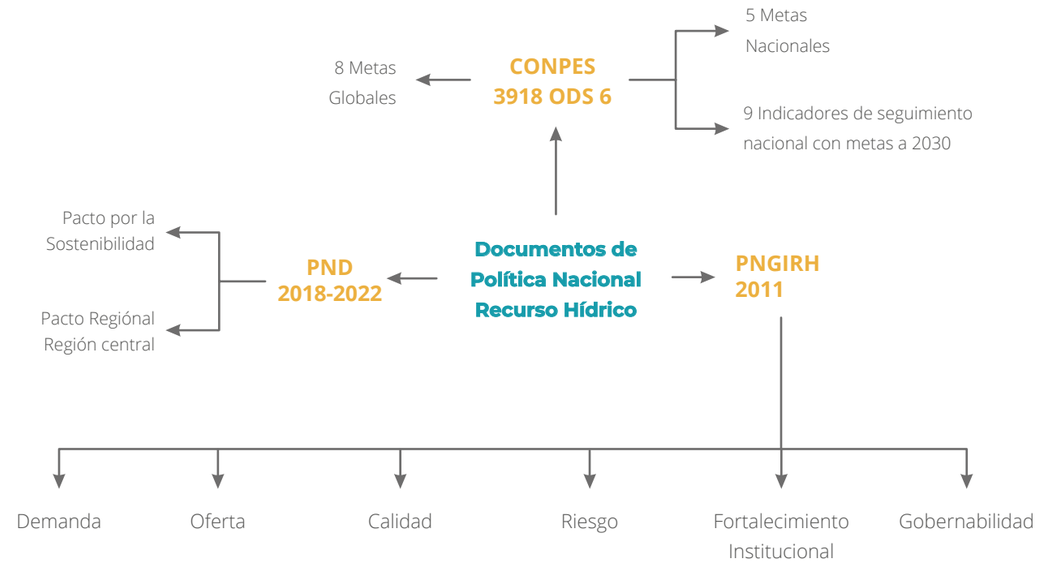
El objetivo principal de la política es garantizar la sostenibilidad del recurso hídrico, mediante una gestión y un uso eficiente y eficaz, articulados al ordenamiento y uso del territorio y a la conservación de los ecosistemas que regulan la oferta hídrica, considerando el agua como factor de desarrollo económico y de bienestar social e implementando procesos de participación equitativa e incluyente (PNGIRH, 2010).

Adicionalmente, el país cuenta con instrumentos para la ordenación y manejo de cuencas conocidos como POMCA con los que se pretende realizar la planeación del uso coordinado del suelo, de las aguas, de la flora y la fauna y el manejo de la cuenca, en los que participa la población que habita en el territorio de la cuenca, conducente al buen uso y manejo de tales recursos. En la actualidad estos POMCA requieren incorporar los lineamientos y directrices de la Política Nacional para la Gestión del Recurso Hídrico en lo relacionado con la estructura de planificación de cuencas hidrográficas y a lo establecido en el Decreto 1076 de 2015.

Por otro lado, el país ha ratificado su compromiso con el cumplimiento de la Agenda 2030 y sus ODS, entre los que se encuentra el ODS 6 de agua limpia y saneamiento y en el que se establecen metas al 2030 sobre cobertura de acueducto y alcantarillado, productividad hídrica, uso del agua, tratamiento de aguas domésticas e industriales, calidad del recurso, gestión del recurso hídrico y ordenación de cuencas. Estos compromisos marcan pautas regionales y se fortalecen también con las apuestas del Plan Nacional de Desarrollo 2018-2022 pacto por Colombia, pacto por la equidad y sus diferentes pactos regionales, ya que establecen también metas al corto plazo relacionadas con el recurso hídrico en las que se involucran no solo a las entidades territoriales sino también a las corporaciones autónomas regionales y de desarrollo sostenible y al sector privado.

Para 2018, la evaluación por parte de la Contraloría Delegada para el Medio Ambiente (CDMA) de la implementación de la Política Nacional para la Gestión Integral del Recurso Hídrico (2015-2018) evidenció que los instrumentos de planeación establecidos para el ordenamiento de este recurso no han avanzado lo suficiente para contribuir al mejoramiento de su cantidad y calidad (Contraloría General de la República - CGR, 2020), los principales hallazgos se orientan a la asignación y destinación de recursos para la implementación, siendo el más representativo que el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM), como administrador del sistema de manejo de los recursos hídricos, no haya tenido asignados recursos para ese programa.

**Ilustración 20. Marco de políticas nacionales sobre el recurso hídrico**




**Fuente:** PNUD y RAP-E.

En general, durante el periodo 2015-2018, solamente el 11 % de los 1.66 billones dispuestos en el PGN (presupuesto global de la nación) como recursos de inversión para el sector ambiente, fueron destinados a la gestión integral del recurso hídrico en Colombia. Otro hallazgo es la debilidad en el desarrollo de información sobre las aguas subterráneas y la demanda sectorial del recurso (Contraloría General de la República - CGR, 2020).

Por otro lado, también se evidencia que el avance ha sido limitado en el objetivo de gobernanza, especialmente en lo relacionado con la identificación de conflictos relacionados con el agua y su gestión, hasta el momento hay una guía para la identificación de estos y se tiene una página del Observatorio de la Gobernanza del Agua, sin embargo, aún no se encuentra información disponible que sirva para la toma de decisiones

Los anteriores problemas descritos muestran que es muy difícil que la Política para la Gestión Integral del Recurso Hídrico llegue a cumplir con sus objetivos en el horizonte de acción planteado, sin embargo, los avances y lecciones aprendidas han servido para adelantar procesos a nivel territorial y regional en la búsqueda de esa gestión integral del recurso, en esto, las entidades territoriales como gobernaciones y alcaldías y las corporaciones autónomas regionales cumplen un papel fundamental ya que sus instrumentos de planeación deben estar articulados con la política nacional y con el plan de desarrollo, esta articulación es la que permite que se aúnen esfuerzos para la obtención de mejores resultados. Aquí también juegan un papel importante las unidades administrativas regionales, tal es el caso de la RAP-E en la región central del país. La RAP-E Región Central vela por la articulación e integración de sus socios en los temas prioritarios para el desarrollo de la región, siendo uno de estos la seguridad hídrica regional.

Con el fin de entender la articulación en torno a la seguridad hídrica de la región central, se analizaron los planes de desarrollo de los departamentos socios y los planes de acción de las corporaciones autónomas regionales que tienen jurisdicción en la región, para encontrar los puntos comunes en su planeación para la vigencia 2020-2023. Adicionalmente, también se contrastaron con los propósitos de la planeación estratégica de la RAP-E.

## Cundinamarca

Dentro de su línea estratégica de + sostenibilidad cuenta con un programa denominado «Seguridad hídrica y recursos naturales para la vida», en este, se contemplan acciones relacionadas con la restauración de ecosistemas de importancia hídrica, manejo de residuos sólidos y gestión del riesgo y resiliencia. También, se encuentra el programa «Región verde, región de vida», de la línea estratégica + integración, en dónde se mencionan actividades para la implementación de un proyecto articulado del POMCA del río Bogotá y la articulación de la inversión de áreas de importancia estratégica para la conservación de recursos hídricos. En la línea estratégica de + competitividad se referencia todo lo relacionado con la cobertura de acueducto y alcantarillado de las zonas rurales y urbanas del departamento.

## Bogotá

Dentro de los logros planteados en el instrumento se resaltan los siguientes relacionados con el recurso hídrico: i) implementar estrategias de mantenimiento, recuperación, rehabilitación o restauración de la estructura ecológica principal y demás áreas de interés ambiental en la ciudad- región, donde se desarrolla el programa de pago por servicios ambientales y ii) cuidar el río Bogotá y el sistema hídrico de la ciudad y mejorar la prestación de los servicios públicos.

## Boyacá

Dentro de la línea estratégica socio-ecológica y territorial se encuentran los programas para la gobernanza del agua, la calidad del agua, cobertura del agua y la conservación de ecosistemas estratégicos en el que se mencionan aquellos ecosistemas de importancia hídrica.

## Huila

En el eje estratégico de capital humano se contempla el programa para el acceso de la población a los servicios de agua potable y saneamiento básico, con metas de cobertura en zonas urbanas y rurales. En el eje estratégico de gobierno ejemplar, se encuentra el programa «Huila crece conservando la biodiversidad y sus servicios ecosistémicos», con una meta asociada a las áreas en proceso de restauración.

## Tolima

En el pilar de sustentabilidad se plantea el programa de «Recurso hídrico, ecosistemas estratégicos y áreas protegidas» y el de «Entornos para un desarrollo sectorial sostenible», con los temas de manejo y restauración de ecosistemas de importancia hídrica y el manejo del sistema de información de agua y saneamiento rural. En el pilar de equidad, en el programa salud y bienestar para unir el Tolima, se tratan los temas de calidad del agua.

## Meta

En la dimensión social, se encuentra el programa «Hagamos grande al Meta con calidad y eficiencia en los servicios de agua potable y saneamiento básico, bienestar y competitividad al servicio de la gente», en el que se plantean metas de cobertura de acueducto, alcantarillado y sistemas de saneamiento. En la dimensión de sostenibilidad ambiental se mencionan actividades para la conservación de áreas protegidas, control de la deforestación y la implementación de las estrategias de pago por servicios ambientales. Dentro de esta dimensión se encuentra también el programa «Hagamos grande al Meta con la protección del recurso hídrico, con acciones para el manejo de cuencas y adquisición de predios en rondas de protección hídrica».

Es posible identificar que cada entidad territorial socia de la región central RAP-E tiene diferentes enfoques para abordar el recurso hídrico, dependiendo considerablemente de sus necesidades y recursos disponibles, por lo tanto, este PSH busca ser la hoja de ruta para integrar esos enfoques y definir un camino claro para alcanzar la seguridad hídrica regional. Más allá de revisar los enfoques frente al recurso hídrico de los planes de desarrollo departamentales de la vigencia 2020-2023, también se tuvieron en cuenta las propuestas de los planes de acción de la corporaciones autónomas regionales con jurisdicción en la región central.

**Ilustración 21. Nube de palabras instrumentos de planeación región central vigencia 2020-2023 en metas relacionadas con el recurso hídrico**




**Fuente:** PNUD.

Con el fin de identificar esos temas articuladores entre los instrumentos descritos, se llevó a cabo un mapa o nube de palabras. El contraste entre los instrumentos de planeación analizados, frente a las metas y acciones relacionadas con el recurso hídrico, arrojó que los principales temas en los que hay articulación son la restauración y conservación de la estructura ecológica principal y regional; la gestión del riesgo por cambio climático a nivel de cuencas; el desarrollo de estrategias de pago por servicios ambientales (PSA); el diseño y desarrollo de estrategias de gobernanza del agua; la conservación de páramos; la reforestación de cuencas; el monitoreo al recurso hídrico y cuencas abastecedoras; la formulación, ajuste e implementación de POMCA y la cobertura de acueducto y alcantarillado urbano y rural. Estos temas, articulados también con los proyectos de la RAP-E de consolidación de la estructura ecológica regional, agua limpia y disponibles, seguridad hídrica regional y proyecto páramos.

**Ecosistemas relacionados con el agua**

Proyectos y acciones de restauración en praramos y zonas de importancia hídrica.

Estrategias de pago por servicios ambientales PSA

Reforestaciòn de cuencas

**Gestión del recurso**

Monitoreo y seguimiento a cuencas

Elaboración e implementación de POMCAS

**Agua potable**

Agua potable en zonas rurales y urbanas

**Gobernanza del recurso**

Diseñar estrategias de gobernanza del agua

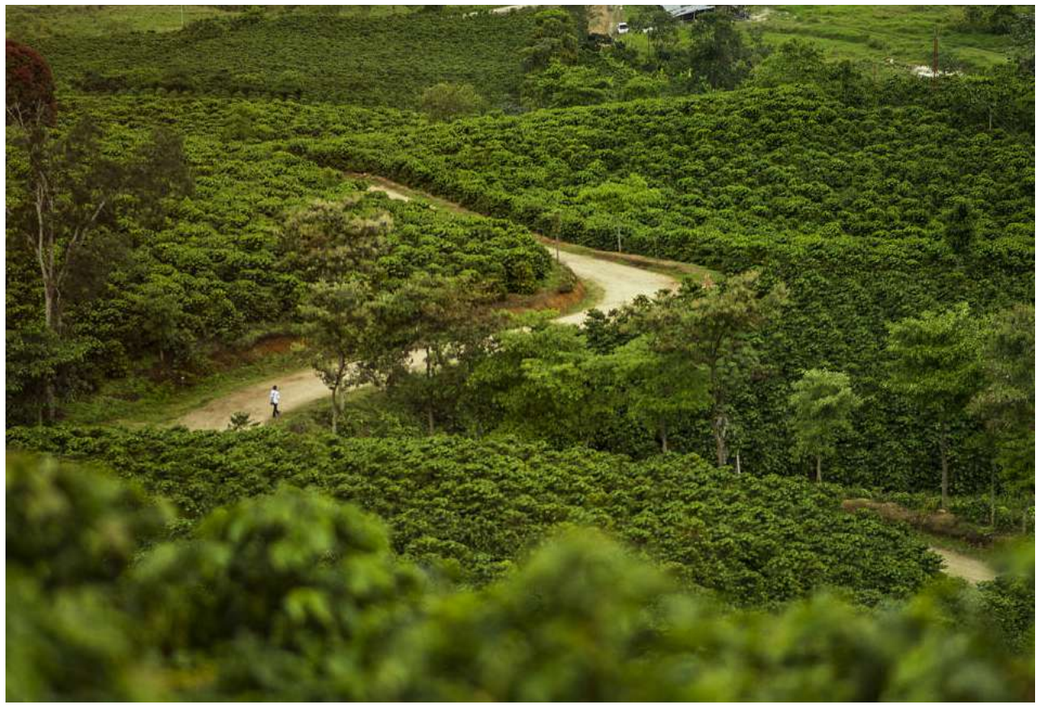


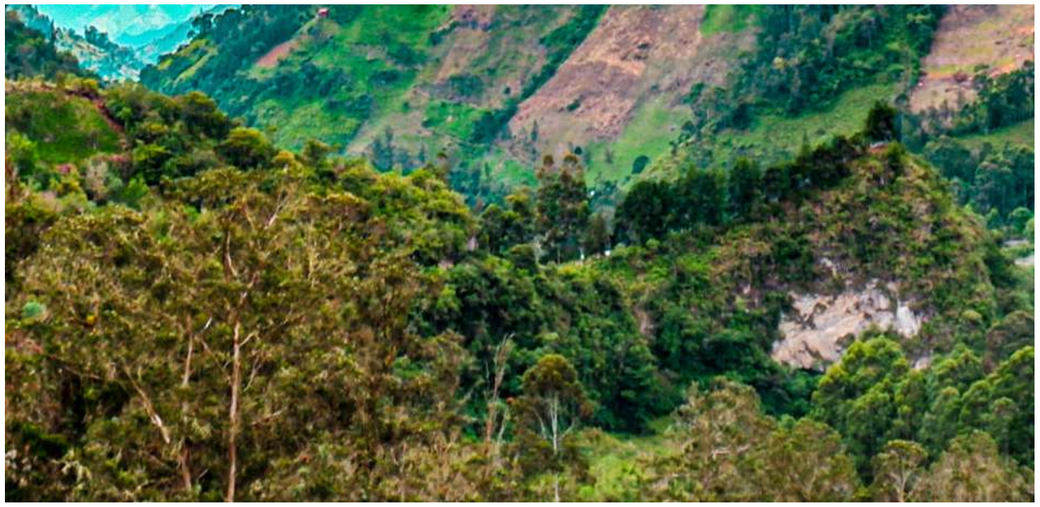


# 4.3
# **Análisis de escenarios** transformadores

En el plan de seguridad hídrica se propone analizar los factores transformadores desde dos líneas de abordaje preliminares, una es desde la perspectiva de la variabilidad climática y la de escenarios de cambio climático y otra es el de la dinámica demográfica. Por un lado, se encuentran los factores climáticos que desde la ciencia ya se ha demostrado ampliamente que son un fenómeno real y que afecta a las personas y a los ecosistemas. Por tal razón para contar con una visión de futuro de la seguridad hídrica es fundamental entender cuáles serían los comportamientos de las principales variables climáticas como lluvias y temperatura, las cuales determinan el comportamiento del recurso hídrico.

Por otro lado, tenemos el abordaje demográfico para analizar los posibles escenarios de cambio en la cantidad de personas en la región central, este aspecto también es importante ya que determina los posibles aumentos en los niveles de urbanización y de concentración de la población. Además de ello, la presencia del distrito capital, el cual ha mostrado tendencias crecientes hacia altos niveles de concentración poblacional en comparación con los demás territorios, permitirá comprender los desafíos relacionados con el aumento de la presión sobre el recurso hídrico desde la perspectiva de la demanda y de la contaminación asociada a las actividades humanas.





## 4.3.1. Condiciones climáticas futuras y sus impactos sobre algunas variables hidrológicas

El impacto del cambio climático en Colombia se ha podido observar por la variabilidad climática que han desarrollado los fenómenos de El Niño y La Niña, durante la última década especialmente, los cuales han generado excesos y deficiencia de lluvias que repercuten directamente en las siguientes eventualidades, con efecto directo sobre la economía de la región.

- **Inundaciones.** Para el 2030 se estima que se vea afectada el 2 % del total de la población nacional y un capital del orden del 2.2 % del PIB. La variabilidad climática, asociada al exceso de lluvias amenaza con ocasionar avalanchas en las quebradas vecinas de los páramos debido a la erosión de las tierras por los cultivos y por la ganadería extensiva (Lara, 2017).
- **Vulnerabilidad de los recursos hídricos.** Afectación de un 50 % del territorio nacional por la modificación en el funcionamiento del régimen hidrológico, con consecuencias sobre las actividades económicas, el abastecimiento de la población y los niveles de amenaza natural.

El sur de la región Andina disminuiría el promedio de lluvias anuales, mientras que la Orinoquía y el norte de la región Andina registrarían un aumento. Los nevados del Ruiz, Santa Isabel y Tolima son fuente de agua de ríos que abastecen acueductos de cabeceras municipales, de esta manera se verá una disminución en las coberturas vegetales y ecosistemas de los glaciares con efectos negativos sobre la disponibilidad de agua para aquellas poblaciones que dependen de estos sistemas; situaciones similares se presentarán para aquellos acueductos que se abastecen de ríos que dependen de la Sierra Nevada del Cocuy y demás nevados de Colombia (Lara, 2017).

La Región Central RAP-E presenta un rango de precipitaciones tendencial que varía en su media anual entre los 1.000 y 3.000 mm, según los datos registrados entre 1976 y 2015, utilizados en las proyecciones de cambio climático como escenario de referencia. Por otro lado, el rango de temperatura varía en su media anual para los datos del periodo 1991-2015, presentando un máximo de aumento del promedio de 1.9 °C. En relación con el escenario de precipitación, se observaron amplias variaciones en la temperatura diaria que generaron eventos extremos en periodos cortos, con impactos principalmente sobre el sector agropecuario, hidroenergético y sobre los ecosistemas (RAP-E, 2016).

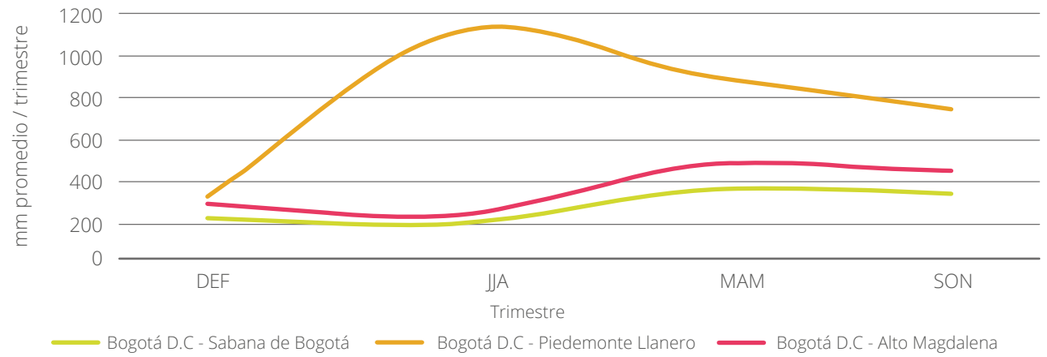




## Precipitaciones

La ciudad de Bogotá está inscrita dentro de tres regiones climáticas: Sabana de Bogotá, Piedemonte Llanero y alto Magdalena. El comportamiento estacional de la precipitación es homogéneo a lo largo de su orografía, con dos máximos de precipitación en abril y octubre y dos mínimos en los meses de enero y julio, variando únicamente en la magnitud de precipitación registrada en cada región climática. La única excepción a este comportamiento se da en la región climática de Piedemonte Llanero donde la precipitación presenta un máximo en el mes de junio y un mínimo en enero.

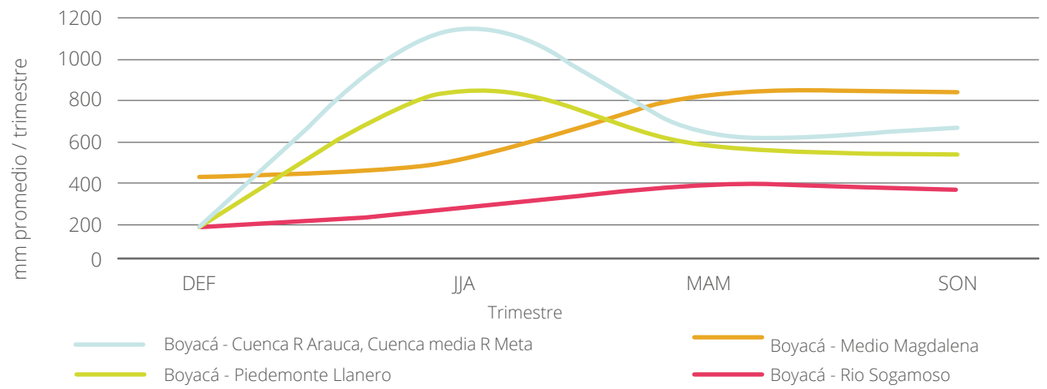
**Ilustración 22. Variabilidad en la precipitación trimestral por región climática (Bogotá)**




**Fuente:** TCNCC, 2017.

El departamento de Boyacá tiene inscritos dentro de su territorio cuatro regiones climáticas diferenciadas con una climatología característica en cada una, donde varía el comportamiento estacional de la precipitación a medida que se acerca a la zona de los Llanos Orientales. Al noroccidente del departamento, regiones climáticas de medio Magdalena y río Sogamoso, tienen un marcado carácter bimodal, mientras que al suroriente del departamento el comportamiento es monomodal con máximos de precipitación localizados el tercer trimestre del año (meses de junio a septiembre) y mínimos de precipitación entre los meses de diciembre, enero y febrero para las regiones climáticas de la cuenca del río Arauca y la cuenca mediana del Meta y el Piedemonte Llanero.

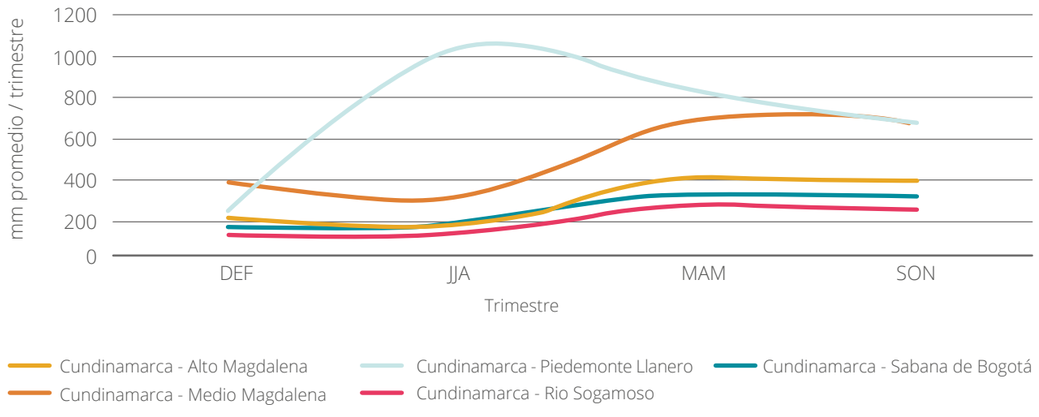
**Ilustración 23. Variabilidad en la precipitación trimestral por región climática (Boyacá)**




**Fuente:** TCNCC, 2017.

Cundinamarca está inscrita dentro de cinco regiones climáticas: alto Magdalena, medio Magdalena, Sabana de Bogotá, Piedemonte Llanero y río Sogamoso. El comportamiento estacional de la precipitación es homogéneo a lo largo de su orografía con la existencia de dos máximos y dos mínimos de precipitación al año en los meses de mayo y octubre para los picos altos y en los meses de enero y julio para los meses con menor pluviosidad, variando en la cantidad de precipitación acumulada registrada en cada una de las regiones. La única excepción a este comportamiento se da en la región climática de Piedemonte Llanero donde la precipitación presenta un máximo en el mes de junio y un mínimo en enero.

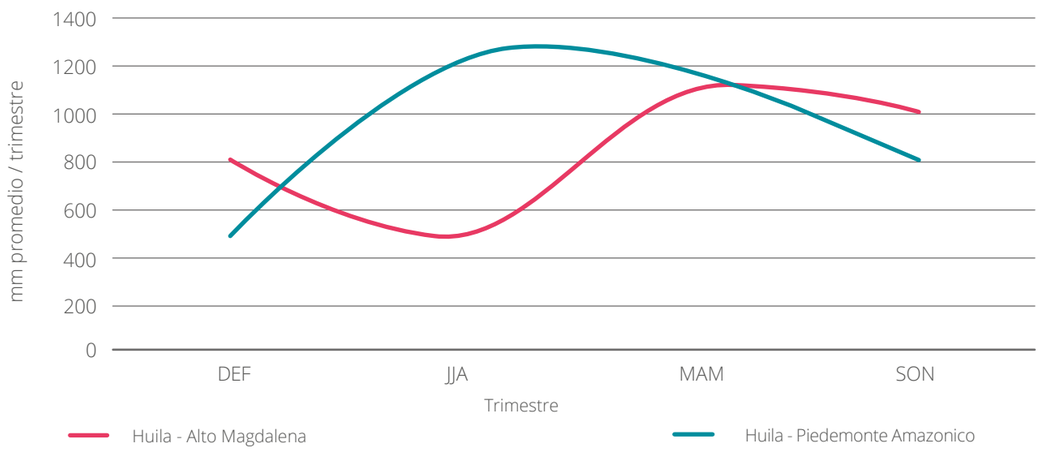
**Ilustración 24. Variabilidad en la precipitación trimestral por región climática (Cundinamarca)**




**Fuente:** TCNCC, 2017.

El departamento de Huila cuenta con una compleja orografía y su climatología está definida por una sola región climática correspondiente al alto Magdalena. El comportamiento estacional de la precipitación es homogéneo a lo largo de su orografía con la existencia de dos máximos y dos mínimos de precipitación al año. Los meses de mayor pluviosidad corresponden a mayo y octubre, mientras que enero y julio son los de menor pluviosidad registrada.

**Ilustración 25. Variabilidad en la precipitación trimestral por región climática (Huila)**



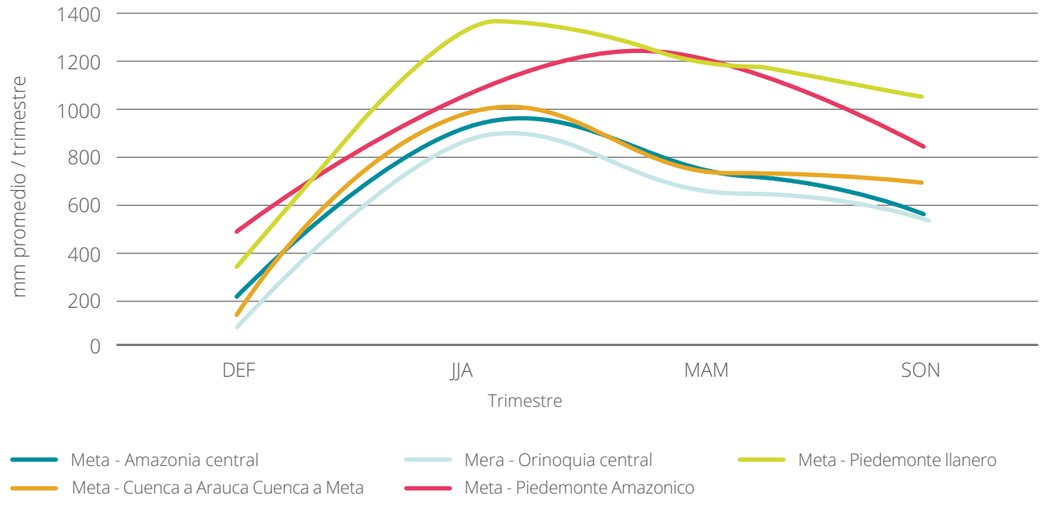

**Fuente:** TCNCC, 2017.





El departamento de Meta está inscrito dentro de seis regiones climáticas: Amazonía central, cuenca del río Arauca, cuenca media del río Meta, Orinoquía central, Piedemonte Amazónico y Piedemonte Llanero. El comportamiento estacional de la precipitación es homogéneo a lo largo de su orografía con la existencia de un máximo de precipitación al año en el mes de mayo.

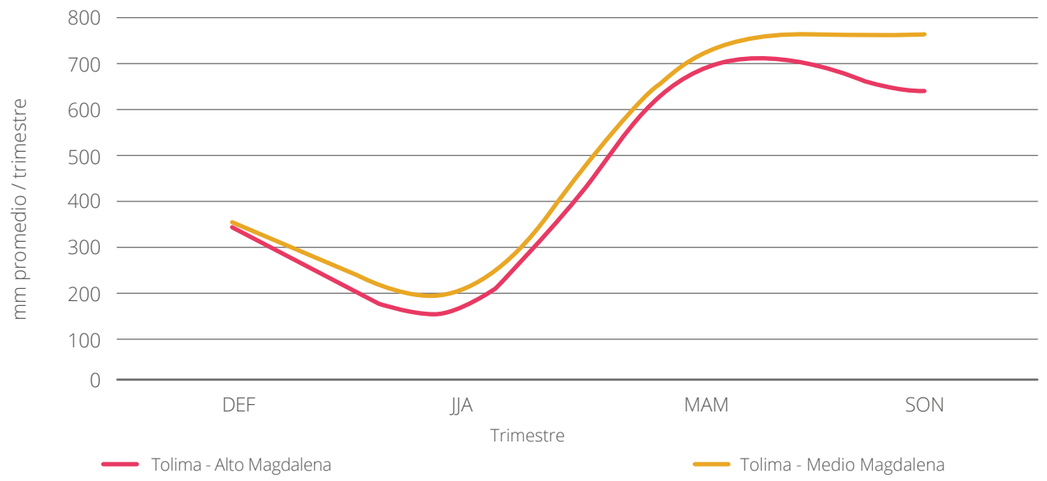
**Ilustración 26. Variabilidad en la precipitación trimestral por región climática (Meta)**




**Fuente:** TCNCC, 2017.

El departamento de Tolima está inscrito dentro de dos regiones climáticas: medio Magdalena y alto Magdalena. El comportamiento estacional de la precipitación es homogéneo a lo largo de su orografía con la existencia de dos máximos y dos mínimos de precipitación al año en los meses de mayo y octubre para los picos altos y en los meses de enero y julio para los meses con menos pluviosidad.

**Ilustración 27. Variabilidad en la precipitación trimestral por región climática (Tolima)**

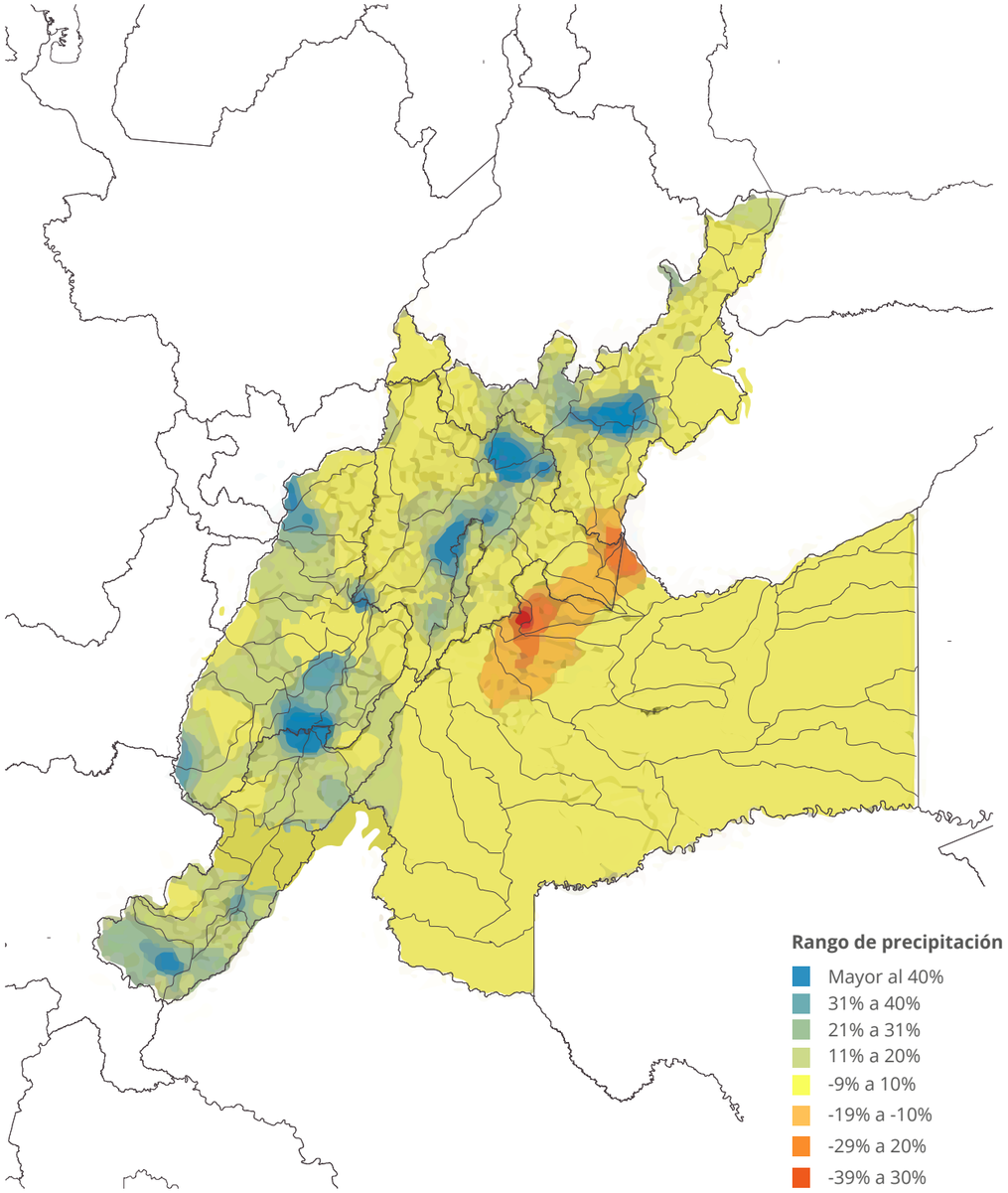



**Fuente:** TCNCC, 2017.

Se evidencia un aumento de la precipitación para el departamento, con unas zonas particulares donde se acentúa el aumento de la precipitación.

Una vez determinada la variabilidad anual en la precipitación, los escenarios de cambio climático apuntan a un aumento promedio de las lluvias del 16 % que se mueve entre un 11 % y 20 % de aumento en la precipitación anual, que variaría según la dinámica estacional del año, exponiendo a la región central a consecuencias por exceso de lluvias, con impactos en riesgos, producción agropecuaria y demás eventos asociados.

**Ilustración 28. Variabilidad en la precipitación trimestral por región climática**




**Fuente:** TCNCC, 2017.

## Boyacá:

Se puede observar una tendencia en el centro del departamento en el aumento de la precipitación media anual de hasta el 40 % para el año 2040.

## Cundinamarca:

Para el departamento se observa un escenario de aumento en la precipitación especialmente sobre el altiplano, alcanzando a influir sobre la precipitación de la ciudad de Bogotá.

## Huila:

Se observa un aumento generalizado de la precipitación en el departamento para el escenario del 2040.

## Meta:

Se observa una disminución de la precipitación especialmente en el piedemonte llanero, en lo que comprende casi el 20 % del departamento, con municipios con una disminución en la pluviosidad anual de hasta de un 40 % para el 2040.

## Tolima:

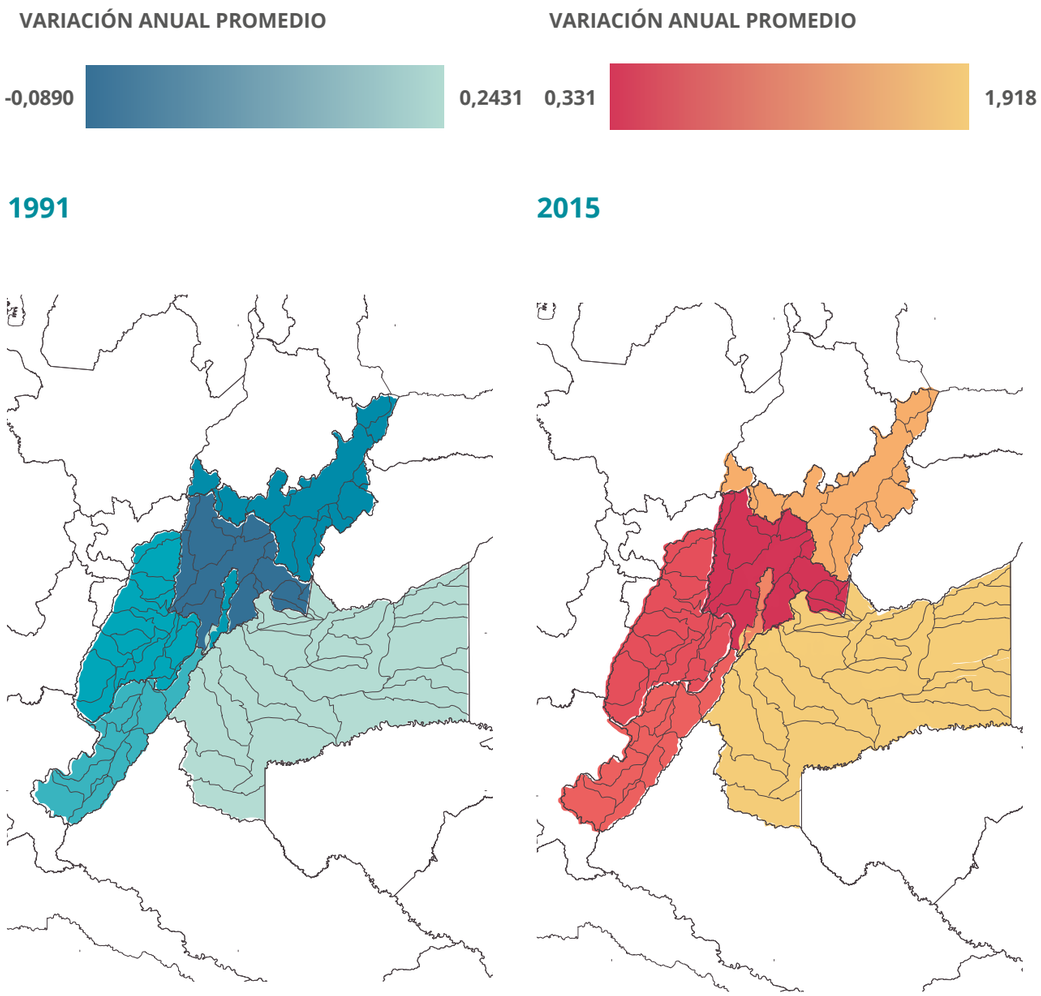
Se evidencia un aumento de la precipitación para el departamento, con unas zonas particulares donde se acentúa y se alcanza hasta un 40 %, mostrando de hecho posibles beneficios en territorios hoy en día muy áridos, como son los municipios de Natagaima y Coyaima.



# Temperatura

El siguiente mapa ilustra la variabilidad anual en temperatura de la región central, se puede observar que en 1991 la variabilidad anual era menor, su rango se encontraba entre -0.089 °C y 024 °C por encima del promedio; mientras que para el 2015 el rango de temperatura anual ha sobrepasado lo presentado en el año 91, siendo el rango de variabilidad entre 0.331 °C y 1.918 °C por encima del promedio.

**Ilustración 29. Cambio histórico de la variabilidad climática anual en la región central**



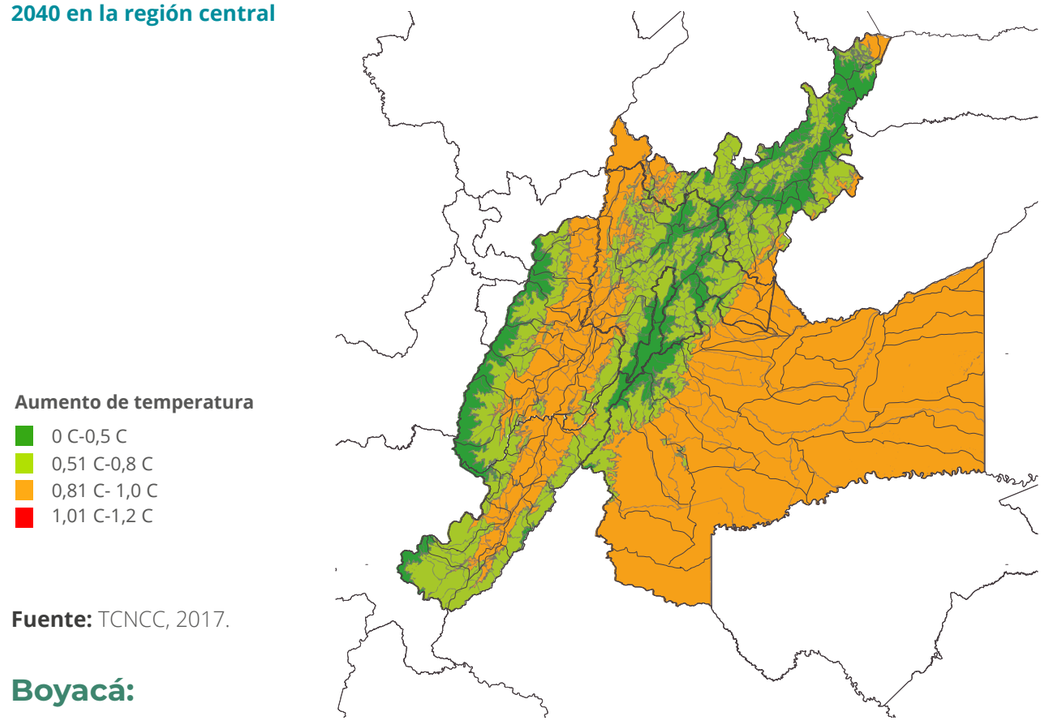

**Fuente:** TCNCC, 2017.





El escenario regional de temperatura para el año 2040, se presenta a continuación:

**Ilustración 30. Escenarios de temperatura 2040 en la región central**




**Fuente:** TCNCC, 2017.

## Boyacá:

En cuanto al cambio de la temperatura media se observa un aumento a lo largo del periodo analizado, de entre 0.5 °C y 0.8 °C para el 42 % del territorio, mientras un 15 % del departamento presenta aumento entre el 0.8 °C y 1 °C promedio anual.

## Bogotá D. C.:

Para Bogotá se presenta un aumento no mayor a 0.5 °C, principalmente para la región del páramo de Sumapaz, mientras para la ciudad de Bogotá el aumento es de hasta 0.8 °C promedio anual.

## Cundinamarca:

En cuanto a la temperatura media se puede apreciar un ligero aumento de anomalía positiva en el transcurso de los años analizados, siendo el más significativo en la última década.

## Huila:

El departamento presenta aumento de temperatura de hasta 0.8 °C en el 40 % del territorio, mientras que cerca de un 50 % aumenta hasta 1 °C promedio anual.

## Meta:

En el 85 % del departamento se presentará para el año 2040 aumento de la temperatura media anual de hasta 1 °C.

## Tolima:

El departamento presenta aumento de temperatura de hasta 0.8 °C en el 20 % del territorio, principalmente en la zona de cordillera, mientras casi un 60 % alcanza un aumento hasta de 1 °C promedio anual, principalmente en el valle interandino del departamento.



## Vulnerabilidad hídrica

Un insumo aimportante para entender los posibles impactos del cambio climático en el recurso hídrico son los análisis realizados en la Tercera Comunicación Nacional de Cambio Climático de Colombia, con los cuales se tiene una idea de la afectación que se generaría frente al recurso hídrico. Los análisis de vulnerabilidad allí expuestos muestran la necesidad de diseñar las estrategias de adaptación y mitigación necesarias para enfrentar los impactos derivados de los fenómenos climáticos y asegurar la disponibilidad hídrica.

En cuanto a la vulnerabilidad del sistema hídrico, se prevé una reducción de la oferta y disponibilidad del agua (PNGIRH, 2010), por lo cual, para conservar y mantener la capacidad hidrológica actual, se requiere mejorar los niveles de conservación de los ecosistemas y zonas de recarga hídrica, al igual que, mejorar los sistemas de abastecimiento y distribución.

Los índices de vulnerabilidad y riesgo por cambio climático de la Tercera Comunicación Nacional de Cambio Climático para Colombia (TCNCC) (IDEAM et al., 2017), son una herramienta de análisis prospectivo asociado con los escenarios de cambio climático generados para los periodos 2011-2040 y definen las siguientes categorías de análisis:

- Seguridad alimentaria
- Recurso hídrico
- Salud
- Biodiversidad
- Hábitat humano
- Infraestructura

Siendo las categorías de recurso hídrico y de hábitat humano las que analizan variables relacionadas directamente con el recurso hídrico y la seguridad hídrica, en una caracterización de la amenaza, la sensibilidad y la capacidad adaptativa.

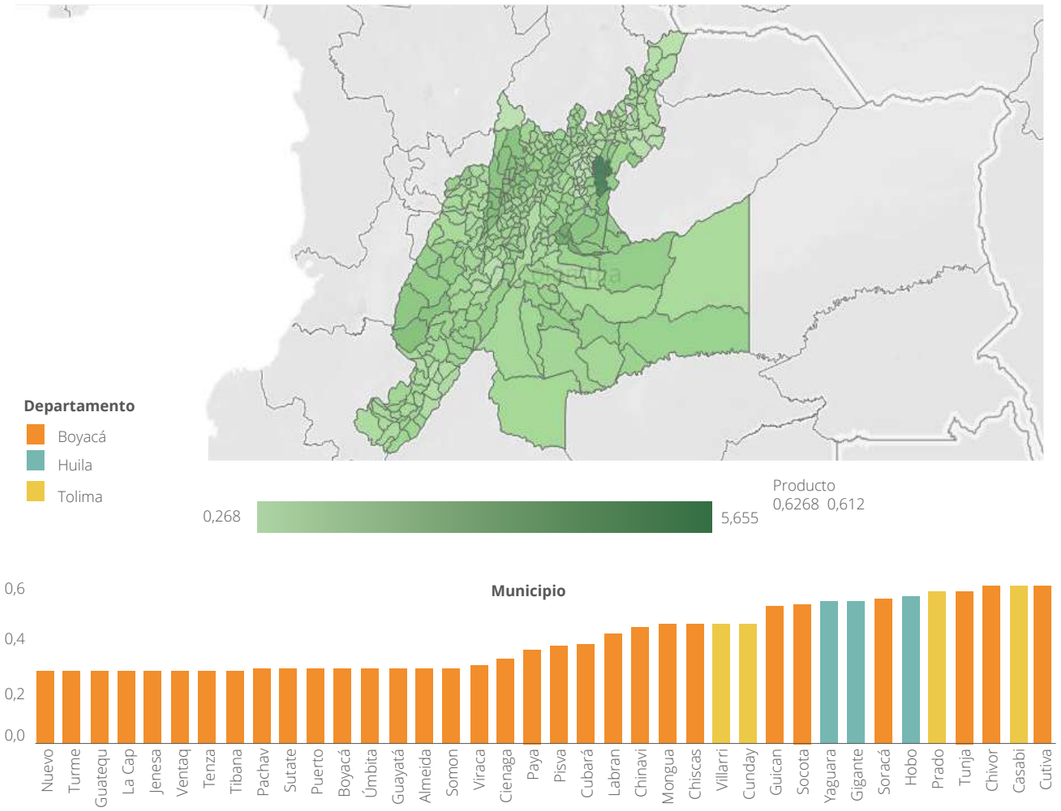
**27.** El IPCC define la vulnerabilidad como la propensión o predisposición del sistema natural o humanos a ser afectados negativamente, abarcando los conceptos de sensibilidad, entendido como los impactos potenciales sobre los sistemas y capacidad adaptativa, enfocado en la capacidad de un sistema para ajustarse al cambio climático para moderar daños potenciales, aprovechar las oportunidades o hacer frente a las consecuencias (IPCC, 2014).



## Capacidad adaptativa

La capacidad de adaptación es la condición de la población y el entorno que permite reducir la vulnerabilidad ante los efectos del cambio climático. Acciones como la conservación, protección, restauración y aprovechamiento sostenible de los ecosistemas forestales y de microcuencas que abastecen el acueducto; la adquisición de predios de interés para acueductos, de reserva hídrica y de zonas de reserva naturales y el control de erosión son todas medidas de adaptación relacionadas con ecosistemas, de tal manera que implementarlas o mejorarlas generará capacidad adaptativa en el territorio.

**Ilustración 31. Capacidad adaptativa respecto del recurso hídrico en la región central**



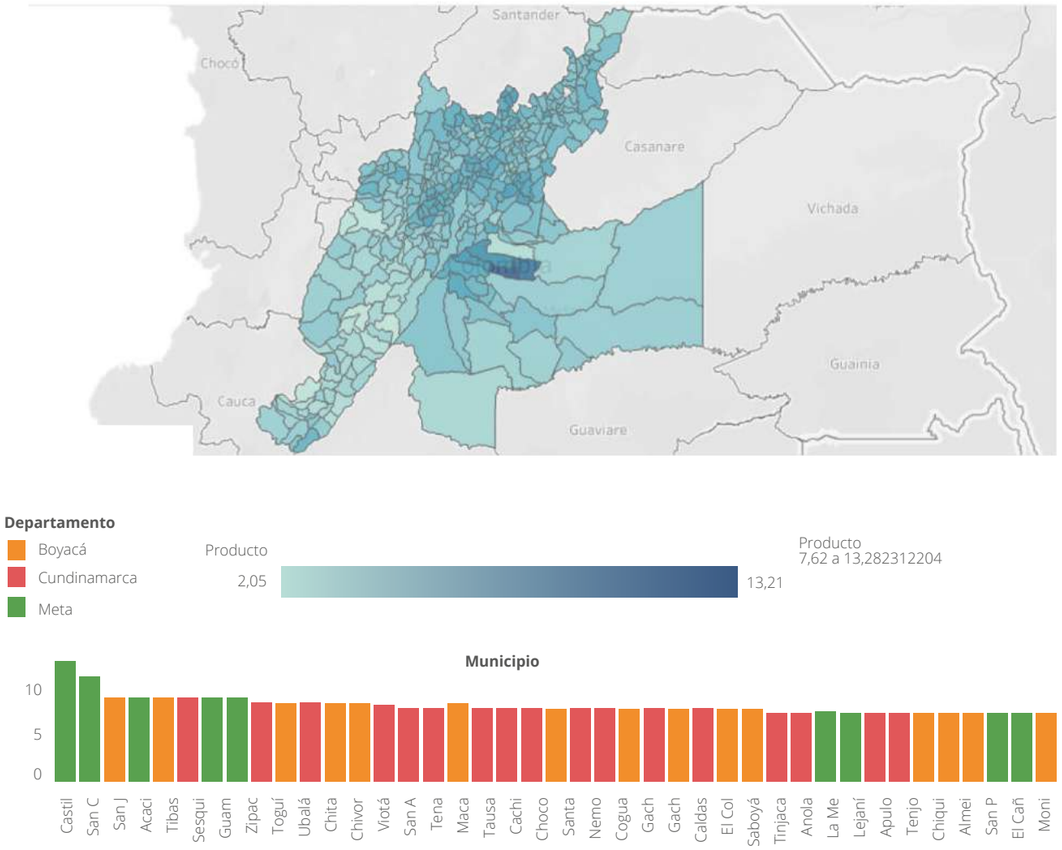

**Fuente:** TCNCC, 2017.

Se puede observar que los indicadores relacionados con la dimensión del recurso hídrico, para el componente de capacidad adaptativa, son más bajos para los municipios de Boyacá, medido a través del índice de eficiencia en el uso de agua y las inversiones sectoriales de entidades territoriales. Teniendo en cuenta los escenarios en precipitación, se considera que por lo menos el 16 % de los municipios deberían ser intervenidos con medidas que mejoren la capacidad adaptativa de los territorios por su estado vulnerabilidad climática relacionada con la seguridad hídrica.

# Sensibilidad

La sensibilidad del sistema es la predisposición de las comunidades, la infraestructura o un ecosistema de ser afectado por una amenaza. En la última comunicación nacional se analiza la sensibilidad a través de los índices de presión hídrica, índice de agua retornada a la cuenca, índice de retención y regulación hídrica, uso del agua superficial, brecha de acueductos e índice de aridez, otorgados por la ENA a la TCNCC (2017), donde se determina el grado de interacción de estos índices con variables de temperatura y presión atmosférica que dispondrán a unos municipios a mayor o menor impacto al ser abordados por alguna amenaza climática que ponga en riesgo el recurso hídrico.

**Ilustración 32. Sensibilidad respecto del recurso hídrico en la región central**




**Fuente:** TCNCC, 2017.

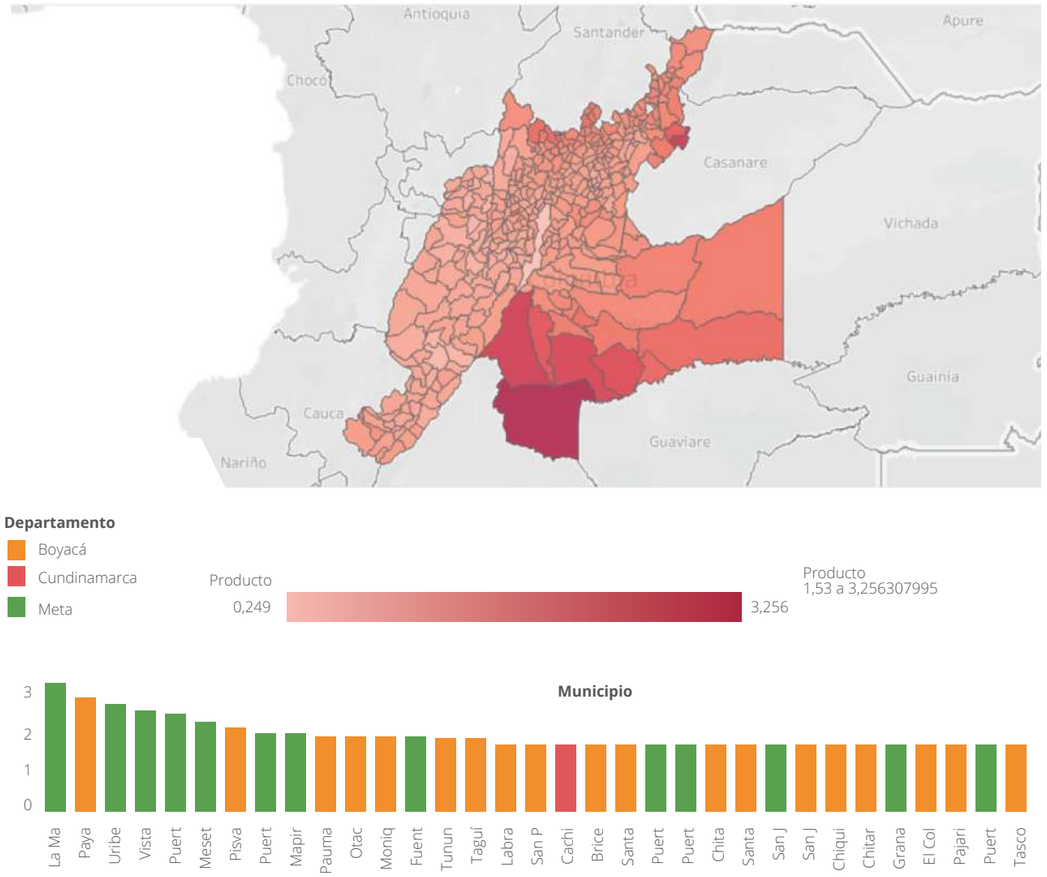
Los departamentos de Cundinamarca y Boyacá son los que presentan mayor número de municipios en condiciones de sensibilidad teniendo en cuenta las condiciones del recurso hídrico, lo que indica condiciones de mayor vulnerabilidad y de escasez del recurso bajo los escenarios climáticos de temperatura y precipitación.



# Amenaza

La mejor solución para disminuir los riesgos en el país es la adaptación, lo anterior implica evaluar el riesgo climático (la combinación de un evento, su posibilidad y sus consecuencias) en las comunidades. Cuando una amenaza se materializa en un evento, el riesgo se convierte en un desastre y esto se traduce en impactos socioeconómicos. La amenaza climática respecto a la situación del recurso hídrico se hace usando el índice de disponibilidad hídrica y el cambio proyectado en el número de acueductos y alcantarillados dañados por el evento meteorológico, aportados por el ENA a la tercera comunicación nacional de cambio climático.

**Ilustración 33. Amenaza respecto del recurso hídrico en la región central**




**Fuente:** TCNCC, 2017.

La amenaza climática respecto del recurso hídrico, a través de los escenarios de cambio climático, apuntan a los municipios del Meta y Boyacá como los que se encuentran con mayor amenaza en relación con el recurso hídrico a través de los escenarios de cambio climático regional. Se puede observar que en los municipios del sur del Meta se presenta la mayor amenaza respecto a los escenarios de cambio climático.

# 4.3.2. Efectos de pérdida de cobertura forestal y cambio climático en la disponibilidad hídrica de las cuencas aferentes a estaciones hidrológicas en la región

La vegetación ha sido considerada como un factor relevante dentro del proceso hidrológico dentro de las cuencas. Esta variable puede no tener la influencia de otras, como precipitación o temperatura, sin embargo, puede ser transformada rápidamente por las actividades humanas y en un lapso corto sufrir cambios sustanciales, especialmente bajo cambios en el ciclo hidrológico por cuenta de fenómenos globales. En este estudio se presenta el análisis que relaciona la deforestación con atributos de caudales diarios agregados mensualmente (medio, mínimo, máximo, deviación estándar), para varias estaciones hidrológicas de la jurisdicción RAP-E, al tiempo que se examinan las tendencias de precipitación y temperatura futuras. Para esto se generaron las delimitaciones de cuencas respectivas para cada estación y en el parea resultante se extrajeron variables de lluvia, temperatura y vegetación a escala mensual, que luego fueron incorporadas a un análisis de tendencia a nivel anual y mensual, para un total de trece regresiones. Los coeficientes de la vegetación fueron analizados para entender la interacción de esta variable con diferentes tipos de caudales. Finalmente se analizaron las variables climáticas de precipitación y temperatura bajo escenarios de cambio climáticos en el futuro. Los resultados señalan una alta variabilidad de los coeficientes de las cuencas analizadas, sin embargo, las relaciones de mayor confianza estadística señalaron que los sitios que han tenidos cambios significativos en los caudales por cuenta de la perdida de bosque alcanzan el 58 % del área de la RAP-E.

El agua es fundamental para las diferentes actividades de la sociedad. Garantizar el acceso continuo y regulado a esta supone un interés mundial al punto que esto se incluye en varios objetivos del milenio por las Naciones Unidas (United Nations, 2015). Lo anterior se debe principalmente a que el agua es altamente requerida para temas de saneamiento básico, riego de cultivos, actividades productivas y el mantenimiento de funciones de ecosistemas naturales (UNESCO, 2016). El acceso al agua es posible si los procesos y mecanismos que operan sobre el ciclo hidrológico en las cuencas generan un volumen suficiente para que corra de manera superficial sobre los cauces, pero también si los componentes químicos en ella la hacen potable o usable (IDEAM, 2015).

El volumen de agua observado en los cauces es el resultado de la diferencia entre el ingreso de esta a las cuencas y su pérdida a través diferentes formas y mecanismos. El volumen disponible es conocido como la oferta hídrica superficial y es una expresión del régimen hidrológico resultante de la interacción de componentes climáticos, geomorfológicos, biológicos y sociales (Watershed Science Center, 2000). El estudio de cada uno de estos factores resulta útil para identificar la importancia de cada uno de estos en la disponibilidad de agua, generar ejercicios de pronóstico sobre la oferta hídrica, indicadores de ocurrencia de fenómenos extremos y modelación de escenarios de transformación (Hoff et al., 2012).

Dentro de los elementos que determinan la oferta hídrica la precipitación resulta ser la entrada de agua más importante al interior de las cuencas, de tal forma la oferta encontrada responde en gran parte a volúmenes aportados por este componente (Burbano-Girón et al., 2016). Considerando que los caudales son la expresión del proceso acumulativo de agua concentrada al interior de una cuenca, la ubicación y distancia de las precipitaciones caídas al suelo condicionan los tiempos en los que los caudales son construidos y aportados sobre el cauce. Es por esta razón que la geomorfología de la cuenca determina a través de la distribución espacial del agua, el tiempo en que se puede observar la oferta hídrica sobre los cauces.

Estos dos elementos han sido los más importantes en capacidad de predicción a lo largo de diferentes estudios y explican cerca del 70 % de la oferta. El 30 % restante es atribuido en gran medida, entre otros factores, al sistema vegetación-suelo. La importancia de este componente se basa en las diferentes dimensiones en las que el agua interactúa con la vegetación de manera permanente a lo largo de las cuencas (evaporación, transpiración, infiltración, etcétera) (FAO, 2013). Zhang y colaboradores en su reciente revisión (Zhang et al., 2017) han encontrado que la relación entre oferta hídrica y coberturas vegetales puede responder a diferentes escalas y propiedades y que el sentido y magnitud de la relación puede verse influenciada por aspectos como tamaño, aridez y tipo de ecosistemas. La principal motivación para entender esta relación radica en que si bien la cobertura vegetal no es la variable que más explica el rendimiento hídrico sí es un atributo que cambia rápidamente según la actividad humana y que autoridades y comunidades locales están en capacidad de transformar o proteger en un horizonte reducido de tiempo (Li et al., 2018; Zhou et al., 2015). En el proceso de transformación actual los ecosistemas terrestres y acuáticos han generado una pérdida de área natural considerable, dando lugar a un gradiente donde la relación con cambios en redimiendo hídrico puede evaluarse (Achard et al., 2002; Ellis y Ramankutty, 2008; Vitousek et al., 2007). Estas tasas de deforestación son permanentes y extensas en países como Colombia (González et al., 2011; Sánchez-Cuervo y Aide, 2013) y en consecuencia los procesos naturales de regulación hídrica provistos por los ecosistemas pueden perderse. Actualmente la información disponible a través de sensores remotos puede representar insumos para evaluar esa relación a través del tiempo y el espacio. Es por eso que este estudio analizó los cambios en lluvia, temperatura, bosques y caudales a través del tiempo en 228 unidades hídricas de análisis dentro de la región RAP-E.



# Materiales y métodos

## Área de estudio

En este ejercicio se evaluó la relación entre varias fuentes de datos para 228 cuencas en el área de la RAP-E, algunas fueron excluidas por falta de información, como se detalla adelante. Para esto se usaron las estaciones de medición de caudal de la región, que fueron utilizadas como puntos de cierre de las cuencas aguas arriba. Esta región comprende los departamentos de Huila, Tolima, Cundinamarca, Boyacá, Meta y Bogotá como distrito capital. La zona de estudio ha tenido una larga historia de uso y cambio del suelo por parte de comunidades desde antes de la época de la conquista. Tiene adicionalmente una alta densidad de población y un uso intensivo de suelos y fuentes hídricas, que, junto a una variabilidad altitudinal, resulta propicia para actividades agropecuarias.

## Delimitación de cuencas

Se realizó una delimitación de áreas aferentes usando un modelo digital de terreno de 90 metros de lado de píxel, del cual se extrajeron dos capas ráster: flujo de acumulación y dirección de flujo. Al combinar estos dos productos con la localización de las coordenadas resultó posible identificar los píxeles que escurrieran y drenaran agua a el píxel donde se encontraba la coordenada de la estación hidrológica. La agregación de los píxeles de este paso se convirtió en una capa vectorial tipo polígono y de esta forma se generaron las áreas de las 235 cuencas. Este procedimiento fue realizado en R4.2 y GRASS 7.6. Cabe resaltar que algunas delimitaciones arrojaron píxeles unitarios anexos al área principal y tuvieron que ser descartados.

Adicionalmente, algunas cuencas fueron delimitadas con resultados de superficies muy pequeñas, producto de la ubicación de la coordenada. También se registrito el caso de estaciones mal emplazadas y repetidas con el mismo código identificador.

## Extracción de series de tiempo

Para cada uno de los polígonos se extrajo información espacio temporal de las variables lluvia total, temperatura promedio y porcentaje de área en bosque, todas a una escala mensual. Estas variables predictoras fueron complementadas con las mediciones de caudal a escala diaria que fueron agregadas a escala mensual usando cuatro operadores: media, desviación estándar (SD), mínimo y máximo. Las series fueron generadas y extraídas para el periodo 2000-2019 en su mayoría, sin embargo, algunas se extendieron hasta 1990, pues es el periodo máximo de información de bosques. Las fuentes originales utilizadas fueron.

- Caudales diarios: Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM).
- Precipitación de cinco días: CHIRPS Pentad: Climate Hazards Group InfraRed Precipitation with Station Data (version 2.0 final).
- Precipitación mensual: TRMM 3B43: Monthly Precipitation Estimates | Earth Engine Data Catalog.
- Temperatura promedio mensual: MOD11A2.006 Terra Land Surface Temperature and Emissivity 8-Day Global 1km.
- Bosques nacionales: IDEAM – Sistema monitoreo de bosques y carbono (siac.gov.co).
- Bosques globales: Hansen Global Forest Change v1.7 (2000-2019).

Las capas de bosque, con resolución temporal, fueron extendidos a escala mensual, repitiendo los valores anuales doce veces. Toda la información, con excepción de los caudales y los bosques nacionales, que fueron trabajados y procesados localmente, fueron analizados y trabajados en la plataforma Google Earth Engine.

**Ilustración 34. Series de tiempo a escala mensual usadas en el análisis**




**Nota:** este ejemplo trae relativamente completas las diferentes variables y con varios años de observación. En cada panel horizontal se muestran las variables con colores diferenciando la fuente cuando aplique.

## Método estadístico

Para cada una de las cuencas se generó una regresión lineal que usara como covariables la precipitación mensual, temperatura y porcentaje de cobertura de la cuenca en bosque a escala mensual. Como variable respuesta se usaron las cuatro medidas de caudal originales:

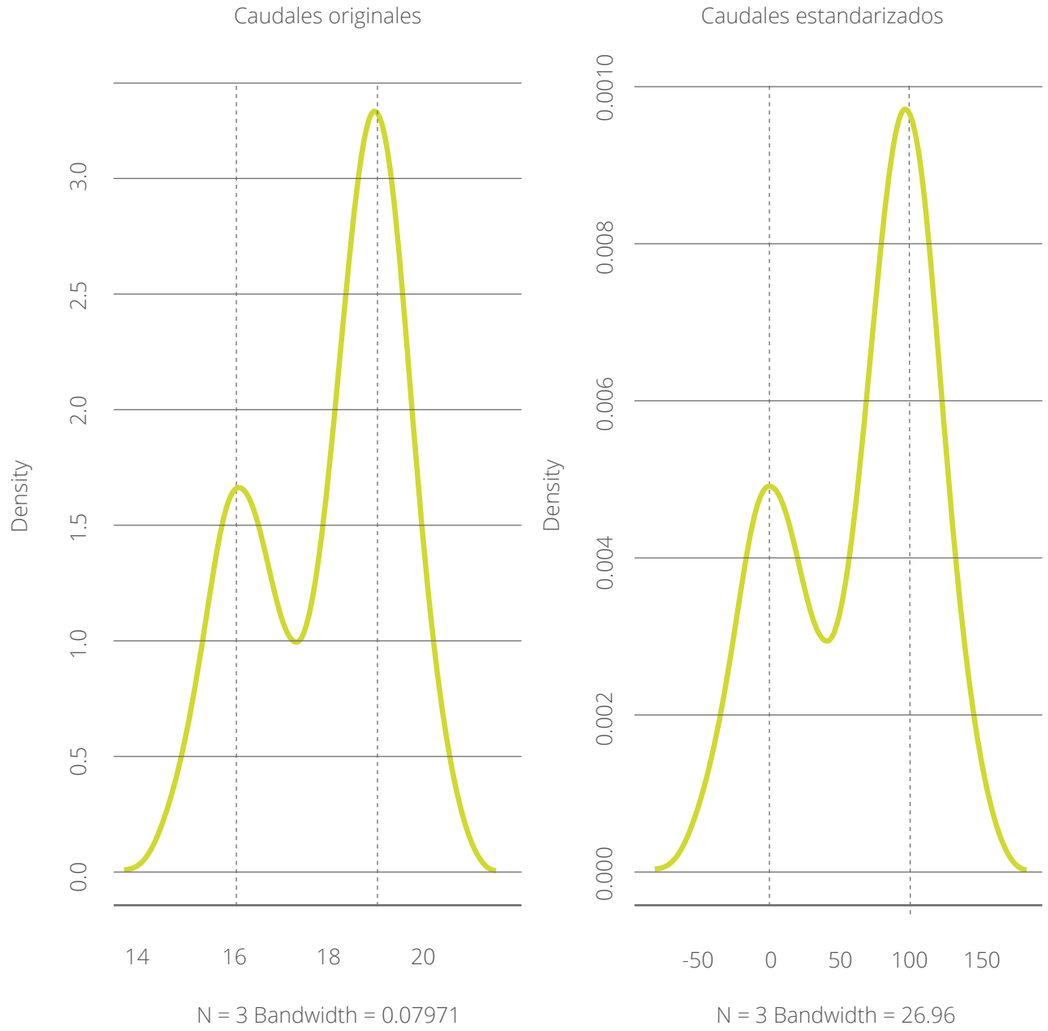
- Medio mensual (m).
- Mínimo mensual (n).
- Máximo mensual (x).
- Desviación estándar (SD) mensual (s).

Así mismo, estas cuatro variables fueron escaladas entre 0 y 100 respectivamente, con el fin de contar con interpretaciones en términos de cambios porcentuales según cada 1 % de cambio de bosque.

Estos cuatro modelos fueron generados adicionalmente para trece escalas temporales:

- Doce mensuales (independientes, meses 1-12).
- Anual (con todos los meses, mes 0).

**Ilustración 35. Diferencias en distribución y rango de los datos de caudales cuando son estandariza**








Al considerar las doscientas ochenta y un cuencas originales delimitadas bajo los trece esquemas temporales y las cuatro covariables, se tiene un total de 14.612 modelos, para los que se cuenta con un coeficiente por cada una de las covariables (intercepto, precipitación, temperatura, bosque) y se obtienen 58.448 estimaciones en teoría. Algunas de las cuencas no tuvieron datos suficientes para la generación del modelo (se descartaron 26, para un total final de 255), por lo que finalmente se generaron 46.704 coeficientes estadísticos. Algunos de estos no se ajustaron para conjuntos particulares (meses o tipos de variables) por insuficiencia en la información. Cabe resaltar que se requiere un mínimo de tres observaciones para generar la regresión y que la falta de alguno de los datos de las diferentes variables impide hacer el ajuste estadístico.

Los coeficientes de la regresión lineal identificaron el aporte de cada una de las covariables en los cuatro tipos de caudales estimados: medio, SD, mínimo y máximo. La interpretación de este valor refiere a la magnitud de cambio (aumento o disminución) en la variable respuesta por un aumento de una unidad en la covariable del coeficiente, dejando todas las otras covariables constantes. En este sentido, y para el propósito de este ejercicio, se puede identificar cuánto cambian los valores de los cuatro tipos de caudales, por cada un 1 % de la superficie de bosque en la cuenca. Los coeficientes vienen acompañados adicionalmente de un parámetro de significancia estadística denominado valor *p o p-value*, que indica la probabilidad de haber obtenido ese valor de coeficiente si la hipótesis nula fuera cierta, por ejemplo, que los datos fueran completamente aleatorios y toma valores entre cero y uno. Entre más pequeño este *valor p*, mejor la confianza estadística.

## Escenarios de cambio climático

La información relativa a cambio climático se extrajo del repositorio del programa de investigación mundial de clima dispuesto para el proyecto de intercomparación de modelos acoplados 5 (CMIP5 - Home | ESGF-CoG (llnl.gov)). Se extrajo información de precipitación a escala diaria, originalmente en unidades de segundos y de temperatura a escala mensual, originalmente en kelvin y convertida a grados Celsius. El modelo seleccionado fue el CNR-CM5, por sus siglas en francés *Centre National de Recherches Meteorologiques / Centre Europeen de Recherche et Formation Avancees en Calcul Scientifique (CNRM/CERFACS)*, para el experimento y ruta de concentración de carbono RCP 8.5, que es la más pesimista y contiene mayores niveles de emisión de gases de efecto invernadero. Este fue identificado en ejercicios anteriores como uno de los que mejor representa las condiciones climáticas de la zona central del país (Rodríguez, 2012). Ambas variables fueron procesadas de conjuntos de datos globales originales el formato científico de datos NetCDF. La temperatura se extrajo del ensamble r10i1p1 en su versión 20110915, mientras que la lluvia correspondió al ensamble r1i1p1 en su versión 20130101.

La lluvia se debió analizar a escala diaria ya que la información original a escala mensual no presentó ningún tipo de tendencia o evidencia de cambio climático, por lo que se usaron datos diarios para identificar valores mínimos o máximos por mes. El análisis de la información se hizo, al igual que caudales, ajustando una regresión lineal con variable independiente los años y como variable respuesta varias agregaciones estadísticas (de escala diaria mensual).

- Promedio (AV – average).
- Coeficiente de variación (CV).
- Máximos (Min).
- Mediana (Med).
- Mínimos (Min).
- % de días sin lluvia en el mes, 0mm (Rain0).
- % de días con lluvias menores a 1mm (Rain1).
- Desviación estándar (SD).

La variable de porcentaje de días con lluvias menores a 1mm se debió incluir ya que la extensión geográfica de cada píxel era considerablemente amplia como para no registrar días con lluvias, lo cual es frecuente en el área de estudio, pero al comprender tal extensión, los valores mínimos eran cercanos a 0 (0.00003, por ejemplo), pero no 0. Cada uno de estos índices o agrupaciones estadísticas, fueron analizadas anualmente y por cada mes, dando lugar a trece regresiones lineales por cada una de las trece celdas del área de estudio y las ocho agregaciones estadísticas. De estas se extrajeron las regresiones significativas con un nivel de confianza del 95 % y ajustadas a las siguientes condiciones: lluvias máximas con tendencia al aumento, tendencia al aumento en SD y tendencia al aumento de porcentaje de días sin lluvia. Las demás variables fueron descartadas al no representar de manera clara una amenaza. En el caso de la temperatura, todos los píxeles fueron identificados con tendencia positiva de cambio.

Finalmente, la inclusión de las variables climáticas en la predicción del comportamiento de caudales fue considerada para entender los posibles escenarios.

# Resultados

## Delimitación de cuencas

La delimitación de cuencas se basó en la coordenada dada por cada una de las 288 estaciones hidrológicas/hidrométricas del IDEAM, con un modelo de elevación de terreno de 90 metros de tamaño de píxel. La combinación de las fuentes de datos arrojó delimitaciones no correspondientes a la realidad. Algunos de los resultados pueden propagar la incertidumbre de este factor. La siguiente figura señala dos ejemplos, donde una delimitación resultó muy pequeña, mientras que la otra tuvo dos coordenadas para el mismo código de estación, además algo alejadas de los ríos.

**Ilustración 36. Ejemplos de delimitaciones conflictivas**



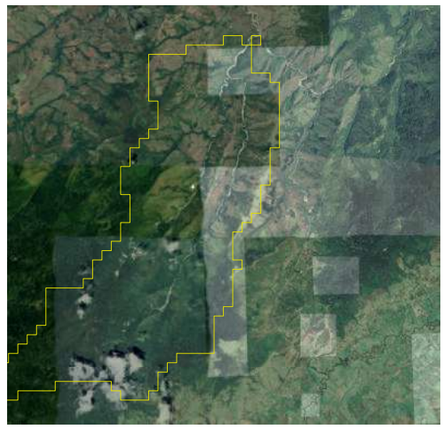
**Izquierda:** delimitaciones pequeñas.

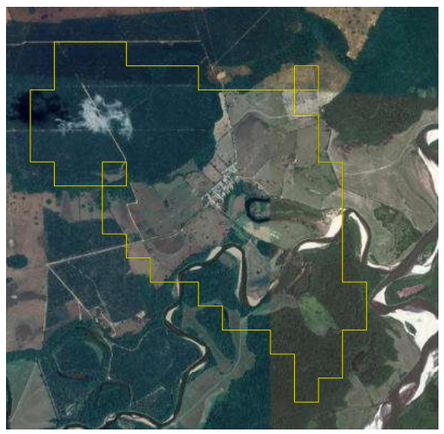


**Derecha:** dos estaciones con mismo código y lejos de ríos.

Otro aspecto de la delimitación fue la generación de polígonos independientes a la cuenca principal. La siguiente figura muestra cómo se generaron cuadrados que son independientes al polígono general de la delimitación, generando dos geometrías para una estación y que tuvieron que ser removidas.

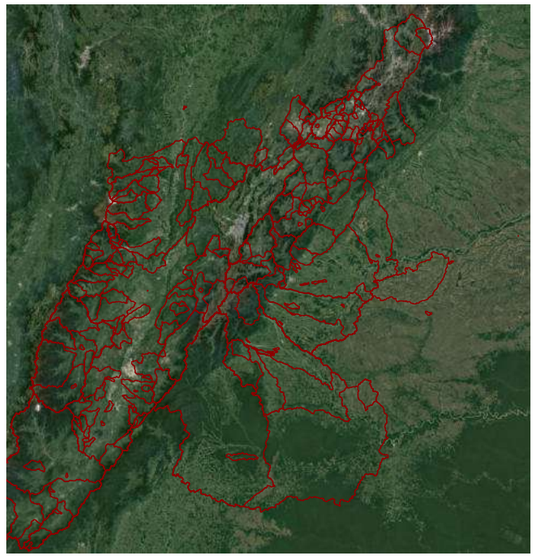
**Ilustración 37. Delimitaciones de cuencas con polígonos (recuadros) adicionales a la delimitación principal**





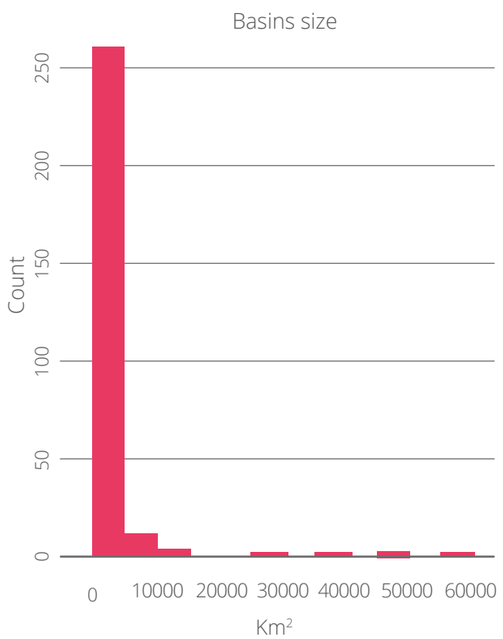
**Nota:** estos cuadros fueron removidos.

**Ilustración 38. Cuencas finales delimitadas para la región de la RAP-E**

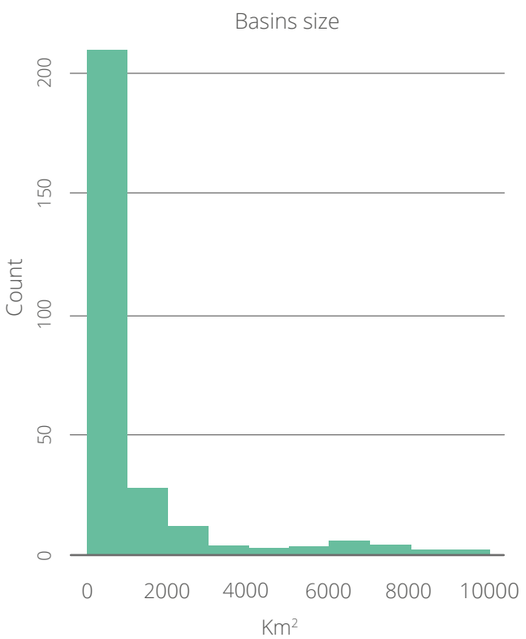


**Nota:** nótense los polígonos superpuestos y los de menor tamaño.

**Ilustración 39. Distribución de tamaños de las cuencas delimitadas**




**Izquierda:** todas las cuencas.




**Derecha:** cuencas menores a 10.000 km²

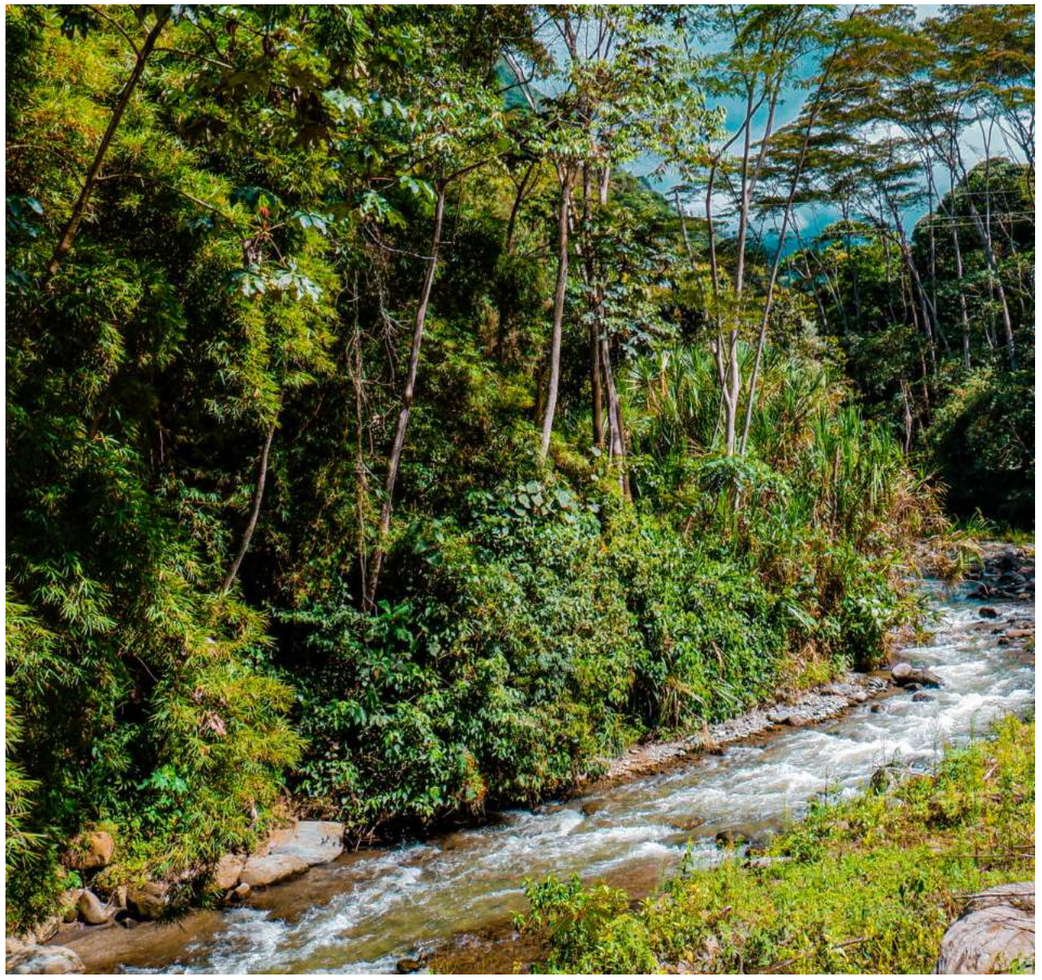




## Coeficientes estadísticos

Se lograron ajustar regresiones lineales para 228 estaciones de las 288 delimitadas, bien sea por disponibilidad de información o variabilidad de los datos (ejemplo: que las covariables no fueran constantes). Algunos conjuntos de datos presentaron poca variabilidad en la cobertura en bosque, por lo que la covariable no pudo ser ajustada para explicar la variación de los caudales. Las siguientes dos gráficas muestran ejemplos de cuencas con suficientes datos, pero con muy poca variación en los caudales. Con esas condiciones, entender el papel del bosque en las cuencas no es posible, además de presentar una limitación estadísticapor cuanto el coeficiente no se puede estimar.

Los coeficientes estadísticos que relacionan bosques con caudales resultaron variables en sentido y magnitud, existiendo valores negativos y positivos. Si bien se esperaba que los cuatro tipos de caudales (m, x, n, s) mostraran resultados diferentes, la variabilidad de los coeficientes por cuenca fue más alto de lo esperado. La siguiente figura muestra la dispersión de coeficientes agregados por tipo de caudal originales y con tonalidades según los trece meses (incluyendo el anual), sonde toman valores negativos y positivos al mismo tiempo.



Los coeficientes estadísticos que relacionan bosques con caudales resultaron variables en sentido y magnitud, existiendo valores negativos y positivos. Si bien se esperaba que los cuatro tipos de caudales (m, x, n, s) mostraran resultados diferentes, la variabilidad de los coeficientes por cuenca fue más alto de lo esperado. La siguiente figura muestra la dispersión de coeficientes agregados por tipo de caudal originales y con tonalidades según los trece meses (incluyendo el anual), sonde toman valores negativos y positivos al mismo tiempo.

**Ilustración 41. Coeficientes de la covariable de porcentaje de área en bosques para los cuatro tipos de caudales originales modelados y agregados por tipo de modelo y mes (incluido el anual con valor 0)**

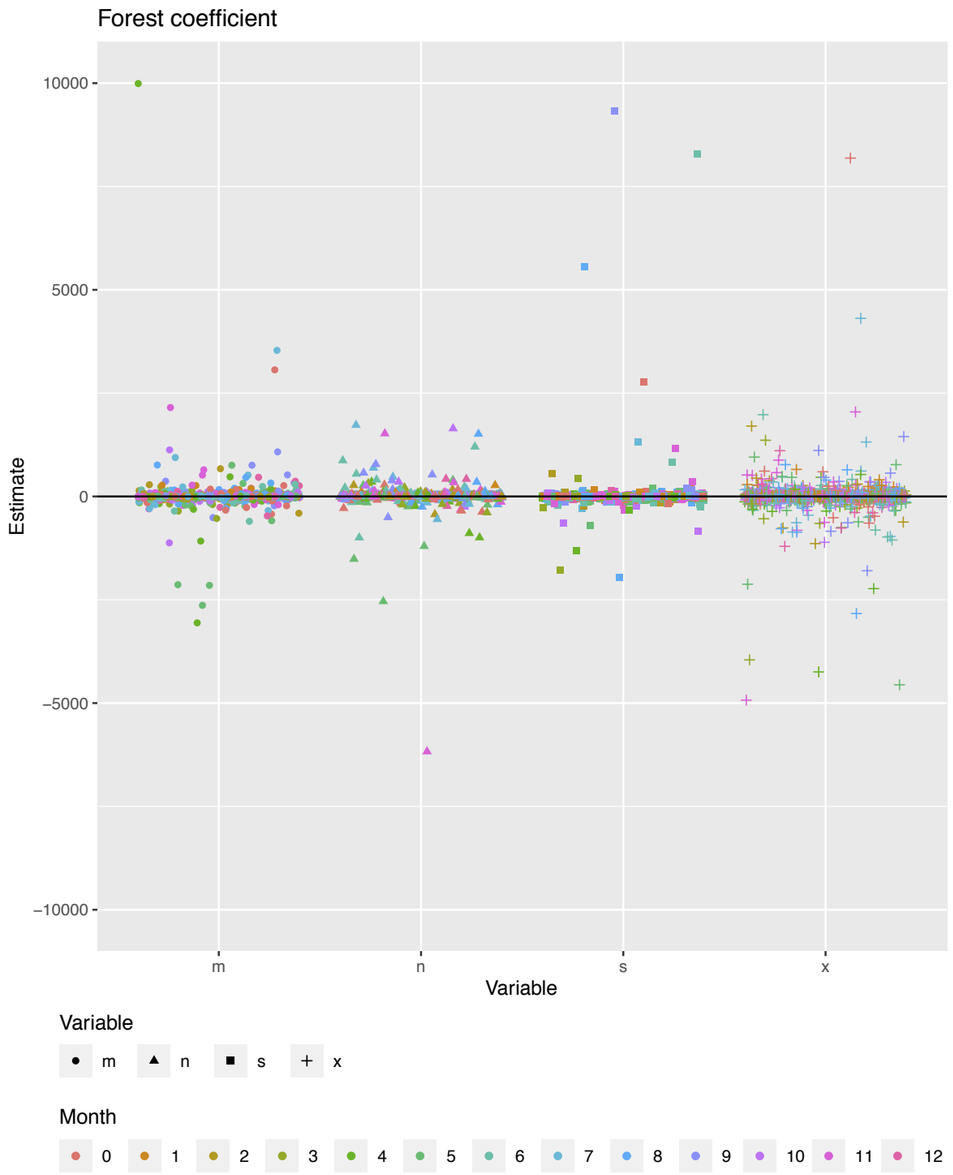


**Ilustración 42. Coeficientes de la covariable de porcentaje de área en bosques para los cuatro tipos de caudales escalados modelados y agregados por tipo de modelo y mes (incluido el anual con valor 0)**

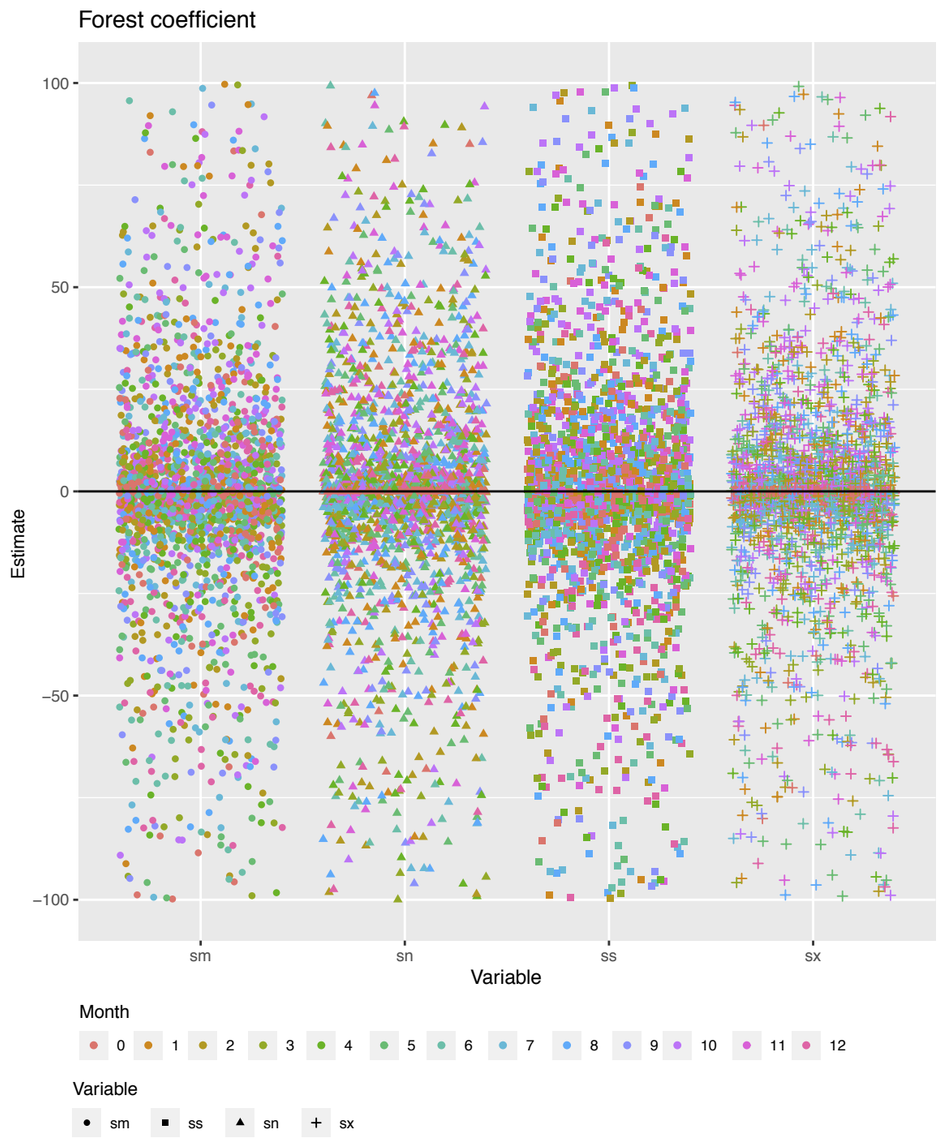
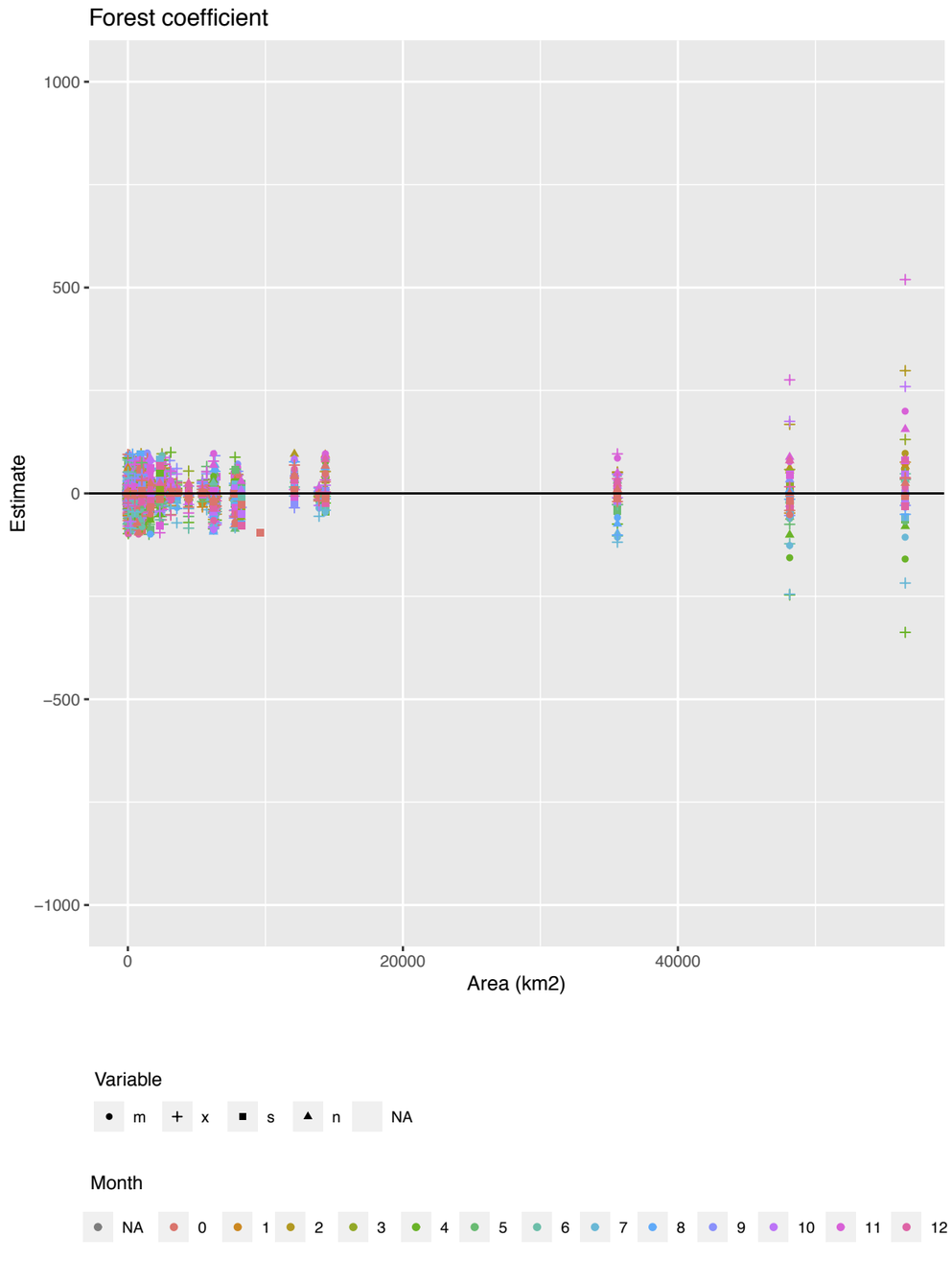



**Ilustración 43. Coeficientes de la covariable de porcentaje de área en bosques para los cuatro tipos de caudales originales modelados agregados por meses y anual (mes 0) y organizados según el tamaño de la cuenca**




Al identificar el efecto del tamaño de la cuenca sobre la fuerza de la asociación entre bosques y caudales, se encontró que a mayor tamaño de las cuencas, mayor la magnitud de los coeficientes. Sin embargo, el aumento de la magnitud se presentó en ambos sentidos. Nótese que los valores del modelo anual se encuentran cercanos a cero en el eje Y, señalando un bajo efecto, a pesar de que los diferentes meses sí mostraron inclinación hacia magnitudes altas en ambos sentidos. Esto sucedió para todos los coeficientes, incluido el de la desviación estándar (s), donde de esperaba que independientemente de los meses, la variación diaria fuera mayor cuando se presentaba la deforestación.

**Ilustración 44. Coeficientes de la covariable de porcentaje de área en bosques para los cuatro tipos de caudales escalados modelados agregados por meses y anual (mes 0) y organizados según el tamaño de la cuenca**

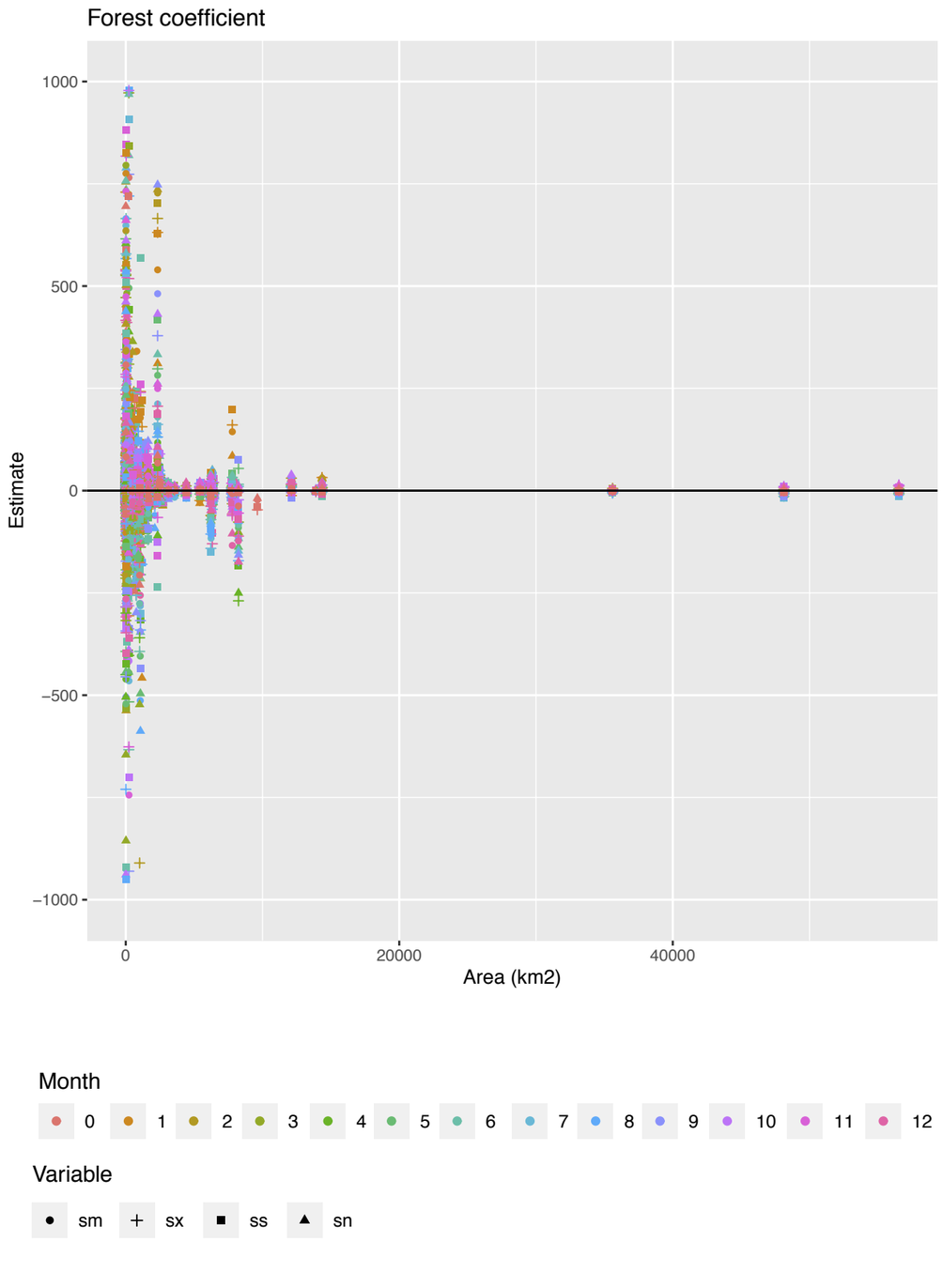
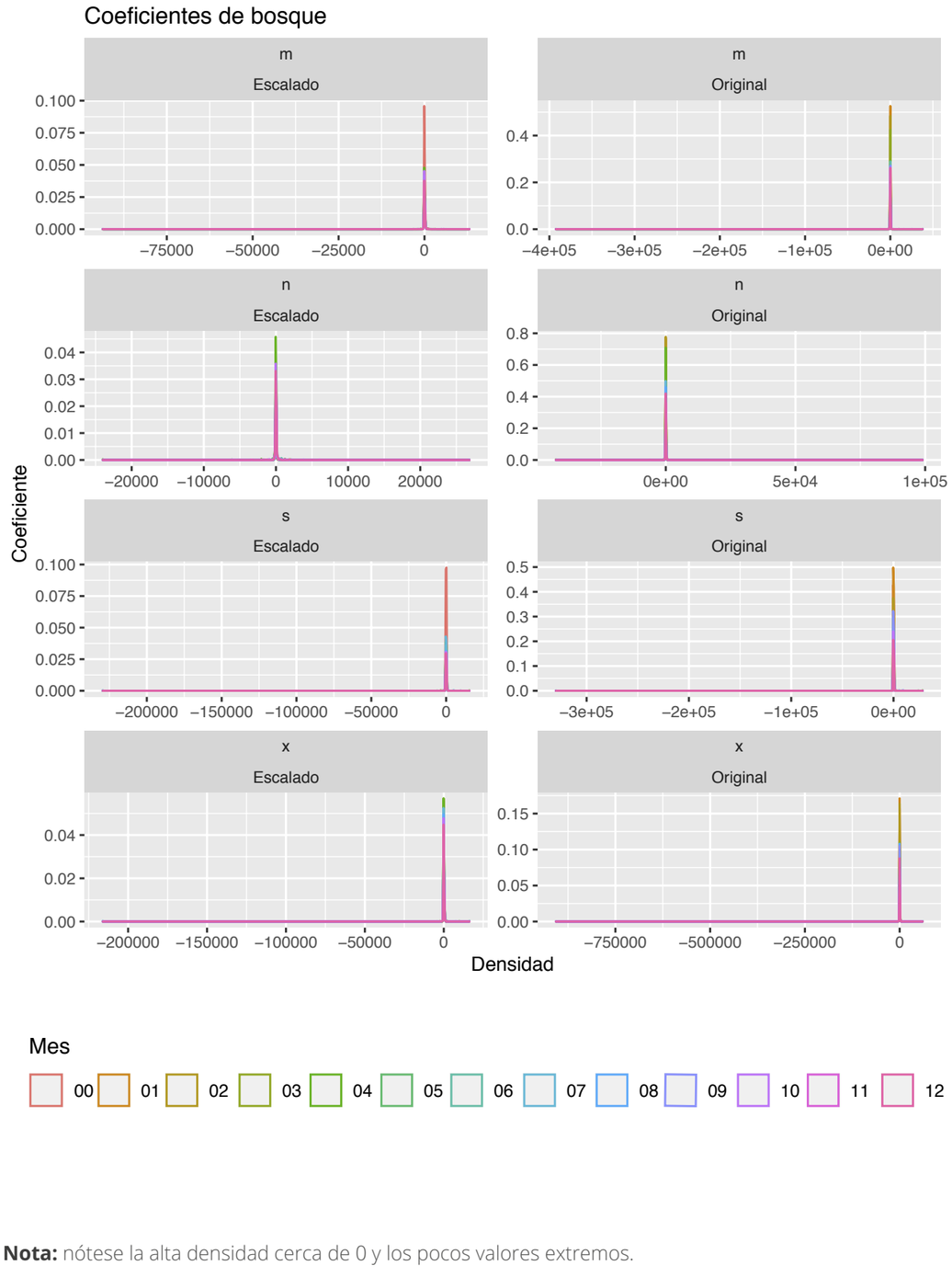
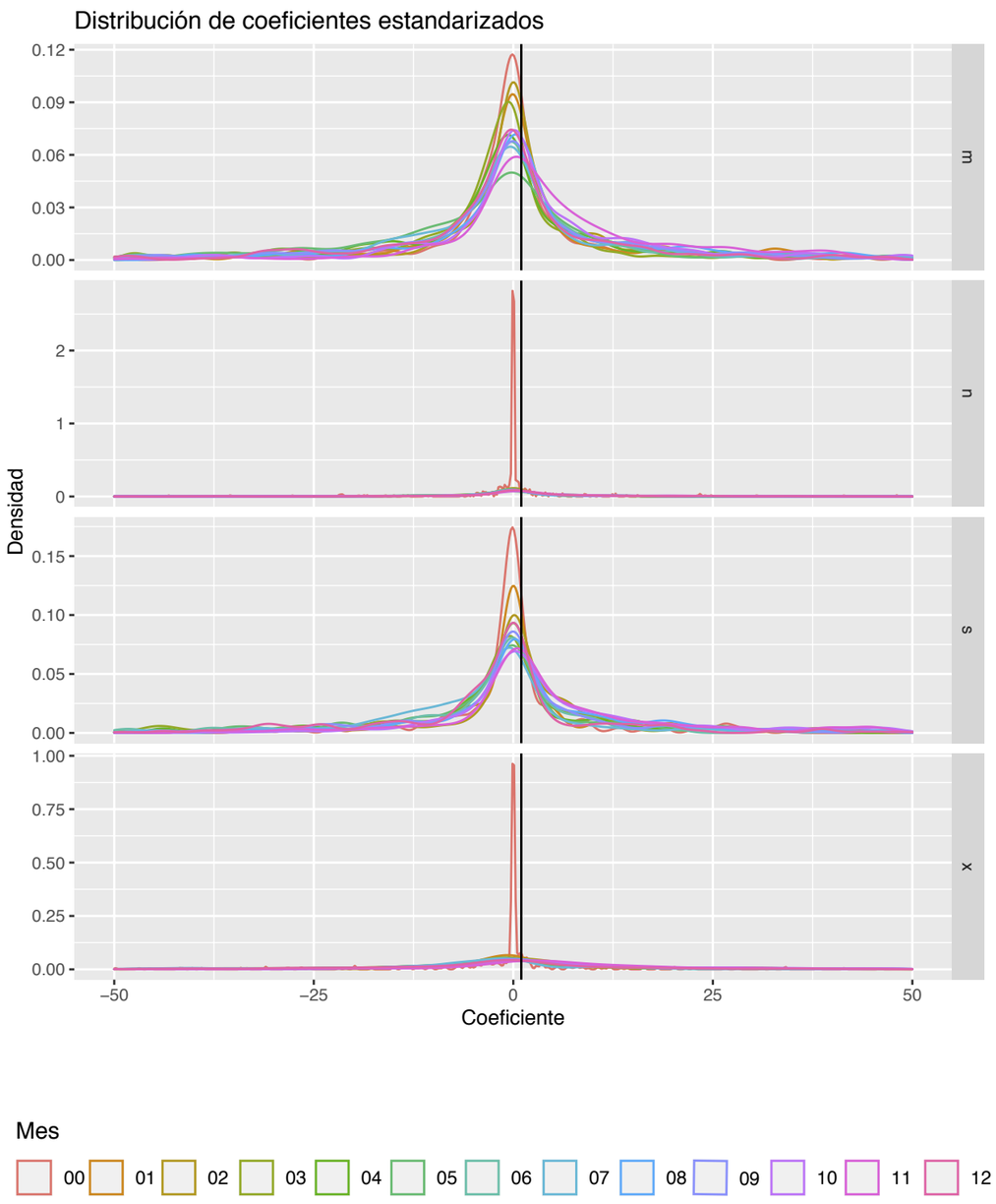



**Ilustración 45. Distribución estadística de los coeficientes del porcentaje de área en bosque para las regresiones originales y escalados en su escala original**




**Nota:** nótese la alta densidad cerca de 0 y los pocos valores extremos.

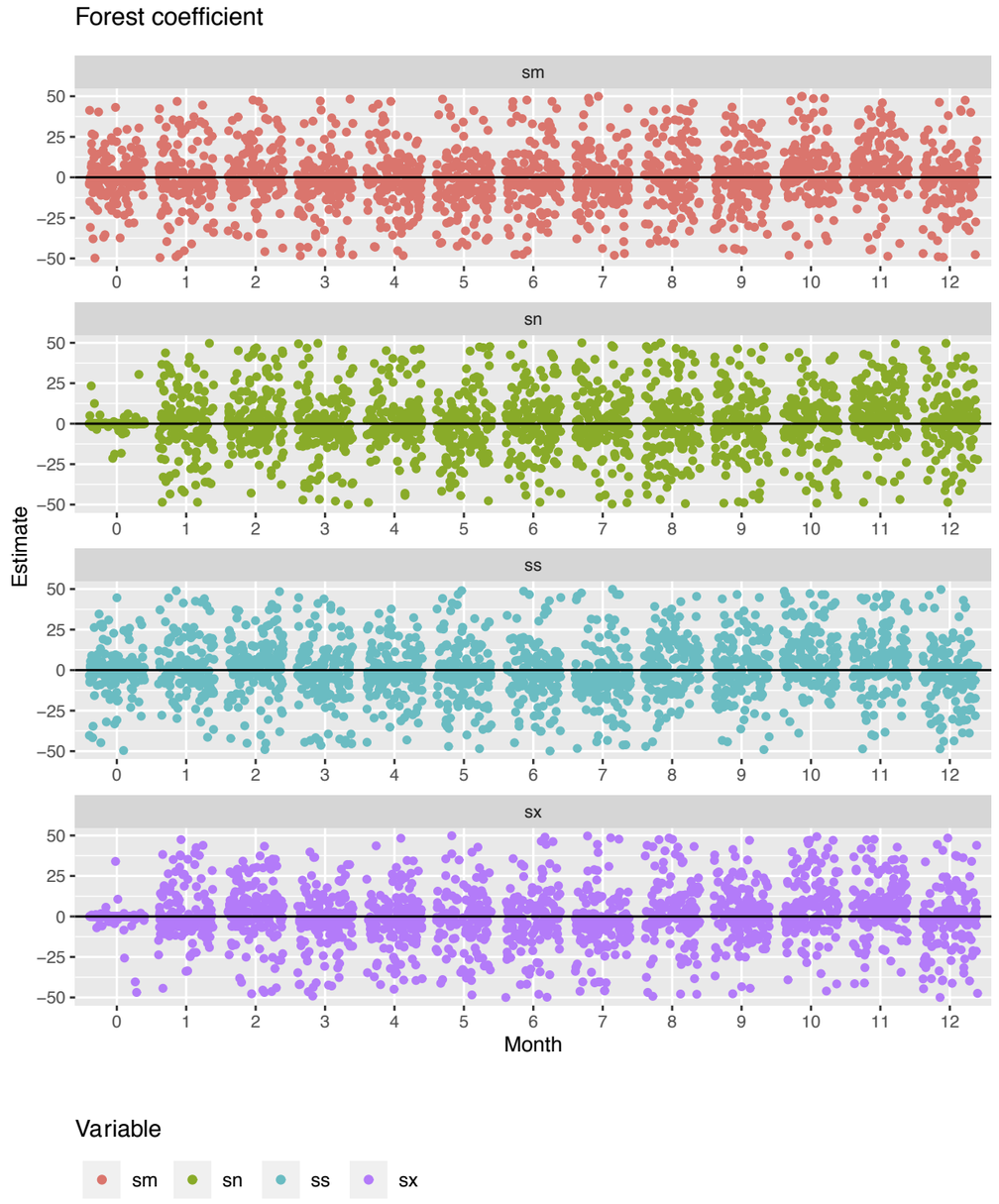
**Ilustración 46. Densidad de distribución de los coeficientes de porcentaje de área en bosque para los caudales escalados acotados a -50 y 50**




**Nota:** nótese la alta concentración cercanos a 0 de los coeficientes anuales (mes 0) y la concentración de los valores entre 50- y 50.



**Ilustración 47. Coeficientes de porcentaje de área en bosque para los caudales escalados por meses**



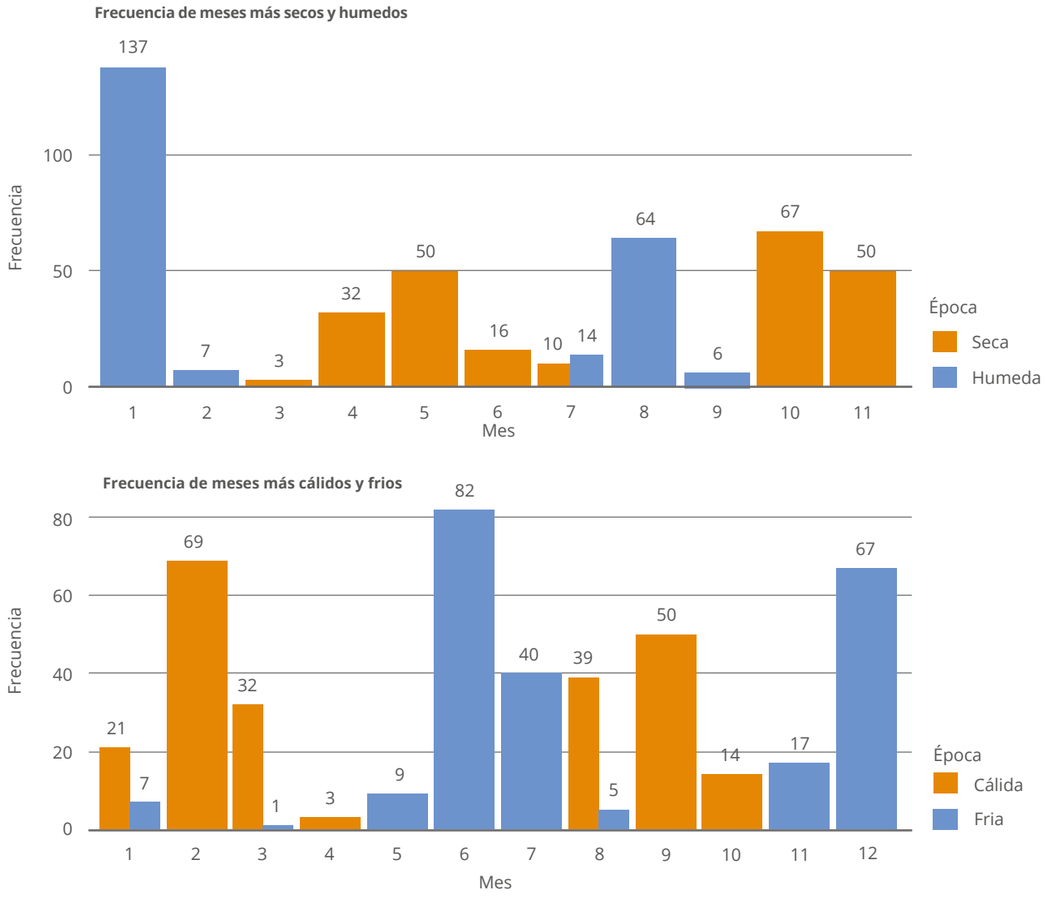

**Nota:** nótese la ambigüedad en el sentido de la distribución (positiva, negativa) a lo largo de los meses.

Si bien la distribución de los coeficientes a lo largo de los meses tuvo valores negativos y positivos, esto puede justificarse en que cada cuenca tiene meses húmedos y secos. También se encontró que el análisis anual, mes 0, tuvo magnitudes más cercanas a 0 que los otros meses.

Dado este resultado se vio la necesidad de suprimir el supuesto de comportamiento similar de los meses para la región, es decir, que tener coeficientes negativos y positivos para enero, por ejemplo, para alguno de los cuatro tipos de caudales, no es necesariamente un error, sino que puede estar respondiendo a cada cuenca y sus condiciones climáticas.

La siguiente figura muestra el número de veces en el que cada mes fue identificado como el más seco y el más húmedo, respectivamente, así como el más cálido y frío. Allí se evidencia que algunos meses tiene mayor incidencia como los más secos o húmedos.

**Ilustración 48. Distribución de los coeficientes de correlación lineal (entre -1 y 1) y no lineal entre los cuatro caudales originales, lluvia (chirps, trmm) y temperatura (tmp)**



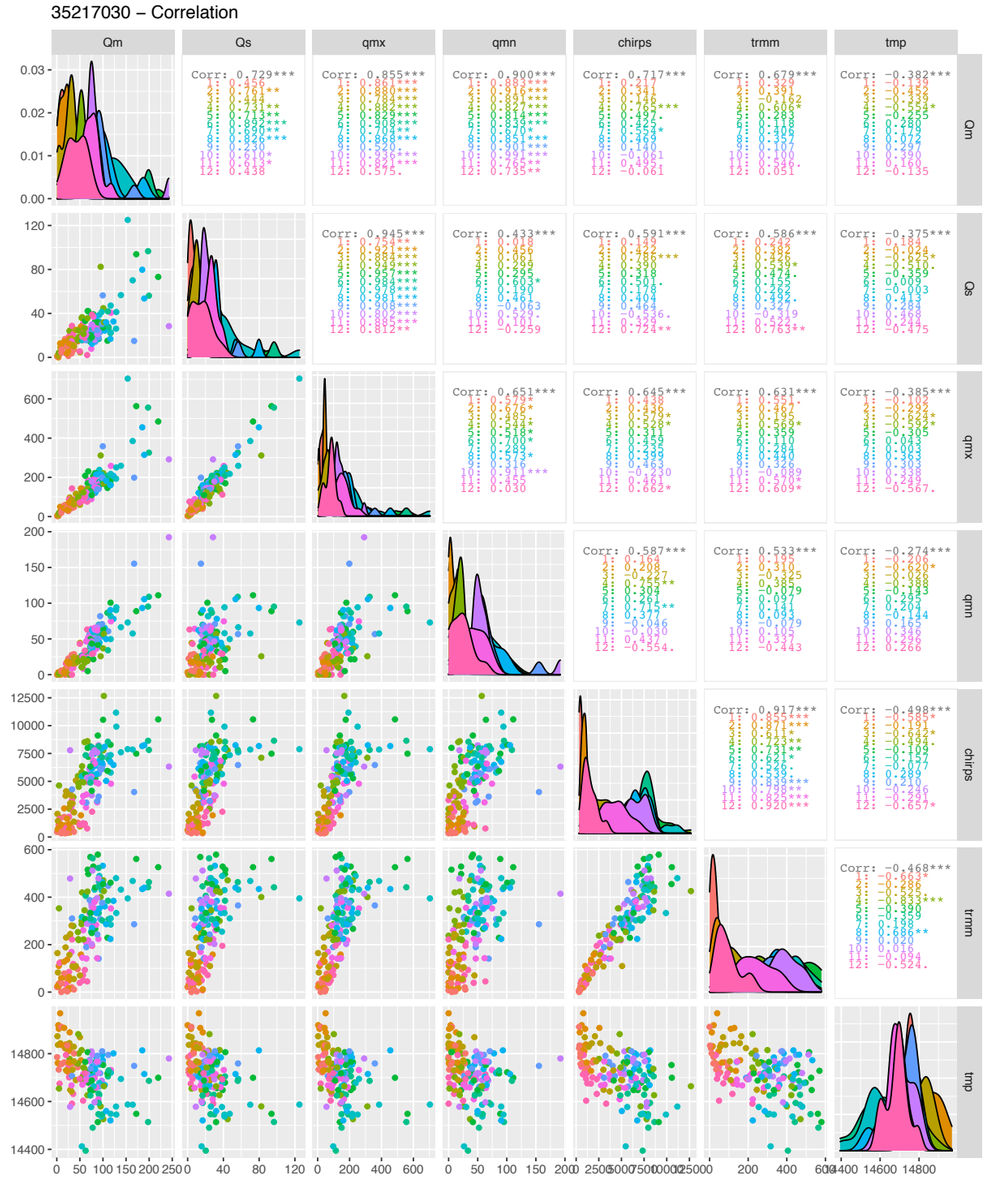

La gráfica anterior permite pensar que los enero pueden ser más homogéneos, sin embargo, la variación dentro de cada cuenca resultó en que no necesariamente el mes más cálido o húmedo se ajustó a la hipótesis, sino los meses al final de cada temporada (ver adelante).

La participación de la lluvia y la temperatura como variables gobernantes del proceso hidrológico en las cuencas quedó establecido a través del análisis de correlación lineal (Pearson) y no lineal (Spearman) en cada cuenca, considerando los cuatro caudales originales y las dos fuentes de precipitación y los datos de temperatura.





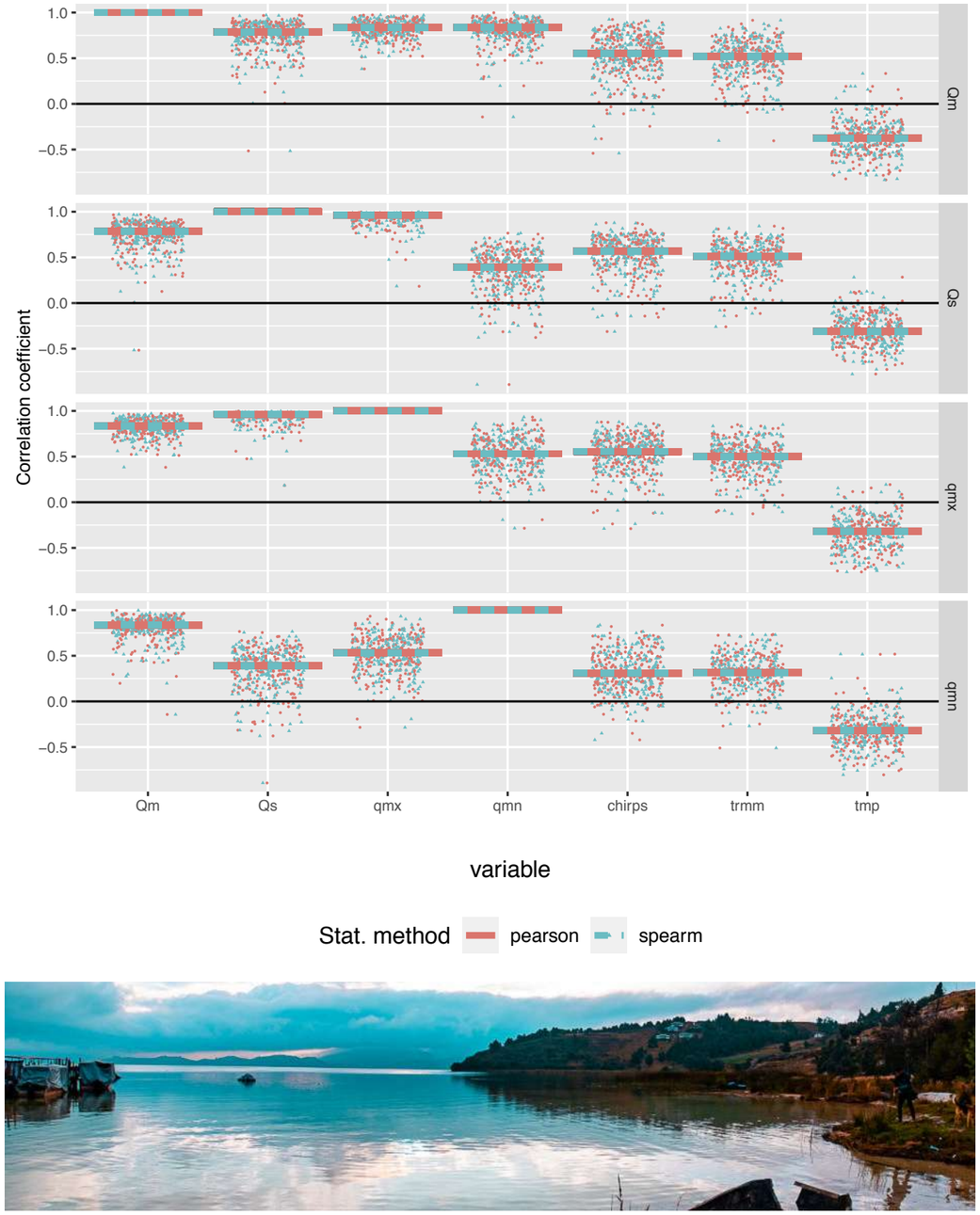
**Ilustración 49. Diagrama de dispersión, distribución y coeficientes de correlación de Pearson entre los cuatro caudales (Qm, Qs, qmx, qmn), dos fuentes de precipitación (chirps, trmm) y una de temperatura (tmp)**




**Nota:** nótense especialmente los paneles Qm vs. chirps, Qm vs. Trmm y Qm vs. tmp.

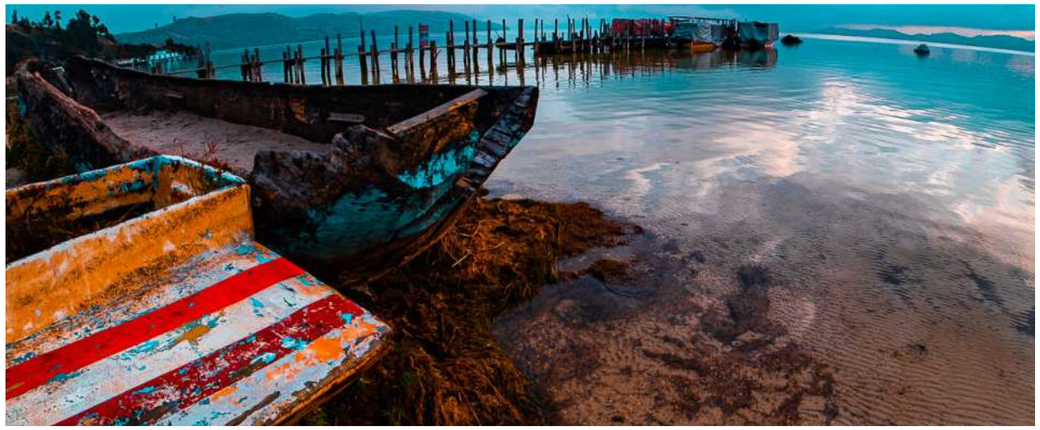
La gráfica anterior muestra cuánto explica la lluvia y temperatura los caudales, especialmente el caudal promedio, para una de las cuencas. Al compilar los datos de todas las cuencas, observamos que la lluvia explica poco más del +50 % y la temperatura el -30 % de los caudales medios, promediando los coeficientes de la correlaciones lineales y no lineales.

**Ilustración 50. Distribución de los coeficientes de correlación lineal (entre -1 y 1) y no lineal entre los cuatro caudales originales, lluvia (chirps, trmm) y temperatura (tmp)**





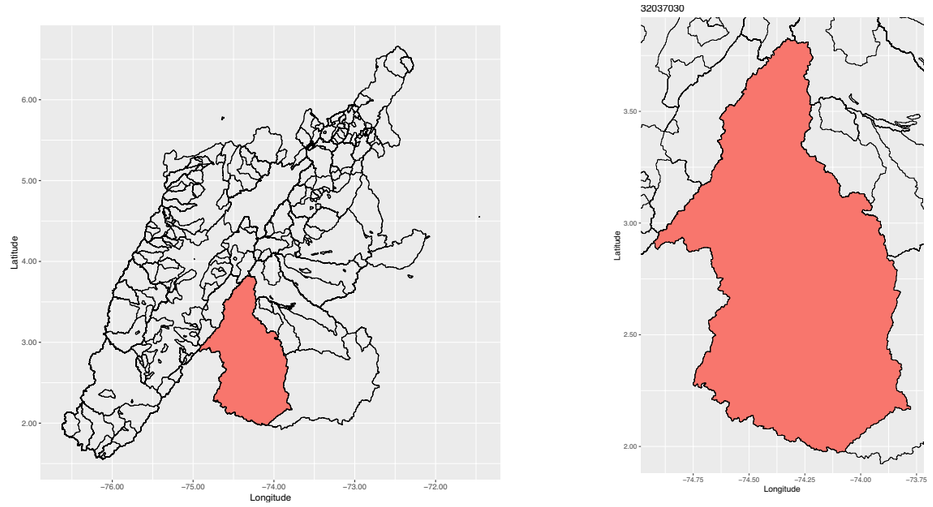


Estos resultados se ajustan a otros estudios previos en donde se debe considerar que el 80 % del comportamiento de caudales se explica en estas dos variables. Ya que estas variables fluctúan a lo largo del año, es necesario considerar el valor de estos dos aspectos antes de evaluar la participación del bosque.

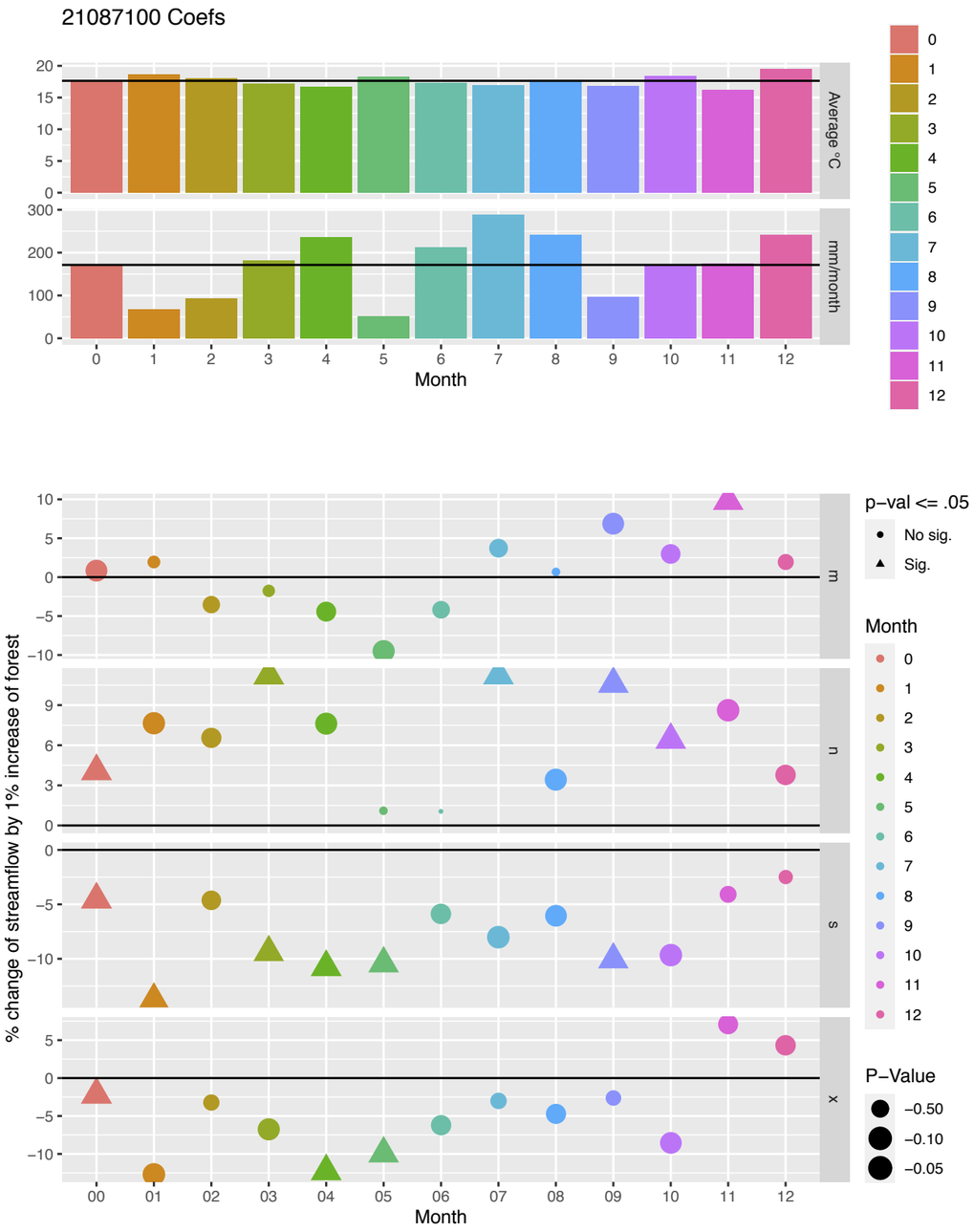
Considerando que cada cuenca requiere un contexto de lluvia y temperatura, se analizó de manera independiente cada una de estas unidades considerando lluvia y temperatura. La siguiente cuenca es uno de los casos donde se cumple la hipótesis del estudio: más bosques reducen la variabilidad, aumentan valores mínimos de caudal y reducen los máximos, así como reducen anualmente el caudal medio.

**Ilustración 51.Cuenca ejemplo con el comportamiento esperado**




**Nota:** nótese en el panel inferior la ubicación dentro de la RAP-E, cerca a la coordenada -76.5, 2.5.

**Ilustración 52. Temperatura (arriba), precipitación y coeficientes de regresión sobre porcentaje de área en bosque para caudales medios (m), mínimos (n), desviación estándar (s) y valores máximos (m)**




Esta cuenca presenta el siguiente comportamiento respecto al aumento de bosque: los valores medios cambian ligeramente de manera positiva a escala anual, decrecen en el primer semestre y suben en el segundo semestre. Si bien no es tan claro este comportamiento, los siguientes elementos sí. Los valores mínimos aumentan cuando más bosque hay. La variabilidad (desv. estándar) y los valores máximos se reducen cuándo más bosque hay. Estas conclusiones no están relacionadas con los meses más lluviosos o secos, permitiendo entender que los análisis de coeficientes por meses considerando todas las cuencas quizás no sea lo más apropiado.

**Ilustración 53. Ejemplo de cuenca donde hay respuestas de los coeficientes acordes a la lluvia de los meses**

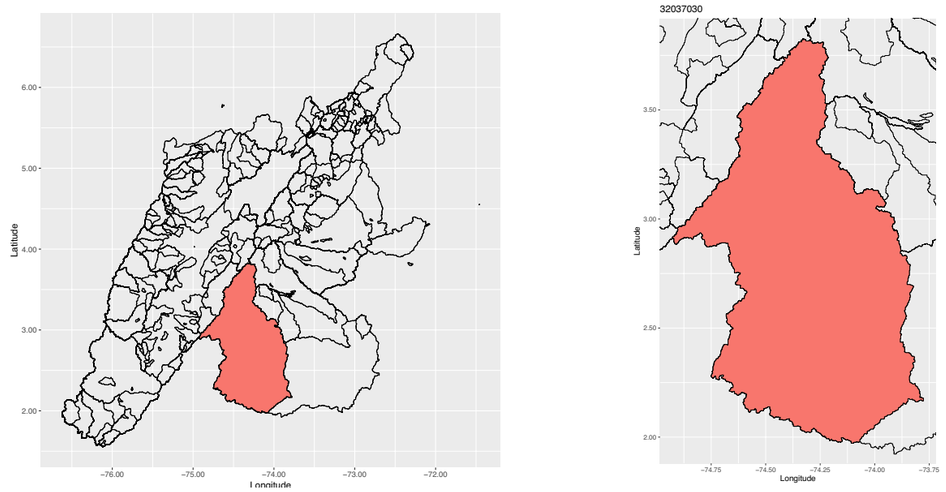





**Ilustración 54. Coeficientes de cuenca ejemplo donde hay respuestas acordes a la lluvia**

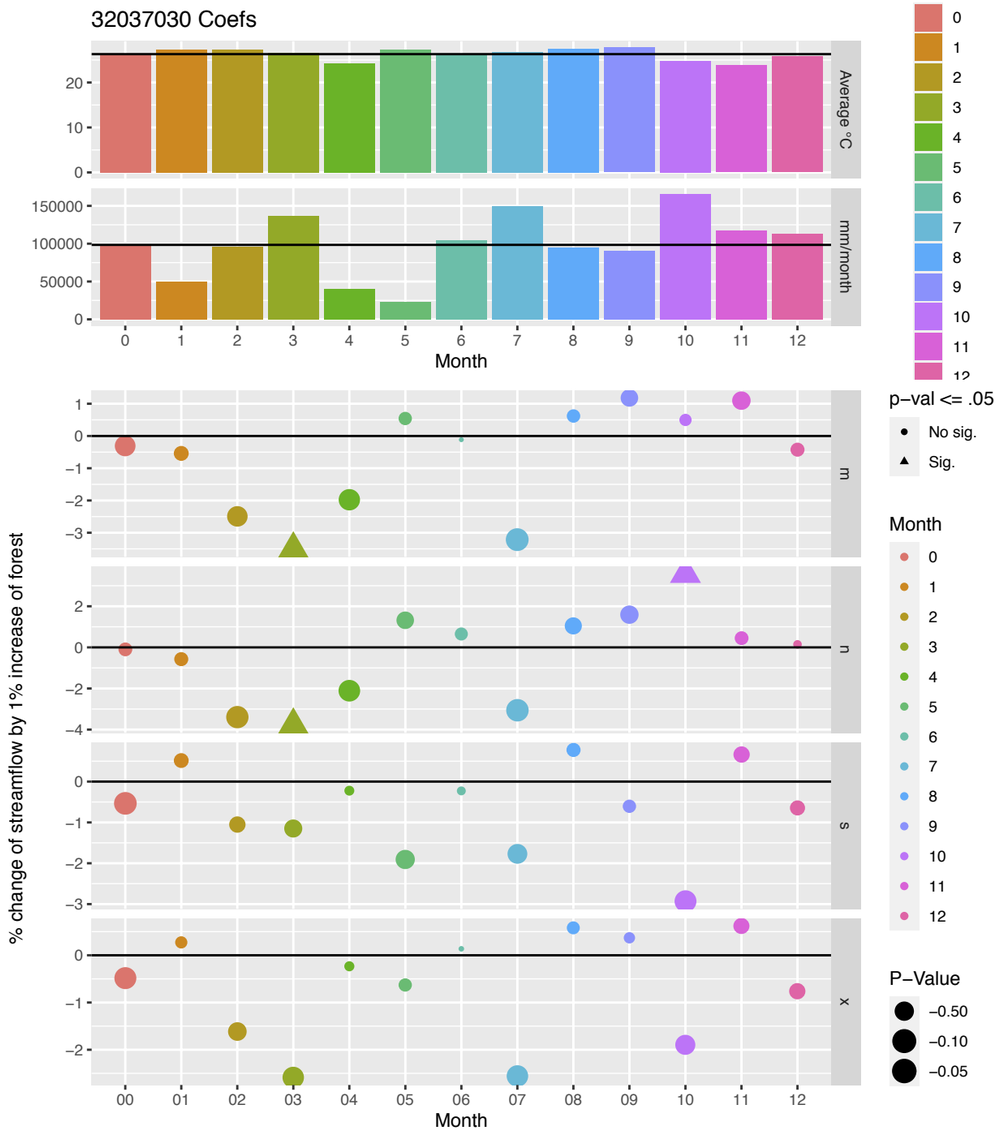
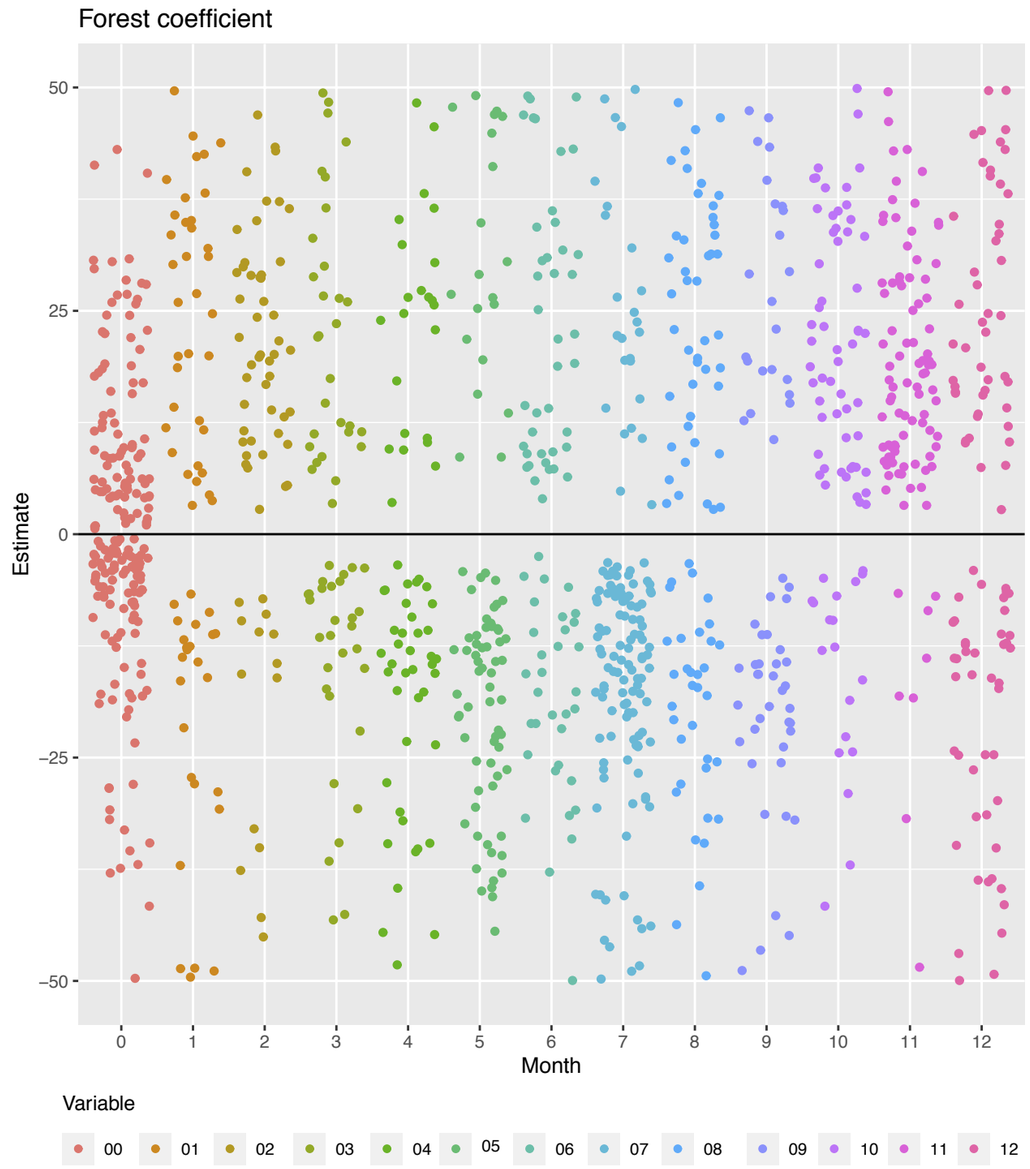


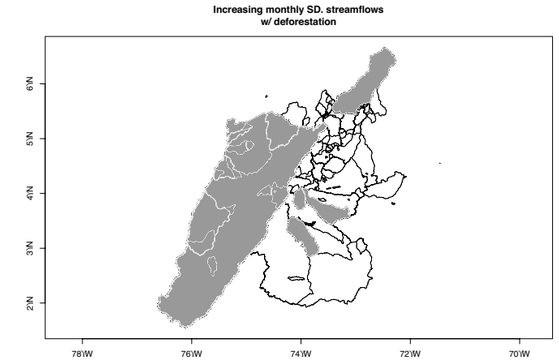

**Ilustración 55. Coeficientes estadísticos con significancia estadística mayor al 95 % de la covariable de bosques para los cuatro tipos de caudales escalados modelados agregados por meses y anual (mes 0)**




En este caso, en los meses con mayor lluvia los coeficientes de caudales máximos se reducen en mayor medida (magnitudes negativas), mientras que en los meses secos aumentan los caudales promedio, sin que se observe lo mismo en los caudales mínimos según lo esperado. Estos dos ejemplos mostraron cómo se pueden interpretar los coeficientes, más allá de si tienen significancia estadística. Es por esto que se seleccionaron las cuencas cuyos coeficientes soportaran las hipótesis con magnitudes coherentes (entre 0 % y 50 % de cambio en caudales por cada 1 % cambiado en bosque) y con significancias estadísticas mayores al 95 % (p-value menor a 0.05).

La identificación de estas cuencas permitió ubicar los sitios donde se cumplen las hipótesis con suficiente evidencia estadística respecto al aumento de superficie en bosques: reducción de variabilidad, reducción de valores máximos y aumento de valores mínimos. Para efectos de comunicación, los siguientes títulos tienen los resultados en términos de deforestación.

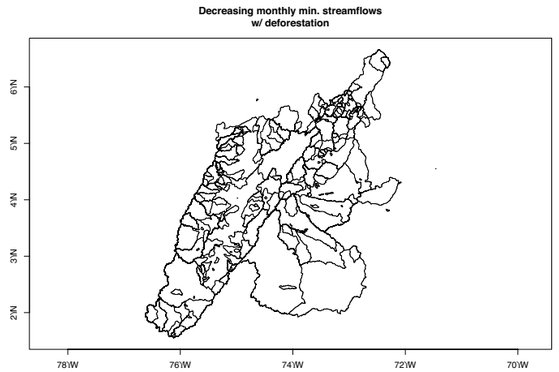
## Ilustración 56. Mapa de cuencas que responden a la deforestación

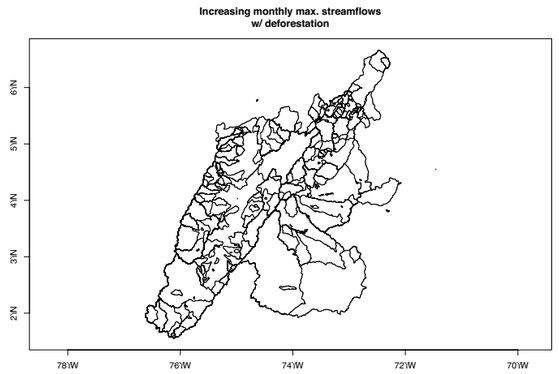



**Izquierda:** aumento de la desviación estándar.

**Derecha:** disminución de caudales mínimos.

**Abajo:** aumento de caudales máximos.



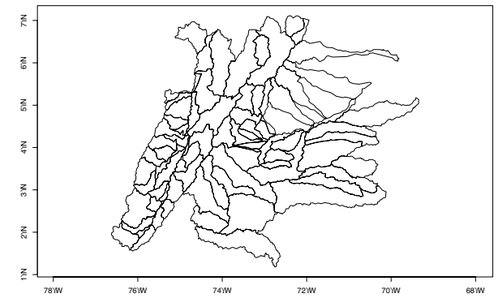

Para las cuencas con afectación en la variabilidad (des. est.) se contó con ochenta y siete áreas y con un promedio de 13 % de cambio en la desviación estándar cuando se presentó deforestación. Los caudales mínimos disminuyeron en promedio 24 % con la pérdida de bosque en 108 cuencas y los caudales máximos se aumentaron un 17 % para 61 casos.

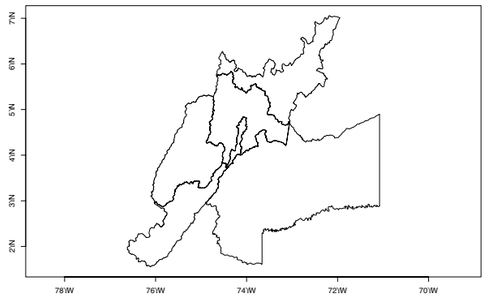
Se identificó el porcentaje de áreas que responden a estas hipótesis en términos de superficies de subzonas hidrográficas y departamentos en el país.

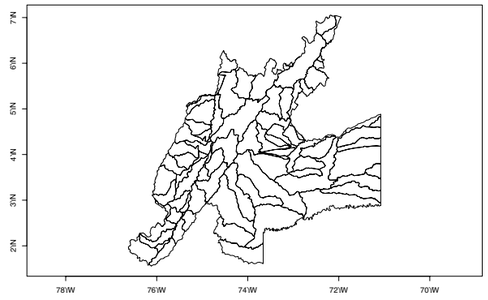




## Ilustración 57. Unidades administrativas usadas como referencian




**Izquierda:** departamentos.

**Medio**: subzonas hidrográficas recortadas por los departamentos de la RAP-E.

**Derecha:** subzonas hidrográficas presentes en la zona de la RAP-E

## Tabla 51. Porcentaje de superficie de departamentos con respaldo estadístico significativo que respondan hidrológicamente al aumento de área en bosque

| Departamento | Km² totales | Aumento de mínimos | % | Reducción de máximos | % | Reducción de variación | % |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Bogotá, D. C.** | 1622.842 | 1622.842 | 100 | 1621.281 | 99.90 | 1273.208 | 78.46 |
| **Boyacá** | 23128.57 | 1102.546 | 4.77 | 8690.376 | 37.57 | 1778.27 | 7.69 |
| **Cundinamarca** | 22369.21 | 15180.84 | 67.86 | 15962.34 | 71.36 | 11184.21 | 50.00 |
| **Huila** | 18127.71 | 18101.28 | 99.85 | 18095.65 | 99.82 | 18101.28 | 99.85 |
| **Meta** | 85466.27 | 41943.46 | 49.08 | 7882.349 | 9.22 | 34494.24 | 40.36 |
| **Tolima** | 24128.12 | 24105.99 | 99.91 | 24105.99 | 99.91 | 20183.13 | 83.65 |
| **Total** | **174842.7** | **102057** | **58.37** | **76357.99** | **43.67** | **87014.33** | **49.77** |

**Tabla 52. Porcentaje de superficie de subzonas hidrográficas dentro de los departamentos con respaldo estadístico significativo que respondan hidrológicamente al aumento de área en bosque**

| Subzona hidrográfica | Km² totales | Aumento de míni-mos | % | Reduc-ción de máximos | % | Reduc-ción de variación | % |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Alto Guaviare** | 6905.933 | 6892.606 | 99.81 | 2.694585 | 0.04 | 6892.606 | 99.81 |
| **Alto Magdalena** | 2496.166 | 2484.349 | 99.53 | 2484.349 | 99.53 | 2484.349 | 99.53 |
| **Alto Saldaña** | 2576.737 | 2572.756 | 99.85 | 2572.756 | 99.85 | 2572.756 | 99.85 |
| **Bajo Saldaña** | 383.8915 | 383.8915 | 100 | 383.8915 | 100 | 383.8915 | 100 |
| **Caño Cumaral** | 1110.146 | 5.904354 | 0.53 | 5.904354 | 0.53 | 0.009146 | 0.00 |
| **Chivor** | 2481.234 | 34.11193 | 1.37 | 428.3789 | 17.26 | 8.809702 | 0.36 |
| **Directos al Magdalena (md)** | 445.0112 | 76.02774 | 17.08 | 80.09644 | 18.00 | 4.069007 | 0.91 |
| **Directos al río Meta** | 1238.815 | 1139.28 | 91.97 |  | 0.00 |  | 0.00 |
| **Directos Magdalena** | 1036.204 | 1036.204 | 100 | 1036.204 | 100 | 1036.204 | 100 |
| **Directos río Metica (md)** | 1950.187 | 1186.757 | 60.85 | 863.1116 | 44.26 | 4.475299 | 0.23 |
| **Embalse del Guavio** | 2272.65 | 84.59428 | 3.72 | 496.1664 | 21.83 | 3.314036 | 0.15 |
| **Juncal y otros ríos directos al Magdalena** | 449.1995 | 449.1995 | 100 | 449.1995 | 100 | 449.1995 | 100 |
| **Medio Guaviare** | 6665.514 | 68.93875 | 1.03 |  | 0.00 | 68.93875 | 1.03 |
| **Medio Saldaña** | 730.7062 | 730.7062 | 100 | 730.7062 | 100 | 730.7062 | 100 |
| **Río Aipe y otros directos al Magdalena** | 2605.44 | 2605.44 | 100 | 2605.44 | 100 | 2605.44 | 100 |
| **Río Amoyá** | 1455.921 | 1454.522 | 99.90 | 1454.522 | 99.90 | 1454.522 | 99.90 |
| **Río Ariari** | 8096.387 | 8069.467 | 99.67 | 90.03231 | 1.11 | 8060.178 | 99.55 |
| **Río Atá** | 1522.196 | 1521.611 | 99.96 | 1521.611 | 99.96 | 1521.611 | 99.96 |
| **Río Baché** | 1179.58 | 1179.58 | 100 | 1179.58 | 100 | 1179.58 | 100 |
| **Río Bogotá** | 5953.449 | 5906.139 | 99.21 | 5934.265 | 99.68 | 5893.94 | 99.00 |
| **Río Bojabá** | 964.2799 |  | 0.00 | 3.223861 | 0.33 |  | 0.00 |
| **Río Cabrera** | 2797.318 | 2797.318 | 100 | 2782.558 | 99.47 | 2797.318 | 100 |
| **Río Carare (Minero)** | 2488.438 | 1557.768 | 62.60 | 1557.768 | 62.60 | 1557.768 | 62.60 |
| **Río Casanare** | 151.7409 |  | 0.00 | 8.451911 | 5.57 |  | 0.00 |
| **Río Chicamocha** | 6123.399 | 41.54481 | 0.68 | 5997.132 | 97.94 | 2.465395 | 0.04 |
| **Río Cobugón - río Cobaría** | 1376.812 |  | 0.00 | 0.739006 | 0.05 |  | 0.00 |
| **Río Coello** | 1820.475 | 1815.704 | 99.74 | 1815.704 | 99.74 | 1811.093 | 99.48 |
| **Río Cravo Sur** | 2057.962 | 3.22487 | 0.16 | 11.38932 | 0.55 |  | 0.00 |
| **Rio Cucuana** | 1865.688 | 1864.626 | 99.94 | 1864.626 | 99.94 | 1864.626 | 99.94 |
| **Río Cusiana** | 673.1373 | 283.9261 | 42.18 | 208.824 | 31.02 |  | 0.00 |
| **Río Fonce** | 87.52585 | 0.974922 | 1.11 | 3.358888 | 3.84 |  | 0.00 |
| **Río Fortalecillas y otros** | 2146.957 | 2146.389 | 99.97 | 2146.375 | 99.97 | 2146.389 | 99.97 |
| **Río Guacavía** | 832.9302 | 832.9302 | 100 |  | 0.00 |  | 0.00 |
| **Río Gualí** | 861.5084 | 860.632 | 99.90 | 860.632 | 99.90 | 580.6351 | 67.40 |
| **Río Guape** | 3843.093 | 3843.093 | 100 | 26.32737 | 0.69 | 3843.093 | 100 |
| **Río Guarinó** | 204.0647 | 203.9616 | 99.95 | 203.9616 | 99.95 | 7.632359 | 3.74 |
| **Río Guatiquía** | 1762.018 | 1650.042 | 93.65 | 41.94825 | 2.38 | 34.39253 | 1.95 |
| **Río Guayabero** | 6264.422 | 6262.04 | 99.96 | 25.55703 | 0.41 | 6262.04 | 99.96 |
| **Río Guayuriba** | 3197.072 | 3194.022 | 99.90 | 3153.154 | 98.63 | 28.32872 | 0.89 |
| **Río Guejar** | 3290.683 | 3290.683 | 100 | 2274.071 | 69.11 | 3290.683 | 100 |
| **Río Humea** | 1452.81 | 1438.986 | 99.05 |  | 0.00 |  | 0.00 |
| **Río Lagunilla y otros directos al Magdalena** | 2754.744 | 2754.135 | 99.98 | 2754.135 | 99.98 | 840.2193 | 30.50 |
| **Río Losada** | 3646.196 | 3635.789 | 99.71 |  | 0.00 | 3635.789 | 99.71 |
| **Río Luisa y otros directos al Magdalena** | 1074.149 | 1074.149 | 100 | 1074.149 | 100 | 1074.149 | 100 |
| **Río Manacacias** | 6983.16 | 19.20315 | 0.27 | 3.164291 | 0.05 | 19.20315 | 0.27 |
| **Río Melúa** | 1884.967 | 12.88504 | 0.68 | 12.88504 | 0.68 |  | 0.00 |
| **Río Metica (Guamal - Humadea)** | 3849.977 | 3838.595 | 99.70 | 3829.077 | 99.46 | 2313.473 | 60.09 |
| **Río Negro** | 920.2951 | 2081.211 | 226.15 | 3175.728 | 345.08 | 3111.857 | 338.14 |
| **Río Neiva** | 1059.133 | 1058.494 | 99.94 | 1058.494 | 99.94 | 1058.494 | 99.94 |
| **Río Opía** | 547.6562 | 547.6562 | 100 | 547.6562 | 100 | 374.4608 | 68.38 |
| **Río Páez** | 2090.77 | 2090.636 | 99.99 | 2090.636 | 99.99 | 2090.636 | 99.99 |
| **Río Pauto** | 422.5374 |  | 0.00 | 5.933245 | 1.40 |  | 0.00 |
| **Río Prado** | 1678.508 | 1678.508 | 100 | 1678.508 | 100 | 1678.508 | 100 |
| **Río Seco y otros directos al Magdalena** | 1766.65 | 1756.953 | 99.45 | 1766.65 | 100 | 100.7277 | 5.70 |
| **Río Suárez** | 3843.256 | 17.13369 | 0.45 | 39.76584 | 1.03 | 14.06581 | 0.37 |
| **Río Suaza** | 1425.658 | 1424 | 99.88 | 1424 | 99.88 | 1424 | 99.88 |
| **Río Sumapaz** | 3029.421 | 3029.421 | 100 | 3025.215 | 99.86 | 3027.774 | 99.95 |
| **Río Tetuán** | 1397.443 | 1397.443 | 100 | 1397.443 | 100 | 1397.443 | 100 |
| **Río Timaná y otros directos al Magdalena** | 378.6587 | 378.6587 | 100 | 378.6587 | 100 | 378.6587 | 100 |
| **Río Totaré** | 1420.166 | 1419.976 | 99.99 | 1419.976 | 99.99 | 95.74918 | 6.74 |
| **Río Tunia o Macayá** | 3530.734 | 87.73371 | 2.48 |  | 0.00 | 87.73371 | 2.48 |
| **Río Tunjita** | 1888.014 |  | 0.00 | 1625.569 | 86.10 | 1029.436 | 54.52 |
| **Río Upía** | 1379.528 | 15.36344 | 1.11 | 17.33288 | 1.26 | 3.805723 | 0.28 |
| **Río Yaguará** | 940.3003 | 940.3003 | 100 | 940.3003 | 100 | 940.3003 | 100 |
| **Río Yucao** | 2426.665 | 25.15853 | 1.04 | 0.791208 | 0.03 |  | 0.00 |
| **Ríos directos al Magdalena (mi)** | 1542.111 | 1542.09 | 100 | 1542.09 | 100 | 1542.09 | 100 |
| **Ríos directos Magdalena (md)** | 1139.186 | 1138.804 | 99.97 | 1138.804 | 99.97 | 1138.804 | 99.97 |
| **Gran total** | **148837.6** | **101934.2** | **68.49** | **76251.67** | **51.23** | **86958.44** | **58.43** |

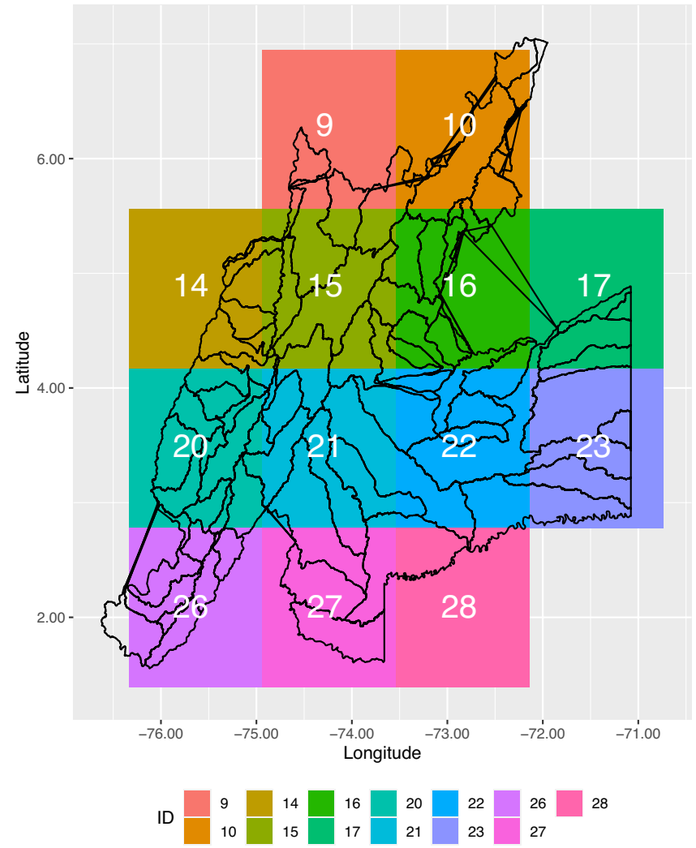
**Tabla 53. Porcentaje de superficie de las subzonas hidrográficas presentes en los departamentos RAP-E con respaldo estadístico significativo que respondan hidrológicamente al aumento de área en bosque**

| Subzona hidrográfica | Km² totales | Aumento de míni-mos | % | Reduc-ción de máximos | % | Reduc-ción de variación | % |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Alto Guaviare** | 10400.08 | 10341.13 | 99.43 | 2.694585 | 0.03 | 10341.13 | 99.43 |
| **Alto Magdalena** | 2518.611 | 2488.686 | 98.81 | 2488.686 | 98.81 | 2488.686 | 98.81 |
| **Alto Saldaña** | 2589.257 | 2573.677 | 99.40 | 2573.677 | 99.40 | 2573.677 | 99.40 |
| **Bajo Saldaña** | 383.8915 | 383.8915 | 100 | 383.8915 | 100 | 383.8915 | 100 |
| **Caño Cumaral** | 1110.146 | 5.904354 | 0.53 | 5.904354 | 0.53 | 0.009146 | 0.00 |
| **Chivor** | 2481.234 | 34.11193 | 1.37 | 428.3789 | 17.26 | 8.809702 | 0.36 |
| **Directos al Magdalena (md)** | 453.094 | 80.12368 | 17.68 | 84.19238 | 18.58 | 4.069007 | 0.90 |
| **Directos al río Meta** | 1238.854 | 1139.28 | 91.96 |  | 0.00 |  | 0.00 |
| **Directos Magdalena** | 1036.204 | 1036.204 | 100 | 1036.204 | 100 | 1036.204 | 100 |
| **Directos río Metica (md)** | 1966.045 | 1186.757 | 60.36 | 863.1116 | 43.90 | 4.475299 | 0.23 |
| **Embalse del Guavio** | 2272.65 | 84.59428 | 3.72 | 496.1664 | 21.83 | 3.314036 | 0.15 |
| **Juncal y otros ríos directos al Magdalena** | 449.1996 | 449.1995 | 100 | 449.1995 | 100 | 449.1995 | 100 |
| **Medio Guaviare** | 13745.79 | 74.03765 | 0.54 |  | 0.00 | 74.03765 | 0.54 |
| **Medio Saldaña** | 730.7062 | 730.7062 | 100 | 730.7062 | 100 | 730.7062 | 100 |
| **Río Aipe y otros directos al Magdalena** | 2605.44 | 2605.44 | 100 | 2605.44 | 100 | 2605.44 | 100 |
| **Río Amoyá** | 1462.542 | 1455.077 | 99.49 | 1455.077 | 99.49 | 1455.077 | 99.49 |
| **Río Ariari** | 8096.387 | 8069.467 | 99.67 | 90.03231 | 1.11 | 8060.178 | 99.55 |
| **Río Atá** | 1524.527 | 1522.272 | 99.85 | 1522.272 | 99.85 | 1522.272 | 99.85 |
| **Río Baché** | 1179.58 | 1179.58 | 100 | 1179.58 | 100 | 1179.58 | 100 |
| **Río Bogotá** | 5953.449 | 5906.139 | 99.21 | 5934.265 | 99.68 | 5893.94 | 99.00 |
| **Río Bojabá** | 1140.975 |  | 0.00 | 3.223861 | 0.28 |  | 0.00 |
| **Río Cabrera** | 2797.369 | 2797.369 | 100 | 2782.584 | 99.47 | 2797.369 | 100 |
| **Río Carare (Minero)** | 7301.689 | 1557.768 | 21.33 | 1557.768 | 21.33 | 1557.768 | 21.33 |
| **Río Casanare** | 6684.504 |  | 0.00 | 9.835324 | 0.15 |  | 0.00 |
| **Río Chicamocha** | 9584.347 | 41.54481 | 0.43 | 6160.434 | 64.28 | 2.465395 | 0.03 |
| **Río Cobugón - río Cobaría** | 1994.666 |  | 0.00 | 0.739006 | 0.04 |  | 0.00 |
| **Río Coello** | 1829.338 | 1816.035 | 99.27 | 1816.035 | 99.27 | 1811.424 | 99.02 |
| **Río Cravo Sur** | 5151.094 | 3.22487 | 0.06 | 11.38932 | 0.22 |  | 0.00 |
| **Río Cucuana** | 1870.346 | 1865.125 | 99.72 | 1865.125 | 99.72 | 1865.125 | 99.72 |
| **Río Cusiana** | 5126.322 | 283.9261 | 5.54 | 208.824 | 4.07 |  | 0.00 |
| **Río Fonce** | 2413.63 | 0.974922 | 0.04 | 3.537999 | 0.15 |  | 0.00 |
| **Río Fortalecillas y otros** | 2160.003 | 2148.593 | 99.47 | 2148.579 | 99.47 | 2148.593 | 99.47 |
| **Río Guacavía** | 832.9301 | 832.9302 | 100 |  | 0.00 |  | 0.00 |
| **Río Gualí** | 865.7122 | 861.5202 | 99.52 | 861.5202 | 99.52 | 581.0683 | 67.12 |
| **Río Guape** | 3843.093 | 3843.093 | 100 | 26.32737 | 0.69 | 3843.093 | 100 |
| **Río Guarinó** | 836.561 | 821.3971 | 98.19 | 821.3971 | 98.19 | 7.632359 | 0.91 |
| **Río Guatiquía** | 1762.018 | 1650.042 | 93.65 | 41.94825 | 2.38 | 34.39253 | 1.95 |
| **Río Guayabero** | 6304.334 | 6289.717 | 99.77 | 26.22001 | 0.42 | 6289.717 | 99.77 |
| **Río Guayuriba** | 3197.072 | 3194.022 | 99.90 | 3153.154 | 98.63 | 28.32872 | 0.89 |
| **Río Guejar** | 3290.683 | 3290.683 | 100 | 2274.071 | 69.11 | 3290.683 | 100 |
| **Río Humea** | 1452.81 | 1438.986 | 99.05 |  | 0.00 |  | 0.00 |
| **Río Lagunilla y otros directos al Magdalena** | 2756.264 | 2754.246 | 99.93 | 2754.246 | 99.93 | 840.3306 | 30.49 |
| **Río Losada** | 3660.248 | 3640.306 | 99.46 |  | 0.00 | 3640.306 | 99.46 |
| **Río Luisa y otros directos al Magdalena** | 1074.149 | 1074.149 | 100 | 1074.149 | 100 | 1074.149 | 100 |
| **Río Manacacias** | 6986.99 | 19.20315 | 0.27 | 3.164291 | 0.05 | 19.20315 | 0.27 |
| **Río Melúa** | 1884.967 | 12.88504 | 0.68 | 12.88504 | 0.68 |  | 0.00 |
| **Río Metica (Guamal - Humadea)** | 3849.977 | 3838.595 | 99.70 | 3829.077 | 99.46 | 2313.473 | 60.09 |
| **Río Negro** | 920.2951 | 2081.211 | 226.15 | 3175.728 | 345.08 | 3111.857 | 338.14 |
| **Río Neiva** | 1064.194 | 1059.875 | 99.59 | 1059.875 | 99.59 | 1059.875 | 99.59 |
| **Río Opía** | 547.6562 | 547.6562 | 100 | 547.6562 | 100 | 374.4608 | 68.38 |
| **Río Páez** | 5197.46 | 5175.103 | 99.57 | 5175.103 | 99.57 | 5175.103 | 99.57 |
| **Río Pauto** | 7923.092 |  | 0.00 | 5.933245 | 0.07 |  | 0.00 |
| **Río Prado** | 1678.508 | 1678.508 | 100 | 1678.508 | 100 | 1678.508 | 100 |
| **Río Seco y otros directos al Magdalena** | 1766.65 | 1756.953 | 99.45 | 1766.65 | 100 | 100.7277 | 5.70 |
| **Río Suárez** | 7864.23 | 17.13369 | 0.22 | 39.76766 | 0.51 | 14.06581 | 0.18 |
| **Río Suaza** | 1436.504 | 1426.332 | 99.29 | 1426.332 | 99.29 | 1426.332 | 99.29 |
| **Río Sumapaz** | 3029.421 | 3029.421 | 100 | 3025.215 | 99.86 | 3027.774 | 99.95 |
| **Río Tetuán** | 1397.443 | 1397.443 | 100 | 1397.443 | 100 | 1397.443 | 100 |
| **Río Timaná y otros directos al Magdalena** | 378.6587 | 378.6587 | 100 | 378.6587 | 100 | 378.6587 | 100 |
| **Río Totaré** | 1420.269 | 1419.99 | 99.98 | 1419.99 | 99.98 | 95.74918 | 6.74 |
| **Río Tunia o Macayá** | 9262.489 | 99.15429 | 1.07 |  | 0.00 | 99.15429 | 1.07 |
| **Río Tunjita** | 1888.091 |  | 0.00 | 1625.569 | 86.10 | 1029.436 | 54.52 |
| **Río Upía** | 1951.241 | 15.36344 | 0.79 | 17.33288 | 0.89 | 3.805723 | 0.20 |
| **Río Yaguará** | 940.3003 | 940.3003 | 100 | 940.3003 | 100 | 940.3003 | 100 |
| **Río Yucao** | 2428.121 | 25.15853 | 1.04 | 0.791208 | 0.03 |  | 0.00 |
| **Ríos directos al Magdalena (mi)** | 1542.111 | 1542.09 | 100 | 1542.09 | 100 | 1542.09 | 100 |
| **Ríos directos Magdalena (md)** | 1144.765 | 1140.32 | 99.61 | 1140.32 | 99.61 | 1140.32 | 99.61 |
| **Gran total** | **206631.3** | **109153.3** | **52.83** | **80138.98** | **38.78** | **93555.48** | **45.28** |

## Cambio climático

El área de estudio contó con trece píxeles generales para los datos de precipitación y temperatura globales proyectados hasta diciembre del 2055. La siguiente ilustración muestra la ubicación y extensión de los píxeles cuya coloración servirá para comprender las demás gráficas de series de tiempo.

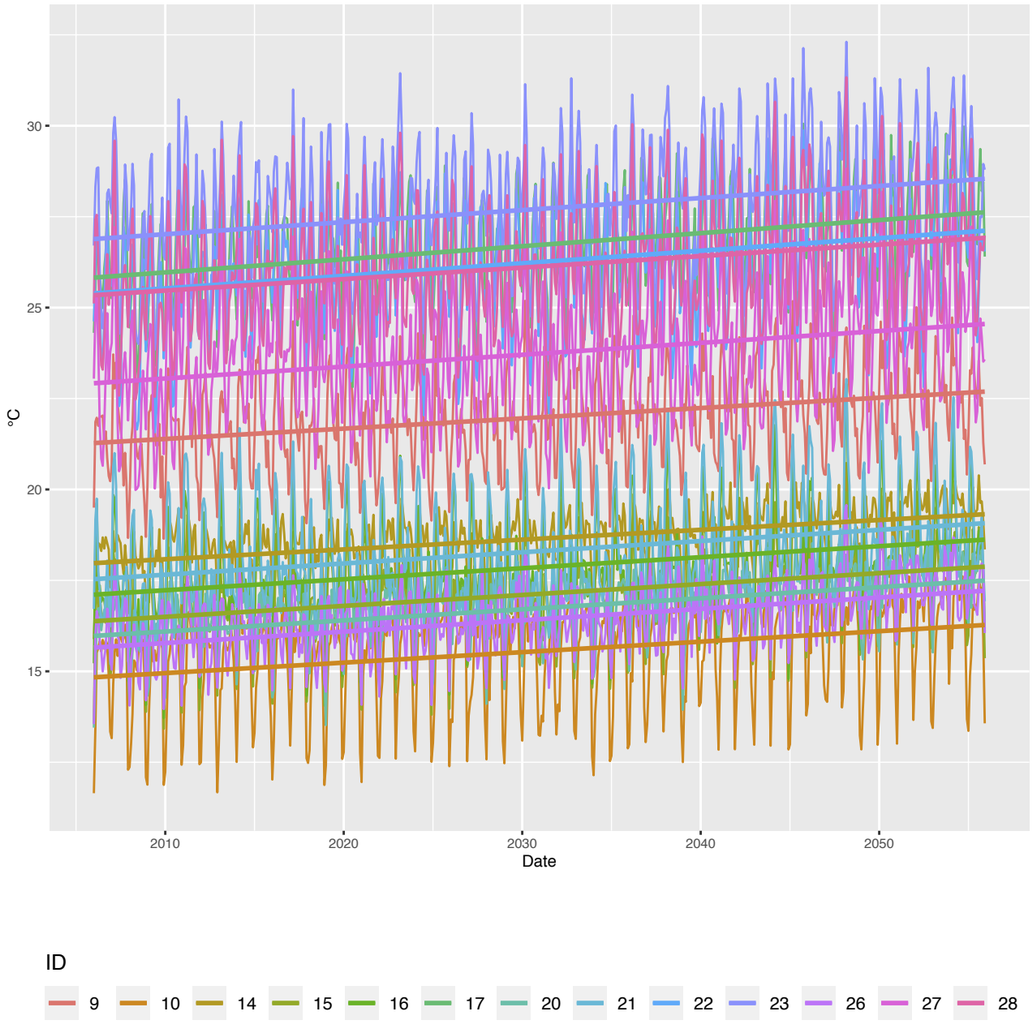
**Ilustración 58. Cuadrícula espacial de referencia para datos climáticos futuros, con una mediana de 23894.92 km por píxel**




La temperatura para todos los píxeles tuvo una tendencia positiva al alza. Se tuvo en promedio un aumento de 0.031 °C por cada año y una mediana de 0.30 en la misma medida. Esto señala que toda la región se está calentando un grado centígrado cada 30 años de manera constante para toda la región y todos los meses. Esta conclusión es lo suficientemente general a toda la región RAP-E haciendo salvedad que las magnitudes originales pueden cambiar, por ejemplo, al comparar la región Amazónica con la Andina, siendo esta más cálida o fría, respectivamente.

Al considerar que la temperatura puede explicar el 30 % promedio de los valores de caudales es posible que estos escenarios disminuyan los volúmenes registrados en los cauces. Esto puede ser especialmente preocupante en las épocas secas, pero puede extenderse a todo el año.

## Ilustración 59. Series de tiempo con valores mensuales de temperatura

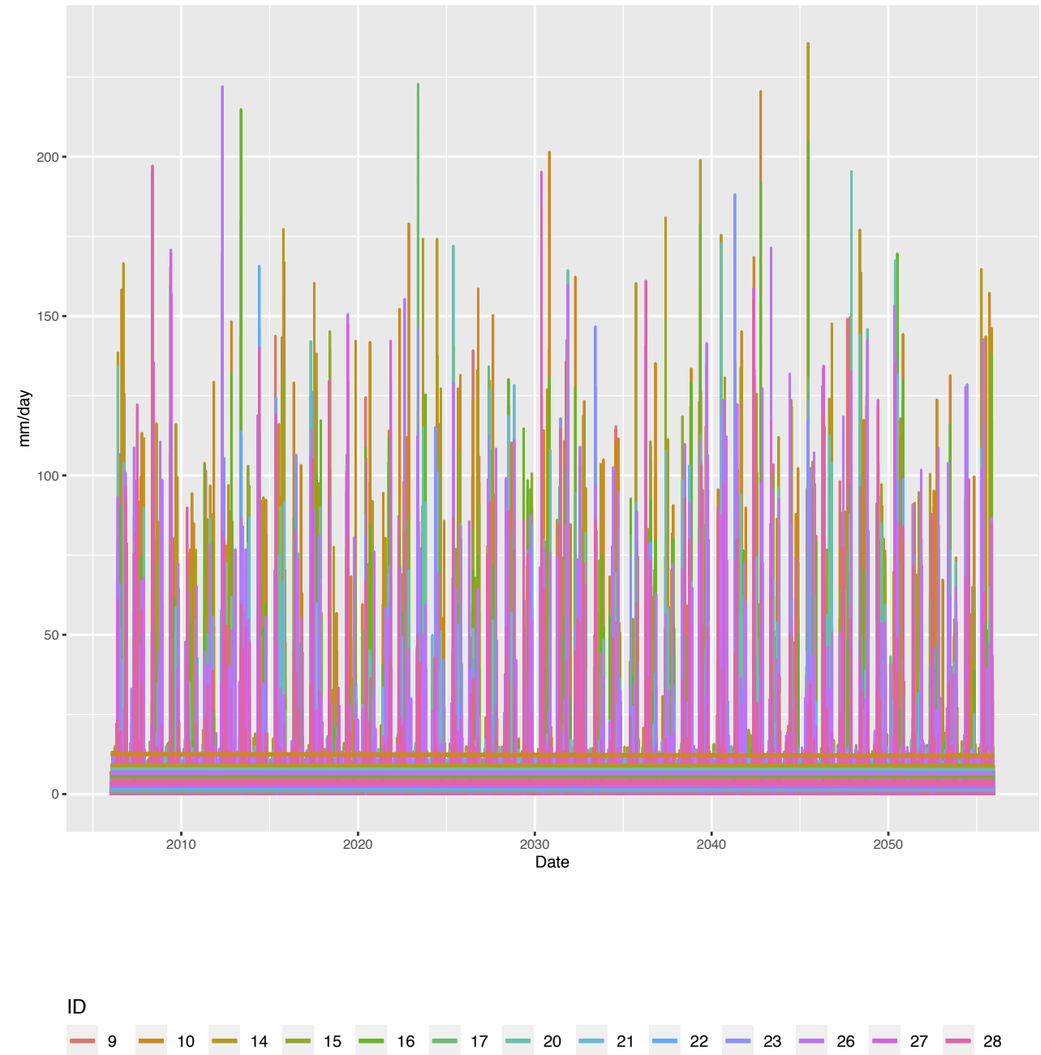



**Nota:** cada color representa uno de los píxeles mostrados en el mapa de referencia de los datos de cambio climático.

En términos de precipitación, y como se mencionó en la metodología, los valores mensuales no mostraron tendencias. Por este motivo se acudió a los datos diarios. La siguiente gráfica muestra el patrón de todos los datos píxeles del área de estudio con una línea proyectada de tendencia lineal, todas cercanas a 0 (sin cambio a lo largo del tiempo).



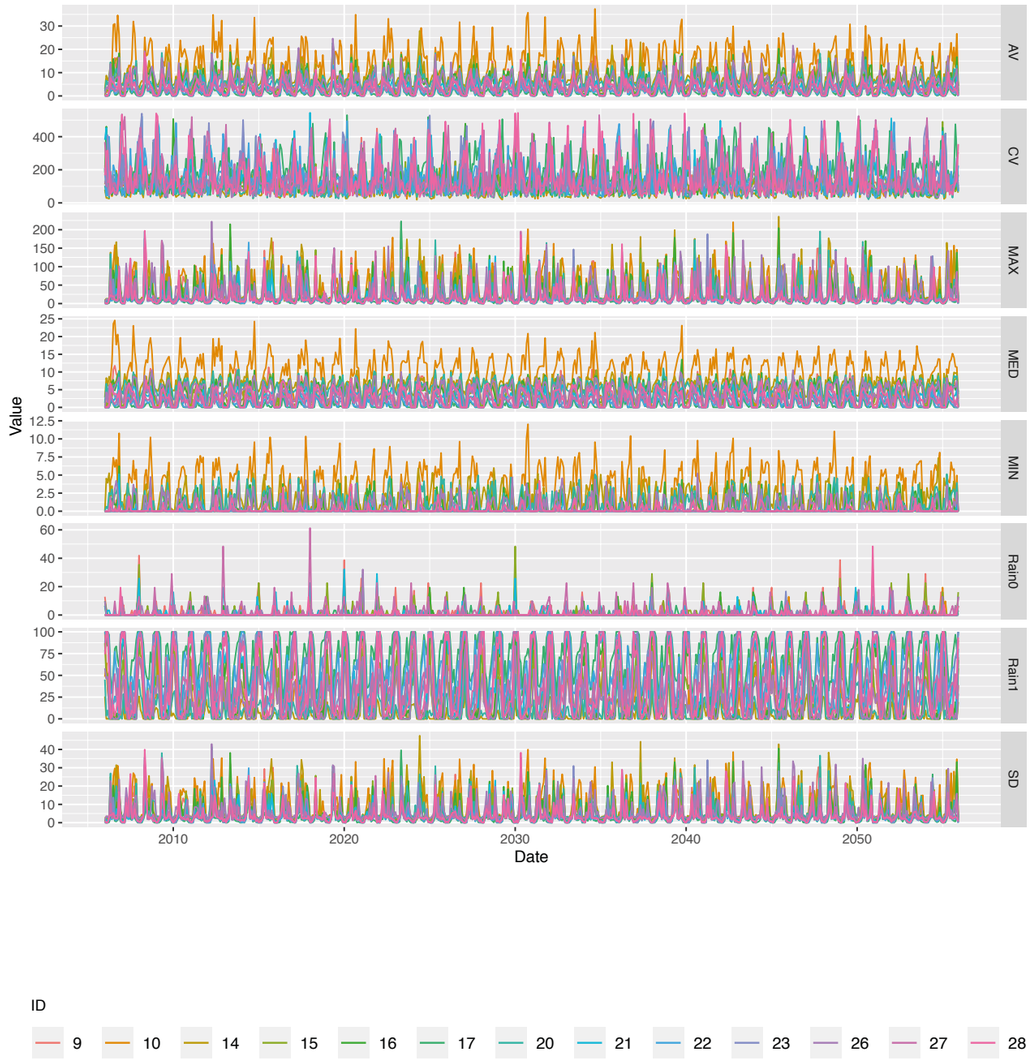
## Ilustración 60. Series de tiempo a escala diaria de lluvia en la región de estudio




**Nota:** cada color representa uno de los píxeles mostrados en el mapa de referencia de los datos de cambio climático.

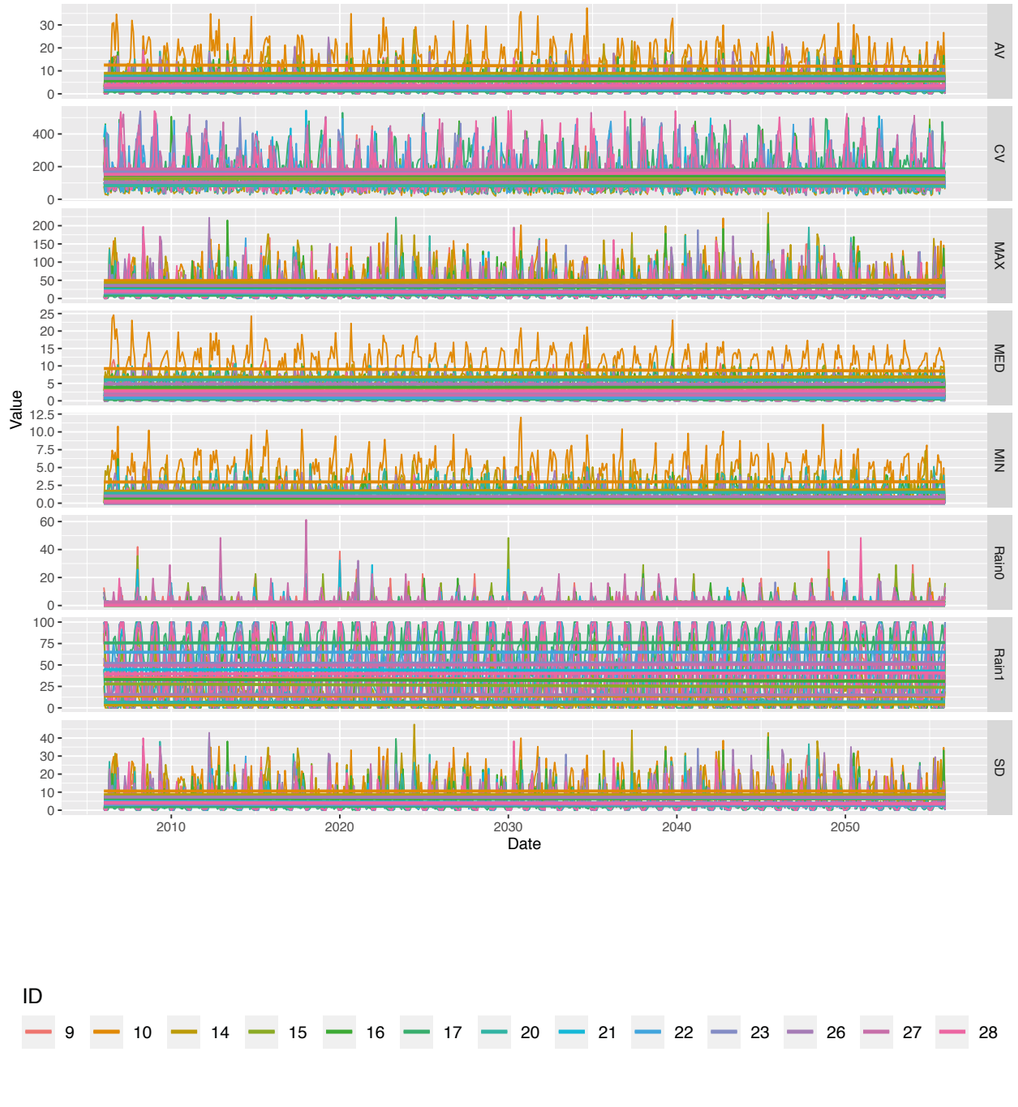
A pesar del análisis usando datos diarios pasar a mensuales tampoco permitió ver tendencias claras, aun cuando sí patrones mensuales.

## Ilustración 61. Series de tiempo de precipitación a escala mensual para las diferentes métricas estadísticas




**Nota:** cada color representa uno de los píxeles mostrados en el mapa de referencia de los datos de cambio climático. AV: promedio, CV: coeficiente de variación, MAX: máximo, MED: mediana, MIN: mínimo, Rain0: % de días en el mes con lluvia igual a 0mm, Rain1: % de días en el mes con lluvias menores a 1mm, SD: desviación estándar.

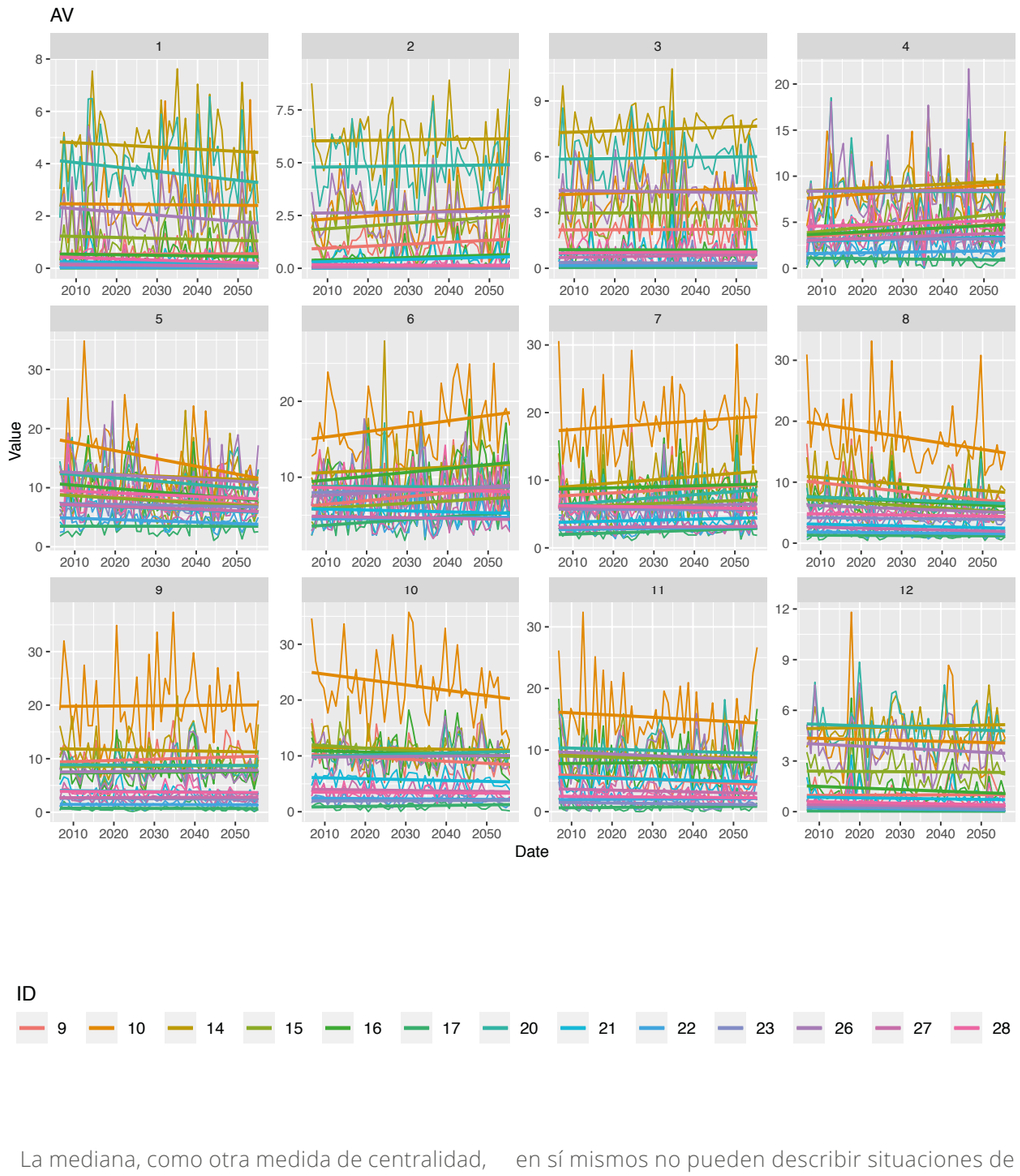
## Ilustración 62. Series de tiempo de precipitación a escala mensual para las diferentes métricas estadísticas con una línea de tendencia lineal




**Nota:** cada color representa uno de los píxeles mostrados en el mapa de referencia de los datos de cambio climático. AV: promedio, CV: coeficiente de v.

Al superponer una línea de tendencia tampoco es posible evidenciar que alguna de las métricas vaya al alza o a la baja dentro de un periodo multianual. La gráfica de promedios muestra que en su mayoría no hay tendencias, sin embargo, algunos píxeles y meses sí suben o bajan, decrecen los valores en mayo y suben ligeramente en junio, sin que sea un patrón general para todos los píxeles.

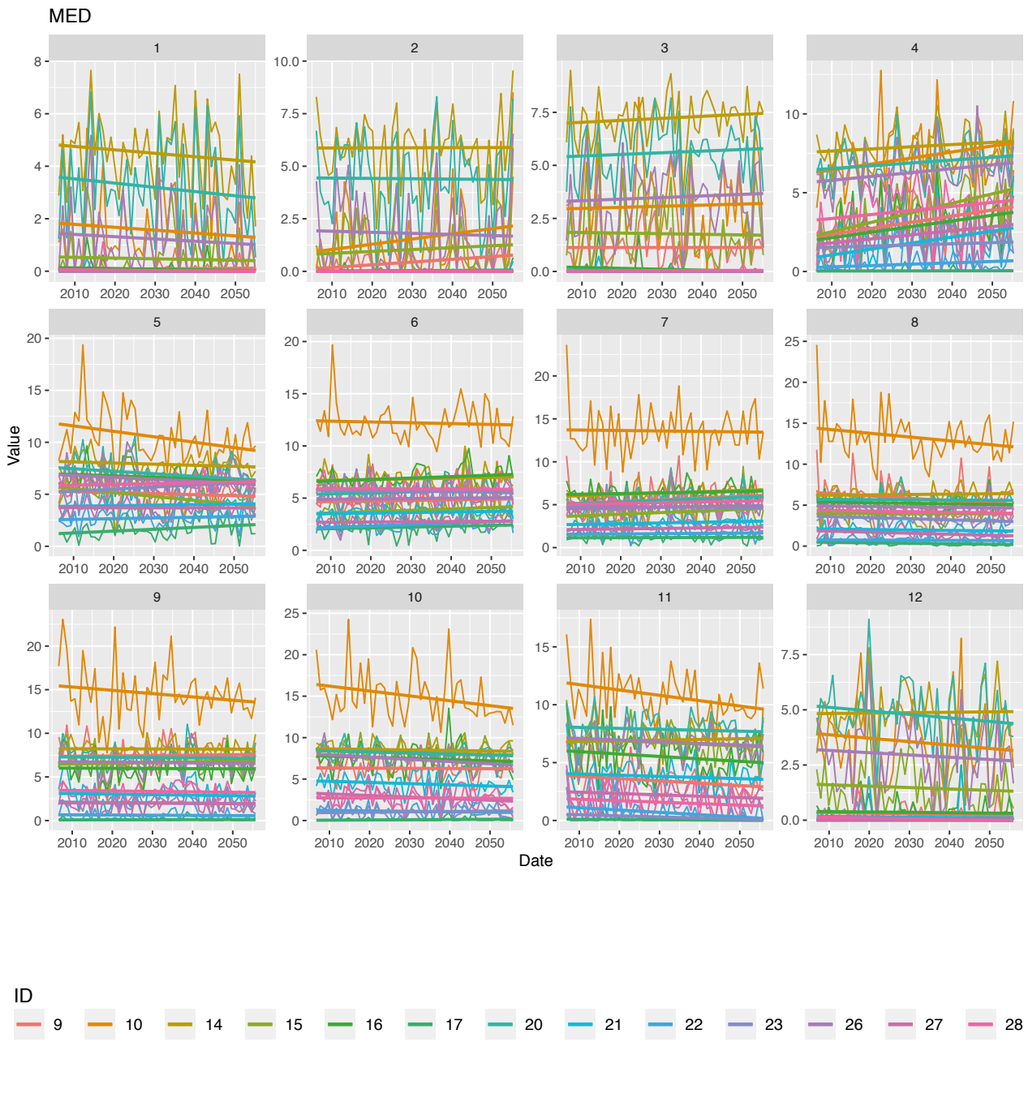
**Ilustración 63. Series de tiempo agregadas por meses y coloreadas por píxeles para la variable de lluvia promedio mensual, incluida una línea de tendencia central**




La mediana, como otra medida de centralidad, también presentó el mismo patrón de la media, impidiendo llegar a conclusiones sobre valores y tendencias claras. Cabe resaltar que estos valores en sí mismos no pueden describir situaciones de riesgo por estar asociadas a valores esperados que no tiene cambios relevantes esperados en el futuro.

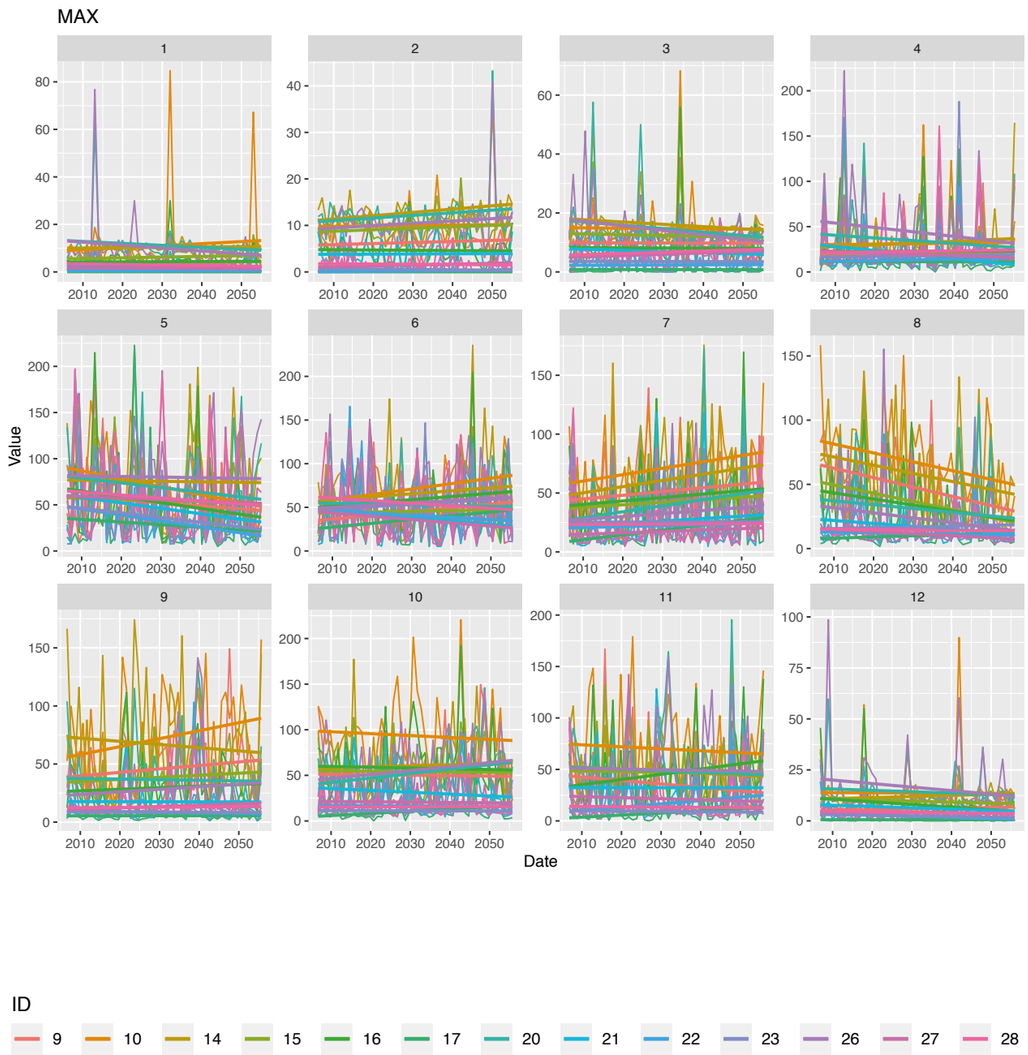


**Ilustración 64. Series de tiempo agregadas por meses y coloreadas por píxeles para la variable de la mediana de la lluvia mensual, incluida una línea de tendencia central**




Respecto a los valores máximos se encuentra que julio es el mes en el que más se presentan aumentos y en el que más intensidad del fenómeno se registra. Al igual que las otras métricas, no es un fenómeno presente en todos los meses ni píxeles.

**Ilustración 65. Series de tiempo agregadas por meses y coloreadas por píxeles para la variable de lluvia máxima mensual, incluida una línea de tendencia central**




Los dos píxeles con tendencias estadísticas significativas son mostrados a continuación con la respetiva tasa de aumento (constante y por año). Estos están ubicados al noroccidente de la región, en los departamentos de Boyacá y Meta, siendo este último el menos afectado.

**Ilustración 66. Mapa con píxeles con tendencia positiva significativa en la región de estudio para la lluvia máxima mensual**

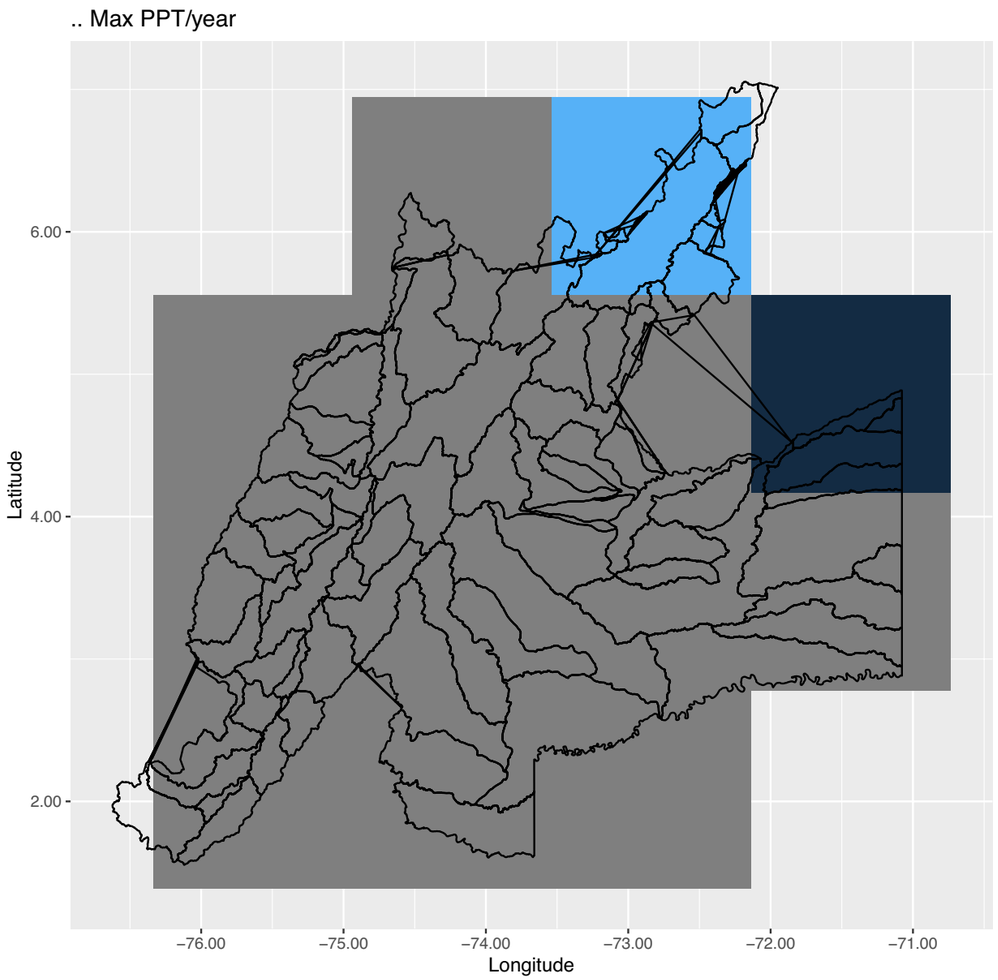
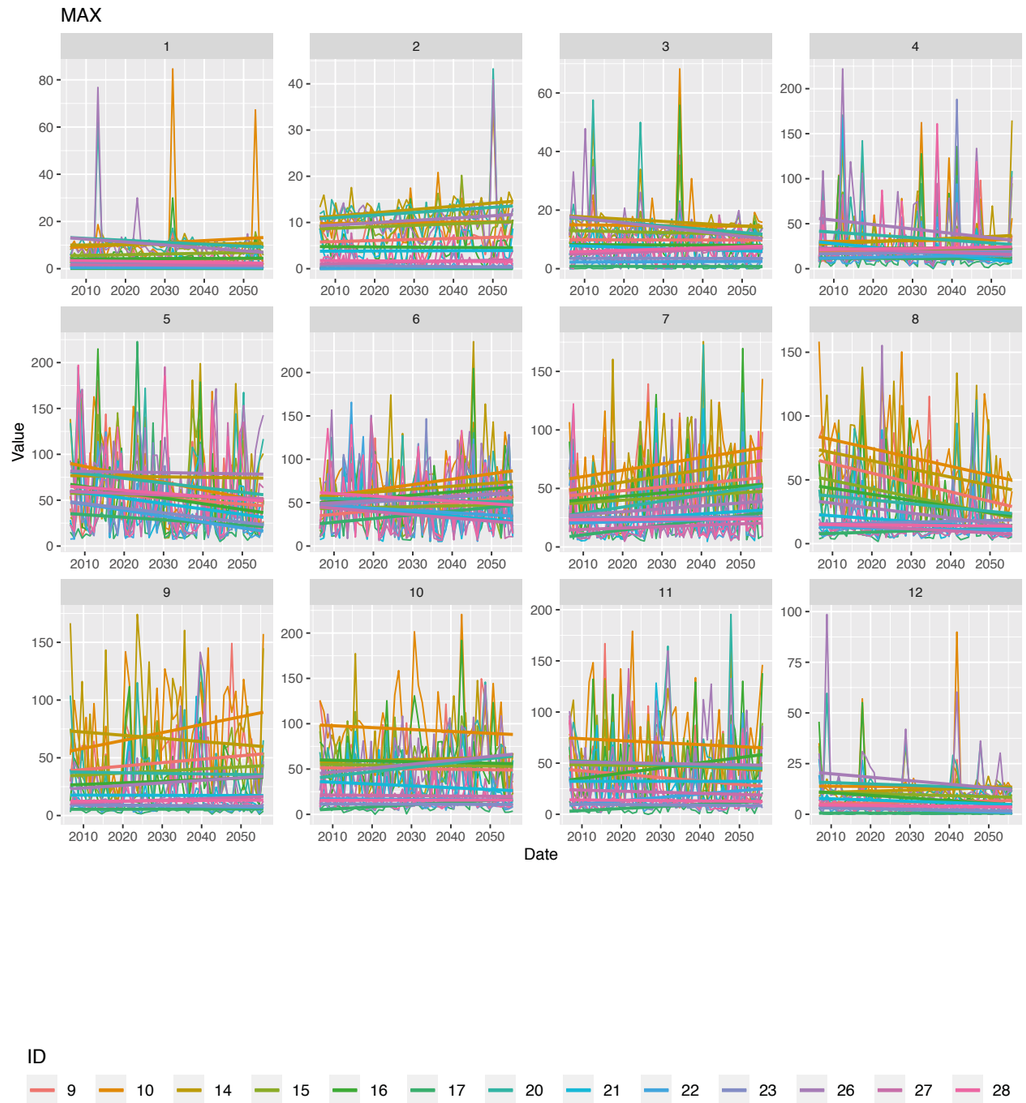


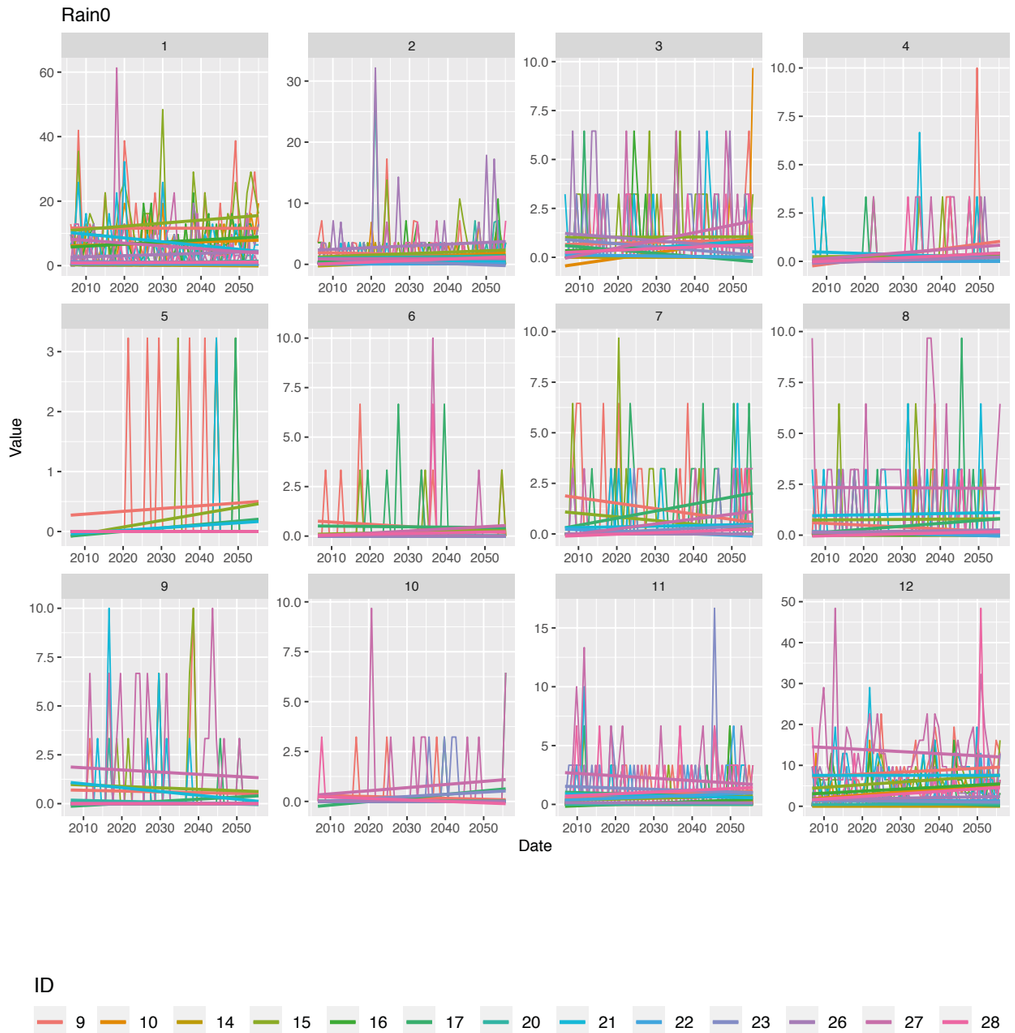

**Ilustración 67. Series de tiempo agregadas por meses y coloreadas por píxeles para la variable de lluvia mínima mensual, incluida una línea de tendencia central**




Los valores mínimos tienen una característica a diferencia de las demás variables: su tipo cantoriano. Esto quiere decir que generalmente existen valores de 0 lo que provoca que tendencias negativas sean difíciles de detectar, a menos que sean en meses lluviosos, como mayo. Esta variable fue estimada, sin embargo, se hizo necesario generar otros proxys de reducción de lluvias, como los días sin lluvia en el mes mostrado a continuación.

Del mismo modo que en los valores mínimos, el porcentaje de días sin lluvia presentó tendencias bajas y en algunos casos cercanos a 0, señalando que los días sin lluvia en el mes no van a aumentar o disminuir. En este caso, ninguno de los coeficientes resultó ser estadísticamente significativo.

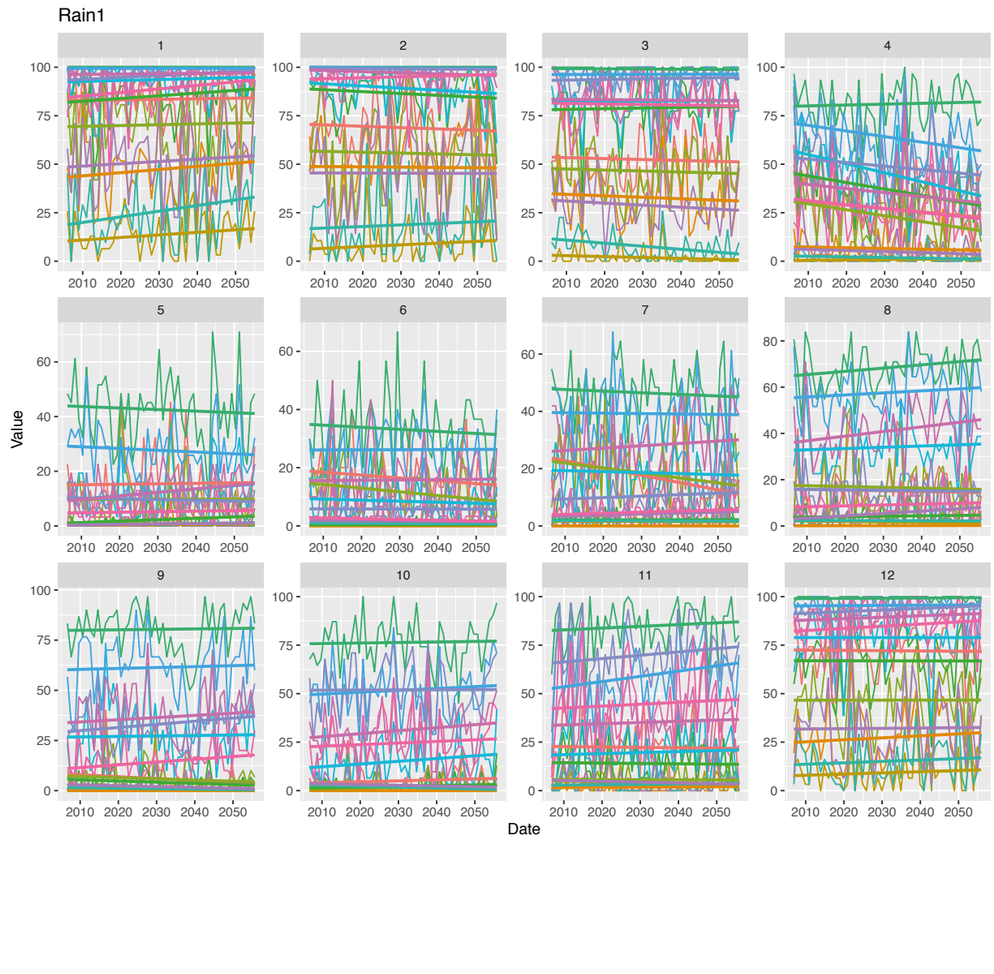
## Ilustración 68. Series de tiempo agregadas por meses y coloreadas por píxeles para la variable de porcentaje de días sin lluvia en el mes, incluida una línea de tendencia central




Respecto del porcentaje de días con lluvias menores a 1 mm se encontró mayor variabilidad de los datos, esta se ve reflejada en la distribución vertical de las líneas a lo largo del eje Y. En este indicador el mes de abril es el más consistente, sin embargo, y al igual que otros casos, el patrón no estuvo en todos los píxeles o meses. Se puede esperar que una disminución en porcentaje de días de lluvias menores a 1 m puede ser un indicador de sequías, pues los otros dos proxys usados presentaron dificultad en condiciones de los valores para ser analizados (proceso cantorianos, poca probabilidad de detectar 0 por la amplia extensión espacial de cada píxel).



## Ilustración 69. Series de tiempo agregadas por meses y coloreadas por píxeles para la variable de porcentaje de días con lluvias menores a 1 mm, incluida una línea de tendencia central




Las regiones con coeficientes estadísticamente significativos para esta variable son mostradas a continuación, ubicadas a lo largo de la región RAP-E y con su respectivo coeficiente lineal anual.

**Ilustración 70. Mapa de píxeles con tendencia significativa negativa de porcentaje de días con lluvia menores a 1 mm en la región central**

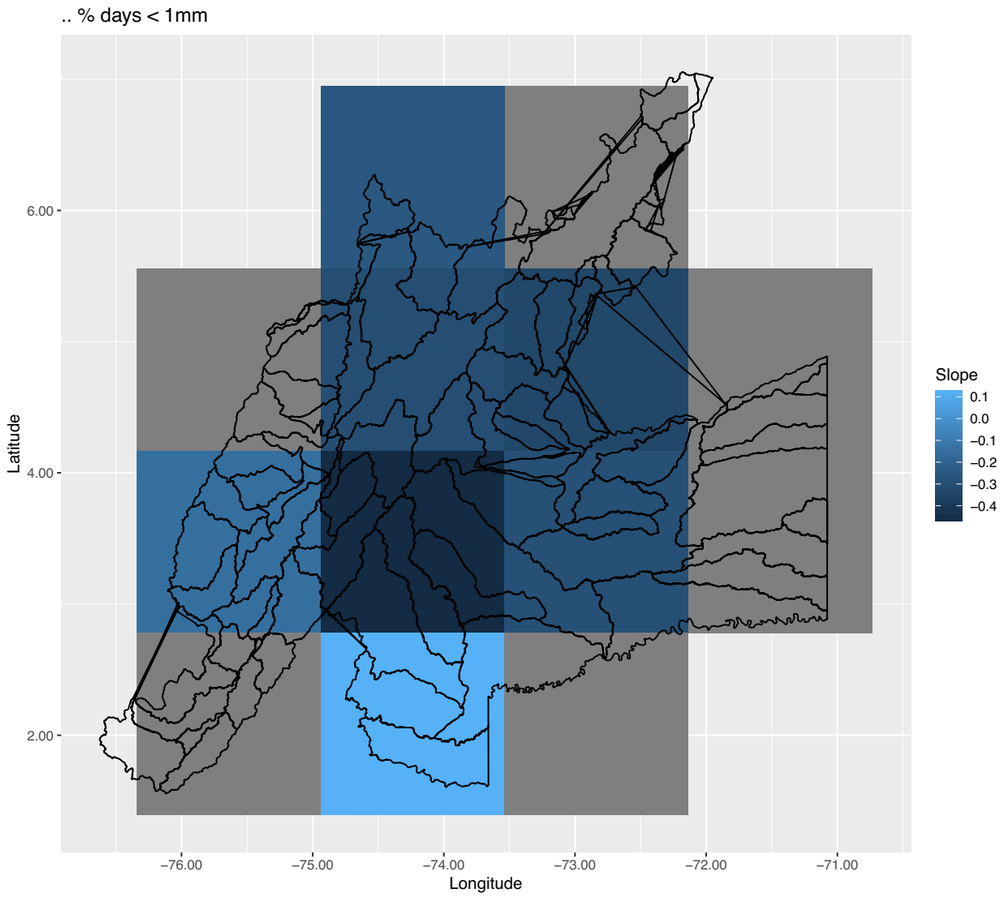



**Ilustración 71. Series de tiempo agregadas por meses y coloreadas por píxeles para la variable de coeficiente de variación, incluida una línea de tendencia central**



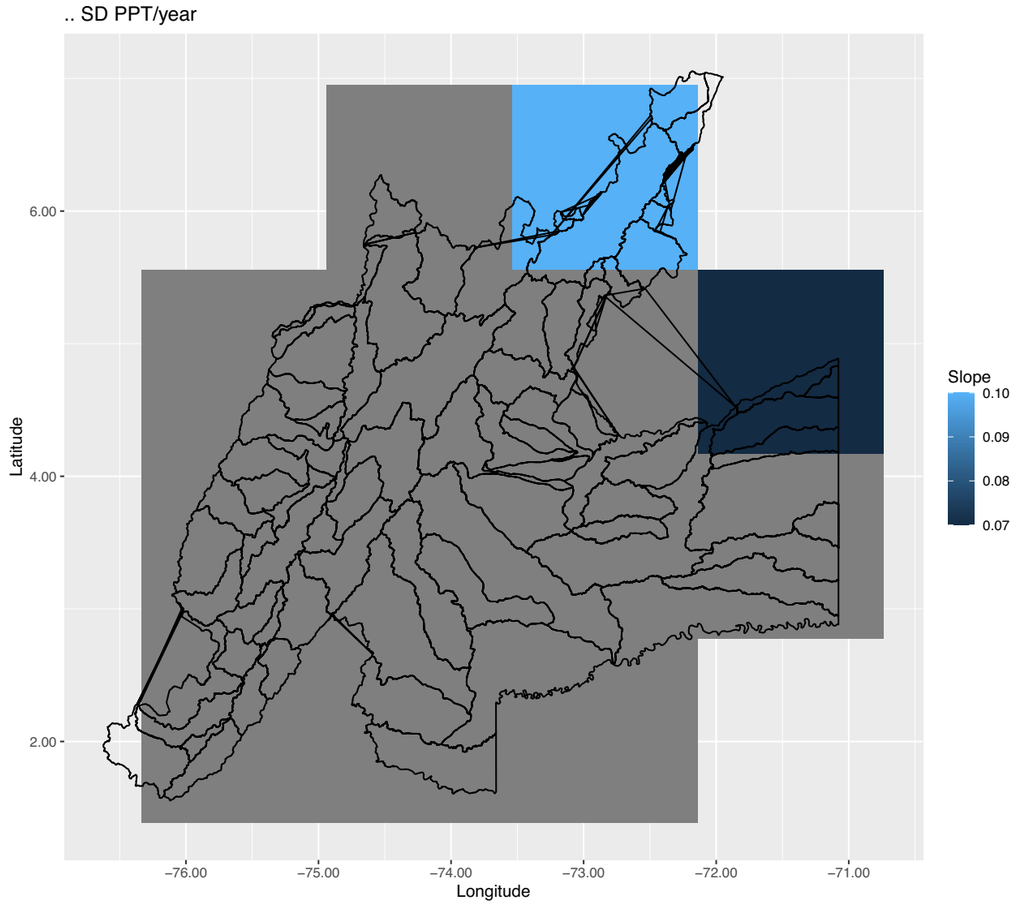

Para la variabilidad tanto el coeficiente de variación como la desviación estándar fueron tomados como indicadores de cambio. El coeficiente de variación aumentó y disminuyó para cada píxel y mes considerado, con excepción de mayo y julio, donde los cambios pueden estar asociados a los valores de la media. Sin embargo, y de forma similar a los demás indicadores, no es posible ser concluyente para este indicador. Esta variable no tuvo cambios significativos según los análisis estadísticos.

La desviación estándar, muy dependiente de la magnitud de las lluvias, tuvo aumentos consistentes en julio y reducciones en mayo, junio y agosto. Cabe anotar que, en meses secos, como diciembre y enero, hay tendencias cercanas a 0 y se explican por la baja cantidad de lluvias presentes en esas épocas. Si bien no todos los meses y píxeles muestran el mismo patrón, este indicador es de los más homogéneos en los resultados.

**Ilustración 72. Series de tiempo agregadas por meses y coloreadas por pixeles para la variable de desviación estándar, incluida una línea de tendencia central**



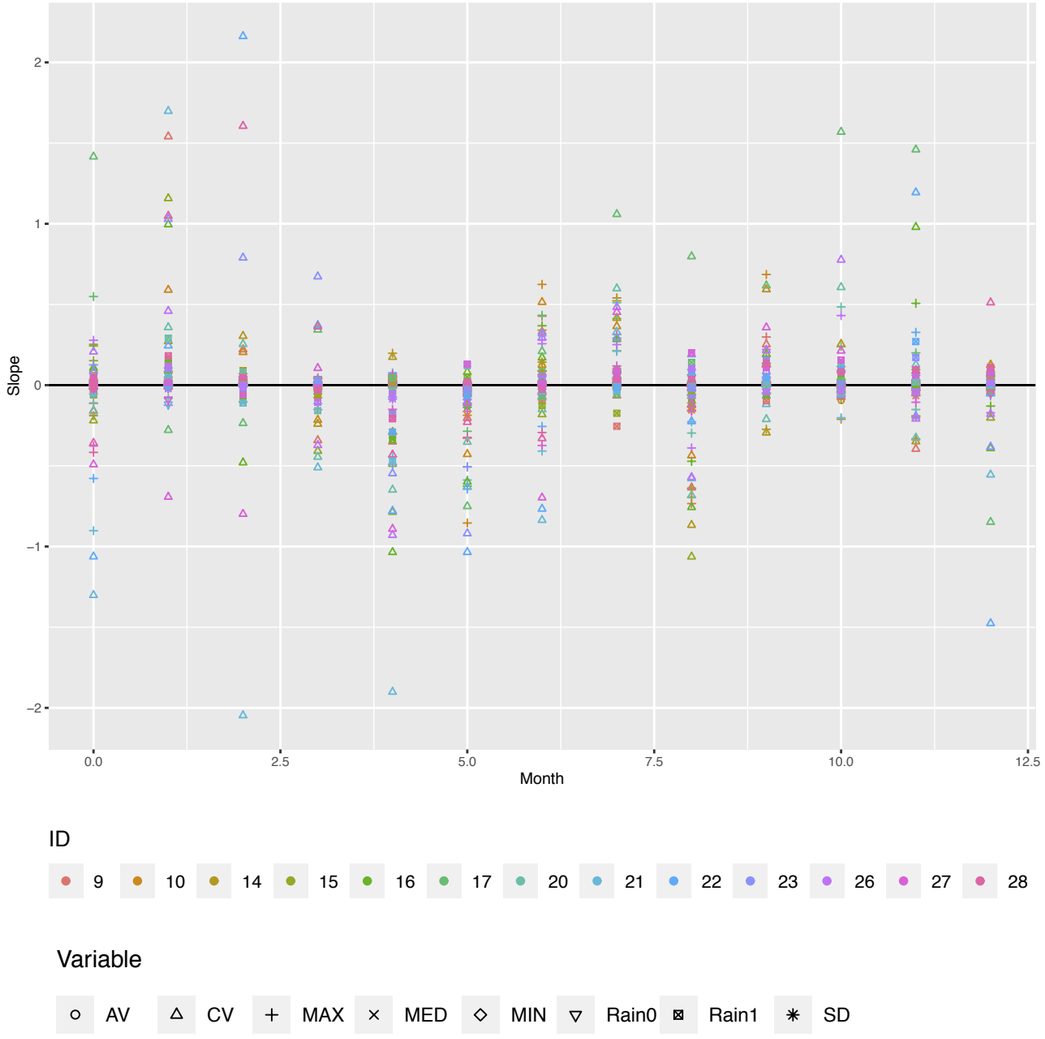

**Ilustración 73. Mapa de píxeles con tendencia significativa positiva de desviación estándar de lluvia en la región de estudio**




Se identificaron dos píxeles con aumentos significativos en esta variable, los mismos identificados para la variable de lluvia máxima, y se ubican al noroccidente de la región en Boyacá y en Meta, siendo el primer departamento el más afectado.

Al consolidar los coeficientes estadísticos en un solo análisis encontramos un patrón de dos máximos, en junio y octubre. Cabe resaltar que los coeficientes tienen cierto tipo de correlación y este diagrama presentado a continuación contiene todas las pendientes de las regresiones, sin considerar su significancia estadística. El mes 13, representando los análisis sin consideración de mes, tuvo mayor variabilidad que cada mes por separado.

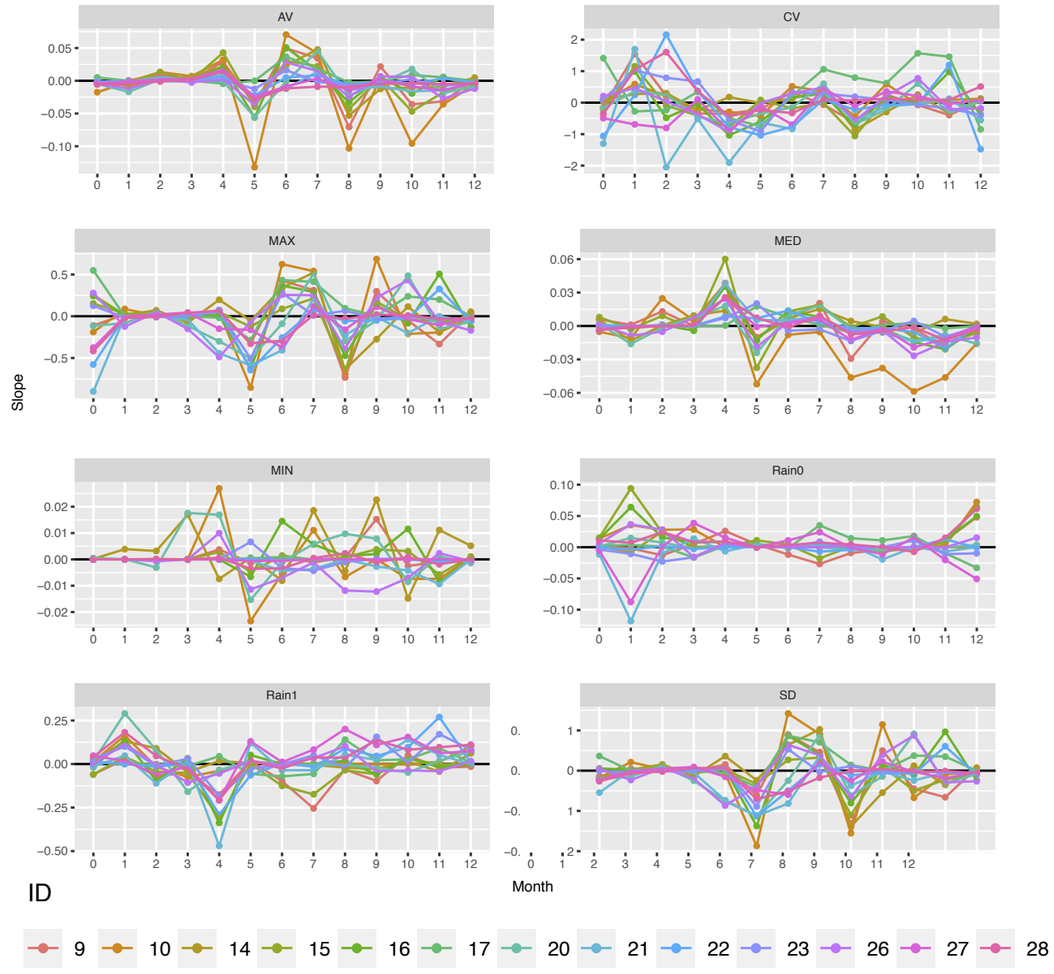
## Ilustración 74. Dispersión de los coeficientes de cambio anual para los diferentes meses (anual como mes 13) de los diferentes indicadores y pixeles del área de estudio




Así mismo, al agregar los coeficientes por indicador, se puede evidenciar el mismo patrón en la región. Debe resaltarse que, más allá de la significancia estadística, la interpretación de cambio puede ser más relevante en algunas variables (mínimos, máximos, variabilidad) que las de tendencia central. Aún así, podemos identificar mayor similitud en estos datos climáticos que en los de caudales presentados previamente.



## Ilustración 75. Agregación mensual y anual (mes 13) de los coeficientes




**Nota:** cada panel agrupa los valores estimados de cada indicador y las líneas conectan los datos de cada píxel a lo largo de los meses. Las tasas o coeficientes estimados son lineales y muestran el cambio del indicador por cada año transcurrido.

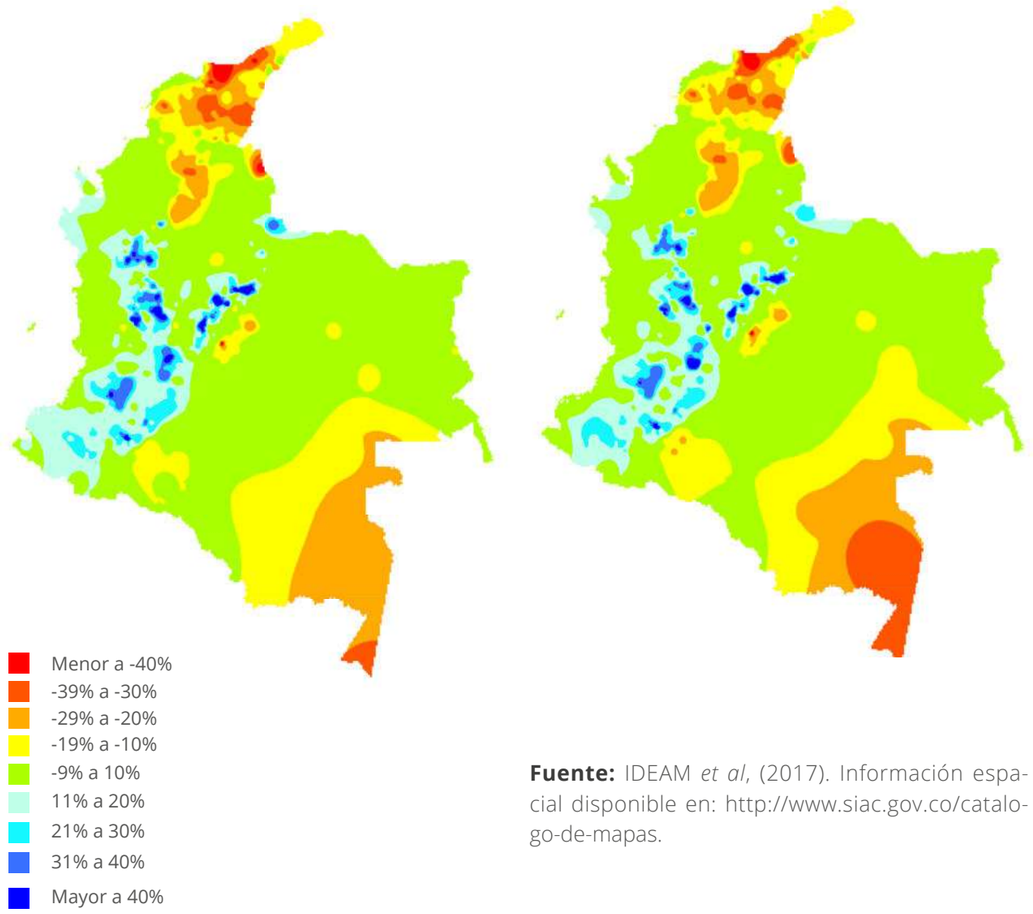
Al considerar los datos nacionales generados a escalas más detalladas encontramos que estos cambios están presentes de manera positiva y negativa en los píxeles de mayor tamaño de los modelos globales. La siguiente figura muestra dos mapas del país con cambios en precipitación a escala anual y se puede identificar que las conclusiones existentes en ejercicios nacionales están en escalas espaciales y temporales diferentes a las de este estudio (incluso opuestas). El tamaño de píxel fino que tiene el IDEAM puede distinguir el patrón de lluvias futuro y su cambio relativo a las condiciones actuales, diferente entre zonas cercanas, como aumento y disminución en alrededores de Bogotá. Por su lado, las series de tiempo usadas en este estudio identifican en algunos casos los meses y atributos estadísticos que se modificarían, con la limitación de llevar los resultados a mapas gruesos en la región.







**Ilustración 76. Cambio precipitación para 2011-2040 vs 1976-2005 (izquierda) y cambio precipitación 2041-2070 vs 1976-2005 (derecha)**




**Fuente:** IDEAM *et al*, (2017). Información espacial disponible en: http://www.siac.gov.co/catalogo-de-mapas.

La estimación de lluvias, finalmente, fue considerablemente menor en los escenarios de cambio climático. Algunos asuntos de escala pudieron haber distribuido la lluvia de toda la región de manera homogénea y así dejar a las zonas de alta precipitación subrepresentadas. Con este panorama las proyecciones de caudales en escenarios de cambio climático darían cifras negativas que no corresponden a la física de este proceso natural. Ante esta situación las proyecciones no pudieron ser integradas a los resultados de cambio en cobertura y caudales. La precipitación explicó el 50-60 % de la variación de los caudales, por lo que los cambios que se puedan detectar en esta variable podrán influir de manera considerable en la disponibilidad hídrica de la región.

La interacción entre bosques y caudales es un tema aún en debate en la actualidad. Si bien existen pruebas de su relación, estas conclusiones se pueden ver afectadas por una gran cantidad de covariables alineadas en los análisis ya que los caudales son una forma acumulativa de expresión del ciclo hidrológico en las cuencas. Por esta razón, es de esperar que las cuencas de mayor superficie tengan un comportamiento de sus caudales gobernados por otros factores que pueden ser más intensos, como actividades agrícolas y asentamientos urbanos. Estos elementos no fueron analizados en este estudio y pueden estar influyendo en el volumen de caudal registrado en las estaciones.

Si bien los coeficientes presentan magnitudes elevadas en ambos sentidos, al separarlos por meses se nota un patrón diferente al anual (mes 0, cerca al cero en el eje X) donde los cuatro tipos de caudales han presentado aumento en relación con la cobertura de bosque o disminución conforme se pierde el área cubierta por vegetación. Esta condición es preocupante para los meses secos ya que los caudales mínimos mensuales son menores al deforestar. Los caudales máximos y la desviación estándar tienden a presentar mayores valores cada vez que hay menos bosque, algo que no es conveniente, pues aumenta valores altos que se pueden convertir en eventos de riesgo en el caso de los caudales máximos y hacer los meses más variables en sus volúmenes diarios. Ambos escenarios permiten anticipar incertidumbre y el posible requerimiento de adaptación a nuevas condiciones de altos caudales. En algunas de las cuencas donde no se presentan las condiciones de la hipótesis pueden estar interviniendo varios factores, por lo que, asumiendo que existe una propagación de imprecisiones para las cuencas con pocos datos o limitaciones en su delimitación, no se puede rechazar de momento esta relación bosques-agua.

La relación bosques-caudales sigue siendo objeto de discusión y en algunos casos, con una confianza estadística del 0.05, es posible concluir cómo el cambio de cobertura de bosques puede afectarla. La hipótesis que sugiere la interacción entre vegetación y ciclo hidrológico es soportada marginalmente, dejando espacio a otras aproximaciones que permitan indagar esta causalidad.

Algunos aspectos relevantes en esta investigación fueron:

- Precisión del posicionamiento espacial de las estaciones hidrológicas que dieron lugar a posibles fallas respecto a ríos.
- Falta de capas de cuencas aferentes a las estaciones, que, si bien fueron generadas en este ejercicio, requieren una supervisión por parte de la autoridad.
- Completitud y longitud de las series de todas las covariables (bosques, caudales, temperatura, precipitación), pues el análisis estadístico requiere datos pareados para una ventana de tiempo común para los diferentes elementos analizados. Las series de bosque están desde 1990 o 2000, por lo que la información, valiosa, de caudales previa a esa fecha no pudo ser analizada.
- Los coeficientes extraídos para los diferentes meses no deben ser analizados de manera general para la región. Es decir, mayo puede ser el mes con mayor precipitación para la mayoría de las cuencas en la región de la RAP-E, sin embargo, no es necesario que se cumpla para todas las cuencas. Se precisa analizar cada cuenca individualmente e identificar su mes más seco y húmedo, más allá del patrón general de la región.







- Puede que el periodo de análisis para cada cuenca presente datos para una fase de la deforestación que ya ocurrió, por lo que los cambios en caudales no pueden asociarse a una variación del bosque. En el caso de Boyacá, por ejemplo, donde las cuencas no mostraron efectos significativos, se ha presentado deforestación desde hace varios años atrás, limitando la evaluación de la hipótesis de investigación.
- Los caudales respondieron en un 50-60 % a la precipitación y en un -30 % a la temperatura. Ante los escenarios de cambio climático se espera que la oferta hídrica en la región se reduzca por cuenta de un constante aumento generalizado de la temperatura.
- El comportamiento de los caudales se podría anticipar más notorio en épocas extremas, en las que se evidenciaron algunos cambios futuros en lluvia, pero que, por diferencia en magnitudes de la lluvia actual y futura, no puede establecerse de manera clara con los métodos y datos implementados.

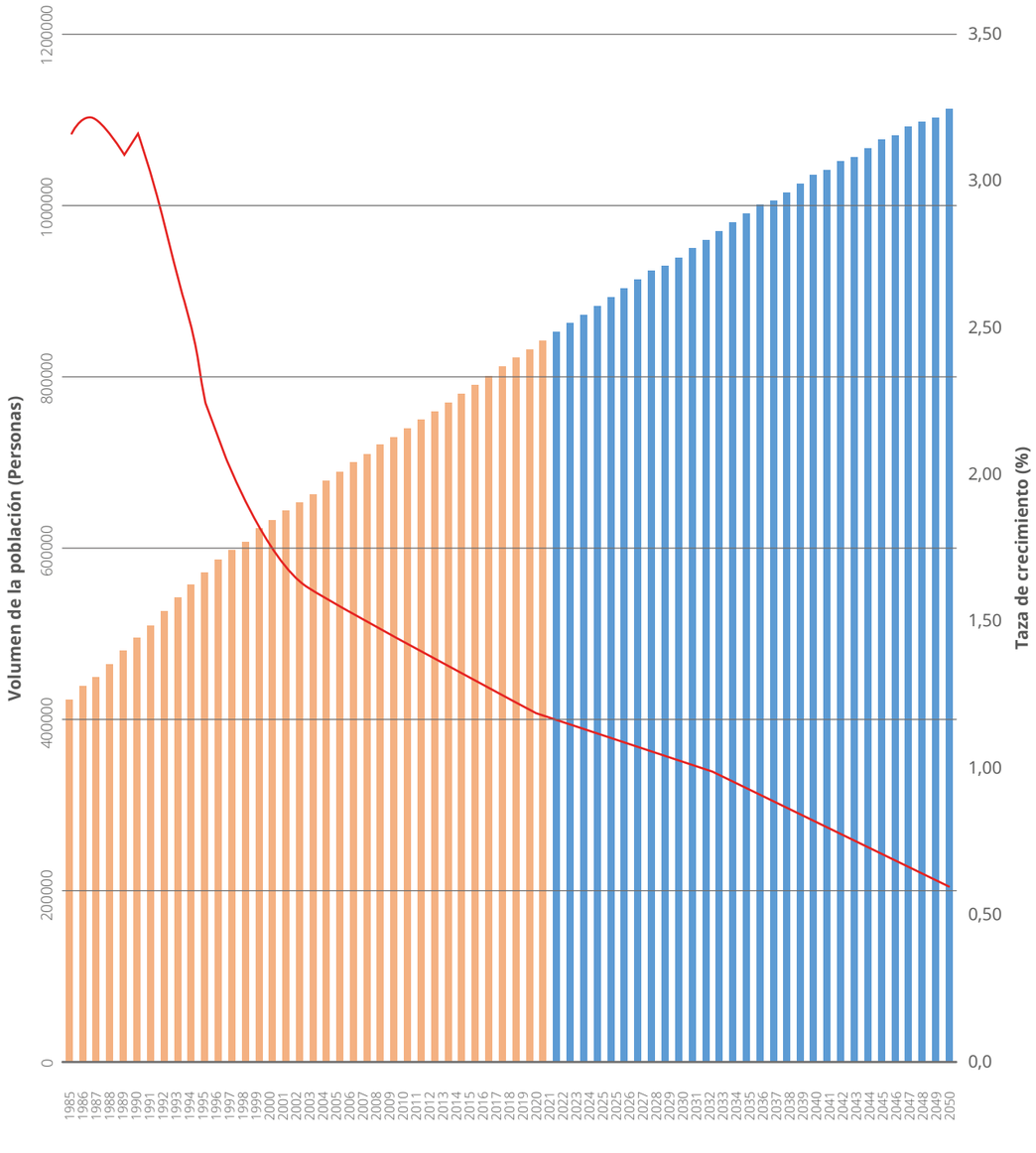
Si bien no todas las cuencas se ajustaron a las hipótesis, las siguientes recomendaciones aplican para la extensión total del territorio, con el fin de generar beneficios en el manejo del recurso hídrico más allá de la posibilidad estadística de poder demostrar las relaciones.

- La protección de los bosques disminuirá la variabilidad de los caudales diarios, permitiendo tener flujos más constantes a lo largo de los días del mes. Por lo tanto, se deben hacer esfuerzos por la conservación de los bosques y aumentar la recuperación de las áreas degradadas o deforestadas.
- La deforestación aumentará los valores de caudales máximos en algunos meses, mientras que los caudales negativos serán incluso menores en otros. En ambos escenarios se requieren proyectos de adaptación al cambio climático con enfoque de soluciones basadas en la naturaleza que fortalezcan la infraestructura actual frente a eventos de escasez de agua o frente a eventos extremos que generen daños a los sistemas de distribución y potabilización de agua.
- Se debe profundizar en el estudio de otros beneficios no evaluados como captación de carbono, regulación de temperatura y retención de sedimentos, que son procesos que contribuyen a la provisión de otros servicios ecosistémicos vitales para la seguridad hídrica.

# 4.3.3. Dinámicas poblacionales

El crecimiento poblacional es fundamental para entender los escenarios futuros de presión e incremento de la demanda de agua para uso de la población y productivo. En la actualidad en la región central la ciudad capital genera una presión muy por encima del promedio de los demás asociados lo cual es evidente por la alta densidad poblacional y el crecimiento histórico que ha experimentado.

**Ilustración 77. Histórico y crecimiento poblacional Bogotá 1985-2050**




**Fuente:** SDP, 2020.

Teniendo en cuenta la dinámica poblacional de Bogotá, según las estimaciones de la secretaria de planeación, se puede observar históricamente que desde el 2005 al 2015 el distrito ha tenido un crecimiento del 15 %, llegando a 7.878.783 de habitantes. Entre el 2015 y el 2020 se observó un incremento 995.564 habitantes. En este contexto, teniendo para el año 2020 una cifra de 8.380.801 habitantes, se prevén proyecciones de crecimiento a 2030 de 9.362.122 habitantes con una variación del 12 %. Para el caso del año 2050 se estima una población de 11.048.721 con una variación del 18 %.

Según el DANE, en 2030 la región central llegará a los diecinueve millones de habitantes, siendo Bogotá y Cundinamarca las regiones que aporten un mayor peso. Por el contario los departamentos de Boyacá, Huila, Meta y Tolima se mueven al año de 2030 a un ritmo más lento, lo que muestra dinámicas más estáticas y con bajos crecimientos comparando con la situación de Bogotá y Cundinamarca.

**Tabla 54. Tendencia poblacional total 2018-2050**

| Socio | 2018 | 2019 | 2020 | 2030 | 2040 | 2050 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **Bogotá, D. C.** | 7.412.566 | 7.592.871 | 7.743.955 | 8.434.700 | 8.944.008 | 9.164.445 |
| **Boyacá** | 1.217.376 | 1.230.910 | 1.242.731 | 1.331.264 | 1.421.994 | 1.484.369 |
| **Cundinamarca** | 2.919.060 | 3.085.522 | 3.242.999 | 4.126.231 | 4.659.501 | 5.089.865 |
| **Huila** | 1.100.386 | 1.111.844 | 1.122.622 | 1.205.580 | 1.263.012 | 1.290.460 |
| **Meta** | 1.039.722 | 1.052.125 | 1.063.454 | 1.138.642 | 1.184.964 | 1.200.114 |
| **Tolima** | 1.330.187 | 1.335.313 | 1.339.998 | 1.372.089 | 1.385.199 | 1.367.774 |
| **Total** | **15.019.297** | **15.408.585** | **15.755.759** | **17.608.506** | **18.858.678** | **19.597.027** |

**Fuente:** DANE, 2020.

## Población urbana

Haciendo un análisis más detallado sobre las áreas urbanas se puede explicar que el valor total por entidad se explica fundamentalmente por la dinámica demográfica urbana. Para el peso de Bogotá desde el 2020 al 2050 se espera una participación de entre el 59 % y el 54 % de la población total de la región central. Es evidente que Cundinamarca tiene el segundo lugar con una participación que crecerá del 18 % al 25 % entre el 2020 y el 2050.

**Tabla 55. Tendencia poblacional total urbana 2018-2050**

| Socio | 2018 | 2019 | 2020 | 2030 | 2040 | 2050 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **Bogotá, D. C.** | 7.387.400 | 7.566.185 | 7.715.778 | 8.398.502 | 8.904.981 | 9.124.202 |
| **Boyacá** | 708.006 | 722.864 | 736.624 | 828.550 | 882.411 | 913.688 |
| **Cundinamarca** | 2.090.845 | 2.250.178 | 2.401.827 | 3.261.191 | 3.765.940 | 4.181.781 |
| **Huila** | 669.697 | 674.903 | 679.667 | 712.355 | 729.064 | 722.933 |
| **Meta** | 795.061 | 803.166 | 810.588 | 861.166 | 889.551 | 893.326 |
| **Tolima** | 907.506 | 913.544 | 919.228 | 958.818 | 970.204 | 967.705 |
| **Total general** | **12.558.515** | **12.930.840** | **13.263.712** | **15.020.582** | **16.142.151** | **16.803.635** |

**Fuente:** DANE, 2020.

En ese sentido, se esperaría que hacia 2030 la población llegue a los quince millones de habitantes en zonas urbanas, lo que implica grandes retos en cuanto a la provisión de agua en esas zonas, al mismo tiempo que el impacto por contaminación del agua será mayor manteniendo las condiciones actuales. Finalmente, hacia el 2050 se llegaría a los dieciséis millones ochocientos de habitantes.

## Población rural

Las dinámicas demográficas en las zonas rurales muestran también grandes desafíos por el crecimiento que se espera al año 2030 y al 2050. Se estima un crecimiento por parte del DANE que va de 2.492.047 a 2.801.892, lo que significa cerca de cuatrocientos mil habitantes adicionales.

**Tabla 56. Tendencia poblacional total rural 2018-2050**

| Socio | 2018 | 2019 | 2020 | 2030 | 2040 | 2050 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **Bogotá, D. C.** | 25.166 | 26.686 | 28.177 | 36.198 | 39.027 | 40.243 |
| **Boyacá** | 509.370 | 508.046 | 506.107 | 502.714 | 539.583 | 570.681 |
| **Cundinamarca** | 828.215 | 835.344 | 841.172 | 865.040 | 893.561 | 908.084 |
| **Huila** | 430.689 | 436.941 | 442.955 | 493.225 | 533.948 | 567.527 |
| **Meta** | 244.661 | 248.959 | 252.866 | 277.476 | 295.413 | 301.265 |
| **Tolima** | 422.681 | 421.769 | 420.770 | 413.271 | 414.995 | 414.092 |
| **Total general** | **2.460.782** | **2.477.745** | **2.492.047** | **2.587.924** | **2.716.527** | **2.801.892** |

**Fuente:** DANE, 2020.





La mayor participación del peso de la población rural lo tienen los departamentos de Boyacá, Cundinamarca y Huila, que para el 2020 tienen pesos del 20 %, 34 % y 18 %, respectivamente. Para el 2030 se estima una participación muy similar que estaría en 19 % para Boyacá, el 33 % para Cundinamarca y 19 % para el Huila. Y el escenario a 2050 cerraría para Boyacá, Cundinamarca y el Huila, con participaciones de 20 %, 32 % y 20 %.

La dinámica poblacional asociada a la dotación neta que corresponde a la cantidad mínima de agua requerida para satisfacer las necesidades básicas de un suscriptor o de un habitante, plantea retos importantes frente a la proyección de la demanda de agua, sin considerar las pérdidas que ocurran en el sistema de acueducto.

La dotación neta por habitante define niveles de complejidad y de climas con los que se estima el mínimo vital. Esto plantea que para los climas fríos se tiene un intervalo que va desde 90 a 140 litros/habitante/día y para climas cálidos va desde 100 a 150 litros/habitante/día. Para este primer análisis se toma un valor medio de 124.5 litros/habitante/día para hacer algunas estimaciones de demanda según los niveles de población proyectados. Para zonas urbanas se toma un valor promedio de 142 litros/habitante/día y para zonas rurales un valor de 107.5 litros/habitante/día.

Tomando el valor medio de 124.5 litros/habitante/día para compararlo con un valor percapita de la huella hídrica azul estimada en el ENA 2018 que equivale a 284 litros/habitante/día, se ve una gran diferencia frente a la cantidad de agua que se consume en la región central. Teniendo como base este valor percapita como unidad de consumo frente al volumen poblacional y su crecimiento, obtenemos la siguiente tabla.

**Tabla 57. Estimación demanda ($m^3$) según huella hídrica azul per cápita en zona rural y urbano 2030-2050**

| | Rural 2030 | Urbano 2030 | Rural 2050 | Urbano 2050 |
|---|---|---|---|---|
| **Bogotá, D. C.** | 7.493.491 | 1.746.100.648 | 8.330.863 | 1.897.168.050 |
| **Boyacá** | 104.068.816 | 275.590.232 | 118.138.934 | 307.285.105 |
| **Cundinamarca** | 179.075.356 | 854.187.419 | 187.986.065 | 1.053.673.109 |
| **Huila** | 102.104.460 | 249.571.890 | 117.486.012 | 267.143.235 |
| **Meta** | 57.441.406 | 235.714.789 | 62.366.061 | 247.297.013 |
| **Tolima** | 85.552.866 | 284.041.577 | 85.722.825 | 286.051.269 |
| **Total** | **535.736.395** | **3.645.206.555** | **580.030.758** | **4.058.617.780** |

De acuerdo con la anterior tabla, con los valores promedio definidos se puede estimar un valor total de 4.180 millones de metros cúbicos para el año 2030 y para el año 2050 se estiman unos 4.638 millones de metros cúbicos. Lo anterior significa una variación del 18.7 por ciento entre el año 2020 al año 2050.

# 4.4
# **Áreas esenciales** para la vida y el agua

La meta de construir un Plan de Seguridad Hídrica para la región central de Colombia, basado en ciencia innovadora y uso de datos espaciales, que cumpla con políticas regionales y nacionales de conservación y manejo sostenible del agua, que esté alineado con los Objetivos de Desarrollo Sostenible y contribuya con los compromisos del país con el Convenio sobre Diversidad Biológica, la Convención Marco de las Naciones Unidas para el Cambio Climático y la Convención para la Lucha contra la Desertificación, ha impulsado a identificar las áreas esenciales para el soporte de la vida que aseguren un recurso hídrico de calidad y cantidad para el futuro de quienes habitan esta región de Colombia.

A pesar de los avances en la conservación de la naturaleza y en la identificación de los servicios ecosistémicos que nos proporcionan, aún tenemos desafíos por resolver para asegurar su permanencia en el tiempo. Esos retos requieren análisis integrales y multisectoriales, el uso de la información generada a nivel local y nacional, así como datos científicos espaciales que guíen la toma de decisiones. Es fundamental determinar qué zonas se deben proteger, restaurar y gestionar para asegurar las prioridades de la región central en materia de seguridad hídrica. Esas zonas son denominadas «Áreas Esenciales para el Soporte para la Vida» (ELSA, por sus siglas en inglés).

La relación entre disponibilidad y calidad del agua y los ecosistemas es innegable. El agua dulce del planeta es solo el 3 % del total, solo la mitad de esa agua es accesible en ríos, quebradas, lagos y arroyos, ya que la otra mitad se encuentra encerrada en la criosfera, como los nevados (GWP, 2017). Como se refleja en el índice de seguridad hídrica descrito en la sección 3.6, los ecosistemas cumplen un rol vital en el ciclo del agua para poder disponer de ese 1.5 % en buenas condiciones. A través de servicios de regulación y de aprovisionamiento, los ecosistemas depuran y proveen agua, previenen la erosión y son hogar de especies y procesos que permiten un adecuado funcionamiento del ciclo biogeoquímico del agua.

La metodología ELSA permite identificar espacialmente las zonas que deben ser intervenidas para alcanzar de manera integral las prioridades para la seguridad hídrica de la región central. Así, los mapas reflejan las áreas priorizadas o recomendadas para avanzar en la seguridad hídrica y que son resultado de talleres realizados con actores claves de la región.

Es importante mencionar que, además de contribuir con la seguridad hídrica, las intervenciones recomendadas por ELSA representan una serie de beneficios de gran importancia para el desarrollo de la región central. Estos beneficios están relacionados con el mantenimiento de la salud humana, la seguridad alimentaria (gracias a la polinización de las especies comestibles, por ejemplo), la reducción del riesgo de desastres (por inundaciones o sequías), la fijación de carbono, la conservación de la biodiversidad, los servicios culturales necesarios para el turismo y, por supuesto, el sostenimiento de todas las actividades económicas que dependen del agua para funcionar adecuadamente.

Aunque en las secciones siguientes se explica detalladamente el proceso usado para determinar las ELSA de la región central se puede decir que la metodología: i) identifica las prioridades políticas de seguridad hídrica de la región, ii) acopia y selecciona las mejores capas de datos nacionales y globales relacionadas a seguridad hídrica y iii) utiliza el análisis ELSA para combinar las capas de datos para producir mapas que resaltan las zonas recomendadas más importantes a intervenir.



El alcance de la herramienta se circunscribe a la metodología utilizada, o sea, las áreas señaladas en el mapa son las posibles áreas de intervención que la herramienta ha identificado como prioritarias para conseguir las prioridades políticas seleccionadas (ver sección mapas ELSA para la región central). Por tanto, la herramienta no identifica áreas que obligatoriamente deben de ser protegidas, restauradas o gestionadas sosteniblemente, sino que prioriza una serie de áreas en que estas acciones tendrían mejores resultados para alcanzar las prioridades hídricas de la región.

Los resultados obtenidos del análisis sugieren que los esfuerzos en nuevas áreas de protección podrían concentrarse en Meta, Boyacá y Tolima, aunque Huila y Cundinamarca también podrían aportar algunos territorios nuevos para conservación. Bogotá cuenta con un territorio pequeño, pero en buen estado, que podría ser incluido como zona protegida. En lo que respecta a gestión de paisajes Cundinamarca, Huila y Tolima tienen los mejores potenciales de manejar más sosteniblemente ciertas tierras en donde se desarrolla actividad agropecuaria. En el caso de la restauración de ecosistemas todos los departamentos tienen un potencial parecido para mejorar.

Finalmente, vale la pena señalar que este proceso también se está desarrollando a escala nacional bajo un enfoque más amplio. Este proceso paralelo se llama ELSA Colombia y tiene como objetivo identificar las ELSA más importantes, no solo para la seguridad hídrica, sino balanceando la importancia de las otras temáticas (mitigación de carbono, biodiversidad, etcétera). Los mapas ELSA nacionales serán insumos importantes para planes y políticas sectoriales relacionados a esos temas.

# 4.4.1. Metodología utilizada

La metodología ELSA se basa en la planificación sistemática de la conservación (PSC). La PSC es «[...] el proceso que informa decisiones sobre la localización, configuración y gestión de áreas de conservación (o protegidas), a partir de los recursos disponibles y minimizando la pérdida de la biodiversidad, los servicios ecosistémicos y otros aspectos del mundo natural» (Pressey y Bottril, 2009, citado en PacMARA, 2020). La planificación sistemática de la conservación «[...] tiene sus raíces en la biogeografía, el ordenamiento del territorio y la ecología del paisaje e integra las preocupaciones sociales y económicas» (Baldwin, R., 2018).

Para desarrollar el análisis ELSA la universidad de Northern British Columbia y el programa de las Naciones Unidas para el desarrollo han creado una herramienta computacional que, basada en la lógica de la PSC y utilizando códigos en lenguaje R (la librería *prioritizr*, específicamente) y un interfaz web, logra crear mapas que indican oportunidades y acciones para intervenir zonas con el objetivo de mejorar la conservación de los ecosistemas. Para profundizar en la herramienta se puede consultar el anexo 3.

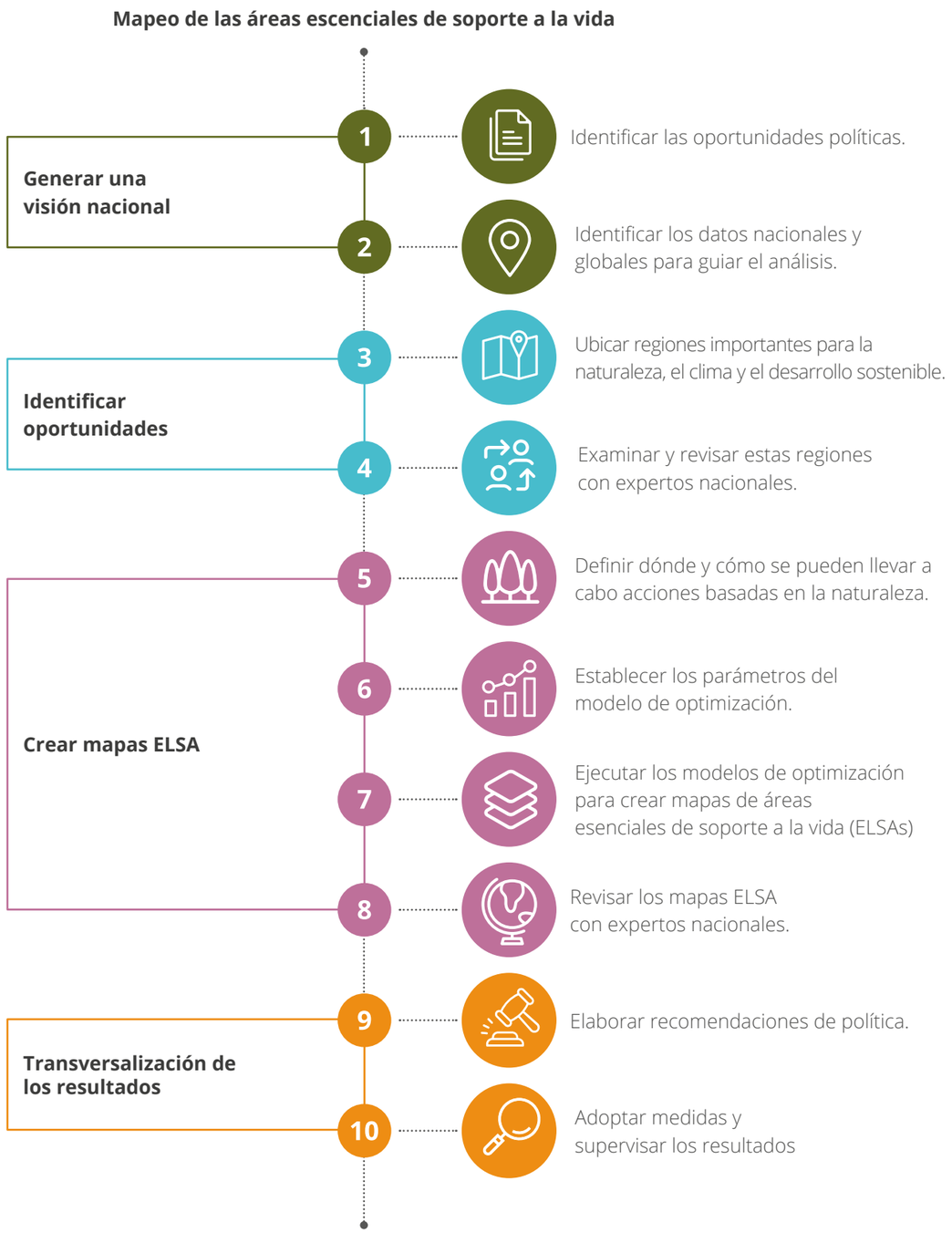
ELSA crea mapas que identifican específicamente, dónde se deben proteger, restaurar y gestionar sostenibleme nte los ecosistemas o paisajes para alcanzar los objetivos de seguridad hídrica establecidos para la región. Estas categorías mencionadas se explican de la siguiente manera:

- **Protección:** áreas protegidas, incluidas las áreas protegidas que permiten algunas formas de uso humano (por ejemplo, el turismo, el cultivo de árboles y productos forestales no madereros) en línea con las categorías V-VI de AP de la UICN y otras medidas eficaces de conservación basadas en el área (OECM, por sus siglas en inglés).
- **Restauración:** recuperación pasiva o activa de los ecosistemas, incluidos los bosques. Implica aumentar la estructura del hábitat y la biomasa de la vegetación, especialmente en las zonas actualmente degradadas.
- **Gestión sostenible:** métodos de gestión sostenible en zonas agrícolas para aumentar la materia orgánica del suelo, reducir la erosión, reducir los fertilizantes y pesticidas y aumentar la estructura del hábitat.

Para la creación de los mapas ELSA deben ejecutar los diez pasos indicados en la ilustración 33. Para el caso del proceso desarrollado para la región central se hicieron pequeñas modificaciones que se detallan a continuación.



**Ilustración 78. Los diez pasos para identificar ELSA**




**Fuente:** PNUD, 2021.

# Identificación de prioridades políticas

Como se analizó en la sección 4.2 del presente documento, existe un marco de políticas que rigen la gestión del recurso hídrico. Este es el punto de partida para la metodología ELSA ya que las políticas, planes y estrategias son los documentos oficiales que contienen las metas políticamente consensuadas para alcanzar los objetivos deseados.

Por tanto, como primer paso, se llevó a cabo un análisis de políticas y programas con el objetivo de identificar las metas basadas en naturaleza priorizadas por el país y la región y que estén relacionadas con la seguridad hídrica. Se tomaron en cuenta tres documentos de política pública nacional:

- Estrategia para la implementación de los Objetivos de Desarrollo Sostenible en Colombia (CONPES 3918 - ODS).
- Política Nacional de Recurso Hídrico (PNGRH).
- Plan Nacional de Desarrollo 2018-2022 (PND).

El análisis ELSA regional creó tres escenarios distintos de alta, media y baja ambición (ver sección de recomendaciones para áreas ELSA). Para los tres casos se tomaron como base cuatro dimensiones del PSH: estado del recurso hídrico, servicios ecosistémicos, nivel de riesgo climático y dinámicas socioeconómicas, ya que se les puede asignar capas de datos (ver ilustración 81). Sin embargo, el porcentaje de área varía según el escenario (ver mapa 24). Los mapas y gráficos que se muestran en las secciones siguientes están basados en los resultados del escenario de alta ambición.

Debido a que el Plan de Seguridad Hídrica para la región central ya contaba con esferas de análisis (ilustración 79), se desarrolló una asociación entre estas dimensiones y las metas seleccionadas (ver símbolos de ilustración 80).

**Ilustración 79. Dimensiones de análisis del Plan de Seguridad Hídrica para la región central**




**Fuente:** PNUD, 2020.

**Ilustración 80. Asociación entre dimensiones y metas nacionales**

| PNGIRH |
|---|
| Se ha formulado e implementado el 100% de los planes de ordenación y manejo de cuentas hidrográficas en las cuencas priorizadas en el Plan Hídrico Nacional.<br><br>Se han implementado efectivamente el 100% de las autoridades ambientales criterios de priorización, mecanismos protocolos y guías para el manejo de conflictos relacionados con el recurso hídrico. |
| Se conserva como mínimo el 80% del área de los ecosistemas clave para la regulación de la oferta hídrica que han sido priorizados en el Plan Hídrico Nacional.<br><br>Se conoce la relación del recurso hídrico con las dinámicas y funciones del 100% de los ecosistemas clave para regulación de la oferta hídrica, priorizados en el Plan Hídrico Nacional. |
| Mantener en el 17.2% o aumentar, el valor del índice de calidad promedio anual correspondiente a la categoría "aceptable" en los cuencos de agua monitoreados por la red nacional de monitoreo de calidad de agua de IDEAM.<br><br>Se ha consolidado y se encuentra al 100% de la operación, la red de monitoreo del recurso hídrico a nivel nacional.<br><br>Se han formulado e implementado en el 100% de los municipios con índice de escasez en el rango en el rango "medio" y "alto", los programas de uso eficiente y ahorro de agua. |

| PND 2018 - 2022 |
|---|
| 260.000 hestáreas bajo esquemas de Pagos por Servicios Ambientales (PSA) e incentivos a la consevación. |

| CONPES 3918 |
|---|
| **Metas del 6.1 y 6.2 del ODS 6 de agua limia y saneamiento:**<br><br>Agua potable segura y asequible para el 100% de la población al 2030.<br><br>Acceso a saneamiento de Higiene - 92,6% de la población con acceso a métodos de saneamiento adecuados a 2030. |

**Fuente:** PNUD, 2020.

Es importante aclarar que las prioridades políticas alrededor del tema de seguridad hídrica pueden cambiar en el tiempo. La metodología tiene la flexibilidad de adaptarse a esas posibles nuevas prioridades y crear nuevos mapas de las nuevas posibles áreas más importantes a ser protegidas, restauradas o gestionadas para alcanzar los nuevos objetivos.

Además de producir un mapa de acciones para el objetivo general de seguridad hídrica en la región central, el análisis ELSA también ofrece la posibilidad de producir mapas optimizados para cada uno de los cuatro ejes, lo que permite a las partes interesadas explorar escenarios basados en diferentes prioridades y valores (ver mapa 20). Posteriormente, se generó un espacio de cocreación para analizar las capas de datos geoespaciales disponibles para dichas dimensiones (ver Ilustración 81).

## Identificación de datos para guiar el análisis

Debido a que la metodología ELSA fue concebida para abarcar las soluciones basadas en la naturaleza a nivel nacional, se trabajó en la adaptación de la herramienta para establecer el marco necesario para producir el mapa ELSA para la seguridad hídrica en la región central.

Para ello, el equipo trabajó en la identificación de capas de datos para el análisis que i) sirvieran de proxy para los cuatro ejes (ilustración 78, paso 2) y ii) que delimitaran las zonas en las que cada acción basada en la naturaleza puede tener lugar en el país (ilustración 78, paso 5).

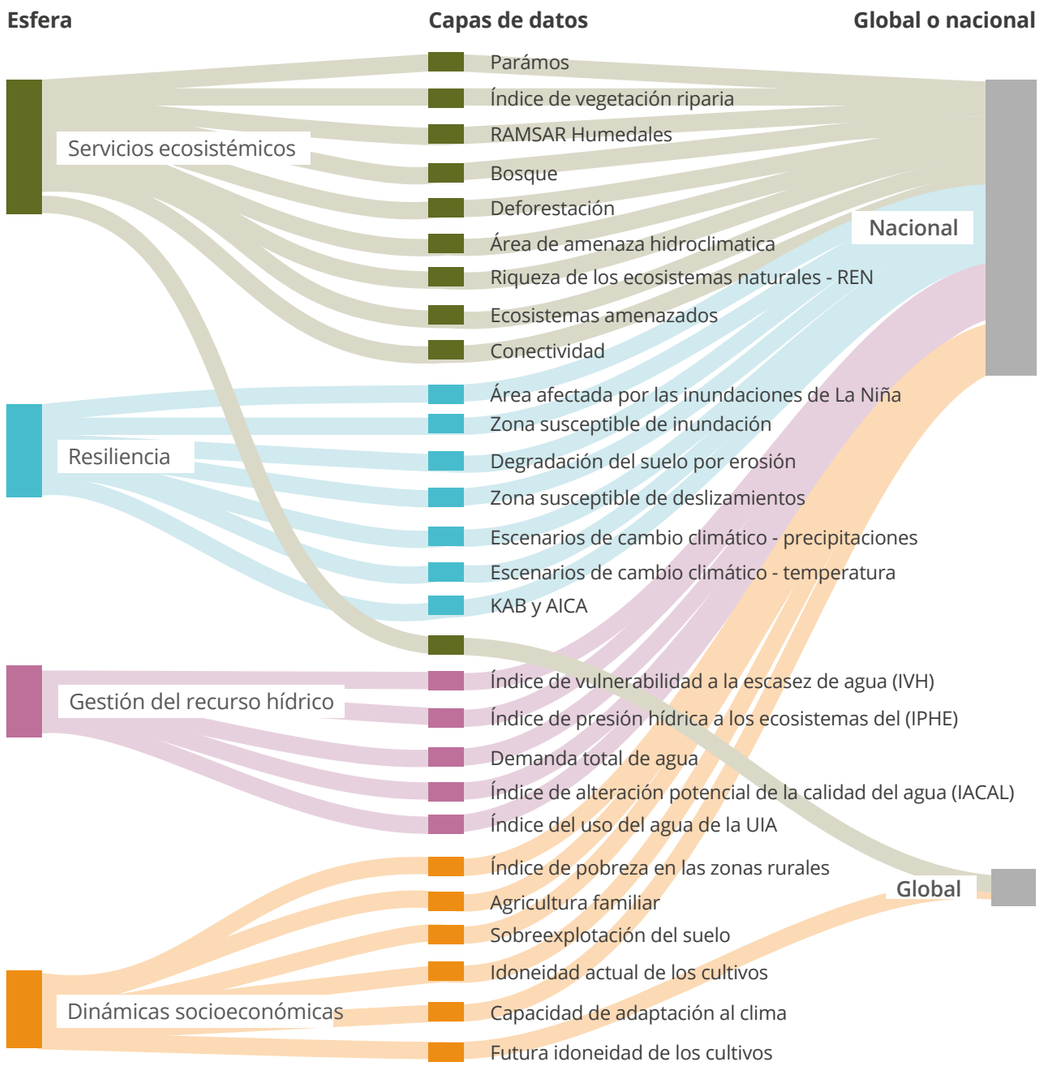
### Datos sobre la seguridad hídrica en la región central

La identificación de datos espaciales se dio en un esfuerzo conjunto entre la RAP-E, PNUD y la universidad de Northern British Columbia. La existencia de capas de datos de alta calidad para seguridad hídrica, en su mayoría producidos por IDEAM, IAvH, MADS y UPNN fue de gran ayuda para el proceso ELSA. La idea de este proceso es identificar datos geoespaciales que puedan representar visualmente las dimensiones indicadas anteriormente. Es decir, datos que permitan convertir esas dimensiones en mapas que muestren las acciones requeridas para trabajarlas a través de soluciones basadas en la naturaleza. La ilustración 81 explica visualmente esta lógica.

El análisis de las capas de datos se estructuró para identificar ampliamente cómo las soluciones basadas en la naturaleza pueden contribuir a la seguridad hídrica de la región a través de los cuatro ejes del plan. Esto nos permite crear un mapa que puede hacer avanzar los objetivos existentes y los posibles objetivos futuros. Para esto, se analizaron las cuatro dimensiones para determinar los datos espaciales que podrían servir como proxy para cada esfera



**Ilustración 81. Relación entre dimensiones y capas de datos[28]**




**Fuente:** PNUD, 2021.

De las sesenta y seis capas de datos nacionales proporcionadas por las instituciones nacionales, veintisiete se incluyeron en el análisis a manera de proxy. El equipo científico global trabajó estrechamente con expertos nacionales en Colombia para llegar a la lista final de datos, seleccionando las capas de datos que se relacionaban directamente con el papel de la naturaleza en la promoción de la seguridad hídrica en los cuatro ejes. Las capas de datos finales incluidas en el análisis se muestran en la Ilustración 81. Las capas de datos globales solo se incluyeron con la aprobación de los expertos nacionales porque llenaban un vacío en los datos disponibles a nivel nacional.

**28.** KBA: áreas claves de biodiversidad, AICAS: áreas importantes para la conservación de las aves.

Al conducir el análisis, el equipo científico global y los expertos nacionales excluyeron capas de datos nacionales por dos razones: i) no estaban relacionados con las soluciones basadas en la naturaleza (NbS) para la seguridad hídrica o ii) duplicaban los datos incluidos en el análisis. Las capas de datos recibidas, pero no utilizadas en el análisis se muestran en la tabla 58, junto con otros detalles de exclusión, si no corresponden a dos mencionados anteriormente.

**Tabla 58. Capas de datos no utilizadas**

| Esfera | Nombre de la capa | Razones para no utilizarlo |
|---|---|---|
| **Seguridad del agua** | Glaciares | Los glaciares son importantes para la seguridad del agua, pero están fuera del alcance de las soluciones basadas en la Naturaleza |
| | Huella Hídrica Verde<br>Huella Hídrica Azul | Los datos de la huella hídrica azul y verde se incluyen en el índice de uso del agua, que se utilizó en el análisis |
| | Índice de Eficiencia de Uso de Agua IEUA | Este índice es importante para la eficiencia, pero no para los sistemas relacionados con la naturaleza. |
| | Indicador: Número de Áreas Protegidas por Municipio<br>Indicador: Proporción de Área Protegidas por Municipio<br>Indicador: Proporción de la Superficie Cubierta por Bosque<br>Indicador: Área Total Ecosistemas Naturtales - ATEN | En su lugar se utilizó la capa de datos de áreas protegidas |
| | Índice del Agua no Retornada a la Cuenca IARC<br>Índice de regulación hídrica IRH<br>Coberturas<br>Sequía Metereológica<br>Cabeceras Municipales suceptibles a desabastecimiento<br>Porcentaje de transformación Zonas potencialmente inundables<br>Erosión hídrica potencial en ladera<br>Oferta hídrica Total Disponible OHTD<br>Oferta hídrica Total Superficial OHTS<br>Sólidos suspendidos totales (STT)<br>Bosque Seco Tropical<br>Variabilidad de la oferta hídrica VOH<br>Vocación<br>Humedales<br>Demanda Biológica de Oxígeno DBO<br>Demanda Química de Oxígeno DQO<br>Zonificación Hidrográfica | |
| **Biodiversidad** | Reserva Biosfera | Esta capa de datos ya estaba parcialmente incluida en los datos de KBA, AICA y PA |
| | Riqueza de especies amenazadas | |
| | Ecosistemas no representados | En su lugar se utilizó la capa de datos de los ecosistemas amenazados |
| **Mitigación del cambio climático** | Carbono de la biomasa<br>Emisiones de carbono proyectadas<br>Carbono del suelo | Estas capas de datos se solapan con los datos de degaradación del suelo, capacidad de adaptación al clima, cambio climático y adecuación de los cultivos ya incluidos en el análisis. |
| **Bienestar humano** | Consejos de la Comunidad Negra | No es aplicable a la seguridad hídrica basada en la naturaleza |
| | Zonas indígenas | |

**Fuente:** PNUD, 2021.



## Datos para las zonas

Además de identificar las capas de datos que representaría cada esfera o eje de análisis, también era esencial identificar dónde pueden tener lugar las acciones para proteger, gestionar y restaurar la naturaleza en la región central de Colombia. Basándose en las definiciones de la tabla 60, el equipo científico utilizó capas de datos nacionales para establecer «reglas» sobre dónde puede tener lugar cada acción basada en la naturaleza. Por ejemplo, la protección no puede tener lugar en medio de una zona urbana como Bogotá.

Se utilizaron los objetivos nacionales relacionados a la protección, restauración y gestión para identificar un escenario de alta ambición. El análisis ELSA requiere de porcentajes de área flexibles para poder mostrar posibles áreas de intervención. Teniendo en cuenta que ELSA prioriza las áreas en las que deberían adelantarse distintas acciones de protección, gestión y restauración y que algunas de estas áreas pueden tener restricciones que no son contempladas dentro de la información analizada, por ejemplo, bajo interés de los propietarios, zonas de alta intensidad de conflicto armado o dificultades de gobernanza, el análisis se realiza con un porcentaje más alto que la meta para asegurar que las áreas priorizadas sean suficientes para cumplir las metas establecidas.

Otra forma de verlo es, por ejemplo, para el caso de la acción «restaurar», el porcentaje base viene de la meta de restaurar 1 % de áreas perturbadas del Plan Nacional de Restauración Ecológica. El equipo agrega un 4 % extra hasta alcanzar una meta de 5 %. El fin de esto es que el mapa ELSA refleje varias zonas en donde la meta de 1 % original puede desarrollarse. Si se tomara el 1 % como tal para el análisis, el mapa reflejaría áreas prescriptivas de acción. Al final del proceso es posible que en muchas de esas áreas no se puedan implementar acciones de restauración, ya sea porque sus dueños no tienen interés en desarrollar actividades de restauración, porque las acciones son caras o por alguna otra razón. Por eso contar con mapas que señalan una mayor cantidad de posibles áreas permite a los tomadores de decisiones una mayor flexibilidad para alcanzar su meta original de manera realista.

De la misma manera, el equipo redondeó los porcentajes de protección (17 % de área protegida actual más 10 %) y manejo (1.5 % de meta original más 3.5 %) como se describe en la tabla 59.

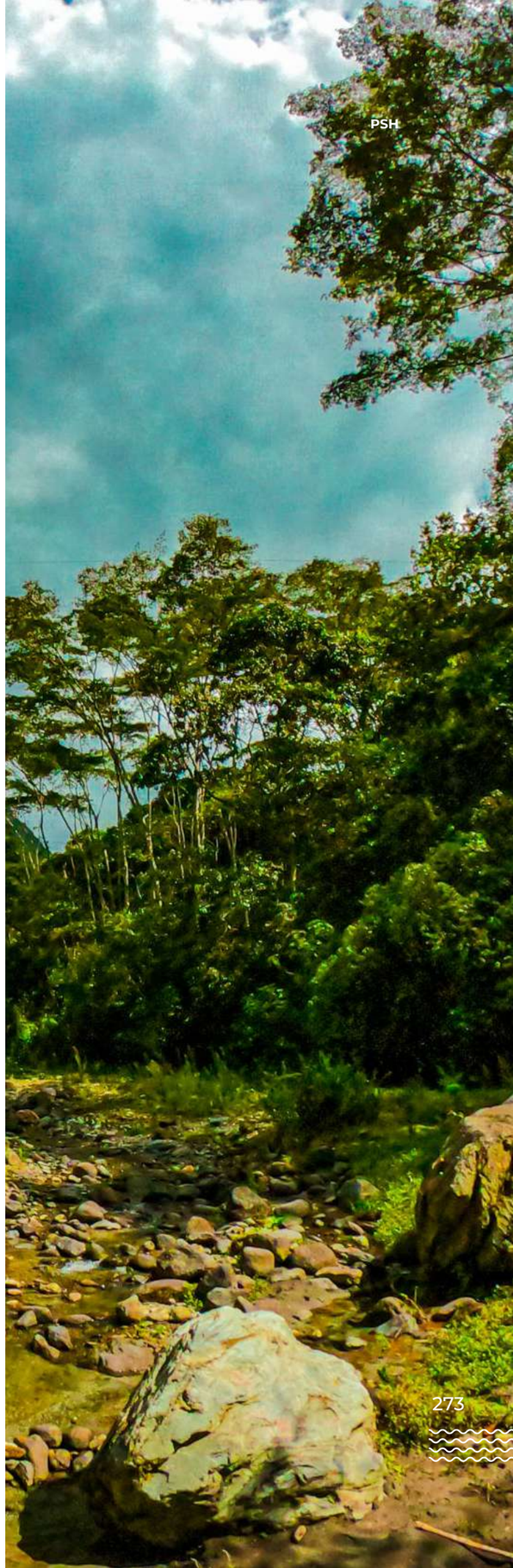


**Tabla 59. Acciones basadas en la naturaleza para la seguridad hídrica ELSA en la región central de Colombia**

| Acción | Definición | Metas | Origen de la Meta | Zonas |
|---|---|---|---|---|
| **Proteger** | Restricciones de uso del suelo equivalentes a las de las zonas protegidas, mantiene los procesos naturales del ecosistema, restringe los usos humanos del suelo | 27% | Cobertura actual de área protegida, aproximadamente 17% | No en Huella humana (HH) > 21, No en zonas agrícolas, No en zonas urbanas |
| **Restaurar** | Recuperación pasiva o activa de los ecosistemas, incluidos los bosques. Aumentar la estructura del hábitat y la biomasa de la vegetación, especialmente en las zonas actualmente degradadas. | 5% | Plan Nacional de Restauración Ecológica, Rehabilitación y Recuperación de Áreas Degradadas (PNRERRAD): Áreas disturbadas restauradas y en proceso de restauración. (1.000.000 de hectáreas, aprox. o1% del territorio nacional) | En HH > 5 y HH <51, No en zonas agrícolas o urbanas |
| **Gestionar** | Métodos de gestión sostenible en zonas agrícolas para aumentar la materia orgánica del suelo, reducir la erosión, reducir los fertilizantes y pesticidas, aumentar la estructura del hábitat. | 5% | Plan Nacional de Desarrollo 2018-2022 (PND): Duplicar la hectáreas con sistemas productivos sostenibles y de conservación - META: 1,4 millones hectáreas o 1,5% del territorio nacional (Restauración, sistemas agroforestales, manejo forestal sostenible). | En la frontera agrícola con la agricultura actual, no en las zonas urbanas |

**Fuente:** PNUD, 2021.

## Identificación de oportunidades y creación de mapas

Una vez identificados los datos, la metodología ELSA crea dos tipos de mapas, mapas de oportunidad y mapas de acción. Los mapas de oportunidad destacan las posibles áreas de importancia para cada una de las dimensiones del PSH. Por ejemplo, un mapa de oportunidad para la resiliencia, mostrará las zonas más importantes de la región para asegurar la resiliencia. La herramienta web también ofrece la opción de crear un mapa de oportunidad ELSA que identifique las zonas de la región central más importantes para la seguridad hídrica en su conjunto. Estos mapas de oportunidad ofrecen dos ventajas: i) permiten una etapa adicional de retroalimentación de expertos para verificar que los mapas reflejan la realidad sobre el terreno y ii) proporcionan una idea de las áreas esenciales que el país debería priorizar para cumplir los ejes del plan regional.

Por otro lado, ELSA ofrece la posibilidad de crear mapas de acción para ayudar a la región a poner en marcha proyectos y planes relacionados con estos objetivos. Estos mapas de acción son los que muestran dónde las acciones para proteger, gestionar y restaurar la naturaleza impactarán más a la seguridad hídrica de la región central. Al igual que los mapas de oportunidad, se pueden crear mapas de acción independientes para cada esfera, así como un mapa de acción ELSA global. Por ser estos los mapas que indican el tipo de acción necesaria en las regiones, son los que más resaltamos para el PSH.

Para producir estos mapas de oportunidad y de acción se crea un espacio de cocreación con expertos nacionales cuyo objetivo es identificar las acciones y los lugares clave para salvaguardar el suministro y la calidad del agua.





Para esto, los expertos evalúan las capas de datos según dos criterios: i) la calidad de los datos y ii) la importancia del elemento de conservación que representa la capa. La evaluación se realiza asignándole un «peso» a cada capa de datos, entonces se pondera cada capa en una escala de 0 a 5.

- **0:** sin importancia y/o calidad en comparación con otras capas de datos.
- **0.5:** importancia y/o calidad media en comparación con las otras capas de datos.
- **1:** importancia y/o calidad relativa en comparación con otras capas de datos.
- **2:** doble importancia y/o calidad en comparación con otras capas de datos.
- **5:** máxima importancia y/o calidad en comparación con otras capas de datos.

De esta manera, se obtuvieron las ponderaciones expresadas por la tabla 60.

**Tabla 60. Promedio inicial de las ponderaciones de los expertos para i) todos los objetos de conservación incluidos en el análisis y ii) para cada tema**

| Resultado / Característica | Peso combinado | Tema | Peso |
|---|---|---|---|
| **Índice de vulnerabilidad a la escasez de agua IVH** | 3,27 | Estado del los recursos hídricos | 3,9 |
| **Índice de presión del agua a los ecosistemas del IPHE** | 3,19 | Estado del los recursos hídricos | |
| **Demanda total de agua** | 5,76 | Estado del los recursos hídricos | |
| **Índice de Alteración Potencial de la Calidad del Agua (IACAL)** | 3,32 | Estado del los recursos hídricos | |
| **Índice de uso del agua de la UIA** | 3,96 | Estado del los recursos hídricos | |
| **Páramos** | 4,08 | Estado del ecosistema | 5,1 |
| **Índice de vegetación ribereña** | 3,58 | Estado del ecosistema | |
| **RAMSAR / Humedales** | 3,18 | Estado del ecosistema | |
| **Bosque** | 3,55 | Estado del ecosistema | |
| **Deforestación** | 20,00 | Estado del ecosistema | |
| **Área de amenaza hidroclimática** | 3,73 | Estado del ecosistema | |
| **Riqueza de los ecosistemas naturales - REN** | 3,68 | Estado del ecosistema | |
| **Ecosistemas amenazados** | 3,22 | Estado del ecosistema | |
| **KBA y AICA (Global)** | 2,45 | Estado del ecosistema | |
| **Conectividad** | 3,35 | Estado del ecosistema | |
| **Área afectada por las inundaciones La Niña** | 3,00 | Riesgo de inundación y sequía | 3,9 |
| **Zona susceptible de inundación** | 5,33 | Riesgo de inundación y sequía | |
| **Degradación del suelo por erosión** | 3,25 | Riesgo de inundación y sequía | |
| **Zona susceptible de desprendimiento** | 3,23 | Riesgo de inundación y sequía | |
| **Escenarios de cambio climático - precipitaciones** | 4,20 | Riesgo de inundación y sequía | |
| **Escenarios de cambio climático - temperatura** | 4,15 | Riesgo de inundación y sequía | |
| **Índice de pobreza en las zonas rurales** | 3,45 | Contexto socioeconómico | 3,3 |
| **Agricultura familiar** | 2,95 | Contexto socioeconómico | |
| **Sobreexplotación del suelo** | 3,25 | Contexto socioeconómico | |
| **Idoneidad actual de los cultivos** | 2,91 | Contexto socioeconómico | |
| **Futura idoneidad de los cultivos** | 3,05 | Contexto socioeconómico | |
| **Capacidad de adaptación al clima** | 3,89 | Contexto socioeconómico | |

**Fuente:** PNUD, 2021.





Es importante tener en cuenta que las ponderaciones son completamente diferentes a los porcentajes que se mencionan en la sección de datos para las zonas y en la tabla 59. Las ponderaciones son para los objetos de conservación, es decir, para los objetivos que queremos alcanzar, en este caso ampliamente asociados a los cuatro ejes. Mientras que los porcentajes definen la cantidad de superficie que podemos utilizar para acciones basadas en la naturaleza que tienen el potencial de ayudarnos a alcanzar estos objetivos.

## Revisión de los mapas

La creación, tanto de los mapas de acciones como de los de oportunidad, se basó en las mismas ponderaciones determinadas en los pasos anteriores. Durante una nueva sesión de trabajo los expertos tuvieron la posibilidad de revisar los resultados e identificar ajustes necesarios para garantizar la coherencia del ejercicio con el contexto territorial.

A través de este ejercicio los participantes identificaron varias variables clave que estaban por debajo de la media (tenían un peso superior a la media, pero menos del 75 % de sus áreas objetivo en las regiones ELSA). Estas variables eran la demanda total de agua, el índice de uso del agua de la UIA, la deforestación, las zonas susceptibles de sufrir inundaciones y la idoneidad futura de los cultivos. Se consideró lo inherente al proyecto y se evaluó la importancia de cada variable. Al final, se decidió aumentar la ponderación de la demanda total de agua, la deforestación y el área susceptible de inundaciones.

Con estas nuevas ponderaciones se corrió la herramienta computacional ELSA para procesar los datos correspondientes y obtener los mapas de oportunidades y de acciones para seguridad hídrica de la región central.



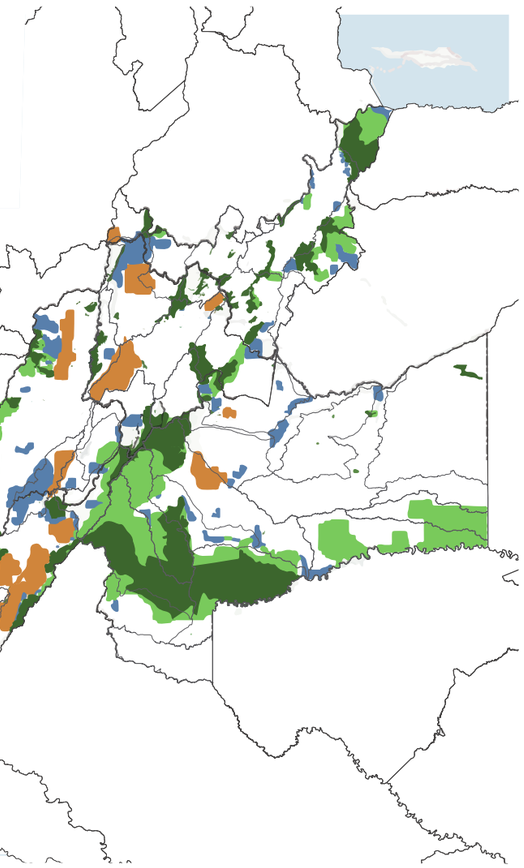
# 4.4.2. Mapas y resultados

## Mapa ELSA para la región central

El mapa del ELSA para la seguridad hídrica en la región central de Colombia (mapa 19) muestra las áreas que, según el análisis explicado anteriormente, deberían como recomendación priorizarse para la protección, la gestión y la restauración con el fin de lograr la seguridad hídrica de forma más eficaz, cada acción está representada por un color específico: verde para protección, azul para restauración y naranja para gestión (verde oscuro para áreas ya protegidas). Es importante aclarar que los territorios no seleccionados bajo alguno de estos colores, es decir, áreas en blanco, no necesariamente representan áreas en las que no se puedan desarrollar acciones. Como se ha explicado anteriormente, la metodología ELSA señala áreas de intervención prioritarias bajo parámetros de priorización específicos, lo cual no significa que áreas en blanco están desprovistas de potencial de intervención, solamente que bajo los parámetros utilizados no son prioritarias.

El mapa ELSA muestra espacialmente dónde las acciones pueden lograr el mayor impacto en todos los objetos de conservación asociados a cada uno de los cuatro ejes del plan. En verde oscuro se representan las áreas protegidas actuales, mientras que el verde claro señala nuevas áreas que deberían de ser protegidas. En azul se identifican áreas actualmente degradadas o deforestadas en las que deberían implementarse acciones de restauración, y las áreas en naranja representan lugares de uso agrícola en que se pueden implementar acciones que reduzcan las afectaciones por actividades productivas y que contribuyan a la seguridad hídrica de la región.

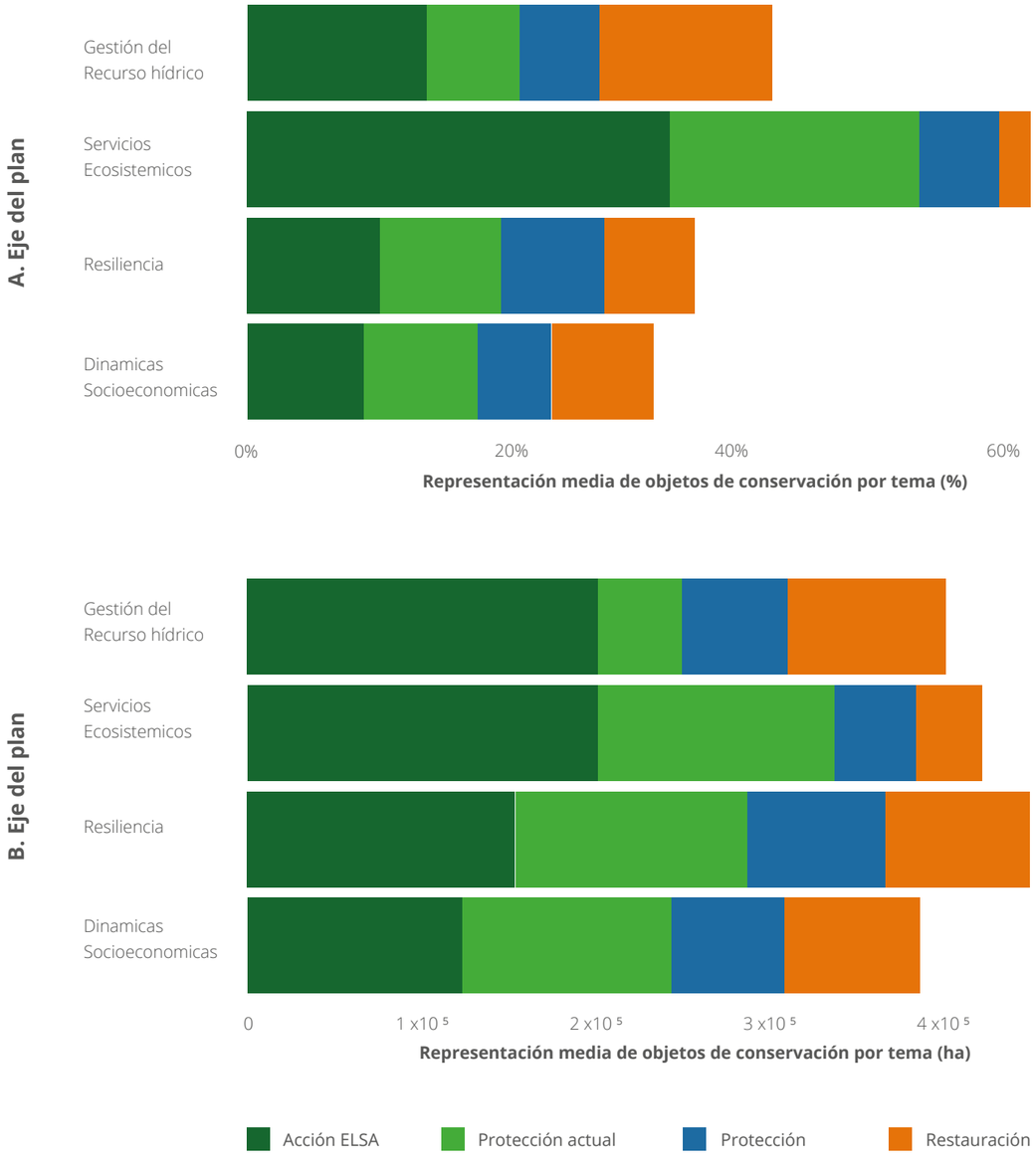
**Mapa 19. Mapa ELSA para seguridad hídrica en la región central**




**Fuente:** PNUD y UNBC, 2021. Áreas Esenciales para el Soporte para la Vida (ELSA), Colombia.

Los resultados del mapa 19 nos muestra, de manera unificada, cómo alcanzar las metas para cada uno de los cuatro ejes del PSH. La ilustración 82 expone los porcentajes y el área total de protección actual, nueva protección, restauración y gestión, que contribuyen a cada eje, según un escenario de alta ambición en el que se protege el 27 % de la región, se restaura el 5 % y se gestiona el 5 %. Esto nos permite ver cómo impacta cada acción en cada eje del PSH. Por ejemplo, para la gestión de recurso hídrico, poco menos del 15 % es proporcionado por las áreas protegidas actuales, alrededor de un 5 % sería proporcionado por nueva protección, un porcentaje similar por la restauración de ecosistemas y un 15 % por una buena gestión de paisajes.

**Ilustración 82. Representación de objetos de conservación por eje del PSH (área y porcentaje)**




**Fuente:** PNUD y UNBC, 2021. Áreas Esenciales para el Soporte para la Vida (ELSA), Colombia.



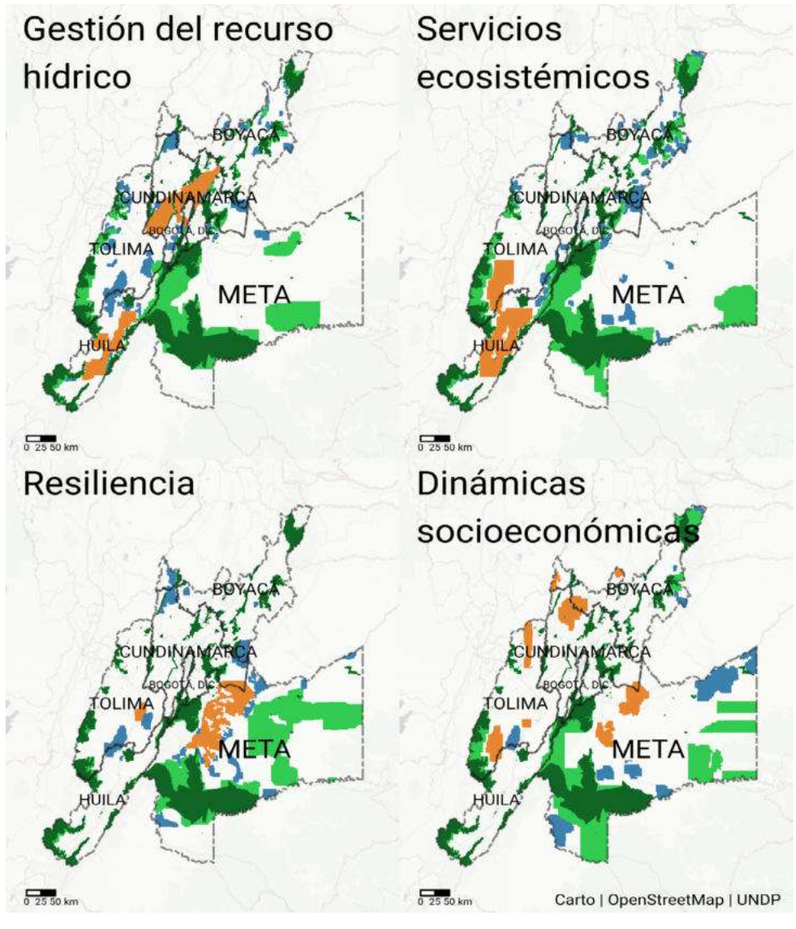


Ahora, la ilustración 82 muestra que las acciones basadas en la naturaleza contribuirán más directamente al eje del plan sobre servicios ecosistémicos, seguido de la gestión del recurso hídrico, la resiliencia y, por último, la dinámica socioeconómica. Las áreas protegidas existentes y las nuevas áreas protegidas aparecen como la acción más importante para contribuir a la consecución de las prioridades relacionadas con los servicios ecosistémicos. Para los otros tres ejes, las áreas protegidas existentes y las nuevas protecciones, la restauración y la gestión contribuyen en proporciones aproximadamente iguales.

También se produjeron mapas de acción para cada uno de los ejes del PSH (mapa 18). El código de colores es el mismo. Lo que simbolizan estos mapas son las áreas más importantes de proteger, restaurar o gestionar según esfera/eje. Por ejemplo, vemos que para asegurar solamente servicios ecosistémicos es más importante trabajar protección y gestión en la parte norte de Boyacá, mientras que si se desea asegurar solamente la resiliencia de la región, se necesita aumentar la ambición con nuevas áreas de protección en el Meta.

Los mapas se ofrecen como posibilidad de generar otros análisis basados en la importancia que se le quiera asignar a cada esfera, pero el primer mapa, mapa 19, combina todos los elementos importantes y consolida en un solo mapa todas las zonas importantes para abordar todas las dimensiones de la seguridad hídrica de la región.

**Mapa 20. Mapa ELSA por esfera de análisis**




**Fuente:** PNUD y UNBC, 2021. Áreas Esenciales para el Soporte para la Vida (ELSA), Colombia.

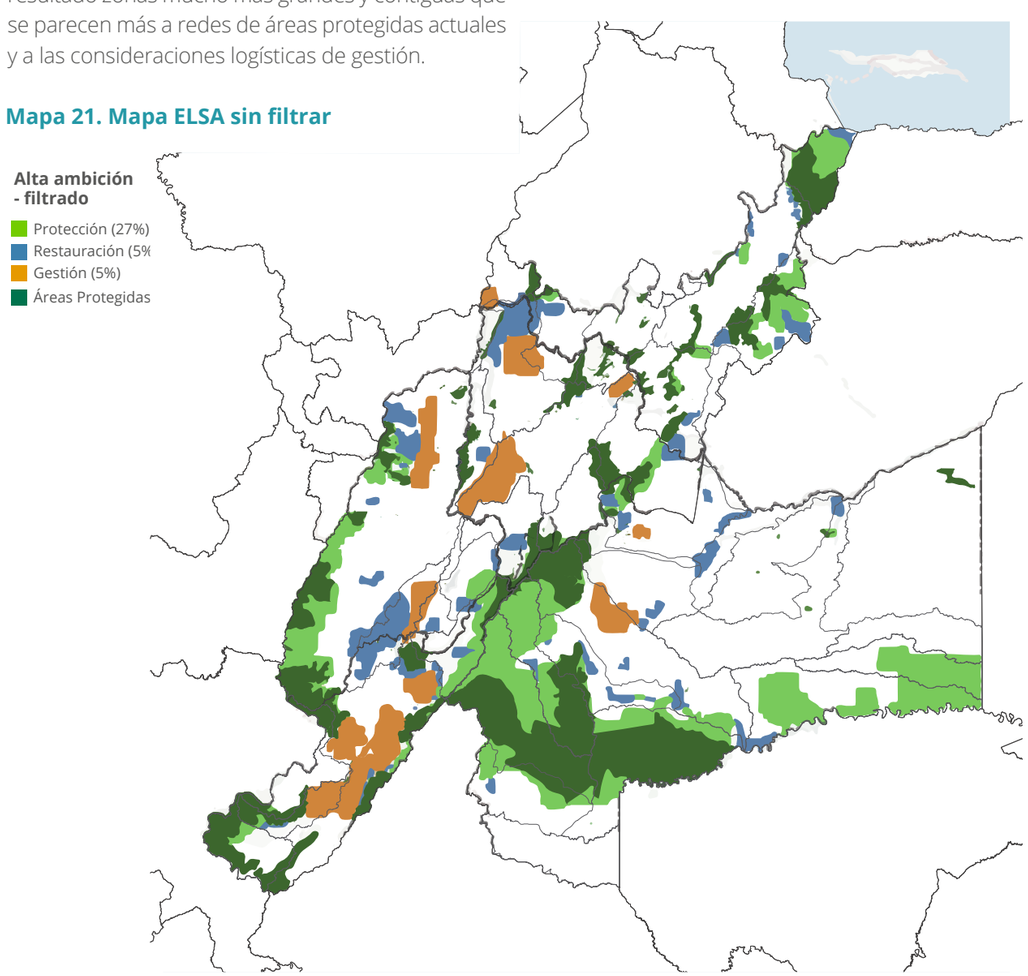
# Mapas filtrados y mapas sin filtrar

La conservación, la gestión o la restauración de las áreas conlleva un costo. En gran parte, ese costo se expresa en forma de contratación de personal para gestionar y supervisar las áreas, así como infraestructuras para acceder a las mismas y llevar a cabo los trabajos de restauración. Estos costes suelen reducirse cuando, en lugar de un gran número de pequeñas áreas protegidas, hay un número menor de áreas protegidas más grandes y contiguas.

Esto es precisamente lo que se ha implementado en el presente análisis. Mediante el uso de un factor de penalización de límites que añade un coste adicional a los escenarios con mucha superficie pequeña e incongruente. El proceso de filtrado en ELSA da como resultado zonas mucho más grandes y contiguas que se parecen más a redes de áreas protegidas actuales y a las consideraciones logísticas de gestión.

Sin embargo, debido a que el análisis de la región central se centra en seguridad hídrica, vale la pena resaltar la importancia del mapa sin filtrar (mapa 21), ya que este mapa capta mejor numerosas zonas ribereñas que podrían ser vitales para incluirlas en una red protegida o que requieren restauración. Cuando se filtran las áreas, estas áreas fluviales y ribereñas más pequeñas no se incluyen. El contexto, la intención y el propósito del análisis regional pueden beneficiarse más si se utiliza dicha versión del análisis en lugar de la filtrada. Esta es una decisión que corresponde a las partes interesadas de la región ya que, si se acogen todas las zonas representadas, podría conllevar mayores costos económicos.

**Mapa 21. Mapa ELSA sin filtrar**



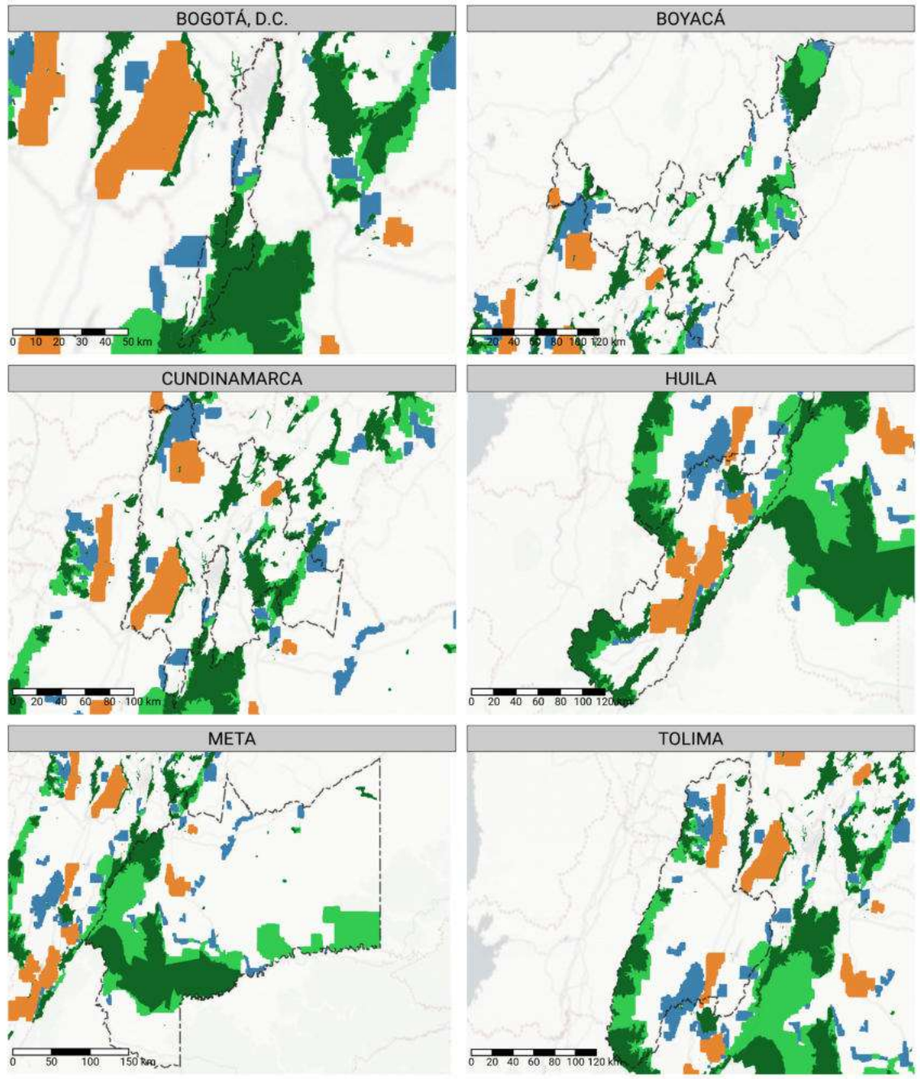





# Acciones por departamento

Para asegurar el recurso hídrico de la región central es importante determinar qué tipo de acciones ejecutar y en qué lugares se debe de intervenir en cada departamento, esto por cuanto cada departamento tiene su propio ente administrativo. En el mapa 22 se pueden observar las acciones de protección, gestión y restauración para cada división administrativa.

**Mapa 22. Acciones ELSA por departamento**



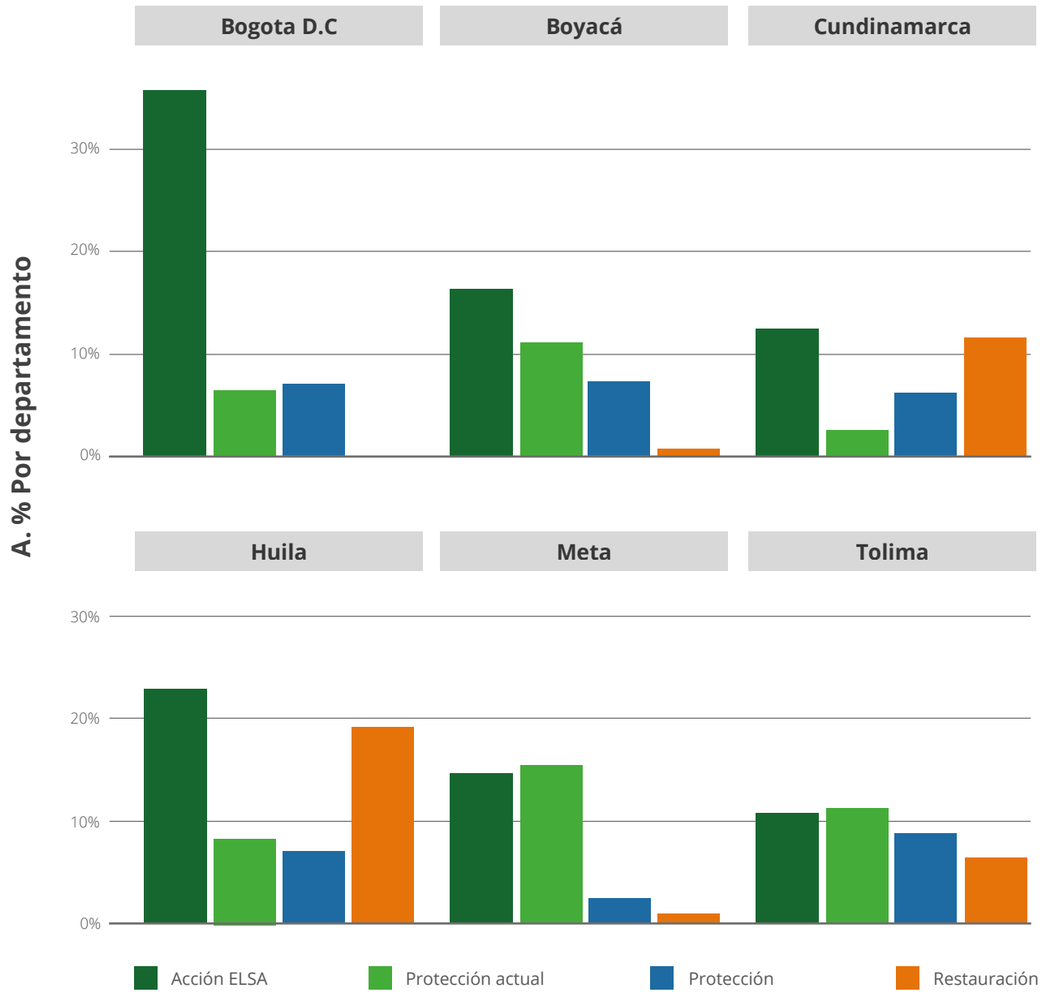

**Fuente:** PNUD y UNBC, 2021. Áreas Esenciales para el Soporte para la Vida (ELSA), Colombia.

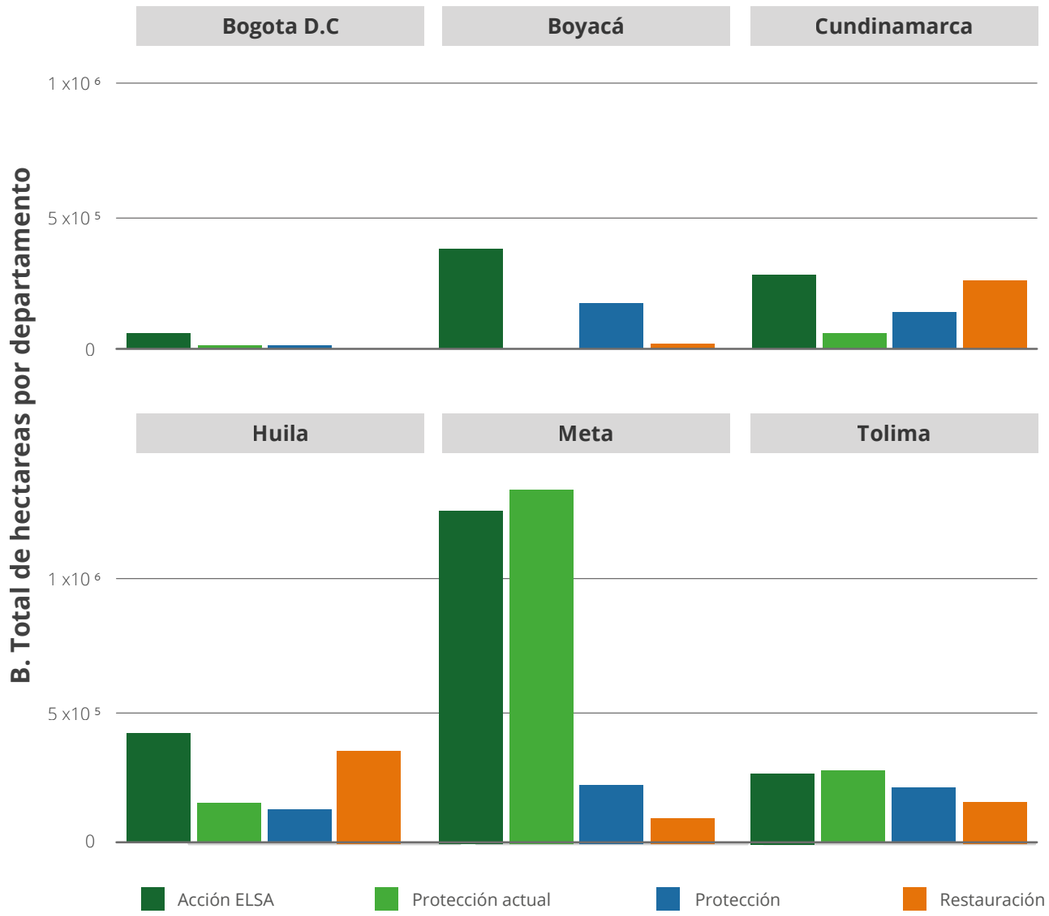
Para el caso de Bogotá, por ejemplo, los mapas del ELSA indican que hay un área importante en cobertura protegida. Sería importante, entendiendo los retos que esto implica, seguirlas protegiendo en donde sea posible, teniendo en cuenta las dinámicas sociales, económicas y políticas ya existentes dada su importancia para la seguridad hídrica. Además, hay zonas importantes para la seguridad hídrica que son prioritarias para la restauración.

Meta y Tolima son los únicos departamentos en los que los mapas del ELSA priorizan una mayor proporción de área comprometida con la protección que la que se encuentra actualmente dentro del patrimonio de áreas protegidas. El departamento del Meta, por sí solo representa la mayor parte del área protegida actual dentro de las regiones centrales, destacando su importancia para la seguridad hídrica en la región. El de Tolima contiene importantes áreas de páramos que también son vitales para la seguridad hídrica.

Existe una inevitable desigualdad en la distribución de acciones ELSA por departamento. La provisión de servicios ecosistémicos, la biodiversidad, los almacenes de carbono y la idoneidad agrícola no están uniformemente dispersos en el paisaje. Esto, a menudo, da lugar a beneficios y cargas no equitativas en las zonas para proteger, restaurar o para gestionar áreas, que pueden suponer costos de oportunidad para los habitantes locales al restringir otros usos.

**Ilustración 83. Distribución de acciones por departamento, en porcentaje y área total**




**Fuente:** PNUD y UNBC, 2021. Áreas Esenciales para el Soporte para la Vida (ELSA), Colombia.

Lo anterior se ve reflejado en lo que ocurre en la región central (ver ilustración 83). Proporcionalmente, es decir, en cuanto a porcentaje de área por departamento, el distrito de Bogotá es el que más área de protección (por el área del Parque Nacional Natural del Sumapaz) tiene en la actualidad y es a su vez el territorio más pequeño de la región. De la misma manera, Bogotá no contiene áreas identificadas como prioritarias para la gestión.

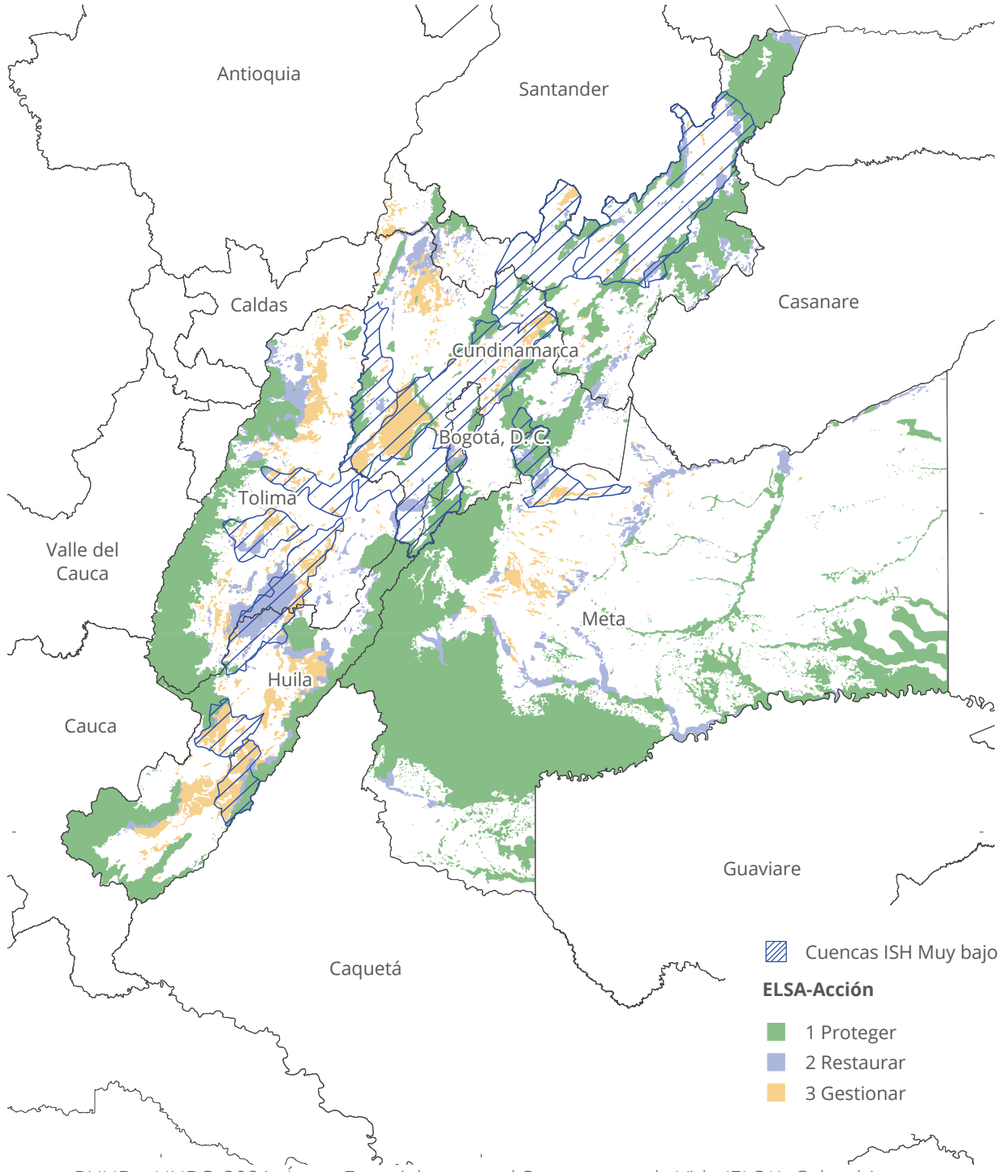
Huila también tiene una cobertura de área protegida relativamente alta, pero la mayor asignación proporcional a la acción de gestión que cualquier otro departamento. Esto puede deberse a las crecientes demandas sobre los hábitats intactos a través de la conversión a la agricultura en el departamento. Esto implica la necesidad de garantizar que las prácticas agrícolas sean capaces de gestionar de forma sostenible el territorio y evitar la degradación a gran escala del recurso hídrico en la zona. Cundinamarca también cuenta con un buen potencial para el desarrollo de estas áreas de gestión (más del 10 % del departamento).

En el caso de Meta, con la presencia del Área de Manejo Especial La Macarena, presenta el territorio conservado más extenso de la región. Sin embargo, el análisis ELSA muestra que el departamento también es el que tiene mayor potencialidad para promover más área de conservación que impulse la seguridad hídrica de la región. Finalmente, Tolima presenta buenas condiciones tanto para gestión como para restauración de paisajes, tanto porcentualmente como en área total.

# Acciones por cuenca hidrográfica

En relación con el índice de seguridad hídrico calculado, doce de las setenta y ocho cuencas se encuentran en la categoría con el valor más bajo (mapa 23), las cuales comprenden una superficie de 2.969.481,  es decir, el 17 % del total del área de la región central, de este total 1.099.008 hectáreas están en ELSA, 435.117 para la protección (39.6 %), 261.191 para la restauración (23.8 %) y 402.699 hectáreas para la gestión (36.6 %).

### Mapa 23. Acciones por cuencas RAP-E con índice de seguridad hídrica muy bajo




**Fuente:** PNUD y UNBC, 2021. Áreas Esenciales para el Soporte para la Vida (ELSA), Colombia.



En la tabla 61 se muestra la superficie calculada para el enfoque de las diferentes acciones ELSA en cada una de las doce cuencas.

### Tabla 61. Superficie en acción ELSA para las doce cuencas RAP-E con índice de seguridad hídrica muy bajo

| ISH | Área hidrográfica | Zona hidrográfica | Subzona hidrográfica - cuenca | Área total Cuenca - Ha | Acción ELSA | Área bajo acción ELSA Ha | Porcentaje de la cuenca en ELSA |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Muy Bajo | Magdalena Cauca | Alto Magdalena | Río Aipe, río Chenche y otros directos al Magdalena | 260.693 | Proteger | 4.820 | 1.8 |
| | | | | | Restaurar | 93.814 | 36.0 |
| | | | | | Gestionar | 42.277 | 16.2 |
| | | | Río Bogotá | 593.295 | Proteger | 76.531 | 12.9 |
| | | | | | Restaurar | 21.490 | 3.6 |
| | | | | | Gestionar | 176.418 | 29.7 |
| | | | Río Luisa y otros directos al Magdalena | 107.616 | Proteger | 2.228 | 2.1 |
| | | | | | Restaurar | 2.238 | 2.1 |
| | | | | | Gestionar | 15.191 | 14.1 |
| | | | Río Seco y otros directos al Magdalena | 177.290 | Proteger | 36.010 | 20.3 |
| | | | | | Restaurar | 7.423 | 4.2 |
| | | | | | Gestionar | 9.055 | 5.1 |
| | | | Río Sumapaz | 304.832 | Proteger | 44.248 | 14.5 |
| | | | | | Restaurar | 19.504 | 6.4 |
| | | | | | Gestionar | 3.384 | 1.1 |
| | | | Río Yaguará y río Iquira | 93.741 | Proteger | 13.062 | 13.9 |
| | | | | | Restaurar | 3.481 | 3.7 |
| | | | | | Gestionar | 37.430 | 39.9 |
| | | | Ríos directos Magdalena (md) | 114.877 | Proteger | 23.287 | 20.3 |
| | | | | | Restaurar | 11.302 | 9.8 |
| | | | | | Gestionar | 53.636 | 46.7 |
| | | Saldaña | Río Tetuán, río Ortega | 120.491 | Proteger | 4.866 | 4.0 |
| | | | | | Restaurar | 15.089 | 12.5 |
| | | | | | Gestionar | 22.613 | 18.8 |
| | | Sogamoso | Río Chicamocha | 611.420 | Proteger | 100.662 | 16.5 |
| | | | | | Restaurar | 48.279 | 7.9 |
| | | | | | Gestionar | 14.849 | 2.4 |
| | | | Río Suárez | 384.596 | Proteger | 63.067 | 16.4 |
| | | | | | Restaurar | 8.057 | 2.1 |
| | | | | | Gestionar | 10.594 | 2.8 |
| | Orinoco | Meta | Lago de Tota | 22.561 | Proteger | 4.411 | 19.5 |
| | | | | | Restaurar | 10.873 | 48.2 |
| | | | Río Guatiquía | 178.068 | Proteger | 61.926 | 34.8 |
| | | | | | Restaurar | 19.641 | 11.0 |
| | | | | | Gestionar | 17.252 | 9.7 |

**Fuente:** PNUD y UNBC, 2021. Áreas Esenciales para el Soporte para la Vida (ELSA), Colombia.

# 4.4.3. Recomendaciones para las áreas ELSA

## Escenarios de intervención

Contar con diferentes escenarios siempre ayuda en la toma de decisiones. Así, se han creado tres escenarios, uno de alta, uno de media y otro de baja ambición, con el fin de comparar la cantidad y localización de las áreas según las metas priorizadas por las autoridades.

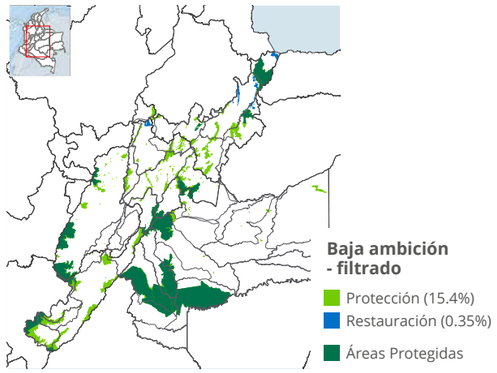
### Alta, media y baja ambición

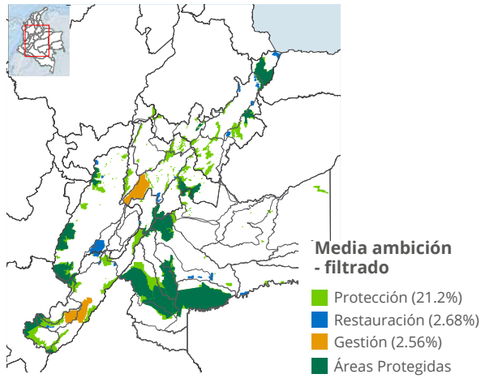
Para crear estos escenarios (mapa 24) se han asignado diferentes porcentajes de protección, gestión y restauración en la herramienta ELSA, con el fin de comparar la variación en las áreas de acción para la región central.

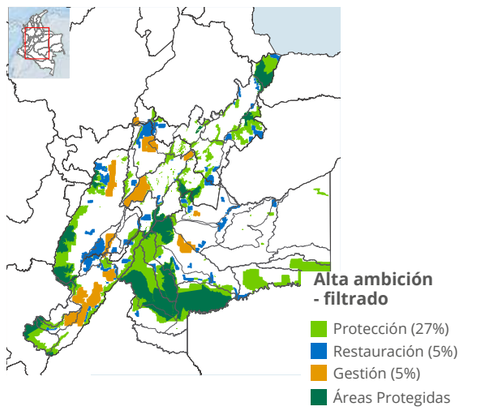
El escenario de alta ambición está representado por el mapa ELSA (mapa 19) que se ha expuesto anteriormente. Los porcentajes de protección, gestión y restauración corresponden a las metas mayores a nivel nacional y el porcentaje actual de protección más los porcentajes de flexibilidad expuestos en la sección datos para las zonas. Mientras tanto, para levantar el escenario de media ambición, se tomaron en cuenta esas metas y el porcentaje de protección actual sin los porcentajes de flexibilidad (17 % de protección, 1 % de restauración, y 1.5 % de manejo).

Para el escenario de baja ambición, por otro lado, se ha desarrollado un análisis de los instrumentos de política pública a nivel de gobernaciones y autoridades ambientales (CAR) con el fin de definir el nivel de ambición actual para aumentar protección, restauración y gestión. Este análisis ha dado como resultado que, en este momento, las metas de la región apenas sugieren un aumento del 0.33 % de área de protección (sobre el 15.07 % ya protegido), un 0.33 % de aumento en gestión y un 0.12 % de área para restauración.

**Mapa 24. Mapas de escenarios de baja, media y alta ambición**




**Fuente:** PNUD y UNBC, 2021. Áreas Esenciales para el Soporte para la Vida (ELSA), Colombia.

La diferencia entre las representaciones de áreas de acción ELSA es clara en los mapas. En el escenario de ambición bajo, las acciones serían muy limitadas (2.741.425 hectáreas para protección, tomando en cuenta áreas actuales; 61.775 hectáreas para restauración y no se identifican para gestión), poniendo en riesgo la seguridad hídrica de la región central. En el caso del escenario de ambición media, las áreas ELSA incrementan, pero aún son limitadas (3.027.225 hectáreas para protección, tomando en cuenta áreas actuales; 178.124 hectáreas para restauración y 266.250 hectáreas para gestión). La primera recomendación, por tanto, es considerar subir al nivel de ambición alto (4.801.275 hectáreas para protección, tomando en cuenta áreas actuales; 887.099 hectáreas para restauración y 881.200 hectáreas para gestión), y para eso las metas regionales deberían aproximarse más a las metas nacionales de protección, restauración y gestión.

Un soporte legal para aumentar la ambición regional a una cuota cercana a la ambición nacional es que las CAR tienen como primer mandato «[...] ejecutar las políticas, planes y programas nacionales en materia ambiental definidos por la ley aprobatoria del Plan Nacional de Desarrollo y del Plan Nacional de Inversiones o por el Ministerio del Medio Ambiente».

### Otros escenarios

Otra manera de producir distintos escenarios es asignar ponderaciones distintas a las múltiples capas de datos seleccionadas para el análisis (ver ilustración 81). La herramienta ELSA permite que esas capas de datos, que representan proxys para cada eje del PSH, tengan un «peso». Este peso es asignado por expertos nacionales según se consideren más o menos importantes para cada tema. Al variar estos pesos, la herramienta ELSA selecciona diferentes áreas de acción, o sea, diferentes mapas.

Las partes interesadas pueden utilizar la herramienta web para explorar diferentes escenarios basados en diferentes prioridades para la región (ver anexo 3). Por ejemplo, las partes interesadas podrían crear dos mapas para evaluar la diferencia entre las acciones que incorporan criterios de cambio climático para la seguridad del agua y las acciones que no los incorporan . Las partes interesadas también podrían crear dos mapas para evaluar la diferencia entre las estrategias centradas principalmente en los aspectos de la seguridad hídrica relacionados con el bienestar humano (dinámica socioeconómica y resiliencia a las catás trofes relacionadas con el agua) y las estrategias centradas principalmente en el suministro y la calidad del agua.



# Medidas específicas para proteger, gestionar o restaurar

La identificación de áreas para proteger, gestionar o restaurar basada en ciencia es, sin duda, una innovación que abre las puertas a acciones ecosistémicas y de seguridad hídrica más efectivas y de mayor impacto. En 2020, según los datos del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, Colombia contaba con cerca de mil trescientas áreas bajo figuras de protección, cincuenta y nueve de estas de nivel nacional. Sin embargo, diferentes estudios han identificado zonas de importancia que no se encuentran bajo un nivel de protección y se sabe que aún existen muchas que aún no han sido identificadas. ELSA soluciona esta importante carencia.

Ahora, para transformar estos resultados en medidas concretas, sería importante definir instrumentos de política pública (y otros) que impulsen la consecución de acciones ELSA. Por ejemplo, a partir de los resultados ELSA, se podría:

## 1. Crear un plan regional de nuevas áreas protegidas para la seguridad hídrica, en que se definan:

1. Nuevas áreas protegidas, principalmente aprovechando el potencial identificado en Meta, Cundinamarca y Tolima.
2. Nuevos corredores biológicos que aseguren la conectividad de las actuales y nuevas áreas protegidas, para todos los departamentos.
3. Ampliación de áreas protegidas actuales, aprovechando el potencial de cada departamento.

## 2. Incorporar o aumentar metas relacionadas a protección, restauración y gestión de paisajes, según el potencial identificado por ELSA, en:

1. Planes de acción de las CAR.
2. Planes desarrollo municipal.
3. Planes de desarrollo departamental.
4. Planes de ordenamiento territorial de gobernaciones o alcaldías.
5. Planes de gestión de riesgo de desastre.
6. Planes de manejo agropecuario, principalmente en Huila, Cundinamarca y Tolima, por su potencial de gestión.
7. Planes de manejo de territorios de pueblos indígenas (por parte de las autoridades indígenas).
8. Planes de ordenamiento ambiental de las zonas de reserva campesina.

## 3. Estimular la creación de:

1. Áreas privadas de conservación (mayormente destinadas a turismo sostenible).
2. Áreas de conservación mixta y de comanejo.
3. Zonas con «[...] otras medidas eficaces de conservación basadas en área» (OECMs), fuera de áreas protegidas, principalmente en Huila, Cundinamarca y Tolima, por su potencial de gestión.



Podría bien aprovecharse la renovación de muchos de los planes indicados en el punto dos, alrededor del 2023, para introducir metas y acciones concretas. Esas metas y acciones deberían igualmente considerar una lógica integral y coordinada que permita mejorar la conectividad de los ecosistemas, el manejo integral de cuencas y demás factores que necesiten ser abordados complementariamente.

Una vez definidos los instrumentos que generarán las rutas de acción, es crucial que los actores locales escojan y desarrollen las mejores medidas para convertir los mapas ELSA en una realidad en campo. Para esto, es preciso identificar y evaluar:

- Los problemas que están impactando la seguridad hídrica en el área específica.
- Las causas y tipos de degradación que se presentan en el área o comunidad, como sería el desmonte ilegal de tierras.
- Los riesgos que ciertas actividades puedan significar para causar degradación. Por ejemplo, nuevas áreas legales de pastoreo, que pueden ser gestionadas de manera deficiente y generar erosión severa.

A continuación, a manera ilustrativa, brindamos algunos ejemplos de las medidas que se podrían seleccionar para proteger (P), gestionar (G) o restaurar (R) ecosistemas claves para la seguridad hídrica de la región central y sus departamentos:

### Calidad del agua

**Problema:** Sedimentación/erosión.

**Medida:** restauración ribereña.

Soluciones ingenieriles (como geotextiles en las riberas de los ríos para mantener el suelo en su sitio mientras la vegetación puede volver a crecer) (R).

Cercamiento de ganado (G).

- Restauración de suelos desnudos (R).
- Mantener la actual cobertura vegetal intacta (P).

**Problema:** Efluente

**Medida: z**onas de amortiguación ribereñas entre las tierras de cultivo y los cursos de los ríos (R) o (G).

**Medida:** sistemas naturales de filtrado/alcantarillado (G) o (R).







Suministro de agua

**Problema:** Sobreexplotación.

**Medida:** canon de agua incluye criterios de variabilidad y cambio climático (M).

**Problema: retención de la escorrentía**

**Medida:** proteger la cubierta vegetal existente (P).

**Medida:** aumentar la vegetación adecuada en las laderas (R).

**Medida:** restaurar humedales (R).



Inundaciones

**Problema:** impactos a población y cultivos, pérdida de fertilidad del suelo.

**Medida:** proteger humedales actuales (P).

**Medida: r**educir la velocidad del agua en las zonas altas.

- Reforestación de bosques degradados (R).
- Restaurar humedales (R).

**Medida:** incrementar retención.

- Restauración de humedales (R).

**Medida:** llanura de inundación.

- Protección de las existentes (P).
- Zonificación de uso (M).
- Restauración de llanuras de uso degradadas/perdidas (R).



# Indicadores

La propuesta de áreas de oportunidad para la acción mediante la implementación de soluciones basadas en la naturaleza es un insumo para la definición de proyectos y de la hoja de ruta de trabajo para la RAP-E. Dichas propuestas son tomadas como una aproximación para ubicar las áreas para acciones dentro del marco programático propuesto más adelante.

Para facilitar el seguimiento de las acciones propuestas en el mapa ELSA para la seguridad hídrica se plantea el siguiente conjunto de batería de indicadores. Dicha batería se fundamenta en las dimensiones de análisis de la seguridad hídrica que dan cuenta del estado del recurso hídrico y del estado de los ecosistemas relacionados con el agua.

**Tabla 62. Indicadores para seguimiento de mapa ELSA según índice de seguridad hídrica**

| Dimensión | Indicador | Fuente |
|---|---|---|
| **Gestión del recurso hídrico para la región central** | Variabilidad oferta hídrica (VOH). | ENA, IDEAM |
| | Índice de regulación hídrica (IRH). | ENA, IDEAM |
| | Índice de uso del agua (IUA). | ENA, IDEAM |
| | Demanda hídrica sectorial. | ENA, IDEAM |
| | Índice de eficiencia en el uso del agua (IEUA). | ENA, IDEAM |
| | Índice de alteración potencial de la calidad del agua (IACAL). | ENA, IDEAM |
| **Servicios ecosistémicos relacionados con el agua** | Porcentaje de cobertura de bosques. | IDEAM |
| | Porcentaje de áreas protegidas. | RUNAP |
| | Porcentaje de área en rondas hídricas cubierta por bosque. | IDEAM |
| | Tasa de deforestación. | IDEAM |

**Fuente:** PNUD RAP-E 2021.

# Gobernanza y mapa ELSA

## Actores clave y potencial de colaboración

La sección 4.1 presenta un análisis general de actores y grupos de interés para la seguridad hídrica de la región central, en esta sección se cruza ese mapa de actores con las acciones propuestas por ELSA. Proteger, gestionar y restaurar son soluciones basadas en la naturaleza (SbN), que utilizan o imitan los procesos naturales para contribuir a la gestión mejorada del agua.

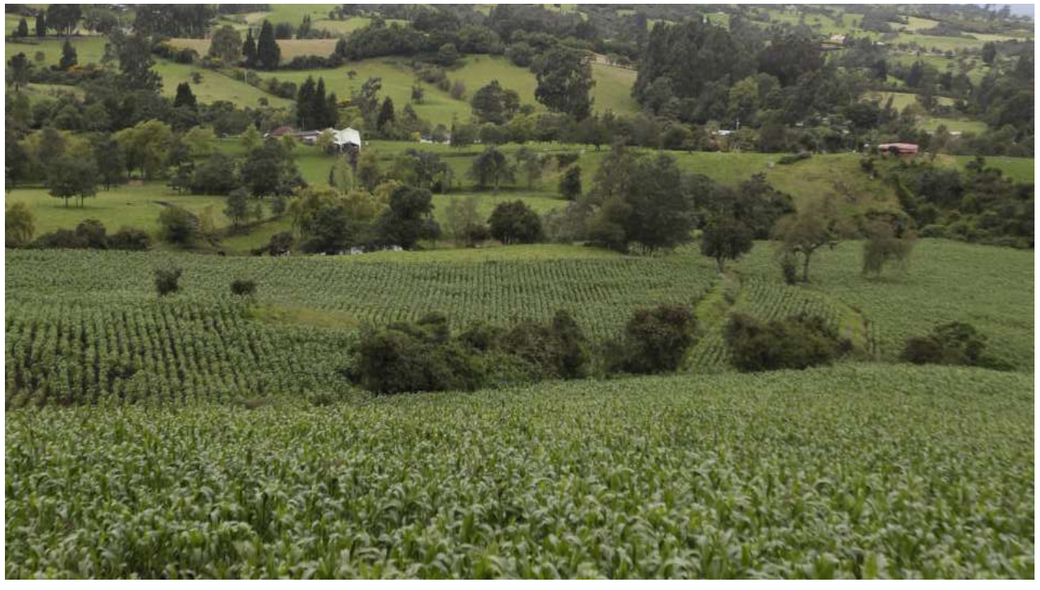
La implementación de este tipo de SbN implica un desafío alto en términos de gobernanza, se necesitan entornos habilitantes fuertes, con políticas, planes y financiamiento de apoyo, también se requiere una fuerte cooperación intersectorial y un conocimiento sólido de las dinámicas ecohidrológicas (WWAP, 2018). Por ende, todas las acciones ELSA exigen contar con unas redes de actores diversos.

Sin embargo, de las tres acciones la protección es la que tiene un número de actores más restringido, ya que las competencias sobre las áreas de conservación recaen en instituciones puntuales. Dentro de las posibilidades de la RAP-E se identifican los siguientes actores para catalizar este tipo de acciones.

### Tabla 63. Actores para la acción de protección en áreas sugeridas por mapa ELSA

| Ámbito | Grupo | Protección |
|---|---|---|
| **Nacional** | Control | Monitoreo y evaluación de acciones de compensación de proyectos. |
| | Institutos investigación | Lineamientos para determinación de áreas de protección. |
| | Organizaciones sociales | Constitución autónoma de medidas de protección (reservas de la sociedad civil, zonas de protección en territorios colectivos, zonificación ambiental de ZRC). |
| | Autoridad ambiental | Diseño, promoción y financiamiento de medidas de protección. |
| | Fondos de agua | Diseño, promoción y financiamiento de medidas de restauración con recursos privados. |
| | Fuerzas Armadas | Seguridad de las zonas de protección. |
| **Regional** | Empresa de servicios públicos (ESP) | Diseño, promoción y financiamiento de medidas de protección. |
| | Autoridad ambiental | Diseño, promoción y financiamiento de medidas de protección. |
| **Local** | Organizaciones sociales | Establecimiento de áreas de protección y reservas de la sociedad civil. |
| | Productivo | Planificación predial con zonas estratégicas de conservación. |

**Fuente:** PNUD, RAP-E 2020.





Todas las SbN implican esencialmente el manejo de la vegetación, los suelos o los humedales y otros cuerpos de agua (WWAP, 2018). En el caso de las actividades ELSA, gestionar y restaurar son las que exigen un grupo más amplio de actores con capacidad de aumentar la eficiencia social, económica e hidrológica en la gestión de los recursos naturales.

### Tabla 64. Actores para la acción de restauración en áreas sugeridas por mapa ELSA

| Grupo | Restauración |
|---|---|
| **Empresa privada** | Programas de restauración asociada a licencias y permisos ambientales. |
| **Control** | Monitoreo y evaluación de acciones de compensación de proyectos. |
| **Empresas públicas** | Programas de restauración asociada a licencias y permisos ambientales. |
| **Financiamiento** | Fuentes de financiamiento para actividades de este tipo. |
| **Institutos investigación** | Lineamientos para actividades y mejores prácticas. |
| **Organizaciones sociales** | Implementación autónomamente o por iniciativas externas de algunas medidas de restauración. |
| **Autoridades de gestión del riesgo** | Priorización de zonas y medidas de restauración, de acuerdo al análisis de riesgos. |
| **Fondos de agua** | Diseño, Promoción y financiamiento de medidas de restauración con recursos privados. |
| **Gremios** | Promoción y divulgación de medidas de restauración. |
| **Empresa de servicios públicos (ESP)** | Diseño, promoción y financiamiento de medidas de restauración. |
| **Asociaciones productores** | Implementación autónomamente o por iniciativas externas de algunas medidas de restauración.<br>Producción de material vegetal para medidas de restauración. |
| **Autoridad ambiental** | Diseño, promoción y financiamiento de medidas de restauración.<br>Generación de incentivos para medidas de restauración. |
| **Autoridad departamental** | Diseño, promoción y financiamiento de medidas de restauración. |

**Fuente:** PNUD, RAP-E 2020.

Las acciones de gestión se conciben principalmente en espacios de uso agrícola, que pueden ir desde la agricultura familiar a pequeña escala (FAO, 2011b), hasta la industrial a gran escala. De modo que actores del entorno productivo serán claves en este tipo de acciones.

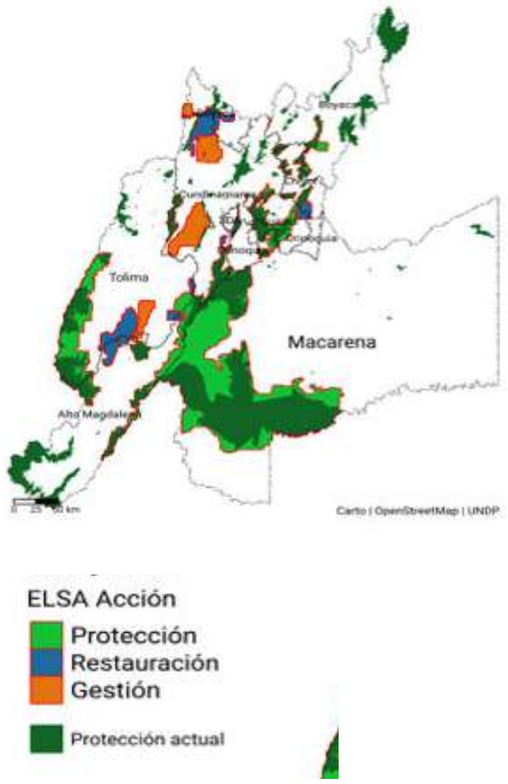
**Tabla 65. Actores para la acción de gestión en áreas sugeridas por mapa ELSA**

| Grupo | Gestión |
|---|---|
| **Empresa privada** | Proyectos de SbN impulsados por licencias ambientales o estrategias de RSE. |
| **Financiamiento** | Fuentes de financiamiento para actividades de este tipo. |
| **Institutos investigación** | Lineamientos para soluciones basadas en la naturaleza. |
| **Identificación de áreas estratégicas.** | Fuentes de financiamiento para actividades de este tipo. |
| **Organizaciones sociales** | Implementación autónomamente o por iniciativas externas de algunas medidas de gestión. |
| **Sectorial** | Métodos de gestión sostenible en zonas agrícolas. |
| **Academia** | Métodos de gestión sostenible en zonas agrícolas. |
| **Autoridades de gestión del riesgo** | Priorización de zonas y medidas de gestión, de acuerdo al análisis de riesgos. |
| **Autoridad ambiental** | Diseño, promoción y financiamiento de medidas de gestión. |
| **ONG** | Métodos de gestión sostenible en zonas agrícolas. |
| **Gremios** | Promoción y divulgación de medidas de gestión y métodos de gestión sostenible en zonas agrícolas. |
| **Asociaciones productores** | Implementación autónomamente o por iniciativas externas de algunas medidas de gestión. |
| **Autoridad departamental** | Diseño, promoción y financiamiento de medidas de gestión. |

**Fuente:** PNUD, RAP-E 2020.

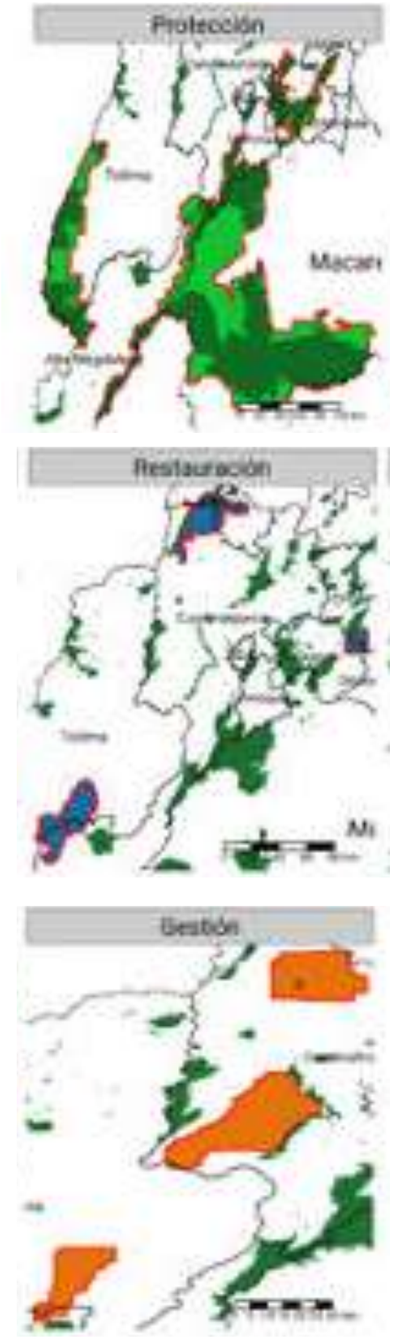
Finalmente, el mapa 25 muestra posibles áreas de intervención conjunta entre las diferentes CAR de la región central. Los polígonos enmarcados en rojo señalan las áreas en que dos o más CAR podrían trabajar conjuntamente para lograr una acción ELSA. El mapa 26 muestra las tres áreas de intervención conjunta más importantes por acción ELSA (proteger, restaurar o gestionar). Así por ejemplo, las CAR de Tolima y Alto Magdalena tendrían buenas opciones de colaboración para los tres tipos de acciones en las áreas señaladas en los mapas.

**Mapa 25. Áreas de posible intervención conjunta entre CAR**




**Fuente:** PNUD y UNBC, 2021. Áreas Esenciales para el Soporte para la Vida (ELSA), Colombia.

**Mapa 26. Áreas de posible intervención conjunta entre CAR por acción ELSA**




**Fuente:** PNUD y UNBC, 2021. Áreas Esenciales para el Soporte para la Vida (ELSA), Colombia.

# 4.5
# **Identificación** de brechas y desafíos para la seguridad hídrica (enfoque multidimensional)

El análisis de los desafíos para la región central respecto a la seguridad hídrica toma como referente los resultados iniciales de la aproximación realizada mediante el índice de seguridad hídrica (ISH) propuesto, el cual se operativiza mediante la articulación de las cinco dimensiones ya expuestas desde el marco conceptual.

De igual forma se alimenta este análisis de las mesas de trabajo realizadas con el equipo técnico de la RAP-E y el PNUD, así como de los diálogos realizados en varios encuentros previos para identificar prioridades alrededor de la gestión del agua con los socios de la RAP-E y las CAR.

Retomando varios resultados del diagnóstico realizado por la RAP-E, y con el complemento del ISH, se pueden identificar varios elementos relevantes que deben ser atendidos para asegurar la provisión del agua. Con la identificación de desafíos en un proceso de construcción por cada una de las dimensiones de análisis, se procedió a construir una matriz de Vester que permitió evaluar las relaciones de influencia y dependencia entre cada una las variables identificadas. Con el anterior ejercicio se logró hacer una priorización entre las causas y consecuencias que son una valoración aproximada de la problemática que enfrenta la región para la seguridad hídrica. El conjunto de variables identificas se puede ver en la siguiente tabla.



**Tabla 66. Variables, desafíos**

| | Descripción del desafío |
|---|---|
| **A** | Bajo ordenamiento de territorio (46 % de cuencas no tienen ningún proceso de ordenación). |
| **B** | Baja disponibilidad de información (no hay disponibilidad de información o mapeo de conflictos en cuencas de Tolima y Huila). |
| **C** | Poca efectividad de los espacios de articulación institucional. |
| **D** | Baja inversión y capacidad organizacional (municipios-empresas) en temas del recurso hídrico (esfuerzo fiscal inferior al 2 % por municipio). |
| **E** | Baja investigación sobre la capacidad de regulación y provisión hídrica de ecosistemas estratégicos (por ejemplo, páramos). |
| **F** | Insuficiente gobernabilidad de autoridad ambiental y gobernanza en la gestión del RH (35 % de distritos de riego no tiene concesión de agua). |
| **G** | Riesgo de ocurrencia de conflictos socio ambiental por uso del recurso hídrico. |
| **H** | Áreas con desabastecimiento hídrico en temporada seca, ciento veintiséis cabeceras municipales. Aproximadamente el 44 % del área total de la RAP-E con amenaza alta y muy alta de ocurrencia de eventos hidroclimatológicos. |
| **I** | Alta demanda hídrica en la región por el crecimiento poblacional, alta urbanización (la región central contiene el 34 % de la población del país). Tiene una demanda de 13.556 $Mm^3$/año, representando el 36 % de la demanda del país. Relación entre oferta y demanda (Demanda[m^3]/Oferta[m^3] = IUA [%]) por año seco muy alto para la región con un IUA = 58.05 %. En año medio, cuatro subzonas hidrográficas (SZH) están en estado crítico y en un año seco la situación se extiende a trece subzonas. |
| **J** | Poca infraestructura de monitoreo y seguimiento en cuencas hidrográficas. |
| **K** | Alto riesgo de contaminación de fuentes hídricas, cuatro SZH tienen un IACAL (Índice de alteración potencial de la calidad del agua) en estado muy alto, indicando altas valores de DBO (demanda biológica de oxígeno), DQO-DBO (diferencia entre demanda bioquímica de oxígeno y demanda biológica de oxígeno) y alta concentración de SST (solidos suspendidos totales). La demanda bioquímica y biológica de oxígeno alta indica eutroficación (concentraciones altas de nitrógeno y fosforo) y una concentración alta de SST indica alta concentración de fosforo también. |
| **L** | Transformación de ecosistemas naturales (49 % del territorio bajo transformación, baja extensión de bosque en rondas hídricas (15 % aproximadamente). |
| **M** | Degradación de los ecosistemas naturales asociados al recurso hídrico: deforestación (20 % en bosque en la región). |
| **N** | Bajo impacto de los instrumentos (PSA, adquisición de predios, etcétera) dirigidos a la protección y mantenimiento de áreas y predios estratégicos para el recurso hídrico. |
| **O** | Existe casi una cuarta parte de la región central bajo conflicto de uso de suelo (8.471.072 hectáreas). |
| **P** | El 17.8 % del área de páramos se encuentra bajo transformación. |
| **Q** | Riesgo de inundaciones (5408 eventos 1980-2017) y altas sequías (189 eventos 1980-2017), generando alta variabilidad de la oferta hídrica en trece SZH. |
| **R** | Brecha en las capacidades territoriales en procesos de generación de información sobre gestión del riesgo. |
| **S** | Déficit de sistemas de alertas tempranas para la gestión del riesgo. |
| **T** | Bajo desarrollo (implementación) de soluciones basadas en la naturaleza asociadas a los usos potenciales del agua en la región. |
| **U** | Baja cobertura infraestructura rural (alcantarillado 19 %, acueducto 70 %). |
| **V** | Ineficiente infraestructura para riego (17 % distritos de riego no operan). |
| **W** | Cantidad insipiente de plantas de tratamiento de aguas residuales en funcionamiento (40 % de los municipios no tienen tratamiento). |
| **X** | Baja eficiencia en el uso de agua (38 de las 78 SZH tiene bajos niveles de productividad hídrica económica). |
| **Y** | Crecimiento poblacional y alta densidad (crecimiento anual promedio de 5 %). |
| **Z** | Pérdidas de agua en el servicio de acueducto de 42 % debido a la infraestructura inadecuada y falta de planeación. |

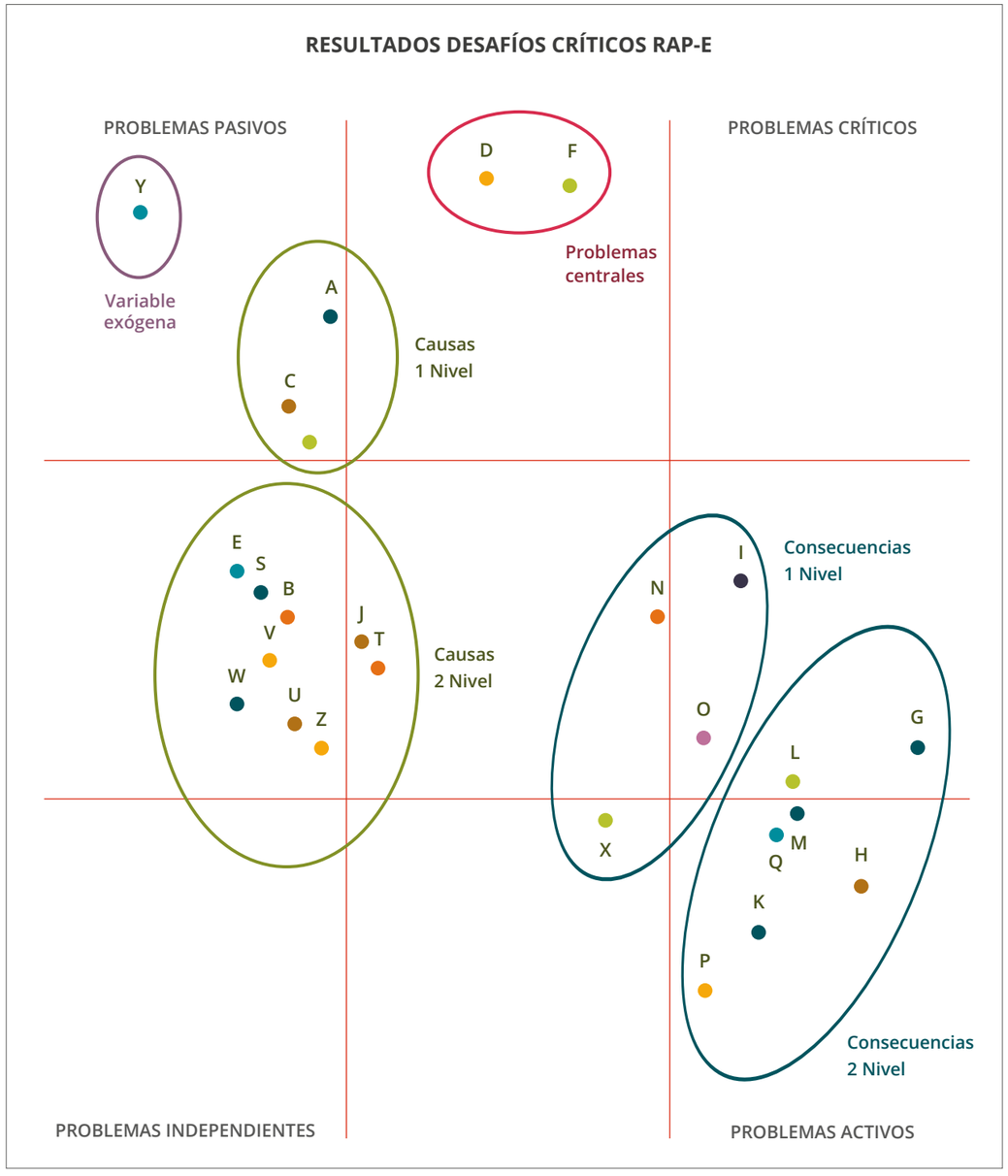
## Ilustración 84. Identificación de retos-desafíos por cada dimensión de análisis

| Gobernanza del agua y marco institucional y comunitario (piloto) para la región central | Gestión del recurso hídrico (oferta, demanda, calidad) para la región central | Servicios ecosistémicos relacionados con el agua | Resiliencia regional frente a desastres relacionados con el agua | Dinámicas socioeconómicas relacionadas con seguridad hídrica |
|---|---|---|---|---|
| Baja disponibilidad de información, no hay disponibilidad de conflictos en cuencas de Tolima y Huila. | Alta demanda hídrica en la región por el crecimiento poblacional, alta urbanización y demanda sectorial con 13.556 $Mm^3$/año, aumentando en relación con el 2012 y representando así el 36% de la demanda. | Transformación de ecosistemas naturales, 49% de estos bajo transformación, baja extensión de bosque en rondas hídricas (15% aprox.). | Riesgo de inundaciones (5408 eventos 1980-2017) y altas sequías (189 eventos 1980-2017), variabilidad de la oferta hídrica, 13 SZH. | Baja cobertura infraestructura rural (alcantarillado 19% acueducto 70% rural). |
| Bajo ordenamiento, 46% de cuencuas sin ningún proceso de ordenación. | Áreas en desabastecimiento hídrico en temporada seca, 126 cabeceras municipales. Aprox 44% del área total de la RAP-E con amenaza alta y muy alta de ocurrencia de eventos hidroclimatológicos. | Bajo Impacto de los Instrumentos (PSA, adquisición de predios, etc) dirigidos a la protección y mantenimiento de áreas y predios estratégicos para el recurso hídrico. | Brecha en las capacidades territoriales en procesos de generación de información sobre GRD. | Baja eficiencia en el uso de agua (38 de las 78 SZH tiene bajos niveles de productividad hídrica). |
| Poca efectividad de los espacios de articulación institucional. | Poca infraestructura de monitoreo y seguimiento en cuencas hidrográficas. | Degradación de los ecosistemas naturales asociados al recurso hídrico: deforestación (menos del 20% en bosque en la región). | Bajo desarrollo SBN asociadas a los usos potenciales del agua en la región. | Cantidad insuficiente de PTAR en funcionamiento (40% municipios no tienen tratamiento). |
| Insuficiente gobernabilidad de autoridad ambiental y gobernanza en la gestión del RH (35% de distritos de riego no tienen concesión de agua). | Alto riesgo de contaminación de fuentes hídricas. Año medio, 4 SZHs tiene un IACAL en estado "Muy alto", además de altas concentraciones en DBO, DQO-DBO y SST que son indicadores de eutrofización. | Casi una cuarta parte de la región central bajo conflicto de uso de suelo (8.471.072 ha). | Déficit de sistemas de alertas tempranas. | Ineficiente infraestructura para riego (17% no operan). |
| Baja inversión y baja capacidad organizacional en temas del recurso hídrico, esfuerzo fiscal inferior al 2% por municipio. | | El 17.8% del área de páramos bajo transformación. | | Pérdidas de agua en el servicio de acueducto del 42% debido a la infraestrfuctura inadecuada y falta de planeación. |
| Riesgo de conflicto socioambiental por uso del RH. | | | | Crecimiento poblacional y alta densidad (crecimiento anual 5% promedio). |
| Baja investigación sobre la capacidad de regulación y provisión hídrica de ecosistemas estratégicos (páramos). | | | | |

**Fuente:** PNUD, RAP-E.

Los resultados del análisis Vester permitieron categorizar las variables de análisis (retos-desafíos) entre causas y consecuencias de problemáticas estructurales que es necesario atender.

## Ilustración 85. Plano cartesiano de la matriz de Vester




**Fuente:** PNUD, RAP-E.

Con el anterior insumo de trabajo (ilustración 37) se pueden identificar las relaciones que se ejemplifican en la siguiente ilustración, para tener una primera aproximación a las problemáticas y posibles soluciones que se proponen para la seguridad hídrica.

# Desafíos y prioridades de talleres con socios

En el marco de mesas técnicas para la participación y coconstrucción con los socios se realizó un prediagnóstico con la información disponible proveniente de los análisis previos realizados por la RAP-E, se discutieron e indagaron desde la perspectiva institucional cuáles son los principales retos y desafíos para cada socio. En dicho ejercicio se identificó un primer portafolio de desafíos teniendo en cuenta el contexto territorial y estratégico de cada uno.

Los principales insumos presentados en dichas mesas técnicas mostraron una problemática relacionada con la gestión del recurso hídrico, la articulación y coherencia y la gobernanza multinivel.

La gestión del recurso hídrico se relacionó con elementos asociados principalmente con la: conservación y preservación de la integridad de los ecosistemas, la provisión de agua para cubrir la demanda agrícola, la industrial, la de energía, la de uso doméstico, la gestión de riesgos y desastres, y la protección contra la contaminación.

De igual manera, como se ha identificado desde el ámbito institucional y de la gobernanza, los principales elementos puestos a discusión fueron la necesidad de articulación entre el conjunto de instrumentos relacionados con la gestión del recurso hídrico y la necesidad del uso de plataformas colaborativas para el diálogo y la articulación.

Los anteriores factores son determinantes para contar con mejores políticas públicas e implementar el marco jurídico adecuado, con la facilitación de sistemas de participación social, con coordinación institucional y el desarrollo de capacidades de los actores de la región central.







**Tabla 67. Relación de desafíos-prioridades identificados por los socios[29]**

| Huila | Boyacá | Bogotá | Meta | Cundinamarca | RAP-E |
|---|---|---|---|---|---|
| Dotar de equipos de medición a comunidades. | Conflicto de uso. | Falta de información de escenarios de largo plazo. | Consolidar espacios de gobernanza existentes. | Pago por servicios ambientales. | Acciones de seguridad hídrica regional. |
| Impacto de desarrollo urbano. | Control de pérdidas de agua | Falta de visión unificada. | Educación ambiental. | Programas de ahorro y uso eficiente del agua. | Agua limpia y disponible |
| Manejo de residuos sólidos. | Coordinación institucional. | Gobernanza, relación con comunidades. | Gestión de conflictos en épocas secas. | Adquisición de predios de bocatomas. | Consolidación de la estructura ecológica regional. |
| Pago por servicios ambientales. | Educación ambiental. | Mediano y largo plazo, consolidar la estructura ecológica principal. | Mejorar sistemas de monitoreo del agua. | Política regional de cambio climático. | Proyecto páramos. |
| Pérdidas de agua distritos de riego. | Pago por servicios ambientales. | Pago por servicios ambientales. | Pago por servicios ambientales. | Mejorar la gobernanza con acciones concretas. | Resiliencia regional. |
| Plan Huila 2050. | Poca visión de largo plazo. | Pérdidas de agua (30 %). | Plan departamental de aguas. | | |
| Poca visión de largo plazo. | | Relación no judicializada. | Riesgo proyecto abastecimiento frente a la alta demanda de Bogotá. | Política de educación ambiental para el agua. | |
| Red de estaciones. | | Restauración de Reserva Van der Hammen. | | | |
| Sistemas de alertas tempranas. | | | | | |

Desde la visión de cada socio, la visión de corto plazo establecida en los planes de desarrollo de cada uno es la tendencia que prevalece, por eso es necesario trabajar en la construcción de una visión de mediano y largo plazo para la seguridad hídrica que integre los intereses y las problemáticas regionales.

En la primera aproximación se pueden encontrar varias coincidencias desde el nivel departamental y local, donde se destacan los temas asociados a la gobernanza y gobernabilidad institucional, la mejora de la capacidad institucional y de la gestión de información para la toma de decisiones. Por otro lado, la conflictividad socioambiental y el relacionamiento con las comunidades locales es identificada con un hecho relevante y de gran importancia.

De igual forma la consolidación de la estructura ecológica principal y la conservación y restauración de ecosistemas estratégicos como los páramos, son una prioridad para cada uno de los socios y de las autoridades ambientales.

**29.** La información que se presenta se toma según la disponibilidad de datos entregada por cada socio en los espacios facilitados, y los que se logró sistematizar a la fecha.

# 4.6
# **Mapa de problemas** (análisis árbol del problema derivados de las dimensiones de análisis - línea base)

Desde la esfera de análisis de la gobernanza y las capacidades institucionales es evidente la necesidad de avanzar en la ordenación del territorio y contar con los lineamientos claros para el uso del agua según las necesidades locales y regionales. A la fecha del estudio el 46 % de las cuencas no cuentan con ningún proceso de ordenación.

La necesidad de contar con información técnica y científica para la toma de decisiones sigue siendo una brecha para atender no solo el mapeo de los conflictos socioambientales asociados al agua, sino además se requiere información para el monitoreo y evaluación del estado del recurso hídrico y sus ecosistemas estratégicos. Adicionalmente, se debe profundizar en procesos de investigación para conocer el ciclo del agua y la capacidad de regulación y provisión hídrica de los ecosistemas estratégicos (por ejemplo, páramos).

Ante la escasa disponibilidad de información y de mecanismos para hacer efectivas las políticas de gestión del agua, se evidencia una insipiente gobernabilidad de las autoridades locales y ambientales que garanticen espacios de gobernanza desde las comunidades para la gestión del recurso hídrico. Un factor importante es que cerca del 35 % de los distritos de riego no tienen concesión de agua.

Lo anterior, aunado a las desafiantes condiciones ambientales y de deterioro de los ecosistemas generan un alto riesgo de conflicto socioambiental por uso del recurso hídrico, el cual se vería exacerbado por las condiciones de cambio climático y una presión antrópica creciente por la urbanización y concentración de la población.

Esto invita a que se fortalezcan los espacios de articulación institucional que permitan aunar esfuerzos técnicos, operativos y políticos desde cada uno de los actores, respetando sus competencias y dando sentido a los actuales instrumentos de planeación.

Otro factor que afecta el actuar institucional es su baja capacidad y las grandes brechas que existen entre los territorios para ejercer una gobernabilidad efectiva. Municipios y empresas prestadoras de servicios no cuentan con los medios suficientes para asegurar una provisión de agua efectiva. Según el índice de esfuerzo fiscal, en promedio los municipios invierten menos del 2 % de su presupuesto en los temas relacionados con el agua.

En la dimensión del estado del recurso hídrico se pudo encontrar que existen áreas con desabastecimiento hídrico en temporada seca, estando ciento veintiséis cabeceras municipales, que son cerca del 44 % del área total de la RAP-E, con niveles de amenaza alta y muy alta por la ocurrencia de eventos hidroclimatológicos.

Además, la región central en general presenta una alta demanda hídrica que se incrementa en el tiempo por el crecimiento poblacional y de los sectores productivos, con alta urbanización (34 % de la población del país está en la región central) llegando a niveles de 13.556 Mm3/año y que representa el 36 % de la demanda del país. Unido a lo anterior, también se perciben niveles altos de riesgo por contaminación de fuentes hídricas, pero se destaca que en años promedio las cuencas de ríos directos Magdalena (md), río Fortalecillas, río Luisa y otros directos al Magdalena, río Sumapaz, río Bogotá, río Coello, río Totare, río Chicamocha, río Guatiquía y lago de Tota tienen un IACAL en niveles muy alto con altas concentraciones en DBO, DQO-DBO y SST.

Un reto que vincula el análisis del estado del agua y la gobernanza de esta es que existe poca infraestructura para el monitoreo y seguimiento en cuencas hidrográficas y como ya se mencionó, esto no permite identificar los puntos críticos de atención por parte de las instituciones, al tiempo que existe una subestimación del estado del conocimiento sobre el recurso.

Gran parte de lo anterior se relaciona con aspectos asociados a las dimensiones sobre el estado de los ecosistemas y los niveles de riesgo y resiliencia del territorio. La región central presenta una transformación de ecosistemas naturales, los cuales llegan a representar el 49 % del área de la RAP-E, el 17.8 % del área de páramos bajo transformación, al tiempo que se tiene una baja extensión de bosque en rondas hídricas, llegando apenas al 15 % del área, aproximadamente. Lo que se refuerza cuando se evalúa el nivel de degradación de los ecosistemas naturales asociados al recurso hídrico y se encuentran altos niveles de deforestación histórica y desafíos frente al conflicto de uso de suelo (8.471.072 hectáreas).

La degradación de los ecosistemas plantea retos frente a la gestión del riesgo y la construcción de capacidades resilientes frente al clima. Una constante en la región es el impacto que se genera en las comunidades y en el mismo paisaje por los cambios extremos en precipitación y temperatura. Datos históricos muestran cómo la región central tiene alto riesgo por inundaciones (5408 eventos 1980-2017), al tiempo que ha sufrido de altas sequías (189 eventos 1980-2017), con impactos en la variabilidad de la oferta hídrica afectando trece subzonas hidrográficas de las setenta y ocho que la componen.





Adicionalmente, se puede observar a lo largo del tiempo que la producción agrícola regional es bastante susceptible a la variabilidad climática extrema, viéndose esto reflejado en la caída que presenta la producción total para los años 2010, 2011 y parte del 2012, atribuido al fenómeno de El Niño, que por lo menos para el sector ganadero representó 5.1 billones de pesos en pérdidas a nivel nacional, aunque para el sector agrícola es difícil compilar todos los impactos económicos que se han tenido durante periodos de extrema variabilidad en los distintos productos agrícolas de la región (Agronet, 2018).

Nuevamente se perfila un vínculo entre la institucionalidad y la gobernanza del agua frente al estado de los ecosistemas y la gestión del riesgo hidroclimático, ya que hoy existen diferentes instrumentos y arreglos para mejorar la gestión y conservación de los recursos naturales, pero su impacto o desarrollo es bajo (PSA, adquisición de predios, etcétera) en el momento de ser dirigidos a la protección y mantenimiento de áreas y de predios estratégicos para el recurso hídrico. Parte de ello se da por la brecha en las capacidades territoriales en procesos de generación de información para la conservación y gestión, unido a falta de herramientas como sistemas de alertas tempranas.

Desde la dimensión socioeconómica y de infraestructura se identifican varios desafíos relacionados con aspectos institucionales para que se reflejen en el mejoramiento de infraestructura gris y tecnológica que facilite la atención de brechas aún sin satisfacer y que faciliten el mejoramiento de la seguridad hídrica para la región central.

El mayor reto respecto a la cobertura en acueducto y alcantarillado se encuentra en las zonas rurales, mostrando brechas importantes en niveles con baja cobertura de alcantarillado (19 %) y acueducto (70 %). Desde la visión urbana la brecha está en la cantidad de plantas de tratamiento de aguas residuales (40 % de los municipios no tienen tratamiento) y en los casos de municipios con baja cobertura de alcantarillado que ponen en evidencia el impacto de las cabeceras en la calidad del agua.

Un común denominador tanto en sistemas productivos como domiciliarios es la alta ineficiencia de la infraestructura, para riego el 17 % no operan y para acueductos la distribución de agua a los hogares genera pérdidas del 42 % debido a la infraestructura inadecuada, falta de planeación y baja eficiencia en el uso (38 de las 78 SZH tiene bajos niveles de productividad hídrica).





## Ilustración 86. Árbol de problemas de la seguridad hídrica

| | | | |
|---|---|---|---|
| **Consecuencias** | Riesgo de conflicto socio ambiental por el RH. | Áreas en desabastecimiento hídrico en temporada seca, 126 cabeceras municipales Aprox. 44% del área total de la RAP-E con amenaza alta y muy alta de ocurrencia de eventos hidroclimatológicos. | Alto riesgo contaminación de fuentes hídricas Año medio, 4 SZHs tiene un IACAL en estado “Muy alto”, a demás de altas concentraciones en DBO, DQO-DBO y SST que son indicadores de eutrofización. |
| | Baja eficiencia en el uso del agua (38 de las 78 SZH tienen bajos niveles de productividad hídrica.) | Alta demanda hídrica en la región por el crecimiento poblacional, alta urbanización y demanda sectorial con 13.556 Mm3/Año, aumentando en relación con el 2012 y representando así el 36% de la demanda. | Degradación de los ecosistemas naturales asociados al recurso hídrico: Deforestación (Menos del 20% del bosque en la región). |
| | El 17,8% del área de páramos bajo transformación. | Casi una cuarta parte de la región central bajo conflicto de uso del suelo (8.471.072 ha). | Riesgo a inundaciones (5408 eventos 1980 - 2017) y altas sequias (189 eventos 1980 - 2017).Variabilidad de la oferta hídrica, 13 SZH. |
| | | Bajo impacto de los instrumentos (PSA, Adquisición de predios, etc...) dirigidos a la protección y mantenimiento de áreas y predios estratégicos para el recurso hídrico. | Transformación de ecosistemas naturales - 49% de estos bajo transformación - Baja extensión de bosques en rondas hídricas (15% aprox). |
| **Problemas centrales** | Baja inversión y baja capacidad organizacional en temas del recurso hídrico - esfuerzo fiscal inferior al 2% por municipio. | Insuficiente de gobernabilidad de autoridad ambiental y gobernanza en la gestión del RH (35% de distritos de riego no tienen concisión de agua). | Baja disponibilidad de información - No hay disponibilidad de conflictos en cuencas de Tolima y Huila. |
| | Cantidad insuficiente de PTARs en funcionamiento (40% municipios no tienen tratamiento). | Ineficiente estructura para riego (17% no riegan).. | Baja investigación sobre la capacidad de regulación y provisión hídrica, de ecosistemas estratégicos (Ej: Páramos). |
| | Déficit de sistemas de alerta temprana. | Poca efectividad de los espacios de articulación institucional. | Bajo ordenamiento, 46%de cuencas sin ningún proceso de ordenación. |
| **Causas** | Pérdidas de agua en el servicio de acueducto del 42% debido a la infraestructura inadecuada y falta de planeación. | Baja cobertura infraestructura rural (Alcantarillado 19% acueducto 70% rural). | Brecha en las capacidades territoriales en procesos de generación de información sobre GRD. |
| | Poca infraestructura de monitoreo y seguimiento en cuencas hidrográficas. | Bajo desarrollo SBN asociadas a los usos potenciales del agua de la región. | |

**Fuente:** PNUD.

**Ilustración 87. Lluvia de ideas de soluciones a los desafíos regionales**

| Gobernanza del agua y marco institucional y comunitario (piloto) para la región central | Gestión del recurso hídrico (oferta, demanda, calidad) para la región central | Servicios ecosistémicos relacionados con el agua | Resiliencia regional frente a desastres relacionados con el agua | Dinámicas socioeconómicas relacionadas con seguridad hídrica |
|---|---|---|---|---|
| Promover el fortalecimiento y la coordinación interinstitucional para la gestión integral del agua y del suelo. Escenarios más eficientes (Plataforma multiactor). | Fondos / incentivos para industrias de pequeña y gran escala que deseen invertir en el tratamiento de aguas residuales. Responsabilidad de los contaminadores (principio de quien contamina paga) | Consolidación de la Estructura Ecológica Regional (resultado) | Formular proyectos regionales de adaptación y mitigación al cambio climático. Gandería Carbono Neutro, la Ruta de la Miel. | Implementar programas de reducción de perdidas, uso eficiente y ahorro de agua. |
| Observatorio regional de seguridad hídrica, con el fin de mantener actualizados datos ISH (fortaleciendo el mapeo de los conflictos para toma de decisiones) | Fomentar el aumento de las redes de monitoreo y seguimiento de cuencas hidrográficas (CARS) para Mejora de la capacidad de monitoreo de la calidad del agua de los ríos como un medio para seguir el | Mecanismos para evitar deforestación y degradación de ecosistemas, priorizado frente acciones como la restauración saldría más costosa y menos efectiva | Apoyar a las gobernaciones y sus unidades de gestión para la atención de desastres. | Promover modelos productivos basados en economía circular, que incentiven el reuso de agua en sus procesos |
| Seguimiento al Pacto regional Sumapaz - por la seguridad hídrica que comprometa aunar esfuerzos entre los socios de la rape y las corporaciones (Plataforma multiactor) | Esfuerzos educativos (cultura) hacia poblaciones que viven en áreas de agua de pobre calidad. Inversiones en tratamiento de aguas residuales a pequeña escala y tratamiento de agua potable para áreas rurales | Acciones de conservación restauración y reconversión y de conectividad en los páramos | Apoyo al fortalecimiento de sistemas de alertas tempranas (CARS-UGRD) | Concientizar a los usuarios del recursopara que reconozcan y valoren ambiental, social y económicamente la disponibilidad de este recurso y le den un uso eficiente y racional. |
| Parte de la Plataforma miltiactor fortalecer el proceso de ordenamientode cuencas, para promover el desarrollo del territorio (Rol de CAR importante) | Inversiones en SBN en ciudades, usando los humedales, ríos como bases para disminuir altas fluyas (Contra Inundación ). medidas de adaptación urbana. | Definir capacidad de carga y oferta de los recursos hídricos de la región (Saber cuánto se puede ofrecer y limitar ("población beneficiada") | Sistema de información regional sobre GRD como apoyo a las gobernaciones. | Implementar medidas en la adecuación de sistemas de riego para los cultivos de la RC. |
| Fortalecimiento de capacidades a los prestadores del servicio de acueducto (ESP, Juntas de acueductos, entre otras) | | Fortalecimiento financiero y técnicode proyectos de reconversión productiva y restauración en páramos y ecosistemas estratégicos para el recurso hídrico | Desarrollo de investigaciones sobre SBN asociadas a los usos potenciales del agua en la región . (Universidades) | Fomentar la implementación de tecnologías apropiadas o sistemas de tratamiento naturales (Sistemas de humedales artificiales con un menor costo de inversión). |
| Priorización de acciones dirigidas a las áreas con desabastecimiento hídrico (parte de un proyecto mayor) | | Implemetanción de instrumentos económicos como alternativa complementaria para la conservación de áreas de recarga de acueductos (rurales y urbanos) | | Mejorar los diseños e infraestructura obsoleta o con falencias de PTARS, distritos de riego y acueductos. |
| | | Cuantificar los servicios ecosistémicos, para "pronosticar" cambios de RH bajo escenarios de manejo | | |





# 4.6.1. Visión compartida de la seguridad hídrica de la región a 2030-2050

El cierre de esta sección sobre prospectiva regional desde las dimensiones de análisis ha permitido abordar una aproximación al mapa de actores y a los roles que se identifican alrededor del agua, de igual forma se han logrado analizar los desafíos para la seguridad hídrica teniendo en cuenta factores como el cambio climático, y las dinámicas demográficas y urbanas. Por otro lado ha sido posible identificar las oportunidades regionales desde el enfoque de las soluciones basadas en la naturales para la seguridad hídrica. Lo anterior ha permito al equipo técnico y a los socios del proceso describir la problemática asociada a la gestión del agua, su gobernanza y los factores relacionados con la salud de los ecosistemas necesaria para asegurar la provisión del recurso hídrico.

Teniendo en cuenta el marco conceptual y los desafíos identificados en cada una de las dimensiones de la seguridad hídrica en las cuales se han desarrollado los análisis previos, se propone una primera apuesta de mediano plazo y largo plazo que debe alcanzarse mediante el conjunto de acciones y proyectos de impacto.

## Visión

«La región central al 2050 cuenta con la capacidad institucional, de la población y del sector privado para asegurar el acceso al recurso hídrico en términos de cantidad y calidad para el bienestar y desarrollo socioeconómico, mediante la preservación de la salud de los ecosistemas, el uso eficiente, la reducción/eliminación de la contaminación, la gestión del riesgo y la adaptación al cambio climático, con dialogo social y articulación institucional para garantizar un clima de paz y desarrollo regional sostenible».

La RAP-E, en el marco de la apuesta de visión de mediano y largo plazo, debe apoyar las capacidades de las comunidades y la institucional para facilitar la implementación de proyectos y la articulación de las entidades que tienen la competencia para ejercer acciones territoriales. En este sentido la RAP-E debe también generar sus propias capacidades para facilitar la cooperación regional en la gestión y financiación de proyectos.



# 5

# MARCO ESTRATÉGICO Y PROGRAMÁTICO

**PLAN DE SEGURIDAD HÍDRICA (PSH) - REGIÓN CENTRAL**
MARCO ESTRATÉGICO Y PROGRAMÁTICO

# 5.1 **Teoría** del cambio




**Fuente: PNUD con datos de RAP-E.**

La propuesta programática busca responder a los desafíos y principales problemáticas regionales identificadas en las fases previas de diagnóstico y análisis prospectivo, así como contribuir con un marco estratégico para lograr alcanzar metas de cara a la visión deseada para la seguridad hídrica en la región central.

Así mismo, se propone un marco de acción teniendo en cuenta el marco de políticas de corto, medio y largo plazo identificado desde el nivel regional y nacional. Por ello se tiene como referentes los marcos de políticas nacionales como: la Política Nacional de Gestión Integral del Recurso Hídrico, el CONPES 3918 sobre ODS, el reciente CONPES 4004 sobre economía circular del agua, el Plan Nacional de Desarrollo, en lo que refiere al pacto por la sostenibilidad y el pacto regional de la región central.

Otro aspecto que nutre este capítulo es la información que se ha logrado mapear desde el ámbito regional, con encuentros y mesas de trabajo con los socios de la RAP-E. Este marco estratégico «base» se estructura a partir de un objetivo principal y tres objetivos específicos de donde salen tres líneas estratégicas y un conjunto de programas e ideas de proyectos (acciones) indicativos para, posteriormente, entrar a formulaciones e implementaciones a detalle.

Este capítulo busca establecer una línea de política regional mediante la generación de apuestas para la acción que deben ser implementadas por la RAP-E y otras que deben ser parte del accionar y de las competencias de los socios y actores relevantes relacionados con la seguridad hídrica regional, en este caso la RAP-E debe ser acompañante y asesor técnico para el desarrollo de dichas actividades.

Por otra parte, este Plan de Seguridad Hídrica es el insumo técnico para hacer seguimiento al estado del agua, mediante la facilitación de espacios de diálogo, seguimiento y actualización del PSH, con la RAP-E como entidad articuladora que liderará los temas regionales desde el portafolio de proyectos que viene ejecutado y que se integran a este PSH. Así mismo se sumarán acciones para asegurar la acción multidimensional e interinstitucional para la seguridad hídrica regional.

# 5.2
# **Marco** estratégico

Los lineamientos propuestos para la implementación de la política para la seguridad hídrica de la región central se componen de acciones en la gestión de la gobernanza, la salud de los ecosistemas asociados al agua, los servicios de agua potable y manejo de aguas residuales, el uso eficiente y el enfoque de economía circular del agua, que serán implementados en un corto, mediano y largo plazo (2023-2030-2050) de acuerdo con las siguientes líneas estratégicas, programas y acciones.

## Objetivo general

Mejorar las capacidades institucionales y de gobernanza para implementar un modelo integral para la seguridad hídrica que habilite el desarrollo sostenible de la región mediante la gestión de la gobernanza, la salud de los ecosistemas asociados al agua, la gestión integral del recurso hídrico, el mejoramiento de la resiliencia y el uso responsable y eficiente en las actividades productivas para garantizar la disponibilidad y calidad del agua en el largo plazo.

## Objetivos específicos

- Fortalecer la gobernanza y la capacidad institucional para promover la seguridad hídrica de la región central.
- Desarrollar estrategias para promover la seguridad hídrica de la región central mejorando la salud de los ecosistemas que permitan asegurar la oferta de agua en el largo plazo.
- Movilizar acciones de uso adecuado y eficiente del agua en el sector productivo y domiciliario para la seguridad hídrica de la región central.







# 5.3
# **Líneas** estratégicas

Las líneas estrategias se plantean dando respuesta a los desafíos identificados y agrupados en los tres objetivos específicos propuestos para el plan de acción para la seguridad hídrica. Desde la perspectiva del análisis multidimensional se propuso hacer un análisis desde las cinco dimensiones derivadas del marco conceptual: gobernanza, gestión del agua, ecosistemas, riesgo y resiliencia y economía, definiendo las siguientes líneas.

## 1. Fortalecer la gobernanza y la capacidad institucional para la seguridad hídrica

Esta línea estratégica busca atender los desafíos encontrados alrededor de la gobernanza y la gobernabilidad para el manejo del agua. Los principales beneficiarios se agrupan de dos grandes grupos de interés.

Por un lado, la sociedad civil y especialmente el conjunto de comunidades ubicadas en zonas rurales que interactúan como responsables y beneficiarios del agua, en una estrecha relación con los ecosistemas y los servicios ecosistémicos que estos proveen para asegurar la calidad y la cantidad suficiente de agua. Adicionalmente, estas comunidades también interactúan y se mueven entre otros sectores como la institucionalidad pública que ejerce la gobernabilidad y el sector privado que también hace uso del recurso desde una perspectiva económica.

Otro grupo importante de intervención desde la esfera de la gobernanza y la gobernabilidad es el sector público y la institucionalidad que hacen la provisión, el control y el seguimiento del recurso hídrico. Aquí se requiere del fortalecimiento de capacidades desde varias aristas como la técnica, la financiera, la gestión y el manejo de información al igual que contar con las herramientas para facilitar el diálogo social y la articulación interinstitucional y sectorial.

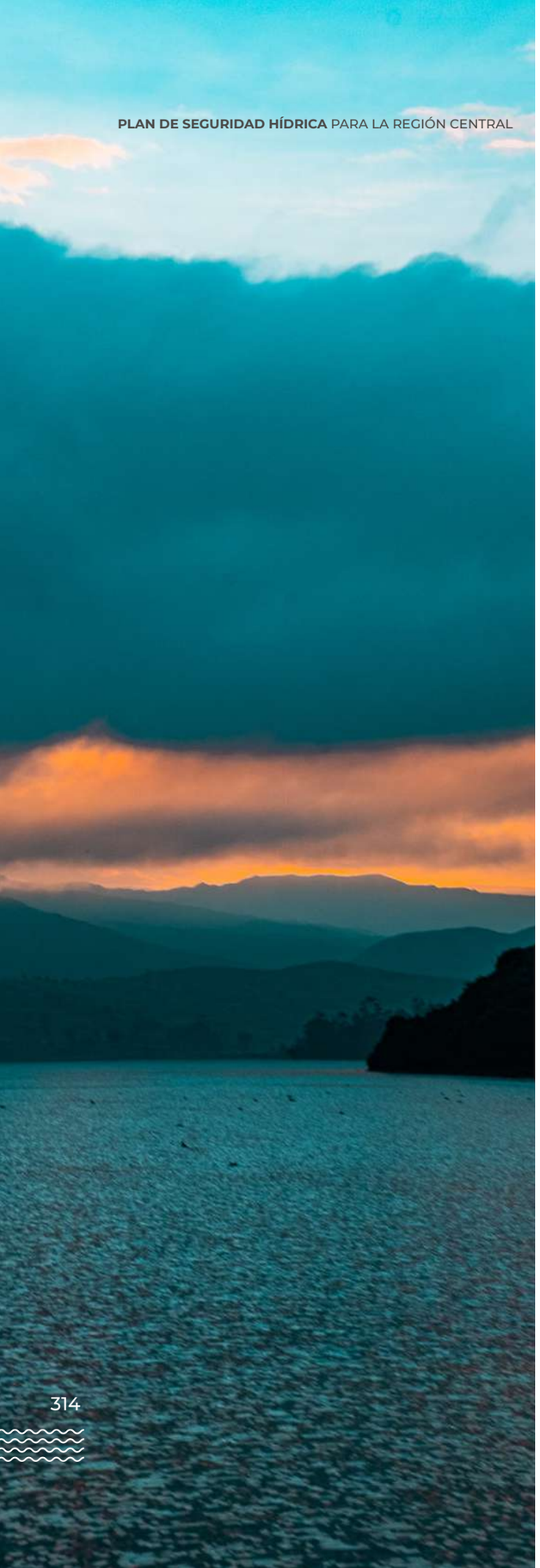
En este sentido, la línea estratégica busca establecer el conjunto de programas y acciones para generar el marco habilitante y de capacidades para fortalecer la gobernanza, la gobernabilidad y el diálogo para mejorar la gestión de conflictos socioambientales sobre al agua, la respuesta institucional y la toma de decisiones coordinadas e informadas.

## 2. Protección de servicios ecosistémicos para la provisión de agua y la resiliencia climática

La protección de los ecosistemas para asegurar la provisión de los servicios ecosistémicos que garantizan la disponibilidad de agua es fundamental para el desarrollo de cualquier actividad social y económica. Dentro de los principales desafíos a atender está revertir el estado de transformación e intervención en que se encuentran los ecosistemas, que al mismo tiempo ofrecen una variedad de servicios no solo para provisión de agua, sino para mejorar la calidad de vida de las personas y asegurar la sostenibilidad natural.

Persisten aún desafíos como la reducción de la deforestación y la trasformación de las áreas de páramo y de recarga hídrica que son fundamentales para la seguridad hídrica. Las dimensiones de análisis sobre estado del agua, salud de los ecosistemas y resiliencia y gestión del riesgo se encuentran embebidas en esta línea estratégica para constituirse como los fundamentos esenciales para la sostenibilidad ecosistémica que permita el desarrollo de las demás actividades humanas.

Las acciones que se proponen a nivel de programa buscan un énfasis en lograr la consolidación de la estructura ecológica regional al tiempo que se vincula con varias de las acciones de las demás





líneas estratégicas propuestas. Para asegurar esta articulación es muy importante la asignación de roles para las instituciones, el sector privado, la academia y las comunidades.

### 3. Agua limpia y disponible para las personas y los sistemas productivos sostenibles

Otra de las dimensiones de análisis que muestra desafíos desde una perspectiva socioeconómica tiene que ver con las acciones desde el sector privado, los sistemas productivos y la sociedad civil en su conjunto quienes hacen uso del agua para sus actividades diarias.

Los aspectos a los cuales busca responder esta línea estratégica son cerrar las brechas que aún persisten desde el ámbito de la infraestructura dura o gris, asociada a cobertura de acueducto y alcantarillado, que son aún más evidentes en las zonas rurales, la falta de tratamiento y alta contaminación concentrada en centro urbanos. Al igual que asegurar un uso eficiente y de bajo impacto para el recurso hídrico.

Dos grandes grupos de interés se perfilan en esta línea como actores de la solución, por un lado, las personas como usuarios del agua desde la vida en los hogares y por otro están los sistemas productivos de sectores como el agropecuario, el industrial y el de servicios.

La cultura y la tecnología son los principales medios para avanzar en el cumplimento de las metas propuestas en esta línea de trabajo, introduciendo conceptos como la economía circular del agua para su reúso, aprovechamiento para producción de energía y reducción de los impactos por contaminación y generación de emisiones de gases efecto invernadero.

Otra de las dimensiones de análisis que muestra desafíos desde una perspectiva socioeconómica tiene que ver con las acciones desde el sector privado



# 5.4 **Programas** y perfiles de proyectos

A continuación se encuentra un desglose de las ideas de proyectos de acuerdo con cada una las líneas estratégicas y programas propuestos como acciones de la hoja de ruta para mejorar los niveles de seguridad hídrica de la región central.

## Línea estratégica 1. Fortalecer la gobernanza y capacidad institucional para la seguridad hídrica

### Programa 1: cuidadores del agua y la cultura

Distintos proyectos buscan restaurar y conservar los ecosistemas de importancia hídrica para la región central, no obstante, la transformación de estos avanza y para lograr un cambio es necesario la participación comunitaria en la construcción, implementación y seguimiento de los proyectos y programas propuestos y con esto lograr una mayor apropiación, pues son las comunidades que habitan estos ecosistemas las primeras en buscar y gestionar su conservación.

El programa cuidadores del agua y la cultura busca fortalecer las capacidades de las comunidades de los páramos priorizados de la región para que puedan aportar en la coconstrucción de los planes y proyectos de conservación y gestión en estos ecosistemas. Esto, mediante actividades que ayuden a impulsar el potencial de ideas y nuevas prácticas que contribuyan a responder a problemáticas identificadas con la gestión del agua como bien común y derecho humano, así como ayudar a articular múltiples procesos y actores, generando impactos y beneficios colectivos.

**Tabla 68. 1.1.1. Cuidadoras y cuidadores del agua**

| | |
|---|---|
| **Objetivo** | Promover el desarrollo de capacidades con una visión integral que contribuya a garantizar la seguridad hídrica local en las comunidades priorizadas. |
| **Indicadores** | • Número convocatorias de SBV gestionadas en el marco del PSH.<br>• Número de organizaciones de base comunitaria fortalecidas en seguridad hídrica. |
| **Meta** | • Tres convocatorias de SBV gestionadas en el marco del PSH.<br>• Tres convocatorias para organizaciones de base comunitaria fortalecidas en seguridad hídrica. |

**Tabla 69. 1.1.2. Gestión comunitaria para la gestión hídrica**

| | |
|---|---|
| **Objetivo** | Diseñar una estrategia para la gestión comunitaria de la seguridad hídrica desde los acueductos veredales priorizados. |
| **Indicadores** | • Número de asociaciones de acueductos veredales capacitadas en seguridad hídrica.<br>• Número de acuerdos gestionados para la conservación local de microcuencas.<br>• Número de kits de monitoreo entregados a organizaciones de base comunitaria de áreas ELSA priorizadas.<br>• Número de planes de monitoreo comunitario apoyados. |
| **Meta** | • Cinco acueductos veredales capacitados en seguridad hídrica (uno por cada departamento)<br>• Cinco acuerdos gestionados para la conservación local de microcuencas.<br>• Trece kits de monitoreo entregados.<br>• Cinco planes de monitoreo comunitario apoyados en su construcción (uno por cada departamento). |

**Tabla 70. 1.1.3. Fortalecimiento de capacidades institucionales para la gobernanza de la seguridad hídrica**

| | |
|---|---|
| **Objetivo** | Apoyar la inclusión del tema de la seguridad hídrica en las agendas de los socios de la RAP-E y de las corporaciones autónomas regionales de la jurisdicción mediante la promoción y desarrollo de capacidades con una visión integral que contribuya a garantizar la seguridad hídrica como camino para alcanzar los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) en la región central. |
| **Indicadores** | • Caja de herramientas diseñada.<br>• Número y tipo de entidades por socios y CAR de la jurisdicción RAP-E capacitadas en seguridad hídrica.<br>• Número de instrumentos de planeación asesorados con la inclusión de la temática y proyectos de seguridad hídrica. |
| **Meta** | • Una caja de herramientas (curso) diseñado.<br>• Al menos cinco talleres de caja de herramientas impartidos (uno por departamento).<br>• Dieciocho instrumentos de planeación que incluyan al menos un proyecto de seguridad hídrica para la vigencia 2022-2025 (5 PDD; 6 PDM; 7 PAI). |







## Programa 2: gobernanza y gobernabilidad institucional para la seguridad hídrica

Este programa apoyará las acciones encaminadas a dar solución a las principales problemáticas relacionadas con el uso del recurso y su gobernabilidad, con una visión multisectorial. Además, la consolidación de una plataforma multiactor tendrá en cuenta a los actores y a los sectores que tienen relación con el manejo del agua, incluyendo a las empresas de servicios públicos domiciliarios.

Una oportunidad es la visión regional para la prestación de los servicios de acueducto y alcantarillado que permita aprovechar economías de escala que beneficien los procesos operativos y, por ende, la prestación del servicio a los usuarios. En el año 2022, se buscará la asistencia del Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio para evaluar la posibilidad de mercados regionales que permitan la mejora en el desempeño de la prestación del servicio público e implementación de economías de escala.

**Tabla 71. 1.2.1. Plataforma multiactor**

| | |
|---|---|
| **Objetivo** | Diseñar una estructura que facilite un ejercicio de construcción colectiva de naturaleza público-privada, en el que se identifiquen alternativas de acuerdos multiactor y multisector que generen y aprovechen oportunidades para promover la seguridad hídrica en la región central. |
| **Indicadores** | • Número de grupos promotores conformados.<br>• Número de reuniones por línea estratégica con el grupo promotor responsable.<br>• Número de estrategias o proyectos regionales definidos y consignados en la agenda política de la región central. |
| **Meta** | • Tres grupos promotores conformados (uno por línea estratégica).<br>• Al menos seis reuniones al año con el grupo promotor (dos por línea estratégica) en las que se definan los proyectos a implementar.<br>• Una estrategia de coordinación regional y con participación ciudadana definida, socializada y validada por RAP-E y sus asociados. |

**Tabla 72. 1.2.2. Fortalecimiento institucional para la economía circular y la resiliencia climática en instrumentos de planeación del desarrollo para la seguridad hídrica a nivel departamental**

| | |
|---|---|
| **Objetivo** | Asesorar la incorporación de acciones y proyectos relacionados con la gestión integral del cambio climático y la gestión del riesgo de desastres con sus respectivos presupuestos para implementación. |
| **Indicadores** | • Número de planes de desarrollo departamental con incorporación de cambio climático, economía circular del agua, y gestión del riesgo.<br>• Número de planes de desarrollo de ciudades capitales con incorporación de CC y GRD. |
| **Meta** | • Cinco planes de desarrollo departamental con incorporación de la gestión de cambio climático y del riesgo de desastres.<br>• Cinco planes de desarrollo locales con incorporación de la gestión de cambio climático y del riesgo de desastres. |

**Tabla 73. 1.2.3. Estrategia de dinamización de las compensaciones ambientales para la región RAP-E en contribución a la seguridad hídrica**

| | |
|---|---|
| **Objetivo** | Dinamizar y promover una estrategia sobre compensaciones ambientales para la región RAP-E para la contribución a la seguridad hídrica. |
| **Indicadores** | • Número de ruedas de negocio de compensaciones RAP-E realizadas.<br>• Número de procesos de licenciamiento ambiental identificados.<br>• Número de proyectos (áreas) susceptibles de intervención para compensación identificados. |
| **Meta** | • Al menos una rueda de negocios bienal desarrollada.<br>• Al menos cuatro proyectos identificados para intervención de compensación en cuatro años.<br>• Al menos diez empresas identificadas y caracterizadas en cuatro años. |





## Programa 3: más y mejor información para la toma de decisiones sobre al agua

Dadas las dificultades de contar con información sistemática y de calidad para la toma de decisiones de política en aspectos relacionados con el estado del agua tales como: calidad y cantidad, infraestructura y control y seguimiento, las siguientes acciones pretenden ajustar los sistemas de información para la generación de información estratégica, pertinente y necesaria para el sector. Se busca así evitar el desgaste de los generadores y usuarios de la información sectorial.

Este programa deberá articularse a las acciones del DNP en conjunto con la SSPD; el Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones; el IDEAM; el Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC); el INS; el Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio y el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible que diseñarán e implementarán un plan de acción que analice el estado actual de los sistemas y permita priorizar las iniciativas más importantes para cumplir con el objetivo enfocado en la integración e interoperabilidad de los sistemas de información.

**Tabla 74. 1.3.1. Herramienta visor de seguridad hídrica regional**

| | |
|---|---|
| **Objetivo** | Diseñar e implementar una herramienta que facilite la consulta de información del Plan de Seguridad Hídrica a través de mapas y datos, consolidando todos los aspectos técnicos para seguimiento y que sea administrada por la RAP-E. |
| **Indicadores** | • Número de visores geográficos de seguridad hídrica funcionando.<br>• Número de eventos de lanzamiento oficial del visor para la seguridad hídrica en la región central.<br>• Número de descargas de salidas gráficas desde el visor geográfico.<br>• Número de visitas al visor geográfico de seguridad hídrica. |
| **Meta** | • Un visor geográfico de la seguridad hídrica de la región central administrado por la RAP-E.<br>• Un evento de lanzamiento oficial del visor para la seguridad hídrica de la región central.<br>• Al menos cincuenta descargas de salidas gráficas desde el visor geográfico en un año.<br>• Al menos quinientas visitas al visor geográfico en un año. |

**Tabla 75. 1.3.2. Datos del clima para mejores decisiones**

| | |
|---|---|
| **Objetivo** | Fomentar la integración de la información hidrometeorológica, en el sistema de saberes y conocimientos de la población de la región central, para mejorar la toma de decisiones institucionales y comunitarias respecto a la gestión del recurso hídrico. |
| **Indicadores** | • Número de talleres para la construcción colectiva del conocimiento acerca de la información hidrometeorológica y climática.<br>• Número de documentos con soportes técnicos elaborados y que sirvan de insumos para la divulgación de información.<br>• Número de estrategias de comunicación implementadas donde se divulguen experiencias exitosas sobre procesos de apropiación de la información hidrometeorológica y que hayan llevado a una toma efectiva de decisiones frente a la gestión del recurso hídrico. |
| **Meta** | • Al menos dos talleres por asociado RAP-E.<br>• Al menos un documento de análisis por departamento con los resultados obtenidos de los talleres hidrometeorológicos y climáticos.<br>• Al menos trescientas personas impactadas por la estrategia de comunicación para divulgación de experiencias exitosas sobre procesos de apropiación de la información. |







# Línea estratégica 2. Protección de servicios ecosistémicos para la provisión de agua y la resiliencia climática

## Programa 1: salud de los ecosistemas para la seguridad hídrica

En el territorio de la RAP-E región central, tienen presencia dieciocho de los treinta y siete complejos de paramos del país que generan recurso hídrico para los principales centros urbanos y capitales de la región. Estos, sin embargo, presentan una problemática compleja por su transformación, lo que genera presión sobre estos ecosistemas y amenaza la seguridad hídrica regional. Por lo tanto, las acciones para asegurar la salud de estos ecosistemas son fundamentales para asegurar la provisión de agua necesaria para la sostenibilidad ambiental y económica del desarrollo. Así, se deben articular y formular proyectos con diferentes escalas de intervención y de manera articulada con el enfoque de gobernanza. Muchas de las actividades deben contar con marcos habilitantes que aseguren la articulación institucional y el enfoque de trabajo con comunidades.

Esta sección recoge varias de las iniciativas que ya viene desarrollando la RAP-E en el marco del cumplimiento de sus hechos regionales, sobre todo con el de ayudar a la consolidación de una estructura ecológica regional que permita garantizar los servicios ecosistémicos para el desarrollo.

Una de las escalas de intervención que se propone parte de un marco político y estratégico que posicione la protección de los ecosistemas estratégicos para el agua, como es el caso de los páramos. Dicho marco debe promover una estrategia de articulación institucional con dialogo local que fortalezca las actuales figuras de protección y de uso sostenible de los ecosistemas, al tiempo que se refuercen por otros medios locales de gobernanza.





### Tabla 76. 2.1.1. Estrategia regional para la conservación de páramos y sus servicios ecosistémicos

| | |
|---|---|
| **Objetivo** | Codiseñar la estrategia regional para la conservación de páramos y sus servicios ecosistémicos de la región de la RAP-E |
| **Indicadores** | • Número de actores estratégicos vinculados con intereses en el tema.<br>• Número de mesas de trabajo realizadas para el codiseño de la estrategia.<br>• Número de instrumentos promoviendo las acciones contempladas en la estrategia.<br>• Número mecanismos identificados y definidos en estrategia regional para la conservación de páramos y sus servicios ecosistémicos. |
| **Meta** | • Al menos una plataforma multiactor conformada para la protección del páramo.<br>• Al menos dos mesas de trabajo realizadas en el territorio de cada uno de los asociados RAP-E.<br>• Al menos diez instrumentos promoviendo acciones contempladas en la estrategia regional para la conservación de páramos y sus servicios ecosistémicos.<br>• Al menos diez iniciativas piloto implementadas, de las establecidas en la estrategia, en áreas de páramo asociadas a fuentes abastecedoras de las ciudades principales de la RAP-E.<br>• Al menos de diez iniciativas piloto promovidas, de aquellas establecidas en la estrategia. |





### Tabla 77. 2.1.2. Implementación de acciones de conservación y preservación que aporten a la recuperación de los bienes y servicios ecosistémicos que ofrecen los páramos

| | |
|---|---|
| **Objetivo** | Implementar acciones de conservación y preservación que aporten a mejorar las condiciones de vida de las personas y asegurar la sostenibilidad natural del recurso hídrico. |
| **Indicadores** | • Número de especies nativas, producidas en viveros comunitarios, recuperadas.<br>• Porcentaje de área incrementada bajo alguna figura de conservación.<br>• Número de personas vinculadas a programas sociales de voluntariados comunitarios.<br>• Número de acuerdos gestionados para la conservación local de microcuencas.<br>• Número de instituciones privadas invirtiendo en la implementación de acciones de conservación y protección en el páramo.<br>• Porcentaje de área implementando herramientas de manejo de paisajes asociadas a prácticas productivas. |
| **Meta** | • Al menos cinco viveros produciendo material vegetal de especies nativas.<br>• Al menos tres áreas por departamento inscritas en el RUNAP.<br>• Al menos diez empresas financiando acciones de conservación y preservación en la región central.<br>• Al menos un acuerdo comunitario gestionado para la conservación local de microcuencas. |

### Tabla 78. 2.1.3. Esquemas de pago por servicios ambientales para la salud de los ecosistemas de páramo y la seguridad hídrica

| | |
|---|---|
| **Objetivo** | Mejorar el servicio ambiental de regulación y calidad hídrica en los ecosistemas de páramo focalizados: Chilí-Barragán, Cruz Verde, Las Hermosas, Sumapaz, Pisba y Tota-Bijagual-Mamapacha a través de esquemas de pago por servicios ambientales (PSA). |
| **Indicadores** | • Número de proyectos de PSA acompañados por la RAP-E (asesoría técnica).<br>• Número hectáreas preservadas o restauradas a través de la entrega de incentivo PSA.<br>• Número acuerdos voluntarios formalizados de PSA.<br>• Número familias beneficiarias del incentivo PSA.<br>• Número de esquemas de PSA implementados. |
| **Meta** | • Al menos 1 proyecto de PSA por asociado RAP-E.<br>• Por definir con socio que desee vincularse a esta idea de proyecto.<br>• Por definir con socio que desee vincularse a esta idea de proyecto.<br>• Por definir con socio que desee vincularse a esta idea de proyecto.<br>• Por definir con socio que desee vincularse a esta idea de proyecto. |

**Tabla 79. 2.1.4. Iniciativas para la conservación y el uso sostenible con especies polinizadoras, especie polinizadora *Apis mellifera* (abeja común)**

| | |
|---|---|
| **Objetivo** | Promover el desarrollo de iniciativas con especies polinizadoras como estrategia a la conservación y el uso sostenible. |
| **Indicadores** | • Número de socios aliados para la implementación de investigación aplicada.<br>• Número de proyectos implementados con especies polinizadoras con enfoque de género que potencialice el uso sostenible de la agrobiodiversidad.<br>• Número de investigaciones realizadas, con resultados socializados, sobre las especies potenciales que incrementan la producción.<br>• Número de análisis sobre la cadena de valor de los productos priorizados asociados a especies polinizadoras.<br>• Ingresos promedio de las familias beneficiarias del proyecto. |
| **Meta** | • Al menos diez proyectos productivos con *Apis mellifera* bajo la metodología de investigación aplicada.<br>• Al menos 50 % de mujeres integrando las iniciativas productivas promovidas de *Apis mellifera.*<br>• Al menos dos investigaciones desarrolladas sobre la especie polinizadora *Apis mellifera,* socializando sus resultados.<br>• Al menos un estudio de análisis realizado sobre cadenas de valor de los productos promisorios de la biodiversidad del páramo.<br>• Al menos se incrementan en un 30 % los ingresos de las familias que implementan los proyectos productivos. |

**Tabla 80. 2.1.5. Estrategia de restauración y gestión para ecosistemas de bosque seco tropical para la seguridad hídrica**

| | |
|---|---|
| **Objetivo** | Generar un plan para el manejo con enfoque comunitario para ecosistemas interandinos bajo riesgo por degradación |
| **Indicadores** | • Número consejos de cuenca activos en las SZH priorizadas.<br>• Porcentaje área en bosque para rondas hídricas en SZH.<br>• Número hectáreas intervenidas (restauración y gestión).<br>• Número de organizaciones comunitarias participantes. |
| **Meta** | • Un activo por cuenca.<br>• Mejorar el indicador en los municipios priorizados.<br>• Consolidar acciones al 2030 sobre el 0.1 % del total de áreas definidas por ELSA para gestionar y restaurar los ecosistemas interandinos.<br>• Generar capacidades adaptativas al 100 % de las organizaciones comunitarias participantes. |





## Programa 2: gestionando el riesgo y la resiliencia climática para la seguridad hídrica

El cambio climático y la gestión del riesgo son temas que no se pueden desligar del estado de los ecosistemas, de la simbiosis dentro del ciclo hidrológico y de la seguridad hídrica. Por este motivo están en el mismo lineamiento estratégico. Las acciones para mejorar la salud de los ecosistemas generan efectos positivos frente a la vulnerabilidad climática y permiten dar respuesta estructural a varios desafíos relacionados con los niveles de riesgo en el territorio.

La articulación programática en esta sección también es fundamental para lograr resultados de impacto con enfoque integral. La interacción entre comunidades, entidades y empresas es fundamental para asegurar la disponibilidad del recurso hídrico. Uno de los elementos comunes ente los socios es la necesidad de trabajar en el desarrollo de alertas tempranas para gestionar el riesgo por fenómenos hidrometeorológicos.

El enfoque de soluciones basadas en la naturaleza planteado en esta sección debe ser el principal parámetro para mejorar las condiciones de resiliencia y de adaptación de los ecosistemas y de las personas.

**Tabla 81. 2.2.1. Codiseño de variables e indicadores para estimar la resiliencia climática comunitaria en ecosistemas de páramo**

| | |
|---|---|
| **Objetivo** | Diseñar una metodología de manera participativa que permita caracterizar y estimar la resiliencia comunitaria frente a los riesgos asociados al cambio climático que inciden en los bienes y servicios ambientales para la provisión de agua en ecosistema de páramo. |
| **Indicadores** | • Número de actores estratégicos vinculados en la construcción de la metodología para definir variables e indicadores que caractericen la resiliencia climática comunitaria.<br>• Número de estudios regionales para estimar la resiliencia climática comunitaria en ecosistemas de páramo.<br>• Número de herramientas generadas para caracterizar y estimar la resiliencia climática de las comunidades en la región central. |
| **Meta** | • Al menos dos instituciones que apropien la metodología.<br>• Al menos un estudio regional para estimar la resiliencia climática comunitaria en ecosistemas de páramo.<br>• Al menos una metodología propuesta para caracterizar y estimar la resiliencia comunitaria climática de los servicios ecosistémicos para la provisión de agua en ecosistema de páramo. |

**Tabla 82. 2.2.2. Sistemas comunitarios de alertas tempranas para la prevención de riesgos climáticos**

| | |
|---|---|
| **Objetivo** | Fortalecer capacidades técnicas institucionales, privadas y comunitarias mediante la implementación de sistemas de alerta temprana (SAT) frente a los riesgos asociados al cambio climático, donde se conozcan, se preparen y se dé respuesta a situaciones de emergencia. |
| **Indicadores** | • Número de cuencas con altos riesgos asociados al cambio climático en las que se implementen acciones de sistemas comunitarios de alertas tempranas.<br>• Porcentaje de población participante en actividades de reconocimiento y caracterización de riesgos asociados al cambio climático.<br>• Porcentaje de cobertura de red de monitoreo de condiciones hidrometeorológicas.<br>• Porcentaje de la población en riesgo formada como brigadista.<br>• Número de protocolos y simulacros de respuesta ante emergencias. |
| **Meta** | • Al menos una cuenca seleccionada por departamento para la implementación de procesos de sistemas de alertas tempranas comunitarios.<br>• Al menos el 25 % de la comunidad en condición de riesgo participando en procesos de caracterización y reconocimiento de riesgos asociados al cambio climático.<br>• Al menos el 75 % de las comunidades en alto riesgo en la cuenca, cuenten con instrumentos de monitoreo comunitario de las condiciones hidrometeorológicas.<br>• Al menos el 1 % de la población en riesgo sea formada como brigadista para el monitoreo de la red comunitaria y la emisión de alertas.<br>• Al menos un protocolo y un simulacro de respuesta ante emergencias por cuenca seleccionada. |

**Tabla 83. 2.2.3. Amigas y amigos del clima**

| | |
|---|---|
| **Objetivo** | Empoderar a las comunidades con soluciones de adaptación y de mitigación basadas en la naturaleza para la conservación del recurso hídrico en la región central y que garanticen su sostenibilidad. |
| **Indicadores** | • Número convocatorias de SBV gestionadas en el marco del PSH.<br>• Número de organizaciones de base comunitaria fortalecidas en seguridad hídrica. |
| **Meta** | • Tres SBV desarrollando soluciones de adaptación y mitigación basadas en la naturaleza.<br>• Tres organizaciones de base comunitaria fortalecidas en seguridad hídrica. |



# Línea estratégica 3.
# Agua limpia y disponible para las personas y los sistemas productivos sostenibles

## Programa 1: seguridad hídrica para los hogares con calidad y cantidad

Identificar proyectos estratégicos a corto, mediano y largo plazo articulados con los instrumentos de planeación municipal existentes, que cuenten con una visión supramunicipal y con apoyo para garantizar el acceso de la población urbana y rural a los servicios de acueducto y alcantarillado.

Dada la necesidad de fortalecer la prestación de los servicios de acueducto y alcantarillado, así como las diferentes herramientas que conduzcan a la mejora de la eficiencia en la prestación de estos servicios, se propone brindar apoyo técnico para mejorar la gestión de los prestadores de servicios públicos y facilitar la difusión y transferencia de buenas prácticas de uso adecuado del agua en los hogares, lo anterior, con el fin de reducir las pérdidas de agua y compartir experiencias exitosas en otros sistemas de acueducto.

Se coordinará con el DNP y el Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, en el marco de acciones por la economía circular del agua, el apoyo al proceso de estructuración de los proyectos para saneamiento de vertimientos para contribuir al incremento del tratamiento de aguas residuales.

Dada la necesidad de fortalecer la prestación de los servicios de acueducto y alcantarillado, así como las diferentes herramientas que conduzcan a la mejora de la eficiencia en la prestación de estos servicios

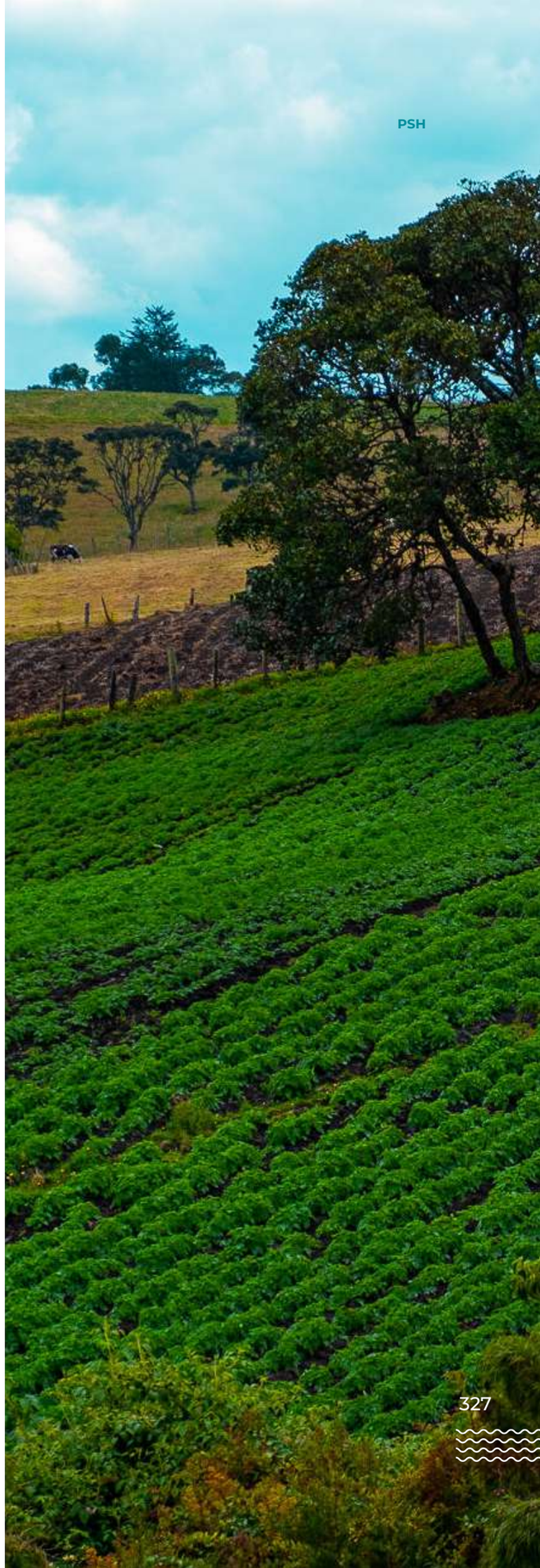


**Tabla 84. 3.1.1. Sensibilización de públicos en el uso eficiente del agua**

| | |
|---|---|
| **Objetivo** | Movilizar acciones para la seguridad hídrica facilitando la difusión de buenas prácticas y el uso eficiente del agua en hogares. |
| **Indicadores** | • Número de empresas de servicios públicos municipales con campañas de comunicación para la sensibilización en el uso eficiente del agua. |
| **Meta** | • Al menos veinte empresas con campañas de comunicación. |

**Tabla 85. 3.1.2. Implementación de alternativas integrales de uso eficiente del agua y energías limpias, enfocadas en hogares rurales y en medianos y pequeños productores de la región central**

| | |
|---|---|
| **Objetivo** | Facilitar el acceso a soluciones individuales/colectivas de uso eficiente del agua mediante la aplicación de energías limpias e incorporando principios de economía circular dirigidas a hogares rurales y a medianos y pequeños productores de la región central. |
| **Indicadores** | • Número de familias beneficiarias de soluciones integrales.<br>• Número de convenios firmados por instituciones públicas para el apoyo financiero del proyecto.<br>• Número de estudios regionales para la estrategia de implementación de energías renovables o alternativas para la seguridad hídrica. |
| **Meta** | • Quinientas familias beneficiarias de soluciones integrales.<br>• Al menos un convenio.<br>• Al menos un estudio regional para la estrategia de implementación de energías renovables o alternativas para la seguridad hídrica. |







## Programa 2: economía circular del agua en sistemas productivos de la región central

Existe un marco de oportunidad en relación a la económica circular del agua y a los sistemas productivos, junto con los sistemas de tratamiento de aguas residuales. La posibilidad de analizar el uso de subproductos (biosólidos, arenas, biogás, entre otros) generados de los sistemas de tratamiento de aguas residuales tiene un gran potencial en el ciclo productivo, así como la posible definición de oportunidades de negocio.

Se debe promover el uso de tecnologías en sistemas productivos para reducir los altos niveles de descarga contaminante a los sistemas hídricos, al tiempo que se identifican instrumentos y estrategias de financiación público-privadas para avanzar en la promoción de actividades sostenibles frente al recurso hídrico.

**Tabla 86. 3.2.1. Estrategia regional de economía circular del agua en sistemas productivos para la seguridad hídrica**

| | |
|---|---|
| **Objetivo** | Desarrollar estrategias para promover la economía circular del agua en sistemas productivos para la seguridad hídrica. |
| **Indicadores** | • Número de pequeñas y medianas empresas asistidas.<br>• Número de programas para implementación regional de reconversión tecnológica para la economía circular del agua en el sector empresarial. |
| **Meta** | • Diez pequeñas y medianas empresas asistidas.<br>• Al menos un programa para la implementación regional de reconversión tecnológica para la economía circular del agua en el sector empresarial. |

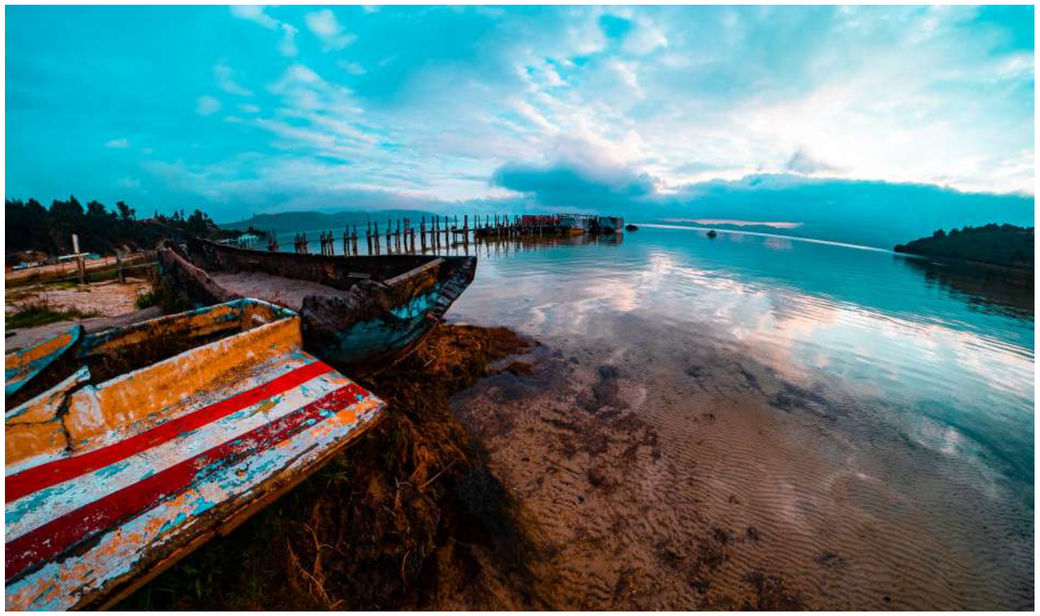
**Tabla 87. 3.2.2. Hoja de ruta para la economía circular del agua y el aprovechamiento de biogás en la región central**

| | |
|---|---|
| **Objetivo** | Identificar el escenario para la implementación de estrategias para promover la economía circular en los servicios de agua potable y de manejo de aguas residuales (aprovechamiento de biogás) que permita asegurar, en el largo plazo, la oferta para la región central. |
| **Indicadores** | • Número de mesas de trabajo con el grupo promotor de la plataforma multiactor dedicada a la economía circular del agua.<br>• Número de hojas de ruta para la implementación de la economía circular del agua en la región central.<br>• Cantidad de mapeos de actores realizados (relacionados e interesados con la economía circular del agua). |

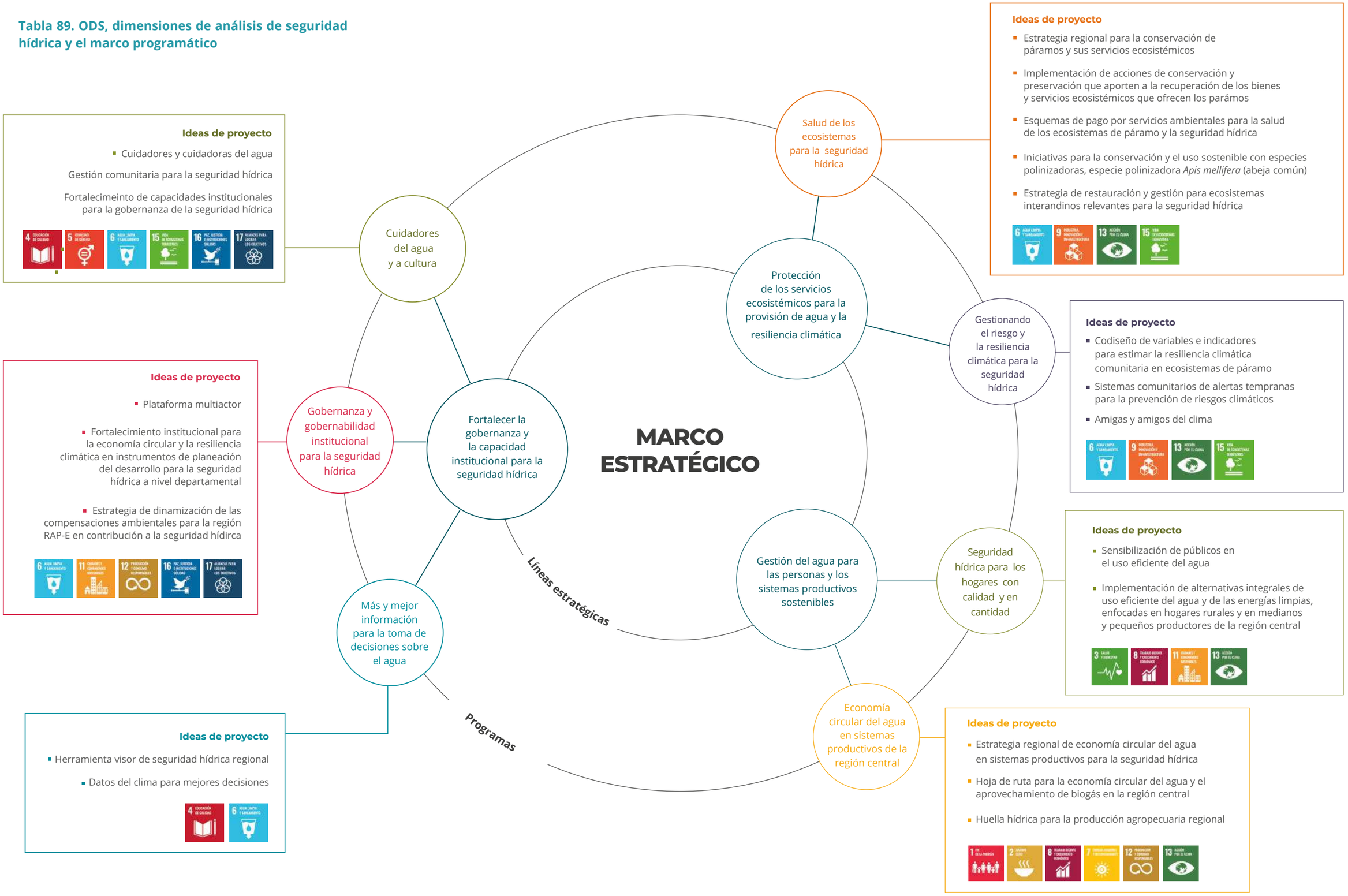
| | |
|---|---|
| **Meta** | • Cinco mesas de trabajo con el grupo promotor en el tema de economía circular.<br>• Al menos un documento con hoja de ruta elaborado y compartido con los interesados.<br>• Un mapeo de actores realizado. |

### Tabla 88. 3.2.3. Huella hídrica para la producción agropecuaria regional

| | |
|---|---|
| **Objetivo** | Determinar la huella hídrica de los productos agrícolas y pecuarios de importancia alimentaria y ambiental para la región central |
| **Indicadores** | • Número de productores capacitados en huella hídrica por departamento.<br>• Número de productos con cálculo de huella hídrica agrícola.<br>• Número de planes para disminuir la huella hídrica agrícola regional. |
| **Meta** | • Cien productores con conocimiento en huella hídrica en cada uno de los departamentos.<br>• Los cinco productos agrícolas más representativos en la región con huella agrícola calculada.<br>• El diseño de un plan de incentivos para disminuir la huella hídrica agrícola. |



## Tabla 89. ODS, dimensiones de análisis de seguridad hídrica y el marco programático





# 6 ANEXOS

1. Hoja metodológica 24 variables del ISH.
2. Base de datos Excel, base variables ISH (integrado) y base (original).
3. Guía del usuario herramienta ELSA.





# 7 REFERENCIAS


1. Allen, T., Murray, K. A., Zambrano, C., Morse, S. S., Rondinini, C., Di Marco, M., Breit, N., Olivial, K. J. y Daszak, P. (2017). Global hotspots and correlates of emerging zoonotic diseases. *Nature comunications*, *8*(1124). https://www.nature.com/articles/s41467-017-00923-8

2. American Metereological Society. (2017). *Flash Floods*. The Role of Science, Forecasting, and Communications in Reducing Loss of Life and Economic Disruptions. https://www.ametsoc.org/index.cfm/ams/about-ams/ams-statements/statements-of-the-ams-in-force/flash-floods-the-role-of-science-forecasting-and-communications-in-reducing-loss-of-life-and-economic-disruptions/

3. Barker, L. J., Hannaford, J., Chiverton, A. y Svensson, C. (2016). From meteorological to hydrological drought using standardised indicators. *Hydrology and Earth System Sciences*, 2483-2505. https://hess.copernicus.org/articles/20/2483/2016/

4. Bernal, F. A. y Santander, J. P. (2016a). *Demanda hídrica socioeconómica y de los ecosistemas (Versión 2.0)*. IDEAM .

5. Bernal, F. A., y Santander, J. P. (2016b). Índice de Uso del Agua (Versión 1.01). IDEAM.

6. Bernal, F.A. y Casallas, J. J. (2014). Índice de Retención y Regulación Hídrica (Versión 1.0). IDEAM.

7. CONPES 3819 de 2014 (21 de octubre), política nacional para consolidar el sistema de ciudades en Colombia. https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Conpes/Econ%C3%B3micos/3819.pdf

8. CONPES 4004 de 2020 (28 de septiembre), economía circular en la gestión de los servicios de agua potable y manejo de aguas residuales. https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Conpes/Econ%C3%B3micos/4004.pdf

9. Contraloría General de la República. (23 de septiembre de 2020). Evaluación por parte de la Contraloría Delegada para el Medio Ambiente -CDMA- de la Implementación de la Política Nacional para la Gestión Integral del Recurso Hídrico (2015-2018). https://observatorioambiental.contraloria.gov.co/SitePages/noticias/noticias/20200811%20Boletin%20gestion%20integral%20del%20recurso%20hidrico.aspx

10. DANE. (s. f.). *Hoja metodológica de indicadores*. Dane.https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/pib/ambientales/cuentas_ambientales/indicadores/cuenta-ambiental-y-economica-de-flujos-del-agua/productividad-hidrica/hoja-metodologica-productividad-hidrica.pdf

11. Departamento Nacional de Planeación. (s. f.). *Misión de crecimiento verde* . https://www.dnp.gov.co/Crecimiento-Verde/Paginas/Misi%C3%B3n-de-crecimiento-verde.aspx

12. Departamento Nacional de Planeación. (2018). *Colombia hacia el crecimiento verde*. Departamento Nacional de Planeación. https://www.dnp.gov.

co/Crecimiento-Verde/Documents/eventos/cierre/PDF_Colombia%20hacia%20el%20crecimiento%20verde_MP.pdf

13. Douben, K. J. (2006). Characteristics of river floods and flooding: A global overview, 1985-2003. *Irrigation and Drainage, 55*. https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1002/ird.239

14. Duque, F. (2020, 10 de abril). La deforestación en Colombia no para. *Semana*. https://sostenibilidad.semana.com/opinion/articulo/la-deforestacion-en-colombia-no-para/49828

15. FCDS. (2020, 14 mayo). Reporte FCDS deforestación amazonia colombiana 2020. *FCDS Conservación y Desarrollo* https://fcds.org.co/publicaciones/reporte-fcds-deforestacion-amazonia-colombiana-2020/

16. Funk, C., Peterson, P., Landsfeld, M., Pedreros, D., Verdin, J., Shukla, S., Husak, G., Rowland, J., Harrison, L., Hoell, A. y Michaelsen, J. (2015). The climate hazards infrared precipitation with stations-a new environmental record for monitoring extremes . *Scientific Data*, *2*. https://www.nature.com/articles/sdata201566

17. Gleick, P., Cooley, H., Kratz, D., Lee, E., Morrison, J., Palaniappan, M., Samulon, A. y Wolff, G. (2006). *The World´s Water 2006-2007: The Biennial Report on Freshwater Resources*. Pacific Institute for Studies in Development.

18. Google. (2020). *Community Mobility Reports*. https://www.google.com/covid19/mobility/

19. Guterres, A. (2020, 28 de abril). A Time to Save the Sick and Rescue the Planet. *New York Times*. https://www.nytimes.com/2020/04/28/opinion/coronavirus-climate-antonio-guterres.html

20. Hall, J. y Borgomeo, E. (2013). Risk-based principles for defining and managing water security. *Philosophical Transactions A*, *371*. https://royalsocietypublishing.org/doi/10.1098/rsta.2012.0407

21. IDEAM. (s f.). *Sistema de monitoreo de bosques y carbono*. http://smbyc.ideam.gov.co/MonitoreoBC-WEB/reg/indexLogOn.jsp

22. IDEAM. (2015). *Estudio Nacional del Agua 2014*. IDEAM. http://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/023080/ENA_2014.pdf

23. IDEAM. (2017). *Mapas de Amenaza por Inundación*. Ideam.gov. http://www.ideam.gov.co/documents/24277/0/Presentaci%C3%B3n+amenaza+por+inundaci%C3%B3n/835cd7ee-7fb3-417c-ac6b-dd3d3a960cda

24. IDEAM. (2018a). *Resultados Monitoreo de la Deforestación 2018*. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. https://pidamazonia.com/sites/default/files/listado/Actualizacion_cifras-2018FINALDEFORESTACION.pdf

25. IDEAM. (2018b). *Segundo Reporte Bienal de Actualización de Colombia a la Convención Marco de las Naciones Unidas para el Cambio Climático*. IDEAM. http://www.ideam.gov.co/documents/24277/77448440/PNUD-IDEAM_2RBA.pdf/ff1af137-2149-4516-9923-6423ee4d4b54

26. IDEAM. (2019a). *Boletín de Detección Temprana de Deforestación*, *18*, *19*, *20*, *21*..

27. IDEAM. (2019b). *Estudio Nacional del Agua 2018*. IDEAM.

28. IDEAM. (2017). *Acciones de Adaptación al Cambio Climático en Colombia*. FMAM.

29. IRENA. (s. f.). *Wind energy*. Irena.https://www.irena.org/wind

30. Kron, W. (2005). Flood risk = hazard • values • vulnerability. *Water International, 30*, 58-68. https://doi.org/10.1080/02508060508691837

31. Li, Y., Ye, W., Wang, M., y Yan, X. (2009). Climate change and drought: a risk assessment of crop-yield impacts. *Climate research*, *39*, 31-46. https://doi.org/10.3354/cr00797

32. Liverman, D. M. (1990). Drought Impacts in Mexico: Climate, Agriculture, Technology, and Land Tenure in Sonora and Puebla. *Annals of the Association of American Geographers*, *80*(1), 49-72. https://www.jstor.org/stable/2563328

33. Martín, L. y Bautista, J. (2015). *Análisis, prevención y resolución de conflictos por el agua en América Latina y el Caribe*. Cepal. https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/37877/1/S1500220_es.pdf

34. Mckee, T. B., Doesken, N. J., y Kleist, J. (1993). *Eighth Conference on Applied Climatology*. Anaheim, California.

35. Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio. (2020). *Informe de Monitoreo SGP-APSB uso y ejecución de los recursos vigencia 2019*. Minvivienda.gov. https://www.minvivienda.gov.co/viceministerio-de-agua-y-saneamiento-basico/gestion-institucional/monitoreo-los-recursos-del-sgp-apsb

36. Ministerios de Hacienda y Crédito Público . (2020). *Plan Financiero 2020*. Ministerios de Hacienda y Crédito Público.

37. Naciones Unidas. (2015, 21 de octubre). *Resolución aprobada por la Asamblea General el 25 de septiembre de 2015*. https://unctad.org/system/files/official-document/ares70d1_es.pdf

38. Orjuela L. C. y López, M. O. (2013). Índice de alteración potencial de la calidad del agua (Versión 1.0).IDEAM.

39. Peña, H. (2016). *Desafíos de la seguridad hídrica en America Latina y el Caribe*. Cepal.

40. PNUD. (s. f.). *Objetivos de Desarrollo Sostenible*. https://www.undp.org/content/undp/es/home/sustainable-development-goals.html

41. Prasantha Hapuarachchi, H. A., y Wang, Q. J. (2008). *A review of methods and systems available for flash flood forecasting*. CSIRO. https://publications.csiro.au/rpr/download?pid=csiro:EP122936&dsid=DS7

42. RAP-E. (2020). *Plan Regional de Seguridad Hídirica* . RAP-E Región Central.

43. Reed, M. S., Podesta, G., Fazey, I., Geeson, N., Hessel, R., Hubacek, K., Letson, D., Nainggolan, D., Prell, C., Rickenbach, M. G., Schwilch, G., Stringer, L. C. y Thomas, A. D. (2013). Combining analytical frameworks to assess livelihood vulnerability to climate change and analyse adaptation options. *Ecological Economics*, *94*, 66-77. https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2013.07.007

44. Ruiz Rotta, A. M. y González Gómez, O. C. (2015, 14 de julio). *Período de retorno de Sequía Agrícola Temporada Lluviosa Primer Semestre durante el periodo 1981-2010. Año 2014*. http://geoservicios.ideam.gov.co/geonetwork/srv/spa/catalog.search#/metadata/6d90086c-b351-4dc0-8bf6-30a56b710d9a

45. Sadoff, C. y Muller, M. (2010). *La Gestión del Agua, la Seguridad Hídrica y la Adaptación al Cambio Climático*. Global Water Partnership. https://app.ingemmet.gob.pe/biblioteca/pdf/Amb-131.pdf

46. Sivakumar, M. (2013). Weather and Climate Extremes: Need for and importance of the journal. *Weather and Climate Extremes*, *1*, 1-3. http://dx.doi.org/10.1016/j.wace.2013.08.002

47. Sivakumar, M. V., Motha, R. P., Wilhite, D., y Wood, D. A. (Eds.). (2011). *Agricultural Drought Indices. Proceedings of an expert meeting*. World Meteorological Organization. https://www.droughtmanagement.info/literature/WMO_agricultural_drought_indices_proceedings_2010.pdf

48. UNDP. (2020). *Climate Promise*. UNDP.https://www.undp.org/content/undp/en/home/climate-promise.html

49. UN-Water. (2013, 8 de mayo). *Water Security & the Global Water Agenda*. UN-Water.. https://

www.unwater.org/publications/water-security-global-water-agenda/

**50.** Van Loon, A. F. (2012). Evaluation of drought propagation in an ensemble mean of large-scale hydrological models. *Hydrology and Earth System Sciences, 16*, 4057-4078. https://doi.org/10.5194/hess-16-4057-2012

**51.** Van Loon, A. F. (2013). *On the propagation of drought: How climate and catchment characteristics influence hydrological drought development and recovery* [tesis doctoral]. Wageningen University.

**52.** Van Loon, A. F. y Laaha, G. (2015). Hydrological drought severity explained by climate and catchment characteristics. *Journal of Hydrology*, *526*, 3-14. https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2014.10.059

**53.** Wilhite, D. (1992). Drought. En W. A. Nierenberg (Ed.), *Encyclopedia Earth System Science* (pp. 81-92). Academic Press.

**54.** Wilhite, D. (2000). Drought as a Natural Hazard: Concepts and Definitions. En D. A. Wilhite (Ed.), *Drought: A Global Assessment*. Routledge.

**55.** Wilhite, D., Sivakumar, M., y Pulwarty, R. (2014). Managing drought risk in a changing climate: The role of national drought policy. *Weather and Climate Extremes*, *3*, 4-13. https://doi.org/10.1016/j.wace.2014.01.002

**56.** Wilhite, D., Svoboda, M., y Hayes, M. (2007). Understanding the complex impacts of drought: A key to enhancing drought mitigation and preparedness. *Water Resources Management*, *51*(5), 763-774. http://dx.doi.org/10.1007/s11269-006-9076-5

**57.** Yevjevich, V. (1967). An objective approach to definitions and investigations of continental hydrologic droughts. *Journal of Hydrology*, *7*(3), 353-353. https://mountainscholar.org/bitstream/handle/10217/61303/HydrologyPapers_n23.pdf;sequence=1




REGIÓN
CENTRAL
RAP-E | Estamos Construyendo Región
PNUD