

CAPÍTULO V. ANÁLISIS DE LAS DETERMINANTES AMBIENTALES- INELUDIBLE 3

Tabla de contenido

CAPÍTULO V. ANÁLISIS DE LAS DETERMINANTES AMBIENTALES	1
Índice de Figuras.....	5
Índice de Tablas.....	5
1. CARACTERIZACIÓN HIDRICA: Oferta y demanda de agua. Será desarrollado por DGIRH (Estudio Nacional del agua DGIRH)	7
1.1 Contexto hidrográfico regional y función ecosistémica del complejo del páramo Cruz Verde Sumapaz.	7
1.2 Red hídrica superficial asociada al complejo de páramos Cruz Verde – Sumapaz.....	11
1.3 Generalidades.....	11
1.4 Organización hidrográfica regional	12
1.5 Entidades territoriales y principales sistemas hídricos asociados	13
1.6 Sistemas hídricos estratégicos asociados al complejo	15
1.7 Sistemas lagunares y cuerpos lénticos	17
2. Oferta, disponibilidad y uso del recurso hídrico en las subzonas hidrográficas asociadas al complejo de páramos Cruz Verde–Sumapaz.....	19
2.1 Contexto hidroclimático de las subzonas hidrográficas asociadas al complejo	19
2.2 Oferta hídrica superficial	19
2.3 Variabilidad hidrológica y climática	20
2.4 Oferta hídrica disponible.....	21
2.5 Demanda y usos del recurso hídrico.....	23
2.6 Balance general de la oferta y la demanda.....	25
3. Índices de estado y presión del recurso hídrico.....	25
3.1 Consideraciones generales.....	25
3.2 Índice de Aridez IA	26
3.3 Índice de Uso del Agua (IUA)	27
3.4 Índice de Regulación Hídrica (IRH)	28
3.5 Índice de Vulnerabilidad Hídrica al Desabastecimiento Hídrico (IVDH)	31
3.6 Índice de Calidad del Agua (ICA) e Índice de Alteración Potencial de la Calidad del Agua (IACAL).....	33
3.6.1 Índice de Calidad de Agua (ICA).....	33

3.6.2	Índice de Alteración Potencial de la Calidad del Agua (IACAL)	34
3.7	Síntesis de los indicadores del recurso hídrico	36
4.	Servicios ecosistémicos asociados al recurso hídrico	38
5.	Servicio de provisión de agua	39
6.	Servicio de Regulación hídrica	41
7.	Servicio de mantenimiento de calidad de agua	43
8.	Servicio de reducción de riesgos asociados al agua	45
8.1	Riesgo de desabastecimiento hídrico	45
8.2	Riesgo asociado a eventos de temporada húmeda	46
8.3	Riesgo por avenidas torrenciales	46
8.4	Riesgo de erosión y degradación de suelos	47
8.5	Variabilidad climática y cambio climático	47
9.	Síntesis de los servicios ecosistémicos Hídricos.....	48
10.	Dependencia territorial del recurso hídrico	50
11.	Dependencia de los sistemas de abastecimiento humano	51
12.	Dependencia de las actividades productivas del recurso hídrico.....	54
12.1	Sector agrícola en la vertiente Magdalena	54
12.2	Sector productivo en la vertiente Orinoco	55
12.3	Calidad del agua y sostenibilidad productiva	55
12.4	>55%.....	58
13.	Dependencia de ecosistemas acuáticos y áreas de importancia ambiental.....	60
13.1	Sistemas ecológicos dependientes del recurso hídrico.....	60
13.2	Caudales ecológicos y funcionamiento de los ecosistemas acuáticos	61
13.3	Bosques riparios y conectividad ecológica	61
13.4	Biodiversidad asociada a los ecosistemas hídricos	62
13.5	Dependencia ecológica y conservación del complejo.....	62
14.	Dependencia territorial por subzona hidrográfica	63
15.	Síntesis de la dependencia territorial del recurso hídrico.	68
16.	Soporte de los Parámetros de Protección de Fuentes Hídricas	70
16.1	. Objetivo.....	70
16.2	Justificación.....	70
17.	Estructura general de la propuesta	71
18.	Parámetros de protección de fuentes hídricas.....	72
18.1	Conservación y manejo de nacederos y zonas de recarga hídrica	72
18.2.	Metodología de aplicación en el territorio	73
18.3	Temporalidad.....	73

18.4 Actores institucionales	73
19. Conservación y restauración de áreas de importancia especial para el recurso hídrico y sus servicios ecosistémicos	74
19.1 Metodología de aplicación en el territorio	74
19.2 Temporalidad	75
19.3 Actores institucionales	75
19.4 Indicadores de seguimiento	75
20. Mantenimiento de la cobertura vegetal nativa en áreas de influencia hídrica.	75
20.1 Metodología de aplicación en el territorio	75
20.2 Temporalidad	76
20.3 Actores institucionales	76
20.4 Indicadores de seguimiento	76
21. Conservación de la función hidrológica del suelo	76
21.1 Metodología de aplicación en el territorio	77
21.2 Temporalidad	77
21.3 Actores institucionales	77
21.4 Indicadores de seguimiento	77
22. Mantenimiento de la conectividad hídrica superficial y subterránea...	78
22.1 Metodología de aplicación en el territorio	78
22.2 Temporalidad	78
22.3 Actores institucionales	79
22.4 Indicadores de seguimiento	79
23. Mantenimiento de la calidad del agua en las áreas de importancia especial para el recurso hídrico.....	79
23.1 Metodología de aplicación en el territorio	79
23.2 Temporalidad	80
23.3 Actores institucionales	80
23.4 Indicadores de seguimiento	80
24. Manejo de vertimientos y saneamiento rural	80
24.1 Metodología de aplicación en el territorio	81
24.2 Temporalidad	81
24.3 Actores institucionales	81
24.4 Indicadores de seguimiento	81
25. Uso eficiente y racional del agua	82
25.1 Metodología de aplicación en el territorio	82
25.2 Temporalidad	82
25.3 Actores institucionales	82

25.4	Indicadores de seguimiento	83
26.	Control de especies invasoras en área de importancia especial para el recurso hídrico	83
26.1	Metodología de aplicación en el territorio	83
26.2	Temporalidad	84
26.3	Actores institucionales	84
26.4	Indicadores de seguimiento	84
27.	Gestión y almacenamiento de aguas lluvias	84
27.1	Metodología de aplicación en el territorio	84
27.2	Temporalidad	85
27.3	Actores institucionales	85
27.4	Indicadores de seguimiento	85
28.	Monitoreo hidrológico y de calidad del agua	85
28.1	Metodología de aplicación en el territorio	86
28.2	Temporalidad	86
28.3	Actores institucionales	86
28.4	Indicadores de seguimiento	86
29.	Acuerdos del uso del agua para consumo humano y caudal ambiental	87
29.1	Metodología de aplicación en el territorio	87
29.2	Temporalidad	87
29.3	Actores institucionales	87
29.4	Indicadores de seguimiento	87
30.	Acuerdos de usos del suelo en áreas de importancia especial para el recurso hídrico	88
30.1	Metodología de aplicación en el territorio	88
30.2	Temporalidad	88
30.3	Actores institucionales	88
30.4	Indicadores de seguimiento	89
31.	Gestión comunitaria del agua	89
31.1	Metodología de aplicación en el territorio	89
31.2	Temporalidad	90
31.3	Actores institucionales	90
31.4	Indicadores de seguimiento	90
32.	Educación, cultura y gobernanza del agua	90
32.1	Metodología de aplicación en el territorio	91
32.2	Temporalidad	91
32.3	Actores institucionales	91

32.4	Indicadores de seguimiento	91
33.	Instrumentos económicos para la conservación hídrica	91
33.1	Metodología de aplicación en el territorio	92
33.2	Temporalidad	92
33.3	Actores institucionales	92
33.4	Indicadores de seguimiento	92
34.	Ordenamiento territorial basado en la estructura y función hídrica ...	93
34.1	Metodología de aplicación en el territorio	93
34.2	Temporalidad	93
34.3	Actores institucionales	93
34.4	Indicadores de seguimiento	94
35.	Recuperación funcional de cuerpos de agua y microcuencas degradadas	94
35.1	Metodología de aplicación en el territorio	94
35.2	Temporalidad	94
35.3	Actores institucionales	95
35.4	Indicadores de seguimiento	95
36.	Protección de la disponibilidad del recurso hídrico	95
36.1	Metodología de aplicación en el territorio	95
36.2	Temporalidad	96
36.3	Actores institucionales	96
36.4	Indicadores de seguimiento	96
37.	. Consideraciones finales	96

Índice de Figuras

Figura 1	Localización Hidrográfica Regional Del Complejo De Páramos Cruz Verde– Sumapaz.	8
Figura 2	Divisoria Hidrográfica Y Vertientes Asociadas Al Complejo De Páramos Cruz Verde–Sumapaz.....	10
Figura 3	Red Hídrica Superficial Asociada Al Complejo De Páramos Cruz Verde– Sumapaz.	12
Figura 4	Sistemas Lagunares Y Cuerpos De Agua Lénticos Asociados Al Complejo De Páramos Cruz Verde–Sumapaz.	18

Índice de Tablas

Tabla 1 Subzonas Hidrográficas Asociadas Páramo De Sumapaz	7
Tabla 2 Principales Conexiones Hidrográficas Asociadas Al Complejo De Páramos Cruz Verde-Sumapaz.....	9
Tabla 3 Principales Sistemas Hídricos Por Municipios O Localidades Asociadas Al Complejo De Páramos Cruz Verde-Sumapaz.	14
Tabla 4 Oferta Hídrica Superficial Por Área Hidrográfica	20
Tabla 5 Oferta Hídrica Superficial Y Disponible Por Área Hidrográfica	22
Tabla 6 Oferta Hídrica Superficial Y Disponible Por Subzona Hidrográfica.....	22
Tabla 7 Demanda Hídrica Por Sectores Y Subzonas Hidrográficas Asociadas Al Complejo Cruz Verde-Sumapaz.	23
Tabla 8 Índice De Aridez Para El Complejo De Páramos Cruz Verde Sumapaz	26
Tabla 9 Índice De Uso Del Agua (Iua) Por Subzona Hidrográfica Asociada Al Complejo Cruz Verde-Sumapaz	27
Tabla 10 Índice De Regulación Hídrica (Irh) Por Subzona Hidrográfica Asociada Al Complejo Cruz Verde-Sumapaz	29
Tabla 11 Rangos De Interpretación Del Índice De Regulación Hídrica (Irh)	29
Tabla 12 Índice De Vulnerabilidad Hídrica Al Desabastecimiento Hídrico (Ivdh) Por Subzona Hidrográfica Asociada Al Complejo Cruz Verde-Sumapaz	32
Tabla 13 Rangos De Interpretación Del Índice De Regulación Hídrica (Irh)	34
Tabla 14 Indicadores Del Recurso Hídrico Para El Complejo De Páramos Cruz Verde - Sumapaz (Irh)	36
Tabla 15 Servicios Ecosistémicos Asociados Al Recurso Hídrico En El Complejo De Páramos Cruz Verde - Sumapaz	48
Tabla 16 Actividades Productivas Y Demanda De Recurso Hídrico Por Subzona Hidrográfica	57
Tabla 17 Dependencia Del Recurso Hídrico Por Subzona Hidrográfica.....	64

1. CARACTERIZACIÓN HIDRICA: Oferta y demanda de agua. Será desarrollado por DGIRH (Estudio Nacional del agua DGIRH)

1.1 Contexto hidrográfico regional y función ecosistémica del complejo del páramo Cruz Verde Sumapaz.

El complejo de páramos Cruz Verde–Sumapaz constituye uno de los sistemas de alta montaña más importantes del país por su extensión, representatividad ecológica y contribución a la regulación del recurso hídrico. Su territorio se distribuye entre Bogotá D.C. y los departamentos de Cundinamarca, Meta y Huila, comprendiendo municipios y localidades cuyas dinámicas ambientales, sociales y productivas mantienen una estrecha relación con los servicios ecosistémicos proporcionados por este ecosistema estratégico.

Desde el punto de vista hidrográfico, el complejo se localiza sobre una zona de transición entre las áreas hidrográficas Magdalena–Cauca y Orinoco, participando en la generación y regulación de escorrentías superficiales asociadas a ambas vertientes. Esta condición determina su relación con múltiples sistemas hidrográficos regionales, entre los que se destacan las cuencas de los ríos Bogotá, Sumapaz, Cabrera, Blanco, Negro, Guayuriba, Ariari, Guape y Guayabero, así como numerosos drenajes de menor orden que estructuran la red hídrica de los municipios y localidades incluidos en el presente proceso de delimitación participativa.

Desde el punto de vista de la planificación y gestión del recurso hídrico, el complejo mantiene una relación funcional con siete subzonas hidrográficas oficiales definidas por el IDEAM, pertenecientes a las áreas hidrográficas Magdalena–Cauca y Orinoco. En la vertiente Magdalena se encuentran las subzonas hidrográficas río Cabrera (2114), río Sumapaz (2119) y río Bogotá (2120), correspondientes a la zona hidrográfica Alto Magdalena. Por su parte, en la vertiente Orinoco se localizan las subzonas hidrográficas río Guayabero Alto (3201), río Guape (3202), río Ariari (3206) y río Guayuriba (3502), integradas a la zona hidrográfica Meta. (Ver Tabla 1)

Tabla 1 Subzonas hidrográficas asociadas Páramo de Sumapaz

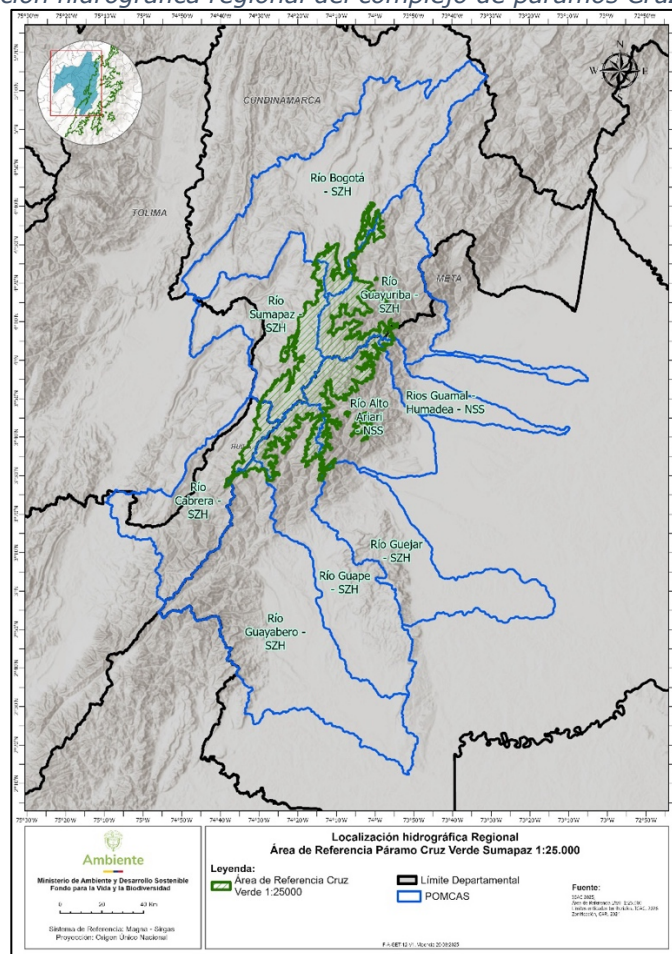
Código SZH	Nombre	Área hidrográfica	Zona hidrográfica
2114	Río Cabrera	Magdalena-Cauca	Alto Magdalena
2119	Río Sumapaz	Magdalena-Cauca	Alto Magdalena
2120	Río Bogotá	Magdalena-Cauca	Alto Magdalena
3201	Río Guayabero Alto	Orinoco	Meta
3202	Río Guape	Orinoco	Meta
3206	Río Ariari	Orinoco	Meta

3502	Río Guayuriba	Orinoco	Meta
-------------	----------------------	----------------	-------------

Fuente: IDEAM. Estudio Nacional del Agua 2022. Zonificación hidrográfica de Colombia (escala 1:100.000).

La presencia simultánea de estas subzonas hidrográficas evidencia la complejidad hidrológica del complejo y su papel como área estratégica para la generación, regulación y conectividad del recurso hídrico entre las vertientes Magdalena y Orinoco (Ver Figura 1). Esta configuración determina la existencia de múltiples sistemas de drenaje asociados a los municipios y localidades vinculados al proceso de delimitación participativa.

Figura 1 Localización hidrográfica regional del complejo de páramos Cruz Verde–Sumapaz.



Fuente: MADS, 2026

Dentro de este contexto regional, la cuenca del río Sumapaz constituye uno de los principales sistemas hidrográficos asociados al complejo. El río Sumapaz nace en la Cuchilla de Los Charcos, en la localidad de Sumapaz (Bogotá D.C.), a

aproximadamente 4.050 m s. n. m., dentro del sector sur del Parque Nacional Natural Sumapaz, y desemboca en el río Magdalena entre los municipios de Ricaurte (Cundinamarca) y Suárez (Tolima). Su cuenca abarca cerca de 305.911 ha organizadas en 14 subcuencas y más de 500 microcuencas, constituyéndose en uno de los sistemas hídricos más representativos de la vertiente occidental del complejo. (Ver Tabla 2).

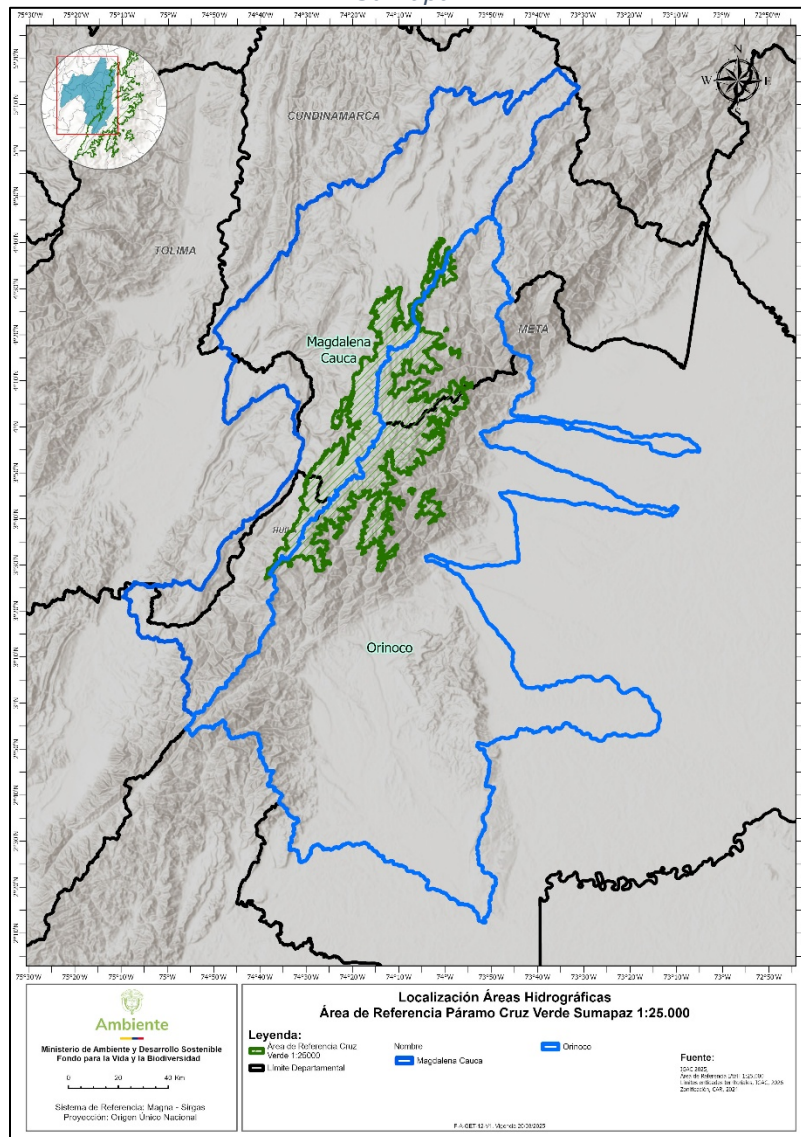
Tabla 2 Principales conexiones hidrográficas asociadas al complejo de páramos Cruz Verde–Sumapaz.

Vertiente	Sistemas hidrográficos principales	Municipios y localidades asociados
Magdalena	Río Bogotá, río Teusacá, río Tunjuelo, río Soacha, río Sumapaz y tributarios asociados	Chapinero, Santa Fe, Usaquén, Ciudad Bolívar, Usme, Sumapaz, La Calera, Choachí, Pasca, Sibaté, Soacha, Arbeláez, San Bernardo y Venecia
Orinoco Ariari	– Ríos Blanco, Negro, Guayuriba, Ariari, Güejar, Guape, Duda y Guayabero	Chipaque, Cáqueza, Ubaque, Une, Fosca, Guayabetal, Gutiérrez, Acacias, Guamal, El Castillo, Lejanías, Mesetas y La Uribe
Orinoco Guayabero	– Sistemas asociados al sector sur del complejo y zona de influencia del Huila	Colombia (Huila)

Fuente: Elaboración propia a partir de información hidrográfica oficial IDEAM, cartografía IGAC escala 1:25.000, POMCA vigentes y análisis territorial desarrollado para el presente DTS.

Uno de los rasgos hidrográficos más relevantes del complejo corresponde a su función como divisoria regional de aguas. Hacia el occidente, las corrientes superficiales drenan hacia las cuencas de los ríos Bogotá, Sumapaz y Cabrera, integrándose posteriormente al río Magdalena. Hacia el oriente, los drenajes alimentan las cuencas de los ríos Guayuriba, Ariari, Guape, Duda, Güejar y Guayabero, las cuales forman parte del sistema Meta–Orinoco. Esta condición permite que la regulación hídrica ejercida por el complejo beneficie territorios localizados tanto en la región Andina como en la Orinoquia colombiana (Ver Figura 2)

Figura 2 Divisoria hidrográfica y vertientes asociadas al complejo de páramos Cruz Verde–Sumapaz



Fuente: MADS, 2026

Desde el punto de vista ecosistémico, los ambientes de páramo, subpáramo, humedales altoandinos, turberas y bosques altoandinos cumplen una función fundamental en la regulación del ciclo hidrológico. Las coberturas vegetales y los suelos con alto contenido de materia orgánica favorecen procesos de almacenamiento, retención, infiltración y liberación gradual del agua, contribuyendo a la regulación de caudales y al mantenimiento de la oferta hídrica en las cuencas asociadas. Esta función resulta especialmente relevante para los

sistemas de abastecimiento que dependen de los recursos hídricos generados y regulados en el complejo.

La información presentada en este capítulo corresponde a una caracterización regional construida a partir de información secundaria oficial y tiene como finalidad contextualizar la importancia hidrográfica del complejo de páramos Cruz Verde–Sumapaz dentro del proceso de delimitación participativa. La estructura hidrográfica aquí descrita constituye el marco de referencia para el análisis de la red hídrica superficial, la oferta y disponibilidad del recurso hídrico, los indicadores de estado y presión, los servicios ecosistémicos asociados al agua y la dependencia territorial desarrollados en los capítulos siguientes.

1.2 Red hídrica superficial asociada al complejo de páramos Cruz Verde – Sumapaz

1.3 Generalidades

La red hídrica superficial asociada al complejo de páramos Cruz Verde–Sumapaz está conformada por un conjunto de corrientes permanentes e intermitentes, cuerpos lénticos, humedales altoandinos y nacimientos que estructuran la dinámica hidrológica del territorio. Debido a su ubicación sobre la cordillera Oriental, el complejo constituye una importante divisoria de aguas que alimenta sistemas hidrográficos pertenecientes tanto a la vertiente del río Magdalena como a la vertiente del río Orinoco.

La red de drenaje se desarrolla sobre ecosistemas de páramo, subpáramo y bosque altoandino que favorecen la generación, almacenamiento y regulación de los flujos hídricos superficiales. Estas corrientes conectan las áreas de alta montaña con las cuencas regionales y sustentan múltiples funciones ecológicas y sociales asociadas al abastecimiento de agua, el mantenimiento de ecosistemas acuáticos y el desarrollo de actividades productivas en territorios localizados dentro y fuera del ámbito del complejo.

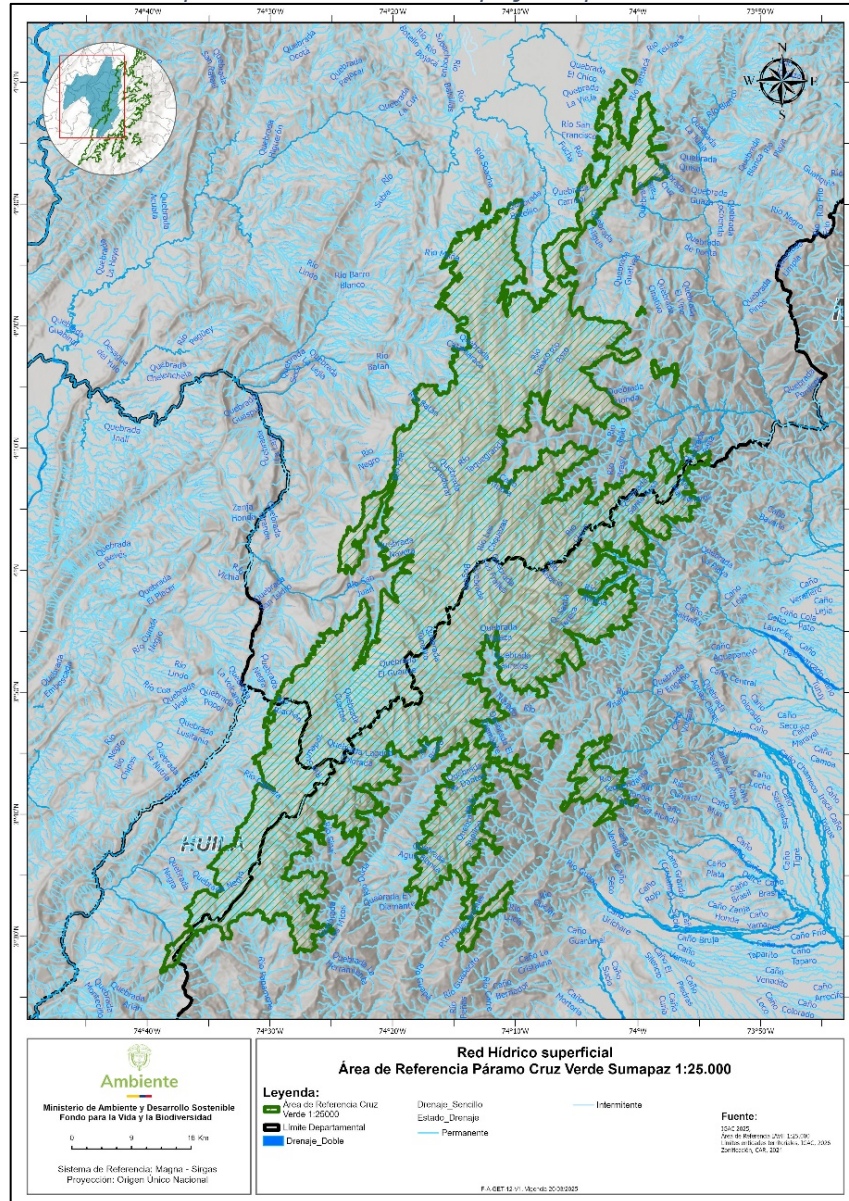
Desde una perspectiva regional, la red hídrica del complejo se encuentra asociada a siete subzonas hidrográficas oficiales definidas por el IDEAM: río Cabrera (2114), río Sumapaz (2119), río Bogotá (2120), río Guayabero Alto (3201), río Guape (3202), río Ariari (3206) y río Guayuriba (3502). Estas unidades hidrográficas constituyen el marco de referencia para la caracterización de los sistemas de drenaje, la oferta hídrica, los servicios ecosistémicos asociados al agua y la dependencia territorial analizados en los capítulos posteriores.

La caracterización de la red hídrica se desarrolló a partir de información secundaria oficial proveniente de la cartografía básica del Instituto Geográfico

Página 11 | 97

Agustín Codazzi (IGAC) a escala 1:25.000, la información hidrográfica del IDEAM, los Planes de Ordenación y Manejo de Cuencas Hidrográficas (POMCA) vigentes y demás instrumentos de planificación ambiental aplicables al área de estudio. (Ver Figura 3)

Figura 3 Red hídrica superficial asociada al complejo de páramos Cruz Verde-Sumapaz.



Fuente: MADS, 2026

1.4 Organización hidrográfica regional

La red hídrica asociada al complejo de páramos Cruz Verde–Sumapaz se distribuye en siete subzonas hidrográficas oficiales identificadas por el IDEAM. Tres de ellas corresponden a la vertiente Magdalena —río Cabrera (2114), río Sumapaz (2119) y río Bogotá (2120)— y cuatro a la vertiente Orinoco —río Guayabero Alto (3201), río Guape (3202), río Ariari (3206) y río Guayuriba (3502)—. Estas unidades constituyen el marco de referencia para la organización y análisis de la red hídrica regional asociada al complejo.

La red hídrica asociada al complejo se estructura a partir de dos grandes vertientes hidrográficas. La primera corresponde a la vertiente Magdalena, integrada por las subzonas hidrográficas río Cabrera (2114), río Sumapaz (2119) y río Bogotá (2120), las cuales drenan hacia el río Magdalena a través de sistemas hidrográficos estratégicos para Bogotá D.C., Cundinamarca y Huila. La segunda corresponde a la vertiente Orinoco, integrada por las subzonas hidrográficas río Guayuriba (3502), río Ariari (3206), río Guape (3202) y río Guayabero Alto (3201), cuyos drenajes confluyen posteriormente al río Meta y al río Orinoco.

Esta organización hidrográfica evidencia la función del complejo como articulador de procesos hidrológicos entre las regiones Andina y Orinoquia. Los flujos generados en los ecosistemas de páramo y subpáramo alimentan sistemas hidrográficos que abastecen poblaciones, sostienen actividades productivas y contribuyen al mantenimiento de la funcionalidad ecológica de cuencas localizadas dentro y fuera del área objeto del proceso de delimitación participativa.

La condición de divisoria regional de aguas convierte al complejo en un territorio estratégico para la conectividad hídrica nacional, dado que los recursos hídricos generados en sus ecosistemas alimentan sistemas hidrográficos que posteriormente se integran a las cuencas de los ríos Magdalena y Orinoco, dos de los principales ejes hidrográficos del país.

1.5 Entidades territoriales y principales sistemas hídricos asociados

La extensión geográfica del complejo de páramos Cruz Verde–Sumapaz genera una estrecha relación con múltiples sistemas hidrográficos regionales que estructuran la dinámica hídrica de los municipios y localidades incluidos en el proceso de delimitación participativa. Debido a la diversidad fisiográfica y a la condición de divisoria de aguas del complejo, las entidades territoriales vinculadas presentan conexiones con diferentes cuencas y subcuencas pertenecientes a las vertientes Magdalena y Orinoco. En este contexto, la Tabla 3 sintetiza los principales sistemas hídricos asociados a cada entidad territorial,

Página 13 | 97

permitiendo identificar su relación predominante con las cuencas hidrográficas que reciben los aportes generados en los ecosistemas de páramo y subpáramo.

Tabla 3 Principales sistemas hídricos por municipios o localidades asociadas al complejo de páramos Cruz Verde–Sumapaz.

Entidad territorial	Sistema hídrico principal asociado	Cuenca principal	Vertiente
Usaquén	Quebradas de los Cerros Orientales	Río Bogotá	Magdalena
Chapinero	Quebradas La Vieja, Las Delicias y afluentes asociados	Río Bogotá	Magdalena
Santa Fe	Quebradas de los Cerros Orientales	Río Bogotá	Magdalena
Usme	Río Tunjuelo y tributarios	Río Bogotá	Magdalena
Ciudad Bolívar	Río Tunjuelo y tributarios	Río Bogotá	Magdalena
Localidad de Sumapaz	Río Sumapaz y río Duda	Magdalena / Orinoco	Magdalena / Orinoco
Soacha	Río Soacha y río Bogotá	Río Bogotá	Magdalena
Sibaté	Sistema del río Bogotá	Río Bogotá	Magdalena
La Calera	Río Teusacá	Río Bogotá	Magdalena
Choachí	Río Blanco y quebradas asociadas	Sistema Blanco–Negro–Guayuriba	Orinoco
Ubaque	Río Blanco y tributarios	Sistema Blanco–Negro–Guayuriba	Orinoco
Une	Río Negro y tributarios	Sistema Negro–Guayuriba	Orinoco
Chipaque	Río Negro y tributarios	Sistema Negro–Guayuriba	Orinoco
Cáqueza	Río Negro y tributarios	Sistema Negro–Guayuriba	Orinoco
Fosca	Río Sanamé	Sistema Negro–Guayuriba	Orinoco
Guayabetal	Río Negro	Río Guayuriba	Orinoco
Gutiérrez	Río Sumapaz y tributarios	Río Sumapaz	Magdalena
Pasca	Río Sumapaz y tributarios	Río Sumapaz	Magdalena
Arbeláez	Río Negro y río Sumapaz	Río Sumapaz	Magdalena

San Bernardo	Río Negro y río Sumapaz	Río Sumapaz	Magdalena
Venecia	Río Sumapaz	Río Sumapaz	Magdalena
Colombia (Huila)	Tributarios del río Sumapaz	Río Sumapaz	Magdalena
Acacías	Río Acacías	Río Meta	Orinoco
Guamal	Río Guamal	Río Meta	Orinoco
El Castillo	Río Ariari	Río Ariari	Orinoco
Lejanías	Río Ariari	Río Ariari	Orinoco
Mesetas	Río Güejar y río Guape	Río Ariari	Orinoco
La Uribe	Río Duda y río Guayabero	Río Guayabero	Orinoco

Fuente: Elaboración propia a partir de información IDEAM, cartografía IGAC escala 1:25.000 y POMCA vigente

La distribución de los sistemas hidrográficos asociados a las entidades territoriales refleja la complejidad fisiográfica e hidrológica del complejo. Mientras las localidades de Bogotá D.C. y los municipios localizados sobre la vertiente occidental presentan una relación predominante con los sistemas de los ríos Bogotá, Sumapaz y Cabrera, los municipios ubicados sobre la vertiente oriental mantienen una conexión funcional con las cuencas de los ríos Guayuriba, Ariari, Guape y Guayabero. Esta configuración evidencia la importancia regional del complejo como área generadora y reguladora de recursos hídricos para dos de las principales áreas hidrográficas del país.

Particularmente, la Localidad de Sumapaz constituye un caso singular dentro del área de estudio al presentar drenajes asociados tanto a la vertiente Magdalena como a la vertiente Orinoco, condición que refleja la complejidad hidrológica del complejo y su papel como divisoria regional de aguas

Nota: La asignación de cuencas y sistemas hídricos corresponde a la relación predominante entre las áreas del complejo de páramos Cruz Verde–Sumapaz y los sistemas hidrográficos regionales identificados mediante cartografía oficial, información hidrográfica del IDEAM y los instrumentos de planificación vigentes. Debido a la complejidad fisiográfica del territorio, algunos municipios pueden presentar drenajes secundarios asociados a sistemas hidrográficos diferentes a los aquí señalados.

1.6 Sistemas hídricos estratégicos asociados al complejo

La funcionalidad hidrológica del complejo de páramos Cruz Verde–Sumapaz se soporta en un conjunto de sistemas fluviales que conectan las áreas de páramo y subpáramo con las cuencas regionales de las vertientes Magdalena y Orinoco. Estas corrientes nacen, en términos generales, entre los 3.100 y los 4.200 m s. n. m., configurando redes de drenaje de alta densidad que desempeñan funciones esenciales para la regulación hídrica, el abastecimiento de agua y la conectividad ecológica regional.

En la vertiente Magdalena, asociada a las subzonas hidrográficas río Bogotá (2120), río Sumapaz (2119) y río Cabrera (2114), destacan los sistemas de los ríos Bogotá, Tunjuelo, Teusacá, Soacha, Sumapaz y Cabrera. El río Sumapaz constituye uno de los principales ejes hidrográficos relacionados con el complejo y organiza gran parte de la red hídrica superficial de su sector occidental. Entre sus tributarios más representativos se encuentran los ríos Negro, Pilar, Cuja, Pagüey y Panches, los cuales contribuyen a la conectividad hidrológica entre las áreas de alta montaña y las zonas medias y bajas de la cuenca.

El río Negro adquiere especial relevancia en los municipios de Arbeláez, San Bernardo, Fosca y Guayabetal, donde articula una parte importante de los drenajes superficiales asociados a la cordillera Oriental antes de integrarse a sistemas hidrográficos de mayor jerarquía. De igual manera, el río Sanamé constituye uno de los afluentes estratégicos asociados al sistema Negro–Guayuriba y representa un elemento importante de la conectividad hídrica en el municipio de Fosca.

En la vertiente Orinoco, asociada a las subzonas hidrográficas río Guayuriba (3502), río Ariari (3206), río Guape (3202) y río Guayabero Alto (3201), sobresalen los sistemas de los ríos Blanco, Negro, Guayuriba, Ariari, Guape, Güejar, Duda y Guayabero. Estas cuencas reciben aportes provenientes de los sectores orientales y surorientales del complejo y constituyen elementos estructurantes de la red hídrica regional del piedemonte llanero.

Los municipios de Mesetas y La Uribe presentan una especial relevancia dentro de esta vertiente debido a su relación simultánea con sistemas asociados a las cuencas Ariari y Guayabero. En particular, el río Papamene corresponde a uno de los cauces de mayor longitud identificados en el área de estudio y constituye un afluente importante del río Guayabero, favoreciendo la conectividad hídrica de los ecosistemas localizados en el sector suroriental del complejo.

El patrón de drenaje predominante corresponde a configuraciones dendríticas, características de territorios montañosos donde las corrientes superficiales se desarrollan sin controles estructurales dominantes. De manera local se

presentan patrones paralelos y subparalelos asociados a las condiciones geomorfológicas y estructurales del relieve.

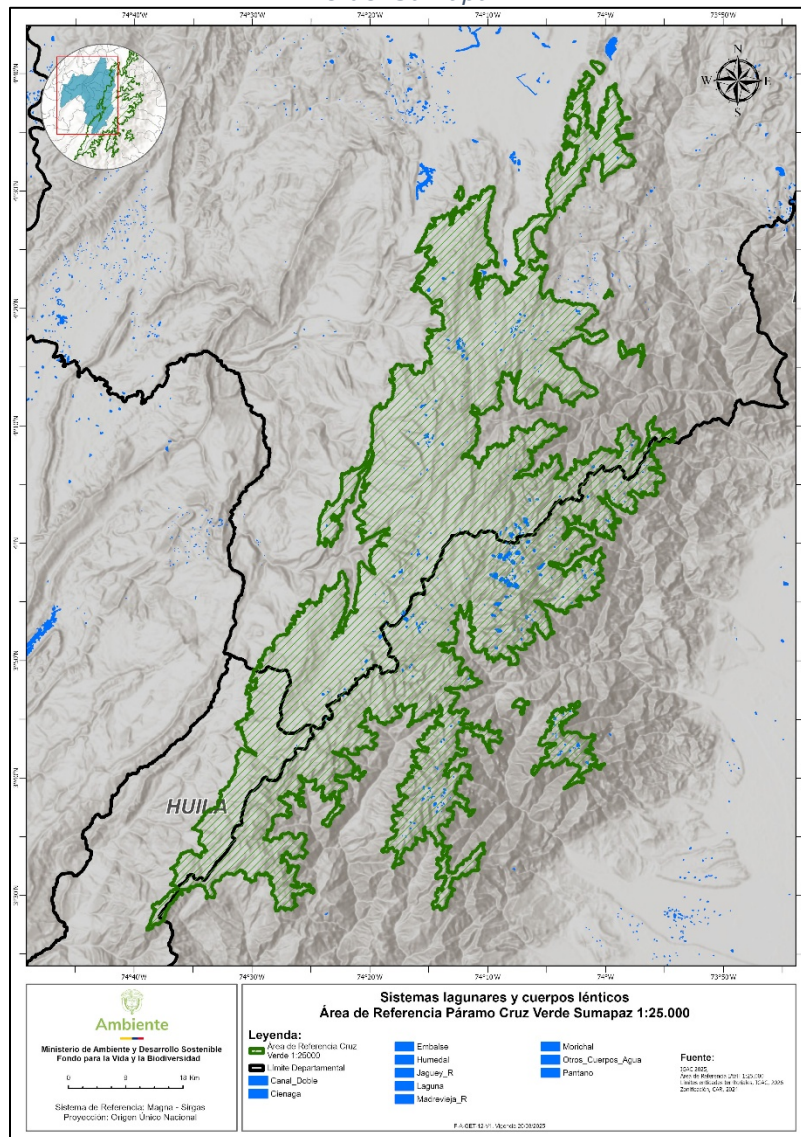
La configuración de esta red hídrica evidencia la estrecha relación existente entre los ecosistemas de páramo y la funcionalidad de las cuencas hidrográficas asociadas al complejo. La presencia de nacimientos, humedales, lagunas altoandinas y corrientes de cabecera contribuye al mantenimiento de procesos de regulación hídrica que soportan la oferta de agua, favorecen la conectividad ecológica y mantienen la funcionalidad hidrológica de las áreas hidrográficas Magdalena–Cauca y Orinoco.

1.7 Sistemas lagunares y cuerpos lénticos

Los ecosistemas de páramo y subpáramo asociados al complejo Cruz Verde–Sumapaz albergan una importante diversidad de cuerpos de agua lénticos conformados por lagunas altoandinas, humedales, turberas y embalses que desempeñan funciones relevantes para la regulación del régimen hídrico regional.

Entre los sistemas más representativos se encuentran las lagunas localizadas en los sectores de Sumapaz, Mesetas y La Uribe, así como los embalses de Chisacá y La Regadera, integrados al sistema de abastecimiento de agua potable de Bogotá D.C. Estos cuerpos de agua favorecen el almacenamiento temporal de recursos hídricos, contribuyen a la regulación de caudales y proporcionan hábitats estratégicos para especies de flora y fauna propias de los ecosistemas altoandinos. (Ver Figura 4)

Figura 4 Sistemas lagunares y cuerpos de agua lénticos asociados al complejo de páramos Cruz Verde–Sumapaz.



Fuente: IGAC, 2020

Adicionalmente, los humedales altoandinos y las turberas presentes en diferentes sectores del complejo desempeñan funciones complementarias de almacenamiento, retención y liberación gradual del agua, contribuyendo al mantenimiento de los caudales base de las corrientes superficiales asociadas a las siete subzonas hidrográficas analizadas.

La distribución y funcionalidad de estos sistemas lagunares constituye un componente fundamental de la estructura ecológica e hidrológica del complejo,

complementando los procesos de regulación desarrollados por las corrientes superficiales y los ecosistemas terrestres asociados.

La información presentada en este capítulo permite comprender la estructura física y funcional de la red hídrica superficial asociada al complejo Cruz Verde–Sumapaz y constituye la base para el análisis de oferta hídrica, disponibilidad, uso del recurso, indicadores de estado y presión, servicios ecosistémicos y dependencia territorial desarrollado en los capítulos siguientes.

2. Oferta, disponibilidad y uso del recurso hídrico en las subzonas hidrográficas asociadas al complejo de páramos Cruz Verde–Sumapaz

2.1 Contexto hidroclimático de las subzonas hidrográficas asociadas al complejo

La disponibilidad de recursos hídricos en el complejo de páramos Cruz Verde–Sumapaz se encuentra condicionada por la interacción entre factores climáticos, geomorfológicos y ecológicos que determinan la generación de escorrentía superficial y los procesos de almacenamiento y regulación presentes en las áreas de alta montaña. Debido a su ubicación sobre la cordillera Oriental, el complejo influye sobre cuencas hidrográficas pertenecientes tanto al área hidrográfica Magdalena–Cauca como al área hidrográfica Orinoco, las cuales presentan diferencias significativas en sus condiciones hidroclimáticas.

Las subzonas hidrográficas asociadas al Alto Magdalena presentan, en términos generales, menores valores de precipitación efectiva y rendimiento hídrico respecto a las cuencas de la vertiente oriental. Por el contrario, las subzonas hidrográficas vinculadas al área hidrográfica Orinoco registran mayores aportes de precipitación y mayores niveles de escorrentía superficial, favoreciendo una mayor disponibilidad relativa del recurso hídrico.

Estas diferencias condicionan el comportamiento hidrológico de las siete subzonas hidrográficas asociadas al complejo y constituyen un elemento fundamental para comprender las dinámicas de oferta, disponibilidad y presión sobre el recurso hídrico analizadas en los apartados siguientes.

2.2 Oferta hídrica superficial

La oferta hídrica superficial corresponde al volumen total de agua generado por los procesos naturales de precipitación, escorrentía y regulación presentes en una cuenca hidrográfica. De acuerdo con el Estudio Nacional del Agua – ENA

2022, las áreas hidrográficas Magdalena–Cauca y Orinoco presentan comportamientos diferenciados en términos de generación de recursos hídricos, asociados principalmente a las condiciones climáticas y fisiográficas de cada región. (Ver Tabla 4)

Tabla 4 Oferta hídrica superficial por área hidrográfica

Área hidrográfica	Área (km ²)	Escorrentía (mm)	Oferta total (Mm ³)	Caudal medio (m ³ /s)	Rendimiento (l/s/km ²)
Magdalena-Cauca	270.872	975	263.986	8.371	30,9
Orinoco	346.099	1.504	520.507	16.505	47,7

Fuente: IDEAM. ENA 2022,

La información del ENA 2022 evidencia diferencias significativas entre las dos áreas hidrográficas relacionadas con el complejo. Mientras el área hidrográfica Magdalena–Cauca registra una escorrentía media de 975 mm y un rendimiento hídrico de 30,9 l/s/km², el área hidrográfica Orinoco presenta una escorrentía media de 1.504 mm y un rendimiento hídrico de 47,7 l/s/km². Estos resultados indican que las cuencas asociadas a la vertiente oriental generan mayores volúmenes de agua por unidad de superficie y presentan condiciones más favorables de oferta hídrica superficial.

El ENA 2022 identifica al Alto Magdalena como una de las regiones con menores niveles de escorrentía del país, registrando en algunos sectores valores inferiores a 500 mm anuales. Esta condición resalta la importancia de los ecosistemas de páramo y subpáramo como elementos fundamentales para el almacenamiento temporal y la regulación de los recursos hídricos que abastecen las subzonas hidrográficas río Cabrera (2114), río Sumapaz (2119) y río Bogotá (2120).

Adicionalmente, la cuenca del río Sumapaz cuenta con agua subterránea como componente complementario de la oferta hídrica total. El POMCA del río Sumapaz identifica tres sistemas acuíferos principales: Valle del Río Magdalena, Honda y Grupo Guadalupe, cuyas áreas de recarga se encuentran estrechamente relacionadas con los ecosistemas de alta montaña presentes en el complejo.

Nota: Aunque las subzonas hidrográficas asociadas al área hidrográfica Orinoco presentan mayores niveles de oferta y disponibilidad hídrica, el análisis de demanda muestra que el sector agrícola constituye el principal usuario del recurso en todas las subzonas hidrográficas relacionadas con el complejo Cruz Verde–Sumapaz.

2.3 Variabilidad hidrológica y climática

La disponibilidad de agua en las subzonas hidrográficas asociadas al complejo presenta variaciones temporales relacionadas con los ciclos climáticos y la ocurrencia de fenómenos de variabilidad interanual, particularmente aquellos asociados a los fenómenos El Niño y La Niña.

Las cuencas pertenecientes al Alto Magdalena presentan un régimen hidrológico bimodal caracterizado por dos períodos lluviosos y dos períodos relativamente secos durante el año. Por su parte, las cuencas asociadas al área hidrográfica Orinoco presentan un comportamiento predominantemente monomodal, asociado a los regímenes climáticos del piedemonte llanero.

De acuerdo con el ENA (2022), el área hidrográfica Magdalena–Cauca registra una alta variabilidad hidrológica, alcanzando incrementos de escurrimiento cercanos al 50 % durante años húmedos y reducciones de aproximadamente el 21 % durante años secos. Estas condiciones generan fluctuaciones significativas en la disponibilidad hídrica regional y aumentan la importancia de los ecosistemas reguladores presentes en las zonas de alta montaña.

Durante períodos secos se presentan reducciones significativas en los caudales superficiales, particularmente en las cuencas con mayores niveles de demanda y presión sobre el recurso. En contraste, durante períodos húmedos se incrementa la disponibilidad hídrica y la capacidad de almacenamiento de los sistemas naturales asociados a las áreas de páramo y subpáramo.

El análisis de eventos históricos de sequía realizado por el IDEAM para el período 1983–2020 evidencia una recurrencia importante de fenómenos asociados al déficit hídrico en los departamentos vinculados al complejo. El Meta registró 714 eventos identificados, ubicándose entre los departamentos con mayor incidencia nacional, mientras que Tolima, Cundinamarca y Huila registraron 537, 484 y 427 eventos respectivamente. Estos resultados evidencian la importancia de los ecosistemas de páramo, humedales altoandinos y turberas como mecanismos naturales de amortiguación frente a escenarios de variabilidad climática extrema.

2.4 Oferta hídrica disponible

La oferta hídrica disponible (OHD) corresponde al volumen de agua potencialmente utilizable para los diferentes usos antrópicos una vez descontados los requerimientos mínimos necesarios para el mantenimiento de los ecosistemas acuáticos y la funcionalidad ecológica de las cuencas. (Ver Tabla 5).

Tabla 5 Oferta hídrica superficial y disponible por área hidrográfica

Área hidrográfica	OHD año medio (Mm³)	OHD como % de OHTS
Magdalena–Cauca	151.014	57,20%
Orinoco	379.896	73,00%

Fuente: IDEAM. ENA 2022. Período de referencia: 1991-2020.

La diferencia observada entre ambas áreas hidrográficas refleja condiciones contrastantes de disponibilidad del recurso. Mientras el área hidrográfica Orinoco conserva cerca de tres cuartas partes de su oferta hídrica total como oferta disponible, el área hidrográfica Magdalena–Cauca dispone de poco más de la mitad de los recursos generados naturalmente. Esta situación evidencia una mayor presión relativa sobre el recurso hídrico en las subzonas asociadas al Alto Magdalena, particularmente en las cuencas de los ríos Bogotá y Sumapaz.

Las diferencias en disponibilidad responden tanto a factores naturales como a las demandas existentes sobre el recurso. En consecuencia, las subzonas hidrográficas asociadas al área hidrográfica Magdalena–Cauca presentan una mayor sensibilidad frente a escenarios de disminución de caudales o incremento de las demandas sectoriales. Para el caso de las subzonas hidrográficas se presenta la siguiente Tabla 6

Tabla 6 Oferta hídrica superficial y disponible por subzona hidrográfica

Código SZH	Subzona hidrográfica	Área (km²)	Oferta hídrica total superficial – OHTS (Mm³)		Oferta hídrica disponible – OHD (Mm³)	
			Año medio	Año seco	Año medio	Año seco
2114	Río Cabrera	4.693	3.937	1.342	2.231	551
2119	Río Sumapaz	1.564	810	225	309	55
2120	Río Bogotá	9.596	2.389	631	176	23
3201	Río Guayabero Alto	9.862	15.567	7.085	11.021	4.528
3202	Río Guape	5.840	9.595	4.312	6.789	2.754
3206	Río Ariari	11.472	16.302	7.038	11.548	4.485
3502	Río Guayuriba	3.801	4.989	1.845	3.366	1.078

Fuente: IDEAM. ENA 2022. Período de referencia: 1991-2020.

De acuerdo con la anterior tabla, se puede concluir lo siguiente:

- Vertiente Magdalena (2114, 2119, 2120). Las tres cuencas tienen escorrentía baja y oferta limitada. El Río Bogotá es el caso más crítico del país: con apenas 176 Mm³ disponibles en año medio y 23 Mm³ en año seco. El Río Sumapaz está en el límite en año seco (55 Mm³ disponibles). Solo el Río Cabrera tiene margen razonable gracias a su mayor área y

escorrentía. Las tres tienen regulación baja a moderada, lo que hace al páramo indispensable para sostener caudales base.

- Vertiente Orinoco (3201, 3202, 3206, 3502). Las cuatro cuencas tienen escorrentía alta (1.300–1.600 mm/año), oferta abundante y presión mínima sobre el recurso. Guayabero Alto y Ariari superan los 11.000 Mm³ disponibles en año medio. La regulación es moderada en todas, con la OHD representando entre el 68% y 72% de la OHTS total.

La lectura de conjunto es que el páramo Sumapaz regula simultáneamente cuencas en emergencia hídrica (Bogotá, Sumapaz) y cuencas con abundancia relativa (piedemonte llanero), lo que lo convierte en un activo estratégico de escala nacional que no tiene sustituto con infraestructura artificial en el corto plazo.

2.5 Demanda y usos del recurso hídrico

La demanda hídrica en el área de influencia del complejo se encuentra asociada principalmente al abastecimiento de población, las actividades agropecuarias, los usos industriales, los servicios y otros usos productivos.

Las mayores demandas se concentran en las subzonas hidrográficas asociadas a los ríos Bogotá y Sumapaz, donde se localizan importantes centros poblados y actividades económicas de escala regional. Bogotá D.C. y Cundinamarca figuran entre los territorios con mayores demandas domésticas y de servicios del país, situación que se refleja particularmente en las cuencas asociadas a las subzonas hidrográficas 2120 y 2119.

Por su parte, las subzonas hidrográficas asociadas a la vertiente Orinoco presentan menores niveles relativos de presión debido a una menor densidad poblacional y mayores niveles de disponibilidad hídrica. No obstante, la expansión de actividades agropecuarias, infraestructura y cambios en el uso del suelo representan factores que podrían incrementar progresivamente la demanda de agua en estas cuencas (Ver Tabla 7).

Tabla 7 Demanda hídrica por sectores y subzonas hidrográficas asociadas al complejo Cruz Verde–Sumapaz.

Subzona Hidrográfica	Área hidrográfica	Sector dominante	Participación sector dominante	Segundo sector	Fuente
2114 – Río Cabrera	Magdalena–Cauca	Agrícola	39%	Energía (28%)	ENA 2022

2119 – Río Sumapaz	Magdalena–Cauca	Agrícola	75%	Industrial (16%)	POMCA 2017
2120 – Río Bogotá	Magdalena–Cauca	Agrícola	39%	Energía (28%)	ENA 2022
3201 – Río Guayabero Alto	Orinoco	Agrícola	>55%	Energía / Piscícola	ENA 2022
3202 – Río Guapé	Orinoco	Agrícola	>55%	Pecuario (11%)	ENA 2022
3206 – Río Ariari	Orinoco	Agrícola	>55%	Pecuario (11%)	ENA 2022
3502 – Río Guayuriba	Orinoco	Agrícola	>55%	Pecuario (11%)	ENA 2022

Fuente: IDEAM, ENA 2022, Tabla 49 y distribución porcentual por área hidrográfica. Los porcentajes para las SZH del Orinoco corresponden al promedio del área hidrográfica; los valores específicos por SZH se presentan en el Anexo 2 del ENA 2022.

La distribución sectorial de la demanda hídrica evidencia un predominio de las actividades agropecuarias en todas las subzonas hidrográficas asociadas al complejo Cruz Verde–Sumapaz. El sector agrícola constituye el principal usuario del recurso hídrico tanto en las subzonas hidrográficas del Alto Magdalena como en aquellas asociadas a la vertiente Orinoco, alcanzando participaciones superiores al 55 % en las cuencas del Meta y hasta el 75 % de la demanda total en la subzona hidrográfica del río Sumapaz.

En las subzonas hidrográficas pertenecientes al área hidrográfica Magdalena–Cauca se observa una mayor diversificación de los usos del agua. En los ríos Cabrera y Bogotá, el sector energético representa el segundo componente más importante de la demanda, con participaciones cercanas al 28 %, mientras que en la cuenca del río Sumapaz el sector industrial alcanza aproximadamente el 16 % de la demanda total reportada por el POMCA.

Por su parte, las subzonas hidrográficas asociadas al área hidrográfica Orinoco presentan una estructura de demanda dominada por las actividades agrícolas, complementadas por usos pecuarios, energéticos y piscícolas. Esta situación refleja las características productivas predominantes del piedemonte llanero y la importancia del recurso hídrico para el desarrollo de actividades agropecuarias regionales.

Los resultados permiten concluir que las actividades agrícolas constituyen el principal factor de demanda hídrica en las siete subzonas hidrográficas analizadas. En consecuencia, las estrategias de gestión integral del recurso hídrico y las acciones orientadas a la conservación de los ecosistemas de páramo

Página 24 | 97

adquieren especial relevancia para garantizar la sostenibilidad de los sistemas productivos que dependen de los recursos hídricos generados y regulados por el complejo.

2.6 Balance general de la oferta y la demanda

El análisis integrado de la oferta hídrica, la disponibilidad y los patrones de demanda evidencia comportamientos contrastantes entre las vertientes Magdalena y Orinoco asociadas al complejo de páramos Cruz Verde–Sumapaz. Mientras las subzonas hidrográficas del Alto Magdalena presentan menores niveles de escorrentía, una disponibilidad efectiva más limitada y mayores presiones derivadas de la concentración poblacional y económica, las subzonas asociadas al área hidrográfica Orinoco registran mayores rendimientos hídricos y menores niveles relativos de presión sobre el recurso.

Las diferencias observadas entre ambas áreas hidrográficas reflejan condiciones particulares de gestión del recurso hídrico. En las subzonas hidrográficas río Bogotá (2120), río Sumapaz (2119) y río Cabrera (2114), la combinación de mayores demandas sectoriales y menores niveles relativos de disponibilidad incrementa la importancia de los procesos de regulación natural desarrollados en los ecosistemas de páramo y subpáramo. Por su parte, las subzonas hidrográficas asociadas a la vertiente Orinoco presentan condiciones más favorables de oferta y disponibilidad hídrica, aunque con una fuerte dependencia de las actividades agropecuarias que constituyen el principal uso del recurso en estas cuencas.

En las siete subzonas hidrográficas analizadas, el sector agrícola se identifica como el principal demandante del recurso hídrico, alcanzando participaciones superiores al 55 % en las cuencas asociadas al área hidrográfica Orinoco y hasta el 75 % de la demanda total en la subzona hidrográfica del río Sumapaz. Esta condición resalta la importancia de promover estrategias de uso eficiente del agua y fortalecer los procesos de conservación de los ecosistemas que sustentan la oferta hídrica regional.

3. Índices de estado y presión del recurso hídrico

3.1 Consideraciones generales

La evaluación de las condiciones del recurso hídrico asociadas al complejo de páramos Cruz Verde–Sumapaz se realizó a partir de los principales indicadores oficiales desarrollados por el IDEAM en el Estudio Nacional del Agua – ENA 2022 y de los análisis de calidad del agua contenidos en el POMCA del río Sumapaz. Estos indicadores permiten evaluar las condiciones de disponibilidad, presión,

regulación, vulnerabilidad y calidad del recurso hídrico en las subzonas hidrográficas asociadas al complejo, aportando elementos para comprender la relación entre los ecosistemas de páramo y la sostenibilidad de los servicios hídricos regionales.

Los indicadores analizados corresponden al Índice de Aridez (IA), Índice de Uso del Agua (IUA), Índice de Regulación Hídrica (IRH), Índice de Vulnerabilidad al Desabastecimiento Hídrico (IVDH), Índice de Calidad del Agua (ICA) e Índice de Alteración Potencial de la Calidad del Agua (IACAL), los cuales constituyen referentes técnicos utilizados por el IDEAM para la evaluación integral del recurso hídrico a escala nacional y regional.

3.2 Índice de Aridez IA

El Índice de Aridez (IA) expresa la relación entre la oferta atmosférica de agua y la demanda potencial generada por las condiciones climáticas. Este indicador permite identificar territorios con mayores restricciones naturales para la disponibilidad hídrica y constituye un referente para la evaluación de escenarios de estrés hídrico asociados a la variabilidad climática.

De acuerdo con el ENA 2022, las subzonas hidrográficas localizadas en el área hidrográfica Magdalena–Cauca presentan condiciones de aridez relativamente superiores a las observadas en las cuencas asociadas a la vertiente Orinoco. Esta situación se relaciona con menores niveles de precipitación efectiva y mayores demandas atmosféricas de agua, particularmente en sectores del Alto Magdalena donde la escorrentía anual puede registrar valores inferiores a 500 mm.

Las condiciones de aridez identificadas para las subzonas hidrográficas del Alto Magdalena resaltan la importancia de los ecosistemas de páramo y subpáramo como elementos que contribuyen a amortiguar los efectos de la variabilidad climática y sostener la disponibilidad hídrica durante períodos secos (Ver Tabla 8).

Tabla 8 Índice de Aridez para el complejo de páramos Cruz Verde Sumapaz

SZH / Cuenca	Categoría IA	Observación ENA 2022
Río Bogotá (2120)	Moderado a deficitario (0,40–0,49)	El ENA 2022 señala déficit en partes altas de cordilleras alrededor de Bogotá y Tunja
Río Sumapaz (2119)	Moderado (0,30–0,39)	Transición zona altoandina–cuenca del Magdalena
Río Cabrera (2114)	Moderado a excedentes (0,20–0,29)	Cuenca media con mejores condiciones de humedad
Vertiente Orinoco (Río Guayabero Alto)	Excedentes a altos excedentes (<0,20)	El área Orinoco supera el 70% de su territorio en altos excedentes

Río Guape Río Ariari Río Guayuriba)		
--	--	--

Fuente: IDEAM. ENA 2022, Figura 12 y Tabla 9. Mapa nacional multianual del Índice de Aridez y categorías de clasificación.

3.3 Índice de Uso del Agua (IUA)

El Índice de Uso del Agua (IUA) expresa la relación existente entre la demanda hídrica y la oferta hídrica disponible, permitiendo identificar el nivel de presión ejercido por las actividades humanas sobre el recurso hídrico.

El ENA 2022 reporta que el área hidrográfica Magdalena–Cauca concentra una proporción significativa de las subzonas hidrográficas del país clasificadas en categorías críticas de uso del agua durante condiciones de año seco. Dentro del área de influencia del complejo, la subzona hidrográfica río Bogotá (2120) se clasifica en categoría Muy Alta y la subzona hidrográfica río Sumapaz (2119) en categoría Alta, reflejando la combinación de elevadas demandas y una disponibilidad relativamente limitada.

Por el contrario, las subzonas hidrográficas río Guayabero Alto (3201), río Guape (3202), río Ariari (3206) y río Guayuriba (3502) presentan menores niveles relativos de presión debido a la mayor disponibilidad hídrica existente en la vertiente Orinoco. (Ver Tabla 9)

Tabla 9 Índice de Uso del Agua (IUA) por subzona hidrográfica asociada al complejo Cruz Verde–Sumapaz

SZH	Nombre de la subzona hidrográfica	Área hidrográfica	IUA año medio	IUA año seco	Categoría año medio	Categoría año seco
2120	Río Bogotá	Magdalena–Cauca	> 50	> 100	Muy Alta	Crítica
2119	Río Sumapaz	Magdalena–Cauca	20–50	20–50	Alta	Alta
2114	Río Cabrera	Magdalena–Cauca	1–10	10–20	Baja	Moderada
3206	Río Ariari	Orinoco	1–10	10–20	Baja	Moderada
3502	Río Guayuriba	Orinoco	< 1	1–10	Muy Baja	Baja
3201	Río Guayabero Alto	Orinoco	< 1	1–10	Muy Baja	Baja

3202	Río Guape	Orinoco	< 1	1–10	Muy Baja	Baja
-------------	-----------	---------	-----	------	----------	------

Fuente: IDEAM, Estudio Nacional del Agua – ENA 2022. Tablas 56, 101 y 102. Para las subzonas hidrográficas río Bogotá (2120) y río Sumapaz (2119), las categorías corresponden a los resultados reportados explícitamente en el análisis integrado del ENA 2022. Para las demás subzonas, las categorías se establecen con base en la distribución regional de indicadores reportada para las áreas hidrográficas Magdalena–Cauca y Orinoco y deberán verificarse con los valores específicos contenidos en el Anexo 2 del ENA 2022.

Los resultados del Índice de Uso del Agua evidencian diferencias significativas entre las subzonas hidrográficas asociadas a las vertientes Magdalena y Orinoco. Las mayores presiones sobre el recurso hídrico se concentran en las subzonas río Bogotá (2120) y río Sumapaz (2119), localizadas en el Alto Magdalena. En particular, la subzona hidrográfica río Bogotá alcanza categoría Crítica durante condiciones de año seco, lo que indica que la demanda puede superar la oferta hídrica disponible, configurando escenarios de alta susceptibilidad frente a períodos de déficit hídrico.

La subzona hidrográfica río Sumapaz presenta categoría Alta tanto en año medio como en año seco, reflejando una presión significativa sobre el recurso hídrico que se mantiene incluso bajo condiciones hidrológicas normales. Esta situación resulta consistente con la importancia de la cuenca para el abastecimiento de poblaciones, actividades agropecuarias, usos industriales y servicios localizados en la región central del país.

Por su parte, las subzonas hidrográficas asociadas a la vertiente Orinoco presentan categorías entre Muy Baja, Baja y Moderada, asociadas a una mayor disponibilidad hídrica y menores niveles relativos de demanda. No obstante, el predominio de las actividades agropecuarias como principal uso del agua en las cuencas Ariari, Guape, Guayabero Alto y Guayuriba evidencia la necesidad de fortalecer estrategias de gestión preventiva orientadas al uso eficiente del recurso y a la conservación de las áreas generadoras de agua.

En conjunto, los resultados del IUA muestran que las mayores presiones sobre el recurso hídrico dentro del área de influencia del complejo Cruz Verde–Sumapaz se concentran en las subzonas hidrográficas del Alto Magdalena, reforzando la importancia de los ecosistemas de páramo y subpáramo como soporte de la oferta hídrica regional y como elemento fundamental para reducir la vulnerabilidad frente a escenarios de escasez.

3.4 Índice de Regulación Hídrica (IRH)

El Índice de Regulación Hídrica (IRH) evalúa la capacidad de una cuenca para almacenar agua durante períodos húmedos y liberarla gradualmente durante períodos secos. Este indicador constituye una medida indirecta de la estabilidad

del régimen hidrológico y de la capacidad natural de regulación desarrollada por los ecosistemas presentes en una cuenca.

El ENA 2022 reporta que aproximadamente el 82,2 % del área hidrográfica Orinoco presenta categorías de regulación alta y muy alta, mientras que en el área hidrográfica Magdalena–Cauca esta condición corresponde al 47,6 % del territorio. Adicionalmente, cerca del 10,2 % del área Magdalena–Cauca presenta regulación moderada.

Dentro de este contexto, la cuenca del río Sumapaz ha sido identificada como una de las subzonas hidrográficas con regulación moderada dentro del Alto Magdalena, situación que resalta la importancia de los ecosistemas de páramo, humedales y bosques altoandinos para mantener la estabilidad de los caudales y reducir la vulnerabilidad frente a períodos de déficit hídrico. (Ver Tabla 10).

Tabla 10 Índice de Regulación Hídrica (IRH) por subzona hidrográfica asociada al complejo Cruz Verde–Sumapaz

SZH	Nombre de la subzona hidrográfica	Área hidrográfica	Vertiente	IRH estimado	Categoría
2120	Río Bogotá	Magdalena–Cauca	Magdalena	0,75 – 0,85	Alta
2119	Río Sumapaz	Magdalena–Cauca	Magdalena	0,60 – 0,68	Moderada
2114	Río Cabrera	Magdalena–Cauca	Magdalena	0,60 – 0,68	Moderada a Baja
3206	Río Ariari	Orinoco	Orinoco	0,65 – 0,75	Moderada
3201	Río Guayabero Alto	Orinoco	Orinoco	0,65 – 0,75	Moderada
3202	Río Guape	Orinoco	Orinoco	0,65 – 0,75	Moderada
3502	Río Guayuriba	Orinoco	Orinoco	0,65 – 0,75	Moderada

Fuente: IDEAM, Estudio Nacional del Agua – ENA 2022 (Tabla 10, Figura 16 y sección 3.1.1.2); CAR–CORTOLIMA, POMCA río Sumapaz, Tablas 3.6.122 y 3.6.123 (2017). Los valores específicos por subzona hidrográfica deberán verificarse en el Anexo 2 del ENA 2022.

Tabla 11 Rangos de interpretación del Índice de Regulación Hídrica (IRH)

Categoría	Rango IRH	Interpretación
Muy Alta	> 0,85	Retención y regulación muy alta; elevada estabilidad hidrológica
Alta	0,75 – 0,85	Buena capacidad de almacenamiento y regulación

Moderada	0,65 – 0,75	Capacidad media de regulación; variaciones estacionales perceptibles
Baja	0,50 – 0,65	Baja capacidad de retención; mayor sensibilidad a períodos secos
Muy Baja	< 0,50	Muy baja capacidad de regulación; alta vulnerabilidad al desabastecimiento

Fuente: IDEAM, Estudio Nacional del Agua – ENA 2022 (Tabla 10, Figura 16 y sección 3.1.1.2); CAR–CORTOLIMA, POMCA río Sumapaz, Tablas 3.6.122 y 3.6.123 (2017). Los valores específicos por subzona hidrográfica deberán verificarse en el Anexo 2 del ENA 2022.

El Índice de Regulación Hídrica (IRH) permite evaluar la capacidad de una cuenca para almacenar agua durante los períodos de mayor precipitación y liberarla gradualmente durante las épocas secas. Este indicador constituye una medida indirecta de la estabilidad del régimen hidrológico y de la capacidad natural de regulación desarrollada por los ecosistemas presentes en una cuenca.

Los resultados evidencian que las subzonas hidrográficas asociadas al complejo presentan, en términos generales, capacidades de regulación entre moderadas y altas. La subzona hidrográfica río Bogotá (2120) registra las condiciones más favorables, asociadas tanto a la presencia de ecosistemas estratégicos de alta montaña como a la existencia de sistemas de almacenamiento y regulación hídrica que contribuyen a estabilizar los caudales.

Por su parte, la subzona hidrográfica río Sumapaz (2119) presenta una categoría de regulación moderada, resultado consistente tanto con el ENA 2022 como con los análisis desarrollados en el POMCA del río Sumapaz, donde las subcuencas evaluadas registran valores promedio cercanos a 0,61. Esta condición indica una capacidad intermedia de almacenamiento y regulación, suficiente para sostener parcialmente los caudales durante períodos secos, aunque susceptible a alteraciones derivadas de cambios en la cobertura vegetal y el uso del suelo. Las subzonas hidrográficas asociadas a la vertiente Orinoco presentan categorías predominantemente moderadas, reflejando la capacidad de los ecosistemas de páramo, subpáramo, humedales altoandinos y bosques altoandinos para contribuir a la regulación de los flujos hídricos que alimentan las cuencas del río Meta. En estas áreas, la regulación hídrica depende en gran medida del mantenimiento de la integridad ecológica de las zonas de cabecera y de los procesos naturales de almacenamiento desarrollados por los suelos orgánicos y sistemas húmedos de alta montaña.

En conjunto, los resultados del IRH evidencian que los ecosistemas asociados al complejo Cruz Verde–Sumapaz desempeñan un papel fundamental en la regulación del régimen hidrológico regional. La capacidad de almacenamiento y liberación gradual del agua contribuye a reducir la variabilidad de los caudales, mantener la disponibilidad hídrica durante períodos secos y disminuir la vulnerabilidad de las cuencas frente a eventos climáticos extremos.

3.5 Índice de Vulnerabilidad Hídrica al Desabastecimiento Hídrico (IVDH)

El Índice de Vulnerabilidad al Desabastecimiento Hídrico (IVDH) integra la información asociada a la presión sobre el recurso hídrico y a la capacidad de regulación de las cuencas, permitiendo estimar su susceptibilidad frente a posibles escenarios de escasez de agua. Este indicador relaciona los resultados del Índice de Uso del Agua (IUA) y del Índice de Regulación Hídrica (IRH), de manera que niveles elevados de demanda combinados con capacidades limitadas de regulación se traducen en mayores condiciones de vulnerabilidad.

La distribución del IVDH en las subzonas hidrográficas asociadas al complejo Cruz Verde–Sumapaz presenta un comportamiento consistente con los resultados obtenidos para los indicadores previamente analizados. Las mayores condiciones de vulnerabilidad se concentran en las subzonas hidrográficas pertenecientes al área hidrográfica Magdalena–Cauca, mientras que las subzonas de la vertiente Orinoco presentan condiciones relativamente más favorables asociadas a mayores niveles de disponibilidad hídrica y menores presiones sobre el recurso.

La subzona hidrográfica río Bogotá (2120) se identifica entre las cuencas con mayores condiciones de vulnerabilidad al desabastecimiento a nivel nacional. Esta situación responde a la combinación de una demanda que alcanza categorías críticas de uso del agua durante condiciones de año seco y una alta dependencia de los sistemas de regulación natural y artificial que soportan el abastecimiento regional. En esta cuenca, los potenciales impactos asociados a escenarios de escasez hídrica adquieren especial relevancia debido a la magnitud de la población y de las actividades económicas que dependen de sus recursos hídricos.

Por su parte, la subzona hidrográfica río Sumapaz (2119) presenta condiciones de vulnerabilidad alta, asociadas a la combinación de un IUA clasificado en categoría alta y una capacidad de regulación moderada. Los resultados del POMCA del río Sumapaz evidencian que durante condiciones de año seco una proporción significativa de sus subcuencas presenta elevados niveles de presión sobre la oferta hídrica disponible, situación que incrementa la susceptibilidad frente a escenarios de déficit hídrico.

La subzona hidrográfica río Cabrera (2114) registra condiciones intermedias de vulnerabilidad, coherentes con los niveles de demanda y regulación identificados para esta cuenca. Aunque las presiones sobre el recurso son menores en comparación con las observadas en las cuencas de los ríos Bogotá y Sumapaz,

la capacidad de regulación limitada en algunos sectores incrementa la sensibilidad frente a períodos prolongados de reducción de caudales.

En la vertiente Orinoco, las subzonas hidrográficas río Ariari (3206), río Guayuriba (3502), río Guape (3202) y río Guayabero Alto (3201) presentan condiciones de vulnerabilidad baja a media. Estas cuencas se benefician de una mayor oferta hídrica y de menores niveles relativos de presión sobre el recurso. Sin embargo, el predominio de actividades agropecuarias como principal uso del agua constituye un factor que deberá ser considerado en los procesos de planificación y gestión futura del recurso hídrico. (Ver Tabla 12)

Tabla 12 Índice de Vulnerabilidad Hídrica al Desabastecimiento Hídrico (IVDH) por subzona hidrográfica asociada al complejo Cruz Verde-Sumapaz

SZH	Nombre	Área hidrográfica	Vertiente	IVDH estimado	Categoría	Soporte
2120	Río Bogotá	Magdalena-Cauca	Magdalena	Alto	Muy Alta	ENA 2022, §3.6.10
2119	Río Sumapaz	Magdalena-Cauca	Magdalena	Moderado-Alto	Alta	ENA 2022, Tabla 102; POMCA río Sumapaz (2017)
2114	Río Cabrera	Magdalena-Cauca	Magdalena	Moderado	Media	Análisis integrado ENA 2022
3206	Río Ariari	Orinoco	Orinoco	Bajo-Moderado	Media	ENA 2022
3502	Río Guayuriba	Orinoco	Orinoco	Bajo	Baja	ENA 2022
3202	Río Guape	Orinoco	Orinoco	Bajo	Baja	ENA 2022
3201	Río Guayabero Alto	Orinoco	Orinoco	Bajo	Baja	ENA 2022

Fuente: IDEAM, Estudio Nacional del Agua – ENA 2022; CAR-CORTOLIMA, POMCA río Sumapaz (2017). Los valores específicos por subzona hidrográfica se encuentran en el Anexo 2 del ENA 2022.

Los resultados evidencian que la vulnerabilidad al desabastecimiento no depende exclusivamente de la disponibilidad del recurso hídrico, sino de la interacción entre la oferta disponible, la intensidad de uso y la capacidad de regulación de las cuencas. En las subzonas hidrográficas del Alto Magdalena, la combinación de demandas elevadas y capacidades de regulación moderadas genera

condiciones de mayor susceptibilidad frente a eventos de sequía y escenarios de variabilidad climática.

En este contexto, los ecosistemas de páramo, subpáramo, humedales y bosques altoandinos asociados al complejo Cruz Verde–Sumapaz desempeñan una función estratégica en la reducción de la vulnerabilidad al desabastecimiento, al contribuir al almacenamiento, regulación y liberación gradual de los recursos hídricos que abastecen las cuencas de ambas vertientes hidrográficas.

3.6 Índice de Calidad del Agua (ICA) e Índice de Alteración Potencial de la Calidad del Agua (IACAL)

La calidad del agua en las corrientes asociadas al complejo Cruz Verde–Sumapaz fue evaluada en el marco del POMCA del río Sumapaz mediante la aplicación del Índice de Calidad del Agua (ICA) y del Índice de Alteración Potencial de la Calidad del Agua (IACAL). Los análisis se desarrollaron a partir de campañas de monitoreo realizadas entre 2014 y 2018 en diferentes condiciones hidrológicas (época húmeda, media-húmeda y seca), incluyendo 45 puntos de monitoreo distribuidos en la corriente principal y en los principales afluentes de la subzona hidrográfica río Sumapaz (2119).

3.6.1 Índice de Calidad de Agua (ICA)

Los resultados del ICA evidencian un patrón espacial asociado al gradiente altitudinal y al nivel de intervención del territorio. En términos generales, las mejores condiciones de calidad se registran en las zonas de cabecera vinculadas a ecosistemas de páramo, subpáramo y bosque altoandino, mientras que las condiciones tienden a deteriorarse progresivamente hacia los sectores medios y bajos de la cuenca, donde se concentra una mayor intensidad de uso del suelo y de actividades productivas.

En las zonas de nacimiento y conservación, los valores del ICA se ubican predominantemente en categorías entre aceptable y regular para los distintos escenarios hidrológicos evaluados. Dentro de estos sectores destaca la zona de conservación del Alto Sumapaz, donde no se identificaron incumplimientos de los criterios de calidad evaluados, constituyéndose en uno de los sectores con mejores condiciones ambientales de la cuenca.

En los principales afluentes se observa una tendencia general de calidad entre regular y aceptable, con disminución gradual hacia las desembocaduras en aquellas subcuencas sometidas a mayores niveles de intervención. Los ríos San

Juan, Pilar y Quebrada Negra presentan incumplimientos puntuales asociados a concentraciones de hierro (Fe), parámetro que el POMCA identifica como una característica natural de la cuenca y no necesariamente relacionada con procesos de contaminación antrópica.

Por su parte, en los ríos Negro y Cuja se registran incumplimientos asociados principalmente a coliformes totales y fecales, incluso en algunos sectores de conservación, lo que evidencia la influencia de actividades pecuarias y procesos de escorrentía superficial. Las condiciones más desfavorables se presentan en las subcuencas de los ríos Panches y Subia, así como en los sectores bajos de la cuenca del río Sumapaz, donde se identifican concentraciones elevadas de demanda bioquímica de oxígeno (DBO), sólidos suspendidos totales (SST) y coliformes fecales.

En la corriente principal del río Sumapaz, la calidad del agua presenta condiciones aceptables en la parte alta y una tendencia al deterioro progresivo hacia aguas abajo. El POMCA identifica un incremento significativo de las presiones sobre la calidad del agua después de la confluencia con el río Panches, situación que se mantiene hasta la desembocadura del río Sumapaz en el río Magdalena.

Las variables que ejercen mayor influencia sobre el comportamiento del ICA corresponden a los coliformes fecales y coliformes totales, asociados principalmente a descargas de origen doméstico, actividades pecuarias y procesos de escorrentía. De manera complementaria, los análisis evidencian acumulación progresiva de nutrientes, particularmente nitratos y fosfatos, hacia los sectores bajos de la cuenca. La presencia de plomo (Pb) en algunos puntos de monitoreo, incluidos sectores de alta montaña, fue identificada como una condición que requiere estudios complementarios para determinar con mayor precisión su origen.

3.6.2 Índice de Alteración Potencial de la Calidad del Agua (IACAL)

El IACAL permite estimar el nivel potencial de alteración de la calidad del agua asociado a la carga contaminante generada en cada subcuenca en relación con la oferta hídrica disponible. Este indicador constituye una medida de presión sobre el recurso hídrico y permite identificar las áreas con mayor susceptibilidad al deterioro de la calidad del agua. (Tabla 13)

Tabla 13 Rangos de interpretación del Índice de Regulación Hídrica (IRH)

Subcuenca	IACAL año medio (OHR)	Categoría	IACAL año seco (OHR)	Categoría
-----------	-----------------------	-----------	----------------------	-----------

Río Alto Sumapaz	1	Baja	1,8	Moderada
Río San Juan	1	Baja	1	Baja
Río Pilar	1	Baja	1	Baja
Quebrada Negra	1	Baja	1	Baja
Río Medio Sumapaz	1,8	Moderada	4	Alta
Directos Icononzo–Pandi	2,2	Moderada	4	Alta
Río Paguey	2,0–2,4	Moderada	4,2	Alta
Río Juan López	3,0–3,6	Media–Alta	5	Muy Alta
Quebrada Apicalá	3,8	Alta	4,8	Muy Alta
Río Negro	4	Alta	5	Muy Alta
Río Cuja	3,8–4,0	Alta	5	Muy Alta
Directos Suárez–Ricaurte	4,2–4,8	Alta	5	Muy Alta
Directos Melgar–Nilo	4,8	Muy Alta	5	Muy Alta
Río Panches	5	Muy Alta	5	Muy Alta

Categorías IACAL: Baja = 1 / Moderada = 2 / Media–Alta = 3 / Alta = 4 / Muy Alta = 5. Fuente: CAR–CORTOLIMA, POMCA río Sumapaz, componente 3.9 Calidad de Agua, Tablas 3.9-40 a 3.9-42 (2017).

Los resultados evidencian diferencias significativas entre las subcuencas de alta montaña y aquellas localizadas en sectores medios y bajos de la cuenca. Las subcuencas Alto Sumapaz, San Juan, Pilar y Quebrada Negra registran categorías bajas de alteración potencial durante condiciones de año medio y mantienen niveles bajos o moderados durante períodos secos. Estas condiciones coinciden con sectores donde predominan coberturas naturales y ecosistemas estratégicos asociados al complejo de páramos Cruz Verde–Sumapaz.

En contraste, las subcuencas Río Negro, Río Cuja, Directos Suárez–Ricaurte, Directos Melgar–Nilo y Río Panches presentan categorías altas o muy altas de alteración potencial, particularmente durante condiciones de año seco. El río Panches registra los niveles más elevados de presión sobre la calidad del agua, manteniendo categoría Muy Alta en ambos escenarios hidrológicos evaluados.

Las cargas contaminantes de origen rural representan una proporción importante de las presiones identificadas sobre la calidad del agua, concentrándose principalmente en las subcuencas Panches, Cuja y Paguey. Estos resultados evidencian la influencia de las actividades agropecuarias y de los asentamientos rurales sobre la calidad de los recursos hídricos en los sectores medios y bajos de la cuenca.

La comparación entre las subcuencas localizadas en áreas de páramo y aquellas ubicadas en sectores con mayor transformación del territorio confirma la estrecha relación existente entre el estado de conservación de los ecosistemas y las condiciones de calidad del agua. En general, las áreas de cabecera asociadas al complejo presentan menores niveles de alteración potencial y mejores condiciones de calidad, mientras que las cuencas sometidas a mayores presiones antrópicas registran los valores más altos de deterioro.

De manera consistente, el Estudio Nacional del Agua 2022 reporta que el área hidrográfica Magdalena–Cauca concentra la mayor proporción de subzonas hidrográficas clasificadas en categorías altas y muy altas de alteración potencial de la calidad del agua durante condiciones de año seco, comportamiento que coincide con los resultados observados para las subcuencas de la cuenca del río Sumapaz.

En conjunto, los resultados del ICA y del IACAL evidencian que la conservación de los ecosistemas de páramo, subpáramo y bosque altoandino asociados al complejo Cruz Verde–Sumapaz contribuye no solo al mantenimiento de la oferta y regulación hídrica, sino también a la protección de la calidad del agua que abastece a las poblaciones y actividades productivas localizadas aguas abajo.

3.7 Síntesis de los indicadores del recurso hídrico

La evaluación integrada de los indicadores de uso, regulación, vulnerabilidad y calidad del agua evidencia diferencias significativas entre las subzonas hidrográficas asociadas al complejo Cruz Verde–Sumapaz. En términos generales, las mayores presiones sobre el recurso hídrico se concentran en las subzonas hidrográficas pertenecientes al área hidrográfica Magdalena–Cauca, mientras que las condiciones relativamente más favorables de disponibilidad y presión se registran en las cuencas asociadas a la vertiente Orinoco. (Ver Tabla 14).

Tabla 14 Indicadores del recurso hídrico para el complejo de páramos Cruz Verde - Sumapaz (IRH)

SZH	Nombre	IUA año medio	IUA año seco	IRH	IVDH	IACAL SZH año medio	IACAL SZH año seco
-----	--------	---------------	--------------	-----	------	---------------------	--------------------

Página 36 | 97

2120	Río Bogotá	Muy Alta	Crítica	Alta*	Muy Alta	Muy Alta	Crítica
2119	Río Sumapaz	Alta	Alta	Moderada	Alta	Alta	Alta
2114	Río Cabrera	Moderada	Moderada	Moderada-Baja	Media	Moderada	Alta
3206	Río Ariari	Baja	Moderada	Moderada	Media	Moderada	Moderada
3502	Río Guayuriba	Muy Baja	Baja	Moderada	Baja	Baja	Moderada
3202	Río Guapé	Muy Baja	Baja	Moderada	Baja	Baja	Baja
3201	Río Guayabero Alto	Muy Baja	Baja	Moderada	Baja	Baja	Baja

*La regulación Alta de la SZH 2120 responde principalmente a la infraestructura de embalses operada por la EAAB (Chisacá, La Regadera, Neusa), no a las condiciones naturales de regulación de sus cabeceras.

Fuente: IDEAM, ENA 2022, Tablas 56, 90, 101, 102 y 95 (2023). CAR-CORTOLIMA, POMCA río Sumapaz, Tablas 3.6.123, 3.6.130, 3.9-40 a 3.9-43 (2017).

Los resultados del Índice de Uso del Agua (IUA) muestran que las mayores presiones sobre el recurso hídrico se presentan en las subzonas hidrográficas río Bogotá (2120) y río Sumapaz (2119). La primera alcanza categoría Crítica durante condiciones de año seco, mientras que la segunda mantiene categoría Alta tanto en año medio como en año seco. En la cuenca del río Sumapaz, el sector agrícola concentra aproximadamente el 75 % de la demanda hídrica total y constituye el principal factor de presión sobre la oferta disponible.

En relación con la capacidad de regulación, ninguna de las subzonas hidrográficas analizadas presenta condiciones de regulación natural clasificadas como Muy Alta. La mayor parte de las cuencas se ubican en categorías Moderadas, con valores de IRH que reflejan una capacidad intermedia para almacenar agua durante períodos húmedos y liberarla gradualmente durante los períodos secos. Esta condición resalta la importancia de los ecosistemas de páramo, subpáramo, humedales altoandinos y bosques altoandinos como elementos fundamentales para el mantenimiento de la estabilidad hidrológica regional.

Los resultados del Índice de Vulnerabilidad al Desabastecimiento Hídrico (IVDH) reproducen el patrón identificado para el IUA. Las subzonas hidrográficas río Bogotá y río Sumapaz presentan las mayores condiciones de vulnerabilidad debido a la combinación de altas demandas, disponibilidad limitada y capacidades de regulación moderadas. Por el contrario, las subzonas hidrográficas asociadas a la vertiente Orinoco registran categorías de

vulnerabilidad entre bajas y medias, favorecidas por mayores niveles de oferta hídrica y menores presiones relativas sobre el recurso.

Los indicadores de calidad del agua muestran una relación consistente entre el estado de conservación de los ecosistemas de cabecera y las condiciones del recurso hídrico. Las subcuencas Alto Sumapaz, San Juan, Pilar y Quebrada Negra presentan los menores niveles de alteración potencial y las mejores condiciones de calidad del agua dentro de la cuenca. En contraste, las subcuencas río Panches, río Cuja, río Negro y los drenajes directos localizados en los sectores bajos registran las mayores presiones asociadas a cargas contaminantes de origen doméstico, agropecuario y municipal.

La información analizada permite concluir que la disponibilidad, regulación y calidad del recurso hídrico presentan una estrecha relación con el estado de conservación de los ecosistemas asociados al complejo Cruz Verde–Sumapaz. Las áreas de páramo y demás ecosistemas de alta montaña contribuyen de manera directa a la estabilidad de los caudales, a la reducción de la vulnerabilidad frente a eventos de déficit hídrico y al mantenimiento de mejores condiciones de calidad del agua en las cuencas abastecedoras.

En conjunto, los indicadores evaluados evidencian que las cuencas del Alto Magdalena presentan una mayor dependencia de los servicios ecosistémicos asociados al complejo, debido a la combinación de elevadas demandas, capacidades de regulación moderadas y mayores niveles de presión sobre la calidad del agua. Esta condición resalta la importancia de incorporar la gestión y conservación de los ecosistemas de alta montaña como un elemento estratégico para la sostenibilidad hídrica regional y para la reducción de riesgos asociados al desabastecimiento y deterioro de la calidad del recurso.

4. Servicios ecosistémicos asociados al recurso hídrico

Los ecosistemas que conforman el complejo de páramos Cruz Verde–Sumapaz desempeñan un papel fundamental en la generación de beneficios que sustentan el bienestar humano, el desarrollo de actividades productivas y el mantenimiento de la funcionalidad ecológica de las cuencas hidrográficas asociadas. Estos beneficios, denominados servicios ecosistémicos, corresponden a las contribuciones directas e indirectas que los ecosistemas proporcionan a la sociedad a través de sus procesos ecológicos y funciones naturales.

En el caso del complejo Cruz Verde–Sumapaz, los servicios ecosistémicos asociados al recurso hídrico adquieren una especial relevancia debido a su ubicación estratégica como divisoria de aguas entre las áreas hidrográficas Magdalena–Cauca y Orinoco. Los ecosistemas de páramo, subpáramo,

Página 38 | 97

humedales altoandinos, turberas y bosques altoandinos participan de manera directa en la generación, almacenamiento, regulación y protección de los recursos hídricos que abastecen las subzonas hidrográficas río Cabrera (2114), río Sumapaz (2119), río Bogotá (2120), río Guayabero Alto (3201), río Guape (3202), río Ariari (3206) y río Guayuriba (3502).

Los análisis desarrollados en los capítulos anteriores evidencian que las condiciones de oferta hídrica, regulación de caudales, vulnerabilidad al desabastecimiento y calidad del agua mantienen una estrecha relación con el estado de conservación de los ecosistemas de alta montaña presentes en el complejo. De igual manera, muestran que los beneficios derivados de estos ecosistemas trascienden el ámbito local, aportando recursos hídricos para el abastecimiento de poblaciones urbanas y rurales, el desarrollo de actividades agropecuarias, industriales y de servicios, así como para el mantenimiento de ecosistemas acuáticos localizados aguas abajo.

En este contexto, el análisis de los servicios ecosistémicos hídricos permite complementar la caracterización hidrológica realizada previamente, proporcionando una visión integrada de los beneficios que el complejo aporta a la sociedad y al territorio. Esta aproximación resulta particularmente relevante en el marco del proceso de delimitación participativa, en la medida en que facilita la comprensión de las relaciones de dependencia existentes entre los ecosistemas de páramo y los diferentes usuarios y sectores que se benefician de sus funciones ecológicas.

Para efectos del presente documento, se analizan los principales servicios ecosistémicos asociados al recurso hídrico generados por el complejo Cruz Verde–Sumapaz, incluyendo la provisión de agua, la regulación hídrica, el mantenimiento de la calidad del agua y la reducción de riesgos asociados a eventos de déficit hídrico y variabilidad climática. Estos servicios constituyen una de las expresiones más representativas de la contribución del complejo a la sostenibilidad ambiental y al desarrollo regional.

5. Servicio de provisión de agua

El servicio ecosistémico de provisión de agua corresponde a la capacidad de los ecosistemas para generar y suministrar recursos hídricos utilizados por las poblaciones, las actividades productivas y los ecosistemas localizados aguas abajo. En el complejo Cruz Verde–Sumapaz, este servicio se sustenta en la capacidad de los ecosistemas de páramo, subpáramo, humedales altoandinos, turberas y bosques altoandinos para captar, almacenar y liberar agua hacia las cuencas hidrográficas que nacen o reciben aportes directos desde el complejo.

La ubicación del complejo sobre la divisoria de aguas entre las áreas hidrográficas Magdalena–Cauca y Orinoco determina que el servicio de provisión de agua beneficie simultáneamente a ambas vertientes. Hacia el occidente, las aguas alimentan las subzonas hidrográficas río Cabrera (2114), río Sumapaz (2119) y río Bogotá (2120); hacia el oriente, aportan recursos hídricos a las subzonas río Guayabero Alto (3201), río Guape (3202), río Ariari (3206) y río Guayuriba (3502). Estas áreas hidrográficas registran ofertas hídricas superficiales superiores a 263.000 Mm³/año para Magdalena–Cauca y 520.000 Mm³/año para Orinoco, evidenciando la importancia regional del complejo como generador de recursos hídricos.

En la cuenca del río Sumapaz, el servicio de provisión de agua se expresa a través de una extensa red de fuentes abastecedoras. El POMCA identificó 112 microcuencas abastecedoras activas, equivalentes aproximadamente al 60 % del área total de la cuenca, las cuales suministran agua a acueductos municipales y veredales distribuidos en los municipios que integran la subzona hidrográfica. En municipios como Pasca, Cabrera y Arbeláez, numerosas corrientes de origen altoandino constituyen la base del abastecimiento para las comunidades rurales y urbanas. De igual manera, los embalses Chisacá y La Regadera, integrados al sistema de abastecimiento del sur de Bogotá, dependen de los aportes hídricos generados en las áreas de páramo y alta montaña asociadas al complejo.

La relevancia productiva de este servicio se refleja en los patrones de demanda hídrica identificados para las subzonas hidrográficas relacionadas con el complejo. En la cuenca del río Sumapaz, la demanda hídrica total asciende a 244.262 miles de m³/año (7,74 m³/s), de los cuales el sector agrícola concentra aproximadamente el 75 %. De manera similar, en las subzonas hidrográficas de la vertiente Orinoco las actividades agrícolas representan más del 55 % de la demanda hídrica sectorial. Estos resultados evidencian la estrecha dependencia de las actividades agropecuarias respecto a los recursos hídricos generados y regulados por los ecosistemas de alta montaña.

La provisión de agua se encuentra estrechamente relacionada con las condiciones de conservación de los ecosistemas que integran el complejo. Los análisis de calidad del agua desarrollados en el POMCA del río Sumapaz muestran que las zonas de nacimiento y conservación asociadas al ecosistema de páramo presentan las mejores condiciones de calidad de toda la cuenca. Particularmente, la zona de conservación del Alto Sumapaz constituye el único sector monitoreado donde no se registran incumplimientos de los criterios de calidad evaluados, reflejando la importancia de estos ecosistemas para el mantenimiento de fuentes hídricas aptas para el abastecimiento humano. Adicionalmente, el complejo alberga una importante red de humedales altoandinos, sistemas lagunares, bosques riparios y áreas de vegetación natural

que complementan el servicio de provisión de agua mediante procesos de almacenamiento, retención de sedimentos, estabilización de cauces y protección de nacimientos. Estos elementos contribuyen al mantenimiento de la funcionalidad hidrológica de las cuencas y al suministro permanente de agua hacia los diferentes usuarios localizados aguas abajo.

La importancia ambiental y social de este servicio ha motivado el desarrollo de iniciativas de conservación voluntaria orientadas a proteger las áreas abastecedoras. En la cuenca del río Sumapaz se han implementado acuerdos de conservación y esquemas de incentivos asociados a la protección de fuentes hídricas, reconociendo el papel que desempeñan los ecosistemas de páramo en la provisión de agua para las comunidades y actividades económicas de la región.

En conjunto, la información analizada evidencia que el complejo Cruz Verde–Sumapaz constituye un sistema estratégico para la provisión de agua en las vertientes Magdalena y Orinoco. La conservación de los ecosistemas que lo conforman resulta fundamental para garantizar la continuidad de este servicio ecosistémico y para mantener las condiciones de abastecimiento requeridas por las poblaciones, los sistemas productivos y los ecosistemas que dependen de sus recursos hídricos.

6. Servicio de Regulación hídrica

El servicio ecosistémico de regulación hídrica corresponde a la capacidad de los ecosistemas para almacenar agua durante los períodos de precipitación y liberarla gradualmente en las épocas de menor disponibilidad, contribuyendo a la estabilidad de los caudales y a la reducción de la variabilidad hidrológica. En el complejo Cruz Verde–Sumapaz, este servicio se sustenta en los suelos orgánicos y turberas del páramo y subpáramo, los humedales altoandinos, los sistemas lagunares y la vegetación de bosque altoandino, elementos que favorecen el almacenamiento temporal y la liberación progresiva del agua hacia la red hídrica superficial y subterránea.

El régimen climático de la cuenca del río Sumapaz presenta un comportamiento bimodal, con dos temporadas lluviosas principales entre marzo y mayo y entre septiembre y noviembre, intercaladas con períodos de menor precipitación. Estas condiciones generan variaciones naturales en los caudales de las corrientes superficiales, las cuales son amortiguadas por los ecosistemas de alta montaña mediante procesos de retención, infiltración y regulación hídrica. Como resultado, los ecosistemas asociados al complejo contribuyen al mantenimiento de los caudales base durante los períodos secos y reducen la velocidad de concentración de escorrentías durante eventos de precipitación intensa.

Los análisis desarrollados en el marco del POMCA del río Sumapaz muestran que los valores del Índice de Regulación Hídrica (IRH) para las subcuencas de la SZH 2119 oscilan entre 0,49 y 0,68, correspondientes principalmente a categorías de regulación baja y moderada. Las subcuencas Quebrada Negra, Río Medio Sumapaz, Directos Melgar–Nilo y Río Cuja presentan los valores más altos de regulación dentro de la cuenca, mientras que los sectores Directos Suárez–Ricaurte registran las condiciones menos favorables. Estos resultados reflejan una capacidad intermedia de almacenamiento y liberación gradual del agua, condición que adquiere especial importancia durante los períodos de estiaje.

De manera consistente, el Estudio Nacional del Agua – ENA 2022 identifica la subzona hidrográfica río Sumapaz dentro del grupo de cuencas con regulación moderada en el Alto Magdalena y señala condiciones similares para las cuencas de cabecera asociadas a la vertiente Orinoco. Esta situación evidencia que una parte importante de la estabilidad hidrológica regional depende directamente de la conservación de los ecosistemas que conforman el complejo.

En contraste, la subzona hidrográfica río Bogotá presenta categorías más altas de regulación, asociadas en parte a la presencia de infraestructura hidráulica de almacenamiento y regulación, incluyendo los embalses Chisacá, La Regadera y Neusa. No obstante, la operación de estos sistemas depende del mantenimiento de los aportes hídricos generados y regulados en las áreas de alta montaña.

La regulación hídrica desarrollada por el complejo se encuentra soportada por una amplia red de elementos naturales asociados al paisaje. En la cuenca del río Sumapaz se identifican 1.091 humedales que ocupan aproximadamente 286,8 ha, varios de ellos con instrumentos específicos de manejo y conservación. Estos sistemas actúan como reservorios naturales que contribuyen al almacenamiento temporal de agua y a la amortiguación de eventos extremos. Adicionalmente, la cuenca cuenta con cerca de 22.529 ha de bosques riparios o de galería que favorecen la infiltración, reducen la escorrentía superficial y contribuyen a la estabilidad de los cauces.

A estos elementos se suman las áreas de recarga hidrogeológica identificadas para los sistemas acuíferos Valle del Río Magdalena, Honda y Grupo Guadalupe. Las zonas de páramo y subpáramo constituyen sectores estratégicos para la infiltración y recarga de aguas subterráneas, las cuales complementan la oferta hídrica superficial y contribuyen a mantener la disponibilidad del recurso durante períodos de menor precipitación.

Desde una perspectiva territorial, el servicio de regulación hídrica beneficia simultáneamente a las cuencas de las vertientes Magdalena y Orinoco. En la

vertiente occidental, contribuye al mantenimiento de los caudales que abastecen poblaciones urbanas y rurales, sistemas de riego y el Sistema Sur de abastecimiento de Bogotá. En la vertiente oriental, favorece la estabilidad hidrológica de las cuencas de los ríos Ariari, Guape, Guayuriba y Guayabero, que alimentan el sistema hidrográfico del río Meta y, posteriormente, del río Orinoco.

Los resultados del Índice de Vulnerabilidad al Desabastecimiento Hídrico (IVDH) evidencian la importancia de este servicio ecosistémico para la seguridad hídrica regional. Las subzonas hidrográficas río Sumapaz y río Bogotá presentan las mayores condiciones de vulnerabilidad dentro del área de estudio, situación que refleja la estrecha relación existente entre la capacidad de regulación natural de las cuencas y la disponibilidad efectiva del recurso hídrico durante períodos secos.

En conjunto, la información analizada muestra que la regulación hídrica constituye uno de los servicios ecosistémicos más relevantes del complejo Cruz Verde–Sumapaz. La conservación de los ecosistemas de páramo, humedales altoandinos, turberas y bosques de alta montaña contribuye a mantener la estabilidad de los caudales, fortalecer la resiliencia frente a la variabilidad climática y reducir la vulnerabilidad de las poblaciones y actividades económicas que dependen de los recursos hídricos generados en estas áreas.

7. Servicio de mantenimiento de calidad de agua

El servicio ecosistémico de mantenimiento de la calidad del agua corresponde a la capacidad de los ecosistemas para conservar las condiciones físicas, químicas y biológicas del recurso hídrico mediante procesos naturales de retención de sedimentos, filtración, transformación de nutrientes y reducción de cargas contaminantes. En el complejo Cruz Verde–Sumapaz, este servicio es desarrollado por los ecosistemas de páramo, subpáramo, humedales altoandinos, turberas, bosques altoandinos y bosques riparios, los cuales protegen las áreas de nacimiento y recarga hídrica que abastecen las corrientes superficiales de las cuencas asociadas al complejo.

Los monitoreos de calidad del agua realizados en el marco del POMCA del río Sumapaz entre 2014 y 2018, en tres condiciones hidrológicas y a través de 45 puntos de seguimiento distribuidos en la cuenca, evidencian una relación directa entre el estado de conservación de los ecosistemas de alta montaña y las condiciones de calidad del recurso hídrico. En las zonas de nacimiento y conservación asociadas a coberturas naturales de páramo y bosque altoandino, el Índice de Calidad del Agua (ICA) se mantiene en categorías entre aceptable y regular para los diferentes escenarios hidrológicos evaluados.

Dentro de estos sectores destaca la zona de conservación del Alto Sumapaz, donde no se identificaron incumplimientos de los criterios de calidad evaluados para los usos analizados. De igual manera, las zonas de conservación de los ríos San Juan, Pilar, Paguey y de la quebrada La Palmara presentan condiciones favorables de calidad, registrando únicamente incumplimientos puntuales asociados a hierro (Fe) y manganeso (Mn), elementos que el POMCA identifica como características naturales de la cuenca y no como resultado de procesos de contaminación antrópica.

Las condiciones de calidad tienden a modificarse progresivamente hacia los sectores medios y bajos de la cuenca. Los resultados del Índice de Alteración Potencial de la Calidad del Agua (IACAL) muestran que las subcuencas de los ríos Negro y Cuja alcanzan categorías altas en condiciones de año medio y muy altas durante períodos secos, mientras que las subcuencas Directos Melgar-Nilo y río Panches mantienen categorías muy altas independientemente de la condición hidrológica analizada.

El análisis de las fuentes de presión realizado en el POMCA identifica al sector municipal como el principal aportante de cargas contaminantes en la cuenca, con aproximadamente el 82 % del total cuantificado, seguido por las actividades porcícolas con cerca del 14 %. A esta situación se suman aportes generados por actividades rurales y agropecuarias, particularmente en las subcuencas Panches, Cuja y Paguey, donde se concentra una proporción importante de las cargas contaminantes identificadas.

Entre las variables que más influyen sobre la calidad del agua se destacan los coliformes fecales, parámetro que presenta los menores valores en las zonas de conservación y un incremento progresivo hacia los sectores con mayor presencia de actividades agropecuarias y asentamientos humanos. De manera similar, los análisis evidencian una tendencia de acumulación de fosfatos y compuestos nitrogenados hacia los sectores bajos de la cuenca, asociada a procesos de escorrentía superficial y uso agropecuario del territorio.

La capacidad de los ecosistemas para mantener la calidad del agua se encuentra estrechamente relacionada con diversos elementos naturales presentes en el complejo. Los suelos orgánicos y turberas de páramo favorecen la retención de partículas y la regulación de parámetros fisicoquímicos antes de que el agua alcance la red de drenaje superficial. Los aproximadamente 22.529 ha de bosques riparios identificados en la cuenca contribuyen a estabilizar los cauces, reducir la erosión y disminuir el aporte de sólidos suspendidos hacia las corrientes. De manera complementaria, los 1.091 humedales registrados en la cuenca participan en procesos de almacenamiento temporal, retención de

nutrientes y transformación de compuestos asociados a la escorrentía proveniente de áreas intervenidas.

Los beneficios derivados de este servicio ecosistémico tienen una expresión directa sobre el abastecimiento de agua para consumo humano. Las fuentes localizadas en áreas de páramo y alta montaña presentan mejores condiciones de calidad y menores requerimientos de tratamiento en comparación con las corrientes localizadas en sectores medios y bajos de la cuenca, donde las presiones asociadas al uso del suelo generan mayores niveles de alteración del recurso hídrico.

A escala regional, el Estudio Nacional del Agua 2022 señala que el área hidrográfica Magdalena–Cauca concentra la mayor proporción de subzonas hidrográficas clasificadas en categorías altas y muy altas de alteración potencial de la calidad del agua durante condiciones de año seco. Este comportamiento coincide con los resultados observados para las subcuencas más intervenidas de la cuenca del río Sumapaz y resalta la importancia de las áreas de cabecera asociadas al complejo Cruz Verde–Sumapaz para el mantenimiento de condiciones favorables de calidad del agua.

En conjunto, la información disponible evidencia que los ecosistemas de páramo, humedales altoandinos, turberas y bosques asociados al complejo desempeñan una función esencial en la protección de la calidad del recurso hídrico. La conservación de estos ecosistemas contribuye a reducir las presiones sobre las fuentes abastecedoras, mantener mejores condiciones ambientales en las áreas de nacimiento y favorecer la disponibilidad de agua de calidad para las poblaciones, actividades productivas y ecosistemas que dependen de las cuencas asociadas al complejo.

8. Servicio de reducción de riesgos asociados al agua

El servicio ecosistémico de reducción de riesgos asociados al agua corresponde a la capacidad de los ecosistemas para disminuir la probabilidad y magnitud de impactos derivados de la variabilidad hidrológica, incluyendo eventos de desabastecimiento, déficit hídrico, sequías, crecientes, avenidas torrenciales y alteraciones en la disponibilidad del recurso. En el complejo Cruz Verde–Sumapaz, este servicio se encuentra estrechamente relacionado con la capacidad de regulación desarrollada por los ecosistemas de páramo, humedales altoandinos, turberas y bosques de alta montaña, los cuales contribuyen a amortiguar los efectos de los eventos extremos del ciclo hidrológico.

8.1 Riesgo de desabastecimiento hídrico

El Estudio Nacional del Agua (ENA 2022) identifica que, entre 1998 y 2021, 565 municipios del país registraron al menos un evento de desabastecimiento asociado a períodos secos. Para el período 2017–2021 se reportaron afectaciones en 207 municipios distribuidos en 16 departamentos, entre ellos Cundinamarca, que presenta una de las mayores incidencias tanto en número absoluto como en proporción de municipios afectados. El año 2019, bajo condiciones asociadas al fenómeno El Niño, registró el mayor número de afectaciones recientes sobre sistemas de abastecimiento.

En la subzona hidrográfica río Sumapaz (2119), los análisis desarrollados en el marco del POMCA evidencian que durante condiciones de año seco todas las subcuencas presentan niveles elevados de vulnerabilidad al desabastecimiento, mientras que once de las catorce subcuencas alcanzan categorías muy altas de presión por uso del agua. Estos resultados reflejan la estrecha dependencia de las cuencas frente a los procesos naturales de regulación desarrollados en las áreas de páramo y alta montaña.

8.2 Riesgo asociado a eventos de temporada húmeda

Los riesgos asociados al recurso hídrico no se limitan a períodos de escasez. El ENA 2022 reporta que entre 1998 y 2021 un total de 835 municipios registraron afectaciones en sus sistemas de abastecimiento durante temporadas lluviosas, principalmente por crecientes súbitas, movimientos en masa, inundaciones, avenidas torrenciales y daños sobre la infraestructura hidráulica. Para el período 2017–2021 se identificaron 254 municipios afectados en 28 departamentos.

La cobertura vegetal presente en los ecosistemas de páramo y bosque altoandino contribuye a reducir estos riesgos mediante la retención temporal de agua, la disminución de la velocidad de escorrentía y la regulación de los caudales que alcanzan la red hidrográfica principal. Estos procesos favorecen una respuesta hidrológica menos abrupta frente a eventos de precipitación intensa.

8.3 Riesgo por avenidas torrenciales

El POMCA del río Sumapaz identifica que más de la mitad del área de la cuenca presenta susceptibilidad media o alta frente a eventos de avenida torrencial. Esta condición está asociada principalmente a la combinación de relieve montañoso, pendientes pronunciadas y una red de drenaje densa que favorece la concentración rápida de escorrentías.

Las áreas con mayor susceptibilidad se localizan principalmente en sectores de la cordillera Oriental que comprenden municipios como Fusagasugá, Pasca, Cabrera, Venecia y Silvania, así como algunos sectores del valle superior del Magdalena. En este contexto, las coberturas naturales de páramo y bosque altoandino contribuyen a estabilizar laderas, reducir procesos erosivos y disminuir la velocidad de concentración de los flujos superficiales, favoreciendo una menor exposición de las cuencas frente a este tipo de eventos.

8.4 Riesgo de erosión y degradación de suelos

La pérdida de cobertura vegetal en las áreas de cabecera incrementa la susceptibilidad de las cuencas frente a procesos de erosión hídrica y generación de sedimentos. El ENA 2022 señala que el área hidrográfica Magdalena–Cauca concentra el mayor número de subzonas hidrográficas con categorías altas y muy altas de erosión hídrica potencial efectiva.

Los ecosistemas asociados al complejo contribuyen a reducir este riesgo mediante la protección de los suelos, la disminución de la escorrentía superficial y la estabilización de cauces y laderas. En la cuenca del río Sumapaz, los aproximadamente 22.529 ha de bosques riparios desempeñan una función relevante en la retención de sedimentos y en la reducción del aporte de sólidos hacia las corrientes superficiales.

8.5 Variabilidad y cambio climáticos

Los análisis desarrollados por el ENA 2022 muestran que el área hidrográfica Magdalena–Cauca presenta condiciones de variabilidad hidrológica moderada a muy alta en la totalidad de sus subzonas hidrográficas. Las fluctuaciones de la escorrentía asociadas a fenómenos climáticos como El Niño y La Niña generan cambios significativos en la disponibilidad de agua y en el comportamiento hidrológico de las cuencas.

En este contexto, los ecosistemas de páramo del complejo Cruz Verde–Sumapaz constituyen una infraestructura natural estratégica para la adaptación frente a escenarios de variabilidad y cambio climático. Su capacidad de almacenamiento, regulación e infiltración contribuye a amortiguar las fluctuaciones hidrológicas y a fortalecer la resiliencia de las cuencas frente a cambios en los patrones de precipitación y temperatura.

Los beneficios derivados de este servicio trascienden ampliamente el ámbito territorial del complejo. Municipios de Cundinamarca y Meta, localidades de Bogotá D.C., sistemas productivos, acueductos urbanos y rurales, así como

ecosistemas acuáticos localizados aguas abajo, dependen en distinta medida de la capacidad de regulación desarrollada en las áreas de páramo y alta montaña.

En conjunto, la información analizada evidencia que los ecosistemas asociados al complejo Cruz Verde–Sumapaz cumplen una función esencial en la reducción de riesgos relacionados con la disponibilidad y el comportamiento del recurso hídrico. La conservación de las áreas de páramo, humedales altoandinos, turberas y bosques de alta montaña contribuye a disminuir la vulnerabilidad frente al desabastecimiento, reducir los efectos de eventos hidrológicos extremos y fortalecer la seguridad hídrica regional en un contexto de creciente variabilidad climática.

9. Síntesis de los servicios ecosistémicos Hídricos

Los servicios ecosistémicos de provisión de agua, regulación hídrica, mantenimiento de la calidad del agua y reducción de riesgos operan de manera complementaria y sustentan el funcionamiento hidrológico de las siete subzonas hidrográficas asociadas al complejo Cruz Verde–Sumapaz. La Tabla xxx sintetiza los principales indicadores y resultados obtenidos para cada uno de estos servicios. (Ver Tabla 15)

Tabla 15 Servicios ecosistémicos asociados al recurso hídrico en el complejo de páramos Cruz Verde - Sumapaz

Servicio	Indicador clave	Dato cuantitativo
Provisión de agua	Demanda hídrica total SZH 2119	244.262 miles m³/año
	Microcuencas abastecedoras activas	112 = 60% del área de la cuenca
	Sector con mayor demanda	Agrícola: 75% del total en SZH 2119; >55% en Orinoco
	Área del complejo en cuenca Sumapaz	77.219 ha de las 315.065,7 ha totales
Regulación hídrica	IRH subcuencas SZH 2119	0,49 – 0,68 (Baja a Moderada en todas)
	Subcuencas vulnerables en año seco	14 de 14 (IV < 0,70)
	Humedales en la cuenca	1.091 cuerpos (286,8 ha)
	Bosque ripario	22.529 ha
Calidad del agua	Único punto sin incumplimientos	Zona conservación Alto Sumapaz
	Subcuencas IACAL Baja (año medio)	Alto Sumapaz, San Juan, Pilar, Quebrada Negra

	Subcuencas IACAL Muy Alta permanente	Panches, Directos Melgar–Nilo
	Principal fuente de contaminación	Sector municipal: 82% de cargas
Reducción de riesgos	Municipios susceptibles desabastecimiento seco	207 (2017–2021); Cundinamarca top 5
	Municipios susceptibles temporada lluvia	835 históricamente (1998–2021)
	Susceptibilidad torrencial SZH 2119	>50% del área en media a alta
	Subcuencas IUA Muy Alta en año seco	11 de 14 en SZH 2119

Fuentes: CAR–CORTOLIMA, POMCA río Sumapaz (2017). IDEAM, ENA 2022 (2023). Resolución 1434 de 2017, MADS.

El análisis integrado evidencia que la regulación hídrica constituye el elemento articulador de los demás servicios ecosistémicos asociados al recurso hídrico. Los valores de IRH registrados para las subcuencas de la SZH 2119 (0,49–0,68) y las condiciones de regulación moderada identificadas para las cuencas de cabecera asociadas a la vertiente Orinoco muestran que la disponibilidad hídrica regional depende en buena medida de los procesos naturales de almacenamiento, infiltración y liberación gradual del agua desarrollados por los ecosistemas de páramo y alta montaña.

Los resultados de calidad del agua complementan esta lectura. Las subcuencas Alto Sumapaz, San Juan, Pilar y Quebrada Negra presentan las menores condiciones de alteración potencial dentro de la cuenca, mientras que la zona de conservación del Alto Sumapaz constituye el único punto monitoreado donde no se registran incumplimientos de los criterios de calidad evaluados. Estos resultados evidencian la estrecha relación existente entre el estado de conservación de las coberturas naturales y el mantenimiento de condiciones favorables para el abastecimiento hídrico.

De manera simultánea, los indicadores de vulnerabilidad y presión sobre el recurso muestran que las cuencas asociadas a la vertiente Magdalena enfrentan mayores niveles de demanda y susceptibilidad frente a eventos de déficit hídrico. La presencia de once subcuencas con categorías muy altas de uso del agua durante condiciones de año seco, junto con los resultados del índice de vulnerabilidad al desabastecimiento, reflejan la importancia de los servicios ecosistémicos generados por el complejo para el sostenimiento de las actividades productivas, los sistemas de abastecimiento y los ecosistemas localizados aguas abajo.

Los procesos de conservación desarrollados en el territorio constituyen una evidencia adicional del reconocimiento institucional y comunitario de estos beneficios. En la cuenca del río Sumapaz se han implementado acuerdos voluntarios de conservación y mecanismos de incentivos asociados a la protección de áreas estratégicas para el recurso hídrico, orientados a mantener las condiciones ecológicas que sustentan la provisión, regulación y calidad del agua.

En conjunto, la información analizada confirma que los servicios ecosistémicos asociados al recurso hídrico representan uno de los principales aportes ambientales del complejo Cruz Verde–Sumapaz a las vertientes Magdalena–Cauca y Orinoco. La conservación de los ecosistemas de páramo, humedales altoandinos, turberas y bosques de alta montaña contribuye al mantenimiento de la oferta hídrica, la estabilidad de los caudales, la protección de la calidad del agua y la reducción de riesgos asociados a la variabilidad climática. Estos beneficios sustentan la seguridad hídrica regional y constituyen un elemento central para comprender las relaciones de dependencia existentes entre el complejo y los territorios que reciben los servicios generados en sus áreas de alta montaña.

10. Dependencia territorial del recurso hídrico

La dependencia territorial del recurso hídrico hace referencia al grado en que las poblaciones, actividades económicas, sistemas productivos, ecosistemas e infraestructuras localizadas dentro y fuera del complejo Cruz Verde–Sumapaz requieren de los recursos y servicios ecosistémicos asociados al agua para mantener sus funciones y condiciones de desarrollo. Esta dependencia se expresa a través de múltiples relaciones ecológicas, sociales y económicas que vinculan las áreas de alta montaña con los territorios ubicados aguas abajo.

Los análisis desarrollados en los capítulos anteriores evidencian que el complejo participa en la generación, regulación y mantenimiento de la calidad del agua que abastece las subzonas hidrográficas río Cabrera (2114), río Sumapaz (2119), río Bogotá (2120), río Guayabero Alto (3201), río Guape (3202), río Ariari (3206) y río Guayuriba (3502). Estas relaciones hidrológicas conectan ecosistemas de páramo y alta montaña con municipios, centros poblados, sistemas productivos, áreas protegidas y ecosistemas acuáticos localizados en las vertientes Magdalena–Cauca y Orinoco.

La dependencia territorial no se limita al abastecimiento directo de agua para consumo humano. Incluye también el sostenimiento de actividades agropecuarias, sistemas de riego, procesos industriales, generación de energía, conservación de ecosistemas acuáticos y mantenimiento de las condiciones

ambientales requeridas para el funcionamiento de las cuencas hidrográficas. En este contexto, la importancia del complejo trasciende el ámbito local y adquiere una dimensión regional asociada a la seguridad hídrica de los territorios que reciben los beneficios derivados de sus ecosistemas.

La identificación de estas relaciones de dependencia permite comprender el alcance territorial de los servicios ecosistémicos asociados al recurso hídrico y constituye un insumo relevante para el proceso de delimitación participativa, en la medida en que evidencia los vínculos existentes entre la conservación de los ecosistemas de alta montaña y el bienestar de las poblaciones y actividades que dependen de ellos.

11. Dependencia de los sistemas de abastecimiento humano

La dependencia territorial más directa asociada al complejo Cruz Verde-Sumapaz corresponde al abastecimiento de agua para consumo humano. Los ecosistemas de páramo, subpáramo, humedales altoandinos, turberas y bosques de alta montaña generan y regulan recursos hídricos que abastecen poblaciones urbanas y rurales en los departamentos de Cundinamarca, Meta, Huila y en el Distrito Capital. Diversas fuentes institucionales reconocen al complejo como uno de los sistemas estratégicos de abastecimiento hídrico más importantes del país, debido a su contribución al suministro de agua para amplios sectores de las vertientes Magdalena-Cauca y Orinoco.

En la subzona hidrográfica río Sumapaz (SZH 2119), el POMCA identificó 112 microcuencas abastecedoras activas, equivalentes aproximadamente al 60 % del área total de la cuenca, las cuales suministran agua a acueductos municipales, centros poblados rurales y sistemas veredales distribuidos en los municipios que integran la cuenca. Esta red de abastecimiento constituye uno de los principales mecanismos mediante los cuales los servicios ecosistémicos generados en las áreas de páramo se transfieren hacia las comunidades asentadas aguas abajo.

La Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca (CAR) adelanta procesos de legalización y fortalecimiento de 150 acueductos rurales en el departamento mediante el programa Agua Vida Rural, iniciativa orientada a mejorar la gestión comunitaria del recurso hídrico y fortalecer las condiciones de abastecimiento en zonas rurales. Los municipios de la provincia del Sumapaz participan activamente en este proceso, reflejando la importancia de las fuentes de agua originadas en las áreas de alta montaña para el suministro de agua potable.

En términos de demanda hídrica total, el municipio de Melgar concentra el mayor requerimiento de agua de la cuenca con 50.015 miles de m³/año, seguido por

Página 51 | 97

Pasca (35.359 miles de m³/año), Cabrera (34.220 miles de m³/año) y Fusagasugá (19.648 miles de m³/año). Por su parte, la demanda doméstica total de la SZH 2119 asciende a 16.511 miles de m³/año, distribuidos entre los sistemas de abastecimiento urbano y rural presentes en los municipios de la cuenca.

La dependencia de las fuentes hídricas originadas en el complejo se manifiesta de manera diferenciada en los municipios de la vertiente Magdalena. En el municipio de Pasca, dieciséis acueductos veredales captan agua directamente de corrientes asociadas a ecosistemas de páramo, mientras que aproximadamente 1.498 ha del territorio municipal se encuentran dentro del Parque Nacional Natural Sumapaz. En Cabrera, los nacimientos de las quebradas Negra, El Tambo, La Laja, Santa Rita, La Esmeralda, Bolsa Grande y Bolsitas constituyen la base del abastecimiento para amplios sectores rurales. En Arbeláez, los ríos Guavio, Cuja, Negro y Pilar, junto con las quebradas El Atadero, La Mistela y La Lejía, conforman una parte fundamental de la red hídrica utilizada para abastecimiento humano.

La dependencia territorial trasciende el ámbito municipal. Los embalses Chisacá y La Regadera, integrados al Sistema de Abastecimiento Sur de Bogotá y operados por la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá (EAAB), reciben aportes hídricos provenientes de las áreas de páramo de la Localidad 20 de Sumapaz y sectores adyacentes del municipio de Soacha. El Sistema Sur, que almacena aproximadamente tres millones de metros cúbicos en el embalse La Regadera, aporta cerca del 3 % del agua distribuida en Bogotá D.C., mediante tratamiento en la Planta El Dorado y posterior distribución hacia sectores de Usme, Ciudad Bolívar, Sumapaz y parte del municipio de Soacha. La operación de estos embalses depende de los aportes hídricos generados y regulados en las áreas de páramo y alta montaña que conforman su cuenca abastecedora.

Adicionalmente, los sistemas de abastecimiento comunitario presentes en las localidades de Sumapaz, Usme y Ciudad Bolívar benefician a miles de habitantes mediante captaciones directas sobre fuentes asociadas a ecosistemas de alta montaña. Estas infraestructuras constituyen un ejemplo de la relación directa entre las comunidades y los servicios ecosistémicos generados por el complejo.

En la vertiente Orinoco, los municipios de Mesetas y La Uribe aportan recursos hídricos a las cuencas de los ríos Guayabero, Guape y Ariari, las cuales abastecen poblaciones rurales y centros poblados distribuidos en amplios sectores del departamento del Meta. Aunque la densidad poblacional es menor que la registrada en la vertiente Magdalena, la dependencia de estas fuentes resulta igualmente significativa debido a la limitada disponibilidad de alternativas de abastecimiento en numerosas zonas rurales.

La calidad del agua producida en las cabeceras de páramo constituye un factor adicional de esta dependencia. Los monitoreos realizados en el marco del POMCA del río Sumapaz evidencian que la zona de conservación del Alto Sumapaz presenta las mejores condiciones de calidad del agua dentro de la cuenca, siendo el único punto monitoreado donde no se registran incumplimientos de los criterios de calidad evaluados. En contraste, las subcuencas medias y bajas presentan mayores niveles de alteración, asociados principalmente a la presencia de coliformes fecales y otras presiones derivadas del uso del suelo. Estas condiciones influyen directamente sobre los requerimientos de tratamiento para consumo humano y sobre los costos de operación de los sistemas de abastecimiento.

Los resultados del Índice de Vulnerabilidad al Desabastecimiento Hídrico (IVDH) reflejan la importancia de los procesos de regulación desarrollados en las áreas de alta montaña. En condiciones de año seco, todas las subcuencas de la SZH 2119 presentan condiciones de vulnerabilidad significativas, mientras que las subzonas hidrográficas río Bogotá (2120) y río Sumapaz (2119) alcanzan categorías muy alta y alta, respectivamente, en los análisis integrados del Estudio Nacional del Agua. Estos resultados evidencian la estrecha relación existente entre la conservación de los ecosistemas de páramo y la continuidad del abastecimiento de agua para las poblaciones localizadas aguas abajo.

En conjunto, la información analizada evidencia que la dependencia territorial del complejo Cruz Verde–Sumapaz para el abastecimiento de agua trasciende ampliamente el ámbito de los municipios incluidos dentro del área de estudio. Los recursos hídricos generados y regulados en las áreas de páramo y alta montaña abastecen sistemas urbanos y rurales, sustentan el funcionamiento de acueductos comunitarios y municipales, y contribuyen al suministro de agua para sectores de Bogotá D.C., Cundinamarca y Meta.

La magnitud de esta dependencia se refleja en la amplia red de microcuencas abastecedoras, en la presencia de infraestructura estratégica de almacenamiento y distribución de agua y en los niveles de vulnerabilidad identificados para las cuencas asociadas al complejo. En este contexto, la conservación de los ecosistemas de alta montaña constituye un elemento fundamental para mantener la disponibilidad y continuidad del abastecimiento humano en los territorios que dependen de los servicios ecosistémicos hídricos generados por el complejo Cruz Verde–Sumapaz.

Además del abastecimiento para consumo humano, los recursos hídricos originados en el complejo sustentan actividades económicas de importancia regional, particularmente aquellas relacionadas con la producción agropecuaria,

el riego, la industria y otros usos productivos del agua, aspectos que se desarrollan en el siguiente numeral.

12. Dependencia de las actividades productivas del recurso hídrico

La dependencia territorial del complejo Cruz Verde–Sumapaz no se limita al abastecimiento para consumo humano. Los recursos hídricos generados y regulados por los ecosistemas de páramo, subpáramo, humedales altoandinos, turberas y bosques de alta montaña sustentan actividades productivas desarrolladas en los municipios que tienen área dentro del complejo y en las cuencas hidrográficas asociadas a las vertientes Magdalena–Cauca y Orinoco. La disponibilidad de agua constituye uno de los principales factores que soportan la producción agropecuaria regional y el desarrollo económico de los territorios vinculados a estas cuencas.

12.1 Sector agrícola en la vertiente Magdalena

En la subzona hidrográfica río Sumapaz (2119), el sector agrícola concentra aproximadamente el 75 % de la demanda hídrica total de la cuenca, equivalente a 183.122 miles de m³/año. Esta condición evidencia la estrecha relación existente entre la disponibilidad de agua y la sostenibilidad de los sistemas productivos presentes en la región.

Los cultivos de papa, frijol, arveja, cebolla bulbo, habichuela, tomate, mora, zanahoria y otras hortalizas representan algunos de los principales usos agrícolas identificados en la cuenca. Municipios como Pasca, Cabrera, San Bernardo y Arbeláez registran demandas significativas de agua asociadas a estas actividades productivas. En Pasca, la demanda agrícola alcanza 35.359 miles de m³/año, mientras que Cabrera registra 34.220 miles de m³/año. Por su parte, San Bernardo y Arbeláez presentan demandas de 9.945 y 3.246 miles de m³/año, respectivamente.

La actividad pecuaria constituye igualmente un componente importante de la economía regional. La provincia del Sumapaz destina más de 52.500 ha a pastos y sistemas ganaderos, configurando un paisaje productivo donde la disponibilidad de agua resulta determinante para el mantenimiento de la producción. Municipios como Gutiérrez, Venecia, San Bernardo, Sibaté y Soacha complementan este sistema productivo mediante actividades agropecuarias que dependen de las corrientes y nacimientos asociados a las áreas de alta montaña.

Las mayores demandas agrícolas se concentran en subcuencas como río Panches, río Cuja y río Medio Sumapaz, territorios donde el recurso hídrico

desempeña un papel fundamental para la estabilidad de los sistemas productivos y para el sostenimiento de las economías rurales locales.

12.2 Sector productivo en la vertiente Orinoco

En la vertiente oriental, los municipios de Acacias, Guamal, Cubarral, Lejanías, Mesetas y La Uribe desarrollan actividades agrícolas, pecuarias y piscícolas asociadas a las cuencas de los ríos Guayabero, Guape, Ariari y Guayuriba. Estas actividades dependen de la disponibilidad de agua proveniente de las áreas de cabecera vinculadas al complejo Cruz Verde–Sumapaz.

Los resultados del Estudio Nacional del Agua (ENA 2022) muestran que en las subzonas hidrográficas río Guayabero Alto (3201), río Guape (3202), río Ariari (3206) y río Guayuriba (3502) el sector agrícola representa más del 55 % de la demanda hídrica total. Esta situación evidencia una dependencia significativa de los recursos hídricos para el desarrollo de las actividades productivas que caracterizan amplios sectores rurales del departamento del Meta.

De manera complementaria, el departamento del Meta concentra una proporción relevante de la huella hídrica azul asociada a la actividad pecuaria nacional, reflejando la importancia del recurso hídrico para los sistemas ganaderos presentes en las cuencas que reciben aportes desde el complejo. En el departamento del Huila, el municipio de Colombia mantiene igualmente relaciones funcionales con las cuencas abastecidas por corrientes asociadas al sistema Sumapaz.

12.3 Calidad del agua y sostenibilidad productiva

La dependencia de las actividades productivas no está asociada únicamente a la cantidad de agua disponible, sino también a sus condiciones de calidad. Los resultados obtenidos para el Índice de Calidad del Agua (ICA) y el Índice de Alteración Potencial de la Calidad del Agua (IACAL) muestran que las áreas de cabecera vinculadas a ecosistemas de páramo presentan las mejores condiciones de calidad del recurso hídrico dentro de las cuencas analizadas.

Esta situación favorece el desarrollo de actividades agropecuarias y reduce los requerimientos de tratamiento o acondicionamiento del agua para distintos usos productivos. Por el contrario, el deterioro de las coberturas naturales en las áreas de nacimiento puede generar incrementos en los costos asociados al manejo del recurso hídrico y afectar las condiciones ambientales requeridas para la sostenibilidad de diversas actividades económicas.

Los resultados del Índice de Vulnerabilidad al Desabastecimiento Hídrico (IVDH) evidencian que los sectores productivos localizados en las cuencas asociadas al complejo presentan una dependencia significativa de los procesos naturales de regulación desarrollados en las áreas de páramo. En condiciones de año seco, las restricciones sobre la disponibilidad hídrica afectan de manera prioritaria a los usos productivos, particularmente en aquellas subcuencas donde la demanda agrícola representa la mayor proporción de los usos consuntivos del agua. En conjunto, la información analizada muestra que las actividades agrícolas, pecuarias, piscícolas y demás sistemas productivos presentes en las vertientes Magdalena–Cauca y Orinoco mantienen una estrecha dependencia respecto a los recursos hídricos generados y regulados por el complejo Cruz Verde–Sumapaz. Esta relación evidencia que la conservación de los ecosistemas de alta montaña constituye un factor relevante para la sostenibilidad económica de los territorios que dependen de los servicios ecosistémicos asociados al recurso hídrico. (Tabla 16).

Tabla 16 Actividades productivas y demanda de recurso hídrico por subzona hidrográfica

SZH	Nombre	Vertiente	Municipios del complejo con actividad productiva documentada	Demanda agrícola	Demanda pecuaria	Demanda industrial	Demanda doméstica	Actividades productivas principales
2119	Río Sumapaz	Magdalena	Pasca, Cabrera, Gutiérrez, Arbeláez, San Bernardo, Venecia, Sibaté, Soacha, Bogotá D.C. (L20)	75% (183.122 miles m ³ /año)	2,6% (6.395)	15,7% (38.234)	6,8% (16.511)	Papa, frijol, arveja, cebolla bulbo, habichuela, zanahoria, tomate, mora, maíz; ganadería bovina; actividades industriales y turísticas en corredor bajo de la cuenca
2120	Río Bogotá	Magdalena	Bogotá D.C. (múltiples localidades), La Calera, Soacha, Sibaté, Chipaque, Ubaque, Une, Choachí, Fosca, Guayabetal	~39%	~12%	~28% (energía)	~12%	Flores de corte, hortalizas, papa, frutales; servicios urbanos y periurbanos; generación de energía hidroeléctrica y termoeléctrica

2114	Río Cabrera	Magdalena	Cabrera (porción alta), Colombia (Huila)	~39%	~8%	Bajo	~12%	Papa, ganadería de leche y doble propósito, frijol, cultivos transitorios de clima frío
3206	Río Ariari	Orinoco	Acacias, Guamal, Lejanías, El Castillo, Mesetas	>55%	~11%	Bajo	Menor	Ganadería bovina extensiva, cítricos (naranja, mandarina), plátano, yuca, maíz, palma; producción lechera
3202	Río Guapé	Orinoco	Mesetas, Cubarral	>55%	~11%	Bajo	Menor	Ganadería bovina, cultivos transitorios, maíz, yuca; economías campesinas de subsistencia
3201	Río Guayabero Alto	Orinoco	La Uribe	12.4 >55%	~11%	Bajo	Menor	Ganadería extensiva, café en zonas de ladera, agricultura de pancoger; economía campesina

3502	Río Guayuriba	Orinoco	Chipaqué, Ubaque, Une, Choachí, Fosca, Guayabetal	>55%	~11%	Bajo	Menor	Papa, hortalizas de clima frío, ganadería de leche; actividades de agricultura campesina en laderas
-------------	---------------	---------	---	----------------	------	------	-------	---

Fuente: CAR-CORTOLIMA, POMCA río Sumapaz, Tablas 3.6.90, 3.6.92 y 3.6.93 (2017). IDEAM, ENA 2022, Tabla 49 (2023). PNN Sumapaz, Plan Básico de Manejo (2005). Resolución 1434 de 2017, MADS.

13. Dependencia de ecosistemas acuáticos y áreas de importancia ambiental

La dependencia territorial asociada al complejo Cruz Verde–Sumapaz trasciende las poblaciones humanas y las actividades productivas, extendiéndose a los ecosistemas acuáticos y terrestres que dependen de los recursos hídricos generados y regulados en las áreas de alta montaña. Los servicios ecosistémicos asociados a la provisión, regulación y mantenimiento de la calidad del agua contribuyen al funcionamiento ecológico de ríos, quebradas, humedales, acuíferos, bosques riparios y demás ecosistemas localizados aguas abajo de las áreas de páramo.

El Plan Básico de Manejo del Parque Nacional Natural Sumapaz reconoce al complejo como una de las principales áreas generadoras y reguladoras de recursos hídricos del centro del país, debido a que sus nacimientos, cauces y sistemas lagunares distribuyen agua hacia las vertientes Magdalena–Cauca y Orinoco. Esta condición convierte al complejo en un elemento fundamental para el mantenimiento de la funcionalidad ecológica de amplios territorios localizados dentro y fuera de su ámbito geográfico inmediato.

13.1 Sistemas ecológicos dependientes del recurso hídrico

El Plan Básico de Manejo del Parque Nacional Natural Sumapaz establece como uno de sus objetivos de conservación la protección de los sistemas hídricos asociados a las cuencas altas de los ríos Tunjuelo, Cabrera, Sumapaz, Ariari, Guape, Duda y Blanco, reconociendo su importancia para el mantenimiento de servicios ecosistémicos en Bogotá D.C., Cundinamarca y Meta. Este objetivo refleja la estrecha relación existente entre la conservación de los ecosistemas de alta montaña y el funcionamiento de los sistemas ecológicos asociados a estas cuencas.

Los sistemas lagunares constituyen uno de los componentes más representativos de esta dependencia ecológica. El Parque Nacional Natural Sumapaz alberga una de las mayores concentraciones de lagunas de alta montaña del país, entre las que se destacan las lagunas Chisacá, Negra, Larga, La Balsa, La Guitarra, del Medio, del Nevado, Larga de los Sitiales, Primavera, Cajón, El Gallo, El Barrisal, El Cobre, Gobernador y Andabobos. A estos sistemas se suman los complejos de humedales asociados a las hoyas del Nevado, Sitiales, Alsacia, Bogotacito, Media Naranja y Taquegrande, los cuales cumplen funciones de almacenamiento, regulación y liberación gradual del agua, además de servir como hábitat para numerosas especies de flora y fauna.

De manera complementaria, el POMCA del río Sumapaz identificó 1.091 humedales distribuidos en la cuenca, con una superficie aproximada de 286,8 ha, de los cuales 38 superan una hectárea de extensión. Estos ecosistemas contribuyen a la regulación hidrológica, la retención de sedimentos, el mantenimiento de la calidad del agua y la conservación de la biodiversidad asociada a ambientes acuáticos.

13.2 Caudales ecológicos y funcionamiento de los ecosistemas acuáticos

Los ecosistemas acuáticos presentes en las cuencas asociadas al complejo dependen del mantenimiento de caudales que garanticen sus funciones ecológicas esenciales. En el marco del POMCA del río Sumapaz, el caudal ambiental se define como el volumen de agua requerido para asegurar la conservación de los ecosistemas acuáticos y la sostenibilidad de los usos localizados aguas abajo.

Los análisis de regulación hídrica muestran que las subcuencas de la SZH 2119 presentan valores de IRH inferiores a 0,70, condición que evidencia una capacidad de regulación natural moderada a baja. En consecuencia, la permanencia de los ecosistemas acuáticos depende en gran medida de los procesos de almacenamiento y liberación gradual del agua desarrollados en las áreas de páramo y subpáramo. Durante condiciones de año seco, la presión generada por los usos del agua incrementa la vulnerabilidad de los ecosistemas asociados a las corrientes superficiales, especialmente en aquellas subcuencas donde la demanda hídrica alcanza categorías altas y muy altas.

13.3 Bosques riparios y conectividad ecológica

Los bosques riparios constituyen otro elemento fundamental de la dependencia ecológica asociada al complejo. En la cuenca del río Sumapaz se identificaron aproximadamente 22.529 ha de estas coberturas, las cuales desempeñan funciones relacionadas con la estabilización de cauces, la regulación térmica de las corrientes, la protección de márgenes fluviales, la reducción del transporte de sedimentos y el mantenimiento de corredores biológicos asociados a la red hídrica.

El Plan de Manejo del Parque Nacional Natural Sumapaz documenta además la existencia de conectividad ecológica con el Parque Nacional Natural Chingaza a través de corredores de bosque andino y ecosistemas de páramo localizados sobre la vertiente occidental de la Cordillera Oriental. De igual manera, se reconoce una conexión ecológica con el Parque Nacional Natural Cordillera de

los Picachos mediante los ecosistemas de transición andino-amazónica presentes sobre la vertiente oriental. Estas relaciones ecológicas dependen de la permanencia de las condiciones hidrológicas que sostienen los hábitats asociados a dichas áreas.

13.4 Biodiversidad asociada a los ecosistemas hídricos

La dependencia ecológica también se manifiesta en las especies que utilizan los ecosistemas acuáticos y las áreas húmedas asociadas al complejo. Entre las especies objeto de conservación identificadas en el Plan de Manejo del Parque Nacional Natural Sumapaz se encuentran la danta de páramo (*Tapirus pinchaque*), el oso andino (*Tremarctos ornatus*), la nutria gigante (*Pteronura brasiliensis*) y la nutria neotropical (*Lontra longicaudis*), además de diversas especies de aves y flora endémica asociadas a humedales, turberas y ambientes de alta montaña.

La permanencia de estas especies depende de la disponibilidad de agua, de la conservación de los sistemas lagunares y humedales, y del mantenimiento de condiciones adecuadas de calidad hídrica en los ecosistemas donde desarrollan sus ciclos de vida.

13.5 Dependencia ecológica y conservación del complejo

Los resultados obtenidos para los indicadores de regulación hídrica, calidad del agua y vulnerabilidad evidencian que los ecosistemas acuáticos y terrestres asociados a las cuencas del complejo mantienen una relación directa con los procesos hidrológicos desarrollados en las áreas de páramo y alta montaña. La disponibilidad de agua, el mantenimiento de los caudales ecológicos, la conectividad entre ecosistemas y las condiciones de calidad del recurso constituyen factores determinantes para la conservación de la biodiversidad y el funcionamiento de los sistemas ecológicos presentes en las vertientes Magdalena–Cauca y Orinoco.

En este contexto, la dependencia ecológica del complejo Cruz Verde–Sumapaz trasciende los límites administrativos y las áreas protegidas existentes. Los humedales, lagunas, bosques riparios, corredores ecológicos, ecosistemas acuáticos y especies asociadas a estos ambientes dependen de la permanencia de los procesos de captación, almacenamiento, regulación y liberación gradual del agua que caracterizan a los ecosistemas de páramo. La conservación de estas funciones ecológicas resulta fundamental para mantener la integridad ecológica de las cuencas hidrográficas y de los ecosistemas que reciben los beneficios derivados de los servicios ecosistémicos asociados al recurso hídrico.

14. Dependencia territorial por subzona hidrográfica

Los análisis desarrollados en los numerales anteriores permiten identificar distintos niveles y tipos de dependencia territorial respecto a los servicios ecosistémicos asociados al recurso hídrico generados por el complejo Cruz Verde–Sumapaz. Estas relaciones se expresan de manera diferenciada entre las siete subzonas hidrográficas vinculadas al complejo, en función de sus condiciones de abastecimiento, demanda hídrica, actividades productivas, ecosistemas dependientes y niveles de presión sobre el recurso.

Tabla 17 Dependencia del recurso hídrico por subzona hidrográfica

SZH	Nombre	Dependencia abastecimiento humano	Dependencia productiva	Dependencia ecológica	Nivel general	Fundamento técnico principal
2119	Río Sumapaz	Muy Alta	Muy Alta	Muy Alta	Muy Alta	112 microcuencas abastecedoras (60 % del área); demanda total de 244.262 miles m ³ /año; sector agrícola 75 %; totalidad de las subcuencas con IV < 0,70 en año seco; función estratégica reconocida por el PNN Sumapaz

2120	Río Bogotá	Muy Alta	Alta	Alta	Muy Alta	Sistema Sur de Bogotá (embalses Chisacá y La Regadera); IUA Crítica en año seco; categoría Muy Alta en el análisis integrado del ENA 2022; dependencia de los aportes hídricos generados en el páramo
2114	Río Cabrera	Alta	Alta	Alta	Alta	Abastecimiento rural dependiente de nacimientos de alta montaña; actividades agropecuarias de clima frío; función de regulación hídrica reconocida en instrumentos territoriales
3206	Río Ariari	Media	Alta	Alta	Alta	Demanda agrícola superior al 55 %; importancia para actividades agropecuarias regionales; cuencas altas reconocidas por el PNN Sumapaz como proveedoras de servicios ambientales

3202	Río Guapé	Media	Alta	Alta	Alta	Actividades agrícolas y pecuarias dependientes de la regulación hídrica; baja presión relativa sobre la oferta; dependencia ecológica asociada a sistemas de cabecera
3201	Río Guayabero Alto	Media	Alta	Alta	Alta	Amplia participación de áreas de alta montaña en la regulación de caudales; presencia de sistemas lagunares y ecosistemas estratégicos asociados
3502	Río Guayuriba	Media	Alta	Alta	Alta	Demanda agrícola predominante; función de conectividad ecológica regional; dependencia de la oferta hídrica generada en las áreas de cabecera

Fuente: Elaboración propia con base en IDEAM (2023), Estudio Nacional del Agua – ENA 2022; CAR–CORTOLIMA (2017), POMCA río Sumapaz; y Parque Nacional Natural Sumapaz (2005).

La subzona hidrográfica río Sumapaz (2119) concentra el mayor nivel de dependencia territorial identificado dentro del área de estudio. Esta condición se explica por la convergencia de los tres componentes analizados: abastecimiento humano, actividades productivas y dependencia ecológica. La presencia de 112 microcuencas abastecedoras activas, una demanda hídrica total de 244.262 miles de m³/año y la función ecológica reconocida para las cuencas altas del sistema Sumapaz evidencian una relación directa entre la conservación del complejo y la seguridad hídrica regional. Adicionalmente, los resultados del POMCA muestran que la totalidad de las subcuencas presentan condiciones de vulnerabilidad al desabastecimiento durante los períodos de estiaje, situación que refuerza la importancia de los procesos de regulación desarrollados en las áreas de páramo.

La subzona hidrográfica río Bogotá (2120) presenta igualmente una dependencia territorial muy alta debido a su relación con el abastecimiento de agua para Bogotá D.C. y los municipios localizados en su área de influencia. Los aportes hídricos provenientes de las áreas de páramo asociadas al complejo contribuyen al funcionamiento del Sistema de Abastecimiento Sur, conformado por los embalses Chisacá y La Regadera. Los análisis del ENA 2022 ubican esta subzona entre las de mayor presión hídrica del país, alcanzando categoría Crítica del Índice de Uso del Agua (IUA) en condiciones de año seco y categoría Muy Alta en el análisis integrado de presión sobre el recurso.

La subzona hidrográfica río Cabrera (2114) presenta una dependencia alta asociada al abastecimiento de poblaciones rurales, actividades agropecuarias de montaña y ecosistemas vinculados a las cuencas de cabecera. La ausencia de fuentes alternativas de abastecimiento en amplios sectores rurales incrementa la importancia de los recursos hídricos generados en las áreas de páramo y subpáramo, particularmente para las actividades agrícolas y pecuarias desarrolladas en la región.

Las subzonas hidrográficas de la vertiente Orinoco —río Guayabero Alto (3201), río Guapé (3202), río Ariari (3206) y río Guayuriba (3502)— presentan una dependencia territorial asociada principalmente al mantenimiento de actividades agropecuarias, la conservación de ecosistemas acuáticos y la disponibilidad de agua para territorios rurales del departamento del Meta. Aunque los niveles de presión sobre el recurso hídrico son inferiores a los observados en la vertiente Magdalena–Cauca, estas cuencas dependen de manera significativa de los procesos de regulación desarrollados en las áreas de páramo y alta montaña para mantener la oferta hídrica requerida por los sistemas productivos y ecológicos.

En estas subzonas, el sector agrícola representa más del 55 % de la demanda hídrica total, situación que evidencia la estrecha relación entre la disponibilidad de agua y la sostenibilidad de las actividades económicas regionales. De igual manera, los objetivos de conservación del Parque Nacional Natural Sumapaz reconocen explícitamente la importancia de las cuencas altas de los ríos Ariari, Guapé y Duda como proveedoras de servicios ambientales para el departamento del Meta, lo que refuerza la relevancia ecológica e hidrológica de estas áreas.

El análisis territorial evidencia que la dependencia respecto al complejo Cruz Verde–Sumapaz no se distribuye de manera homogénea. Las mayores presiones y demandas se concentran en las subzonas hidrográficas río Sumapaz y río Bogotá, donde convergen sistemas de abastecimiento humano, actividades productivas intensivas y ecosistemas estratégicos altamente dependientes de los procesos de regulación hídrica. En contraste, las subzonas de la vertiente Orinoco presentan menores niveles de presión actual sobre el recurso, aunque mantienen una dependencia significativa asociada al sostenimiento de actividades productivas y al mantenimiento de la funcionalidad ecológica de las cuencas de cabecera.

En conjunto, los resultados permiten concluir que las siete subzonas hidrográficas asociadas al complejo mantienen relaciones funcionales de dependencia respecto a los servicios ecosistémicos asociados al recurso hídrico. No obstante, la intensidad y naturaleza de dicha dependencia varía según las características de cada territorio, la magnitud de las demandas existentes y el grado de vinculación de las poblaciones, actividades económicas y ecosistemas con los recursos hídricos generados en las áreas de páramo y alta montaña.

15. Síntesis de la dependencia territorial del recurso hídrico.

El análisis realizado evidencia que los servicios ecosistémicos asociados al recurso hídrico generados por el complejo Cruz Verde–Sumapaz sostienen múltiples relaciones de dependencia territorial que involucran poblaciones humanas, actividades productivas y ecosistemas localizados tanto en la vertiente Magdalena–Cauca como en la vertiente Orinoco. Estas dependencias se manifiestan en diferentes escalas espaciales y funcionales, desde los sistemas de abastecimiento veredal hasta los sistemas regionales de suministro de agua, así como en la sostenibilidad de actividades económicas y procesos ecológicos asociados a las cuencas hidrográficas que reciben aportes directos del complejo.

La dependencia para abastecimiento humano constituye la expresión más evidente de esta relación. En la cuenca del río Sumapaz se identifican 112 microcuencas abastecedoras activas que suministran agua a municipios, centros poblados y sistemas veredales, mientras que en la cuenca del río Bogotá los

Página 68 | 97

aportes provenientes de las áreas de páramo contribuyen al funcionamiento del Sistema de Abastecimiento Sur de Bogotá. La importancia estratégica de estas fuentes se refleja en los resultados de vulnerabilidad hídrica, que muestran condiciones de presión alta y muy alta en las subzonas hidrográficas río Sumapaz (2119) y río Bogotá (2120).

La dependencia productiva se concentra principalmente en el sector agropecuario. En la subzona hidrográfica río Sumapaz, la agricultura representa el 75 % de la demanda hídrica total, mientras que en las subzonas de la vertiente Orinoco supera el 55 % de los usos consuntivos del agua. Esta condición evidencia que la disponibilidad y regulación del recurso hídrico son factores determinantes para la sostenibilidad de los sistemas agrícolas y pecuarios desarrollados en los municipios vinculados al complejo.

Desde la perspectiva ecológica, la dependencia se expresa a través de la conservación de humedales, lagunas altoandinas, bosques riparios, corredores ecológicos y ecosistemas acuáticos que requieren la permanencia de los procesos de regulación hídrica desarrollados en las áreas de páramo. Los sistemas lagunares del Parque Nacional Natural Sumapaz, los 1.091 humedales identificados en la cuenca del río Sumapaz y las 22.529 ha de bosque ripario constituyen elementos fundamentales para el mantenimiento de la conectividad ecológica y de la biodiversidad asociada a las cuencas de las vertientes Magdalena–Cauca y Orinoco.

Los resultados obtenidos para los indicadores de uso, regulación, vulnerabilidad y calidad del agua muestran que las mayores dependencias territoriales se concentran en las subzonas hidrográficas río Sumapaz (2119) y río Bogotá (2120), donde coinciden elevadas demandas de agua, importantes sistemas de abastecimiento humano y ecosistemas estratégicos cuya funcionalidad depende de los procesos de regulación desarrollados en las áreas de alta montaña. En contraste, las subzonas hidrográficas de la vertiente Orinoco presentan menores niveles de presión actual sobre el recurso hídrico, aunque mantienen una alta dependencia asociada al sostenimiento de actividades agropecuarias y a la conservación de ecosistemas de importancia regional.

En conjunto, la información analizada permite concluir que el complejo Cruz Verde–Sumapaz constituye un soporte esencial para la seguridad hídrica regional. La provisión de agua, la regulación de caudales, el mantenimiento de la calidad del recurso y la reducción de riesgos asociados a la variabilidad hidrológica sustentan el bienestar de las poblaciones, la viabilidad de las actividades productivas y la integridad ecológica de las cuencas hidrográficas vinculadas al complejo. En consecuencia, la conservación de los ecosistemas de páramo, subpáramo y bosque altoandino asociados al complejo representa una

condición necesaria para garantizar la permanencia de los beneficios ambientales que reciben los territorios localizados aguas abajo.

16. Soporte de los Parámetros de Protección de Fuentes Hídricas

La Sentencia T-361 de 2017 de la Corte Constitucional, respecto al ineludible 4 sobre parámetros de protección de fuentes hídricas, ordenó incluir en la resolución de delimitación los parámetros de protección de las fuentes hídricas, definidos con la participación de la ciudadanía y de las organizaciones sociales interesadas. La responsabilidad del proceso de delimitación participativa del Complejo de Páramos Cruz Verde–Sumapaz y del cumplimiento integral de dicha sentencia corresponde a la Dirección de Bosques, Biodiversidad y Servicios Ecosistémicos (DBBSE). En ese marco, la Dirección de Gestión Integral del Recurso Hídrico (DGIRH) acompañó a la DBBSE en el desarrollo específico del ineludible 4, aportando el criterio técnico especializado en gestión del recurso hídrico que exige la sentencia para este componente.

El presente documento técnico de soporte formula, como resultado de ese acompañamiento, los diecinueve parámetros de protección de fuentes hídricas propuestos para el Complejo de Páramos Cruz Verde–Sumapaz, a partir de los resultados de la fase de consulta e iniciativa. Para cada parámetro se presenta su descripción técnica, la metodología de aplicación en el territorio, la temporalidad prevista, los actores institucionales involucrados y los indicadores propuestos para su seguimiento.

16.1 . Objetivo

Formular los parámetros para la protección de las fuentes hídricas que se originan en los ecosistemas de páramo del Complejo Cruz Verde–Sumapaz, en el marco de la gestión integral y la conservación del recurso hídrico, reconociendo su función ecológica y su relación con el abastecimiento, la gestión comunitaria del agua y las dinámicas territoriales asociadas al páramo, con participación efectiva de las comunidades campesinas con presencia histórica en el territorio, las organizaciones sociales y los demás actores interesados.

16.2 Justificación

Los ecosistemas de páramo constituyen áreas estratégicas para la regulación del ciclo hidrológico, la recarga de acuíferos y la provisión de servicios ecosistémicos esenciales para las poblaciones y territorios que dependen de ellos aguas abajo. Sus suelos de alta acumulación orgánica, la elevada capacidad de retención y liberación gradual de agua, así como los procesos asociados a la captación de

humedad atmosférica, favorecen la generación y sostenimiento de flujos hídricos que abastecen acueductos veredales, municipales y regionales, así como actividades productivas rurales dependientes de la disponibilidad y estabilidad del recurso hídrico.

En el territorio del Complejo Cruz Verde–Sumapaz, la gestión del recurso hídrico se encuentra estrechamente vinculada a las dinámicas rurales y a la presencia histórica del campesinado, cuya permanencia y prácticas de uso del suelo han configurado el paisaje altoandino y las formas locales de abastecimiento y manejo del agua. En este contexto, la protección de las fuentes hídricas integra no solo la dimensión ecológica y regulatoria del ecosistema de páramo, sino también la relación funcional entre agua, territorio y organización comunitaria.

Desde el marco normativo, esta necesidad encuentra sustento en la Ley 99 de 1993, que establece las funciones de las autoridades ambientales en la conservación y manejo de los recursos naturales; el Decreto 1076 de 2015, que compila la regulación relacionada con el ordenamiento del recurso hídrico, las rondas hídricas y los usos del agua; la Ley 1930 de 2018, que fija disposiciones para la gestión integral de los páramos y la adopción de medidas diferenciales para su protección; y en la jurisprudencia constitucional, particularmente las Sentencias C-035 de 2016, T-361 de 2017 y T-622 de 2016, que refuerzan el deber de especial protección de los ecosistemas estratégicos y de las fuentes hídricas.

17. Estructura general de la propuesta

Los diecinueve parámetros que se desarrollan a continuación conforman un marco técnico orientador para la gestión integral del recurso hídrico en el territorio, con especial referencia al área del Páramo Cruz Verde–Sumapaz como ecosistema estratégico de regulación hídrica. Abordan de manera articulada la conservación de las funciones hidrológicas, la protección de áreas estratégicas para la regulación y provisión del agua, el control de factores de degradación, el uso eficiente del recurso, la recuperación de sistemas hídricos afectados y el fortalecimiento de la gestión comunitaria e institucional.



Figura 5. Parámetros de protección de fuentes hídricas - Complejo de páramos Cruz Verde - Sumapaz

Para cada parámetro se presenta la misma estructura: descripción técnica, metodología de aplicación en el territorio, temporalidad de implementación, actores institucionales involucrados e indicadores propuestos para su seguimiento. En todos los casos, la DGIRH interviene como instancia de acompañamiento técnico, orientador metodológico y de seguimiento en lo relacionado con la gestión integral del recurso hídrico, sin asumir la ejecución directa de las acciones en el territorio, la cual corresponde a las comunidades, a las autoridades ambientales competentes, a las entidades territoriales y a las demás entidades con competencia en cada materia. En los parámetros con mayor relación funcional con la biodiversidad y la restauración ecológica, la DGIRH desarrolla su acompañamiento de manera articulada con la DBBSE, en el marco de las competencias de esta última.

18. Parámetros de protección de fuentes hídricas

18.1 Conservación y manejo de nacederos y zonas de recarga hídrica

Este parámetro está orientado a la protección, conservación y manejo integral de los nacederos, surgencias y zonas de recarga hídrica que sostienen la regulación natural del agua en el territorio, particularmente en ecosistemas de alta montaña como Sumapaz. Estas áreas cumplen una función estructural dentro del ciclo hidrológico, ya que permiten la infiltración, almacenamiento

temporal en el suelo y liberación gradual del recurso hacia quebradas, ríos y acuíferos, garantizando caudales base, calidad del agua y estabilidad ecosistémica. Su deterioro se asocia con disminución de caudales, mayor variabilidad hídrica, procesos erosivos, compactación del suelo y pérdida de capacidad de regulación natural.

18.2. Metodología de aplicación en el territorio

La aplicación de este parámetro parte de la identificación y delimitación técnica de nacederos y zonas de recarga hídrica mediante cartografía oficial, información hidrológica existente, conocimiento comunitario y verificaciones de campo. Posteriormente se realiza la caracterización biofísica, evaluando cobertura vegetal, condiciones del suelo, pendientes, uso actual del suelo y presiones antrópicas. Con base en este diagnóstico se definen medidas de manejo como aislamiento físico o mediante cercas vivas, restauración con especies nativas, control del pisoteo por ganado, regulación de actividades agropecuarias en áreas críticas y restricción de intervenciones que afecten la estructura del suelo o la infiltración. Estas acciones se articulan con instrumentos de planificación como el POMCA, el ordenamiento territorial y el Plan de Manejo Ambiental del Páramo, de manera que estas áreas sean reconocidas formalmente como zonas de importancia hídrica. El seguimiento se realiza a través de observaciones de campo, evaluación de cambios en cobertura y análisis de tendencias en caudales base.

18.3 Temporalidad

La implementación de este parámetro se desarrollará de manera progresiva en el marco de la formulación, implementación y seguimiento del Plan de Manejo Ambiental del Páramo, estableciendo metas y áreas prioritarias en el corto, mediano y largo plazo.

18.4 Actores institucionales

En este parámetro participan comunidades locales, propietarios y poseedores de predios, acueductos comunitarios, organizaciones sociales, autoridades ambientales competentes, entidades territoriales, sectores productivos rurales, instituciones académicas y organizaciones de apoyo técnico. La Dirección de Gestión Integral del Recurso Hídrico (DGIRH) interviene como instancia de acompañamiento técnico, orientador metodológico y de seguimiento, aportando lineamientos en gestión integral del recurso hídrico, sin asumir la ejecución directa de acciones en territorio.

18.5 Indicadores de seguimiento

La evaluación del parámetro puede apoyarse en indicadores como: ; número y área de nacederos y zonas de recarga hídrica identificadas y delimitadas; ; porcentaje de nacederos con medidas de aislamiento o manejo implementadas; ; área restaurada con cobertura vegetal nativa en zonas de recarga; ; variación en la cobertura vegetal y condición del suelo en estas áreas;; número de instrumentos de planificación que incorporan estas zonas como áreas de importancia hídrica;

19. Conservación y restauración de áreas de importancia especial para el recurso hídrico y sus servicios ecosistémicos

Este parámetro se enfoca en la conservación y recuperación de aquellas áreas del territorio que, por sus características ecológicas, geomorfológicas e hidrológicas, cumplen funciones clave en la generación, regulación, almacenamiento, depuración y provisión del agua. Incluye rondas hídricas, cabeceras de microcuencas, humedales altoandinos, turberas, zonas de recarga, áreas de regulación natural y sectores estratégicos para la conectividad ecológica asociada al agua. Estas áreas no solo sostienen la oferta hídrica, sino también servicios ecosistémicos como control de erosión, regulación climática local, soporte de biodiversidad y estabilidad del paisaje.

19.1 Metodología de aplicación en el territorio

La aplicación inicia con la identificación técnica de estas áreas mediante información cartográfica oficial, estudios hidrológicos, coberturas de la tierra, modelos de pendiente, suelos, redes de drenaje y conocimiento local. A partir de esta base se priorizan sectores con mayor valor hídrico o con mayor grado de presión o degradación. Posteriormente se definen medidas de conservación o restauración según el estado del área: protección de coberturas naturales existentes, restauración ecológica con especies nativas, reconversión de usos incompatibles, control de drenajes artificiales, recuperación de rondas hídricas y establecimiento de acuerdos de manejo con propietarios y comunidades. Estas acciones se articulan con los instrumentos de planificación ambiental y territorial, de forma que estas zonas queden reconocidas como áreas estratégicas para el recurso hídrico. El seguimiento se realiza a partir del análisis de cambios en cobertura, estabilidad de márgenes, conectividad ecológica y comportamiento hidrológico de las microcuencas asociadas.

19.2 Temporalidad

La implementación de este parámetro se desarrollará de manera progresiva durante la formulación, implementación y seguimiento del Plan de Manejo Ambiental del Páramo, definiendo áreas prioritarias y metas por fases de intervención.

19.3 Actores institucionales

Participan comunidades locales, propietarios rurales, acueductos comunitarios, organizaciones ambientales, autoridades ambientales competentes, entidades territoriales, instituciones académicas y organizaciones de apoyo técnico. La DGIRH actúa como instancia de acompañamiento técnico y de seguimiento en lo relacionado con la gestión integral del recurso hídrico, aportando lineamientos y criterios técnicos, sin asumir la ejecución directa de intervenciones en campo.

19.4 Indicadores de seguimiento

Se pueden considerar indicadores como: ; área identificada como de importancia especial para el recurso hídrico; área bajo medidas de conservación; área en procesos de restauración; número de rondas hídricas o sectores estratégicos incorporados en instrumentos de planificación; variación en cobertura vegetal nativa en estas áreas.

20. Mantenimiento de la cobertura vegetal nativa en áreas de influencia hídrica.

Este parámetro se orienta a conservar la cobertura vegetal nativa presente en las áreas que influyen directamente en la regulación, calidad y disponibilidad del recurso hídrico, tales como rondas hídricas, cuencas hidrográficas, zonas de recarga entre otros. La vegetación nativa cumple un papel fundamental en la protección del suelo, la regulación de escorrentías, la infiltración, la reducción de procesos erosivos, la filtración de contaminantes y el sostenimiento de la biodiversidad asociada a los sistemas hídricos. Su mantenimiento es un componente clave para preservar la funcionalidad hidrológica del territorio.

20.1 Metodología de aplicación en el territorio

La aplicación del parámetro inicia con la identificación de las áreas de influencia hídrica mediante cartografía temática, análisis de pendientes, redes de drenaje, delimitación de rondas hídricas, zonas de recarga y conocimiento local. Sobre esta base se caracterizan las coberturas existentes y se determinan sectores con

cobertura nativa conservada, áreas en proceso de transformación y zonas con pérdida de vegetación. A partir de este diagnóstico se promueven acciones orientadas a evitar la conversión de coberturas nativas, regular actividades que impliquen remoción de vegetación, establecer acuerdos de conservación con propietarios y comunidades, y priorizar la restauración ecológica en áreas donde la cobertura haya sido degradada. Estas medidas se articulan con los instrumentos de ordenamiento territorial, los planes de manejo ambiental y los acuerdos comunitarios de uso del suelo. El seguimiento se realiza mediante análisis de cambios de cobertura, verificación en campo y evaluación de estabilidad del suelo y comportamiento de escorrentías.

20.2 Temporalidad

La aplicación de este parámetro se desarrollará de manera progresiva durante las distintas fases del Plan de Manejo Ambiental del Páramo, incorporando metas de conservación y recuperación de cobertura vegetal a mediano y largo plazo.

20.3 Actores institucionales

Participan comunidades locales, propietarios de predios rurales, organizaciones comunitarias, acueductos veredales, autoridades ambientales competentes, entidades territoriales, instituciones académicas y organizaciones con experiencia en restauración ecológica. La DGIRH participa como instancia de acompañamiento técnico y de seguimiento en lo relacionado con la gestión integral del recurso hídrico, aportando criterios técnicos, sin ejercer la ejecución directa de intervenciones en el territorio.

20.4 Indicadores de seguimiento

Entre los indicadores se pueden considerar:; porcentaje de cobertura vegetal nativa en áreas de influencia hídrica; tasa de cambio de cobertura vegetal; área bajo acuerdos de conservación; área en procesos de restauración; reducción de áreas con suelo desnudo en laderas asociadas a cuerpos de agua

21. Conservación de la función hidrológica del suelo

Este parámetro reconoce al suelo como un componente fundamental del sistema hídrico, al ser el medio que permite la infiltración, almacenamiento, regulación y liberación gradual del agua hacia nacederos, quebradas y acuíferos. La conservación de su función hidrológica implica mantener su estructura, porosidad, cobertura, materia orgánica y capacidad de retención, evitando procesos de compactación, erosión, sellamiento superficial y pérdida de

horizonte fértil. Su adecuada condición es clave para la regulación de caudales, la recarga hídrica y la reducción de eventos extremos como escorrentías rápidas, deslizamientos o disminución de caudales base.

21.1 Metodología de aplicación en el territorio

La aplicación parte de la identificación de áreas con alta relevancia hidrológica del suelo, tales como zonas de recarga, microcuencas, cuencas hidrográficas entre otras. Esto se realiza mediante cartografía de suelos, pendientes, coberturas, uso del suelo y recorridos de campo. Con base en este diagnóstico se promueven prácticas de manejo que favorezcan la conservación de la estructura del suelo, como mantenimiento de coberturas vegetales, manejo de cargas ganaderas, regulación de tránsito de maquinaria, implementación de barreras vivas, obras de bioingeniería, prácticas de conservación de suelos y restauración de áreas degradadas. Estas acciones se articulan con acuerdos de uso del suelo, instrumentos de planificación y procesos comunitarios de manejo del territorio. El seguimiento se apoya en la evaluación de estabilidad de suelos, cobertura, presencia de procesos erosivos y comportamiento de escorrentías.

21.2 Temporalidad

La aplicación de este parámetro se desarrollará de manera gradual en el marco de la formulación, implementación y seguimiento del Plan de Manejo Ambiental del Páramo, priorizando sectores con mayor vulnerabilidad o importancia para la regulación hídrica.

21.3 Actores institucionales

Participan propietarios rurales, comunidades locales, organizaciones campesinas, autoridades ambientales competentes, entidades territoriales, instituciones académicas y entidades con experiencia en manejo de suelos y restauración. La DGIRH actúa como instancia de acompañamiento técnico y de seguimiento en lo relacionado con la gestión integral del recurso hídrico, aportando lineamientos técnicos, sin asumir la ejecución directa de acciones en campo.

21.4 Indicadores de seguimiento

Se pueden considerar indicadores como: ; área con prácticas de conservación de suelos en zonas de relevancia hídrica; reducción de áreas con erosión activa; porcentaje de suelo con cobertura vegetal permanente; variación en materia

orgánica del suelo en áreas monitoreadas; disminución de escorrentía superficial concentrada; estabilidad de taludes y laderas asociadas a cuerpos de agua.

22. Mantenimiento de la conectividad hídrica superficial y subterránea

Este parámetro se orienta a conservar la continuidad funcional entre nacederos, escorrentías, quebradas, ríos, humedales, zonas de recarga y acuíferos, reconociendo que el agua se mueve a través de una red interconectada de flujos superficiales y subterráneos. La conectividad hídrica es esencial para la regulación de caudales, la recarga de acuíferos, el transporte natural de sedimentos y nutrientes, y el sostenimiento de ecosistemas asociados al agua. Su alteración mediante drenajes artificiales, canalizaciones rígidas, rellenos, obstrucciones o interrupciones de flujos subterráneos afecta directamente la dinámica hidrológica y la resiliencia del territorio frente a eventos climáticos.

22.1 Metodología de aplicación en el territorio

La aplicación inicia con la identificación de la red hídrica superficial y de las áreas de interacción con flujos subterráneos, utilizando cartografía hidrográfica, modelos de elevación, estudios de suelos, información hidrogeológica y conocimiento local. Se priorizan sectores donde existan interrupciones de flujo, pérdida de conectividad entre humedales, desecación de zonas húmedas, canalizaciones inadecuadas o alteraciones de escorrentías naturales. Con base en este análisis se promueven medidas como la recuperación de cauces naturales, eliminación o adecuación de obras que interrumpen flujos, restauración de zonas de amortiguación entre cuerpos de agua, protección de humedales y turberas, y manejo de drenajes en suelos agrícolas o intervenidos. Estas acciones se integran con instrumentos de ordenamiento territorial, planes de manejo ambiental y acuerdos comunitarios. El seguimiento se realiza a través de observación de continuidad de flujos, permanencia de humedales, estabilidad de niveles freáticos y comportamiento de caudales base.

22.2 Temporalidad

La implementación de este parámetro se desarrollará de manera progresiva en el marco de la formulación e implementación del Plan de Manejo Ambiental del Páramo, priorizando áreas donde la conectividad hídrica se encuentre alterada o en riesgo.

22.3 Actores institucionales

Participan comunidades locales, propietarios rurales, organizaciones comunitarias, autoridades ambientales competentes, entidades territoriales, instituciones académicas y entidades con experiencia en hidrología, hidrogeología y restauración de ecosistemas acuáticos. La DGIRH participa como instancia de acompañamiento técnico y de seguimiento en materia de gestión integral del recurso hídrico, aportando criterios técnicos, sin asumir la ejecución directa de intervenciones en campo.

22.4 Indicadores de seguimiento

Entre los indicadores se pueden considerar; número de sectores con conectividad hídrica restablecida; longitud de cauces recuperados a condiciones más naturales; número de humedales o zonas húmedas con recuperación de su régimen hídrico; estabilidad de niveles freáticos en zonas monitoreadas; continuidad de flujos entre nacederos y cuerpos de agua;; reducción de tramos con canalizaciones rígidas o interrupciones de flujo.

23. Mantenimiento de la calidad del agua en las áreas de importancia especial para el recurso hídrico

Este parámetro busca garantizar que el agua conserve condiciones físicas, químicas y biológicas adecuadas para sostener la función ecológica de los ecosistemas y los usos prioritarios asociados al consumo humano y al caudal ambiental. La calidad del agua está directamente relacionada con el estado de las coberturas vegetales, el manejo del suelo, la disposición de residuos, los vertimientos domésticos y productivos, y las prácticas agropecuarias. Su deterioro afecta la regulación ecosistémica, la salud pública y la disponibilidad efectiva del recurso, por lo que su mantenimiento constituye un eje central de la gestión hídrica.

23.1 Metodología de aplicación en el territorio

La aplicación inicia con la identificación de fuentes hídricas estratégicas, puntos de captación, nacederos, quebradas, humedales y microcuencas donde se requiera seguimiento de la calidad del agua. Se establecen puntos de monitoreo con base en criterios de presión antrópica, vulnerabilidad y uso del agua. Se promueve la articulación entre monitoreo técnico y monitoreo comunitario, incluyendo mediciones periódicas de variables como turbidez, pH, oxígeno disuelto, conductividad, temperatura y presencia de contaminantes asociados a actividades domésticas y productivas. Paralelamente, se fomentan prácticas de

manejo del territorio que reduzcan la carga contaminante, como control de vertimientos, manejo adecuado de residuos, protección de rondas hídricas, reconversión de prácticas de alto impacto y restauración de coberturas vegetales. La información generada se integra a procesos de seguimiento y toma de decisiones en instrumentos de planificación y gestión territorial.

23.2 Temporalidad

La aplicación de este parámetro se desarrollará de manera continua en el marco de la implementación y seguimiento del Plan de Manejo Ambiental del Páramo, priorizando áreas de captación y sectores con mayor presión sobre la calidad del agua.

23.3 Actores institucionales

Participan comunidades locales, acueductos comunitarios, propietarios rurales, organizaciones sociales, autoridades ambientales competentes, entidades territoriales, instituciones de salud, instituciones académicas y entidades con experiencia en monitoreo de calidad de agua. La DGIRH actúa como instancia de acompañamiento técnico y de seguimiento en lo relacionado con la gestión del recurso hídrico, aportando lineamientos y criterios técnicos, sin asumir la ejecución directa de acciones en campo.

23.4 Indicadores de seguimiento

Se pueden considerar indicadores como:; número de fuentes hídricas con monitoreo periódico de calidad; variación de parámetros fisicoquímicos dentro de rangos de referencia; reducción de puntos con evidencias de contaminación; número de prácticas implementadas para reducir cargas contaminantes; porcentaje de fuentes estratégicas con tendencia estable o de mejora en calidad del agua;; número de procesos comunitarios vinculados al monitoreo.

24. Manejo de vertimientos y saneamiento rural

Este parámetro se orienta a prevenir y reducir la contaminación de las fuentes hídricas asociada a vertimientos domésticos y actividades productivas en zonas rurales. Reconoce que el saneamiento básico rural es un componente determinante en la protección del recurso hídrico, dado que la disposición inadecuada de aguas residuales, excretas y residuos líquidos provenientes de viviendas, establos, galpones o pequeñas unidades productivas incide directamente en la calidad del agua, la salud pública y la integridad de los ecosistemas acuáticos.

24.1 Metodología de aplicación en el territorio

La aplicación parte de la identificación de sectores rurales con presencia de vertimientos directos a cuerpos de agua, sistemas de tratamiento inexistentes o deficientes, alta densidad de viviendas dispersas o actividades productivas cercanas a fuentes hídricas. Se apoya en diagnósticos participativos, recorridos de campo y articulación con información de autoridades ambientales y entidades territoriales. Con base en este diagnóstico, se promueve la implementación y mejora de soluciones de saneamiento rural apropiadas al contexto, como sistemas individuales o comunitarios de tratamiento, humedales artificiales, biofiltros, biodigestores, adecuación de pozos sépticos y manejo de aguas grises. Estas acciones se articulan con procesos de educación ambiental, uso eficiente del agua y protección de rondas hídricas. Asimismo, se fortalece la articulación con instrumentos de planificación territorial y programas sectoriales de saneamiento. El seguimiento considera tanto la reducción de vertimientos directos como el estado de las fuentes hídricas asociadas.

24.2 Temporalidad

La aplicación de este parámetro se desarrollará de manera progresiva en el marco de la formulación, implementación y seguimiento del Plan de Manejo Ambiental del Páramo, priorizando áreas con mayor riesgo de afectación sobre la calidad del agua.

24.3 Actores institucionales

Participan comunidades rurales, propietarios y usuarios del territorio, organizaciones comunitarias, autoridades ambientales competentes, entidades territoriales, entidades del sector de agua potable y saneamiento básico, instituciones académicas y organizaciones con experiencia en tecnologías apropiadas de saneamiento. La DGIRH actúa como instancia de acompañamiento técnico y de seguimiento en lo relacionado con la gestión integral del recurso hídrico, aportando lineamientos técnicos, sin asumir la ejecución directa de obras o intervenciones en campo.

24.4 Indicadores de seguimiento

Se pueden considerar indicadores como:; número de viviendas o unidades productivas que cuentan con sistemas adecuados de tratamiento de aguas residuales; reducción de vertimientos directos a cuerpos de agua; número de soluciones de saneamiento rural implementadas o mejoradas; disminución de parámetros asociados a contaminación orgánica en puntos de monitoreo;

porcentaje de fuentes hídricas priorizadas sin descargas directas de aguas residuales.

25. Uso eficiente y racional del agua

Este parámetro se orienta a optimizar el uso del recurso hídrico en los distintos usos presentes en el territorio, promoviendo prácticas que reduzcan pérdidas, desperdicios y consumos innecesarios, sin afectar las necesidades básicas de la población ni la funcionalidad de los ecosistemas. Reconoce que la eficiencia en el uso del agua es un componente clave para la sostenibilidad hídrica, especialmente en contextos de variabilidad climática, presión sobre las fuentes y competencia entre usos, contribuyendo a mantener caudales ambientales y disponibilidad para consumo humano

25.1 Metodología de aplicación en el territorio

La aplicación inicia con la identificación de los principales usos del agua en el territorio (doméstico, pecuario, agrícola, comunitario), así como de prácticas que puedan estar generando pérdidas o consumos ineficientes. Esto se realiza mediante diagnósticos participativos, revisión de sistemas de captación y distribución, y análisis de patrones de uso. Con base en esta información, se promueven acciones como mejora de sistemas de conducción y almacenamiento, adopción de tecnologías de bajo consumo, prácticas de riego más eficientes, reutilización de aguas lluvias en actividades compatibles, y fortalecimiento de hábitos de ahorro en viviendas y unidades productivas. Estas acciones se articulan con procesos de educación ambiental, gestión comunitaria del agua y acuerdos locales de uso. El seguimiento se apoya en la evaluación de volúmenes captados, distribución de usos y tendencias de consumo en relación con la disponibilidad hídrica.

25.2 Temporalidad

La aplicación de este parámetro se desarrollará de manera continua en el marco de la implementación y seguimiento del Plan de Manejo Ambiental del Páramo, ajustándose a las dinámicas de oferta y demanda hídrica del territorio.

25.3 Actores institucionales

Participan usuarios del agua, comunidades rurales, acueductos comunitarios, organizaciones locales, autoridades ambientales competentes, entidades territoriales, instituciones del sector agrícola y de agua potable, y entidades académicas. La DGIRH participa como instancia de acompañamiento técnico y

Página 82 | 97

de seguimiento en materia de gestión integral del recurso hídrico, aportando lineamientos técnicos, sin asumir la ejecución directa de intervenciones en campo.

25.4 Indicadores de seguimiento

Se pueden considerar indicadores como: reducción de pérdidas en sistemas de conducción y almacenamiento; número de usuarios que adoptan prácticas de ahorro de agua; relación entre volúmenes captados y volúmenes efectivamente utilizados; número de sistemas que incorporan tecnologías de uso eficiente; estabilidad de caudales en periodos críticos asociada a prácticas de eficiencia.

26. Control de especies invasoras en área de importancia especial para el recurso hídrico

Este parámetro se orienta a prevenir, controlar y reducir la presencia de especies exóticas e invasoras que afectan la dinámica hídrica y ecológica de nacederos, quebradas, humedales, zonas de recarga y áreas de influencia hídrica. Estas especies pueden alterar la infiltración, el consumo de agua, la estabilidad de suelos, la estructura de la vegetación nativa y la calidad del hábitat, generando impactos directos sobre la regulación hídrica y la biodiversidad asociada al agua. Su manejo es fundamental para mantener la integridad ecológica de las áreas estratégicas para el recurso hídrico

26.1 Metodología de aplicación en el territorio

La aplicación parte de la identificación de áreas de importancia hídrica con presencia de especies invasoras que estén generando alteraciones en la cobertura vegetal, el suelo o la dinámica del agua. Esto se realiza mediante análisis de coberturas, recorridos de campo y articulación con información local y técnica. A partir de esta priorización se promueven acciones de control, manejo y sustitución progresiva por vegetación nativa, articuladas con procesos de restauración ecológica, protección de rondas hídricas y conservación de suelos. Las intervenciones deben considerar criterios técnicos que eviten la remoción inadecuada de coberturas y riesgos de erosión. Estas acciones se integran a instrumentos de planificación y a procesos comunitarios de cuidado del territorio. Dado que este parámetro se relaciona directamente con la gestión de la biodiversidad y la restauración ecológica, su desarrollo se realizará de manera articulada con la Dirección de Bosques, Biodiversidad y Servicios Ecosistémicos (DBBSE) del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, en el marco de sus competencias sobre conservación, restauración y manejo de especies. La gestión hídrica asociada se abordará de manera complementaria.

26.2 Temporalidad

La implementación de este parámetro se desarrollará de forma gradual en el marco de la formulación e implementación del Plan de Manejo Ambiental del Páramo, priorizando sectores donde las especies invasoras estén afectando la función hídrica y ecológica.

26.3 Actores institucionales

Participan comunidades locales, propietarios rurales, organizaciones comunitarias, autoridades ambientales competentes, entidades territoriales, instituciones académicas y organizaciones con experiencia en restauración ecológica. La DBBSE lidera los componentes relacionados con biodiversidad y restauración, mientras que la DGIRH participa como instancia de acompañamiento técnico y de seguimiento en lo relacionado con la gestión integral del recurso hídrico, sin asumir la ejecución directa de acciones en campo.

26.4 Indicadores de seguimiento

Se pueden considerar indicadores como:; área intervenida con control de especies invasoras en zonas de importancia hídrica ; porcentaje de áreas restauradas con especies nativas; reducción de cobertura de especies invasoras en sectores priorizados; recuperación de cobertura vegetal nativa en rondas hídricas; estabilidad de suelos y coberturas asociadas a cuerpos de agua.

27. Gestión y almacenamiento de aguas lluvias

Este parámetro se orienta a reconocer el agua lluvia como un componente clave del ciclo hidrológico y a promover su manejo adecuado para reducir presiones sobre fuentes superficiales y subterráneas, regular escorrentías y fortalecer la seguridad hídrica del territorio. La gestión de aguas lluvias contribuye a disminuir riesgos de erosión y arrastre de sedimentos, optimizar el uso del recurso para actividades compatibles y mejorar la resiliencia frente a periodos de déficit hídrico, especialmente en zonas rurales y de páramo donde la variabilidad climática incide directamente en la disponibilidad de agua.

27.1 Metodología de aplicación en el territorio

La aplicación parte de la identificación de zonas con potencial para la captación, almacenamiento y manejo controlado de aguas lluvias, tanto a escala predial como comunitaria, considerando condiciones topográficas, coberturas, usos del

suelo y necesidades locales. Se promueven prácticas como sistemas de captación en cubiertas, tanques de almacenamiento, reservorios de pequeña escala, zanjias de infiltración, manejo de escorrentías y adecuación de superficies permeables. Estas acciones se articulan con el uso eficiente del agua, la conservación de suelos, la protección de rondas hídricas y la reducción de riesgos asociados a escorrentías concentradas. El seguimiento considera la relación entre agua captada, usos asignados y disminución de presión sobre fuentes naturales.

27.2 Temporalidad

La aplicación de este parámetro se desarrollará de manera progresiva en el marco de la implementación y seguimiento del Plan de Manejo Ambiental del Páramo, priorizando sectores con limitaciones de acceso al agua o alta variabilidad en la disponibilidad hídrica.

27.3 Actores institucionales

Participan comunidades locales, propietarios rurales, acueductos comunitarios, organizaciones sociales, autoridades ambientales competentes, entidades territoriales, entidades del sector de agua potable y saneamiento, e instituciones académicas. La DGIRH participa como instancia de acompañamiento técnico y de seguimiento en materia de gestión integral del recurso hídrico, aportando lineamientos técnicos, sin asumir la ejecución directa de obras en el territorio.

27.4 Indicadores de seguimiento

Se pueden considerar indicadores como: ; número de sistemas de captación y almacenamiento de aguas lluvias implementados; volumen estimado de agua lluvia aprovechada; reducción de presión sobre fuentes superficiales; disminución de escorrentías concentradas en zonas intervenidas; número de procesos comunitarios vinculados al manejo de aguas lluvias.

28. Monitoreo hidrológico y de calidad del agua

Este parámetro se orienta a generar y mantener información sistemática sobre el comportamiento del recurso hídrico, tanto en cantidad como en calidad, para apoyar la toma de decisiones, la gestión adaptativa y la evaluación de las condiciones de sostenibilidad hídrica del territorio. El monitoreo permite comprender la dinámica de caudales, la variabilidad climática, la respuesta de las fuentes ante las presiones antrópicas y el estado fisicoquímico y biológico del

agua, constituyéndose en una herramienta fundamental para la planificación, el seguimiento y la prevención de impactos.

28.1 Metodología de aplicación en el territorio

La aplicación parte de la identificación de puntos estratégicos de monitoreo en nacederos, quebradas, microcuencas, zonas de captación y áreas de recarga hídrica, considerando criterios de importancia ecológica, uso del agua, presión antrópica y representatividad territorial. Se promueve la instalación y fortalecimiento de redes de monitoreo que integren mediciones de caudal, niveles de agua, precipitación y variables de calidad (como pH, turbidez, conductividad, oxígeno disuelto y temperatura), articulando monitoreo técnico con procesos de monitoreo comunitario. La información generada se sistematiza y se vincula a instrumentos de planificación, seguimiento de los parámetros definidos y evaluación de tendencias en el tiempo. Este monitoreo se articula con sistemas de información existentes y con procesos educativos y comunitarios de apropiación del conocimiento.

28.2 Temporalidad

La implementación de este parámetro se desarrollará de manera continua en el marco del Plan de Manejo Ambiental del Páramo, permitiendo establecer líneas base, seguimiento periódico y evaluación de cambios en el tiempo.

28.3 Actores institucionales

Participan comunidades locales, acueductos comunitarios, organizaciones sociales, autoridades ambientales competentes, entidades territoriales, instituciones académicas y entidades técnicas con experiencia en hidrología y calidad de agua. La DGIRH actúa como instancia de acompañamiento técnico y de seguimiento en la gestión del recurso hídrico, aportando lineamientos metodológicos y criterios técnicos, sin asumir la ejecución directa de actividades de campo.

28.4 Indicadores de seguimiento

Se pueden considerar indicadores como: ; número de puntos de monitoreo activos; frecuencia de mediciones realizadas; disponibilidad de series de datos hidrológicos y de calidad del agua; porcentaje de fuentes estratégicas con seguimiento periódico; identificación de tendencias de caudal y calidad; número de procesos comunitarios vinculados al monitoreo.

29. Acuerdos del uso del agua para consumo humano y caudal ambiental

Este parámetro se orienta a promover esquemas de concertación para el uso del recurso hídrico que prioricen el consumo humano y la garantía del caudal ambiental, reconociendo la necesidad de armonizar los distintos usos del agua con la capacidad de regulación natural de las fuentes. Busca reducir conflictos por el uso del agua, evitar presiones excesivas sobre nacederos y corrientes, y asegurar que las extracciones sean compatibles con la sostenibilidad ecológica y la disponibilidad en el tiempo.

29.1 Metodología de aplicación en el territorio

La aplicación parte de la identificación de fuentes hídricas con múltiples usuarios, zonas con competencia entre usos (doméstico, productivo, comunitario) y sectores donde se presenten tensiones por disponibilidad. Se integran diagnósticos técnicos sobre oferta hídrica, variabilidad estacional, caudales base y necesidades mínimas para la conservación de los ecosistemas acuáticos. Con base en esta información, se promueven espacios de concertación entre usuarios, comunidades, autoridades ambientales y entidades territoriales, orientados a establecer acuerdos de uso, distribución, priorización en periodos críticos y medidas de autorregulación. Estos acuerdos se articulan con concesiones, instrumentos de planificación, gestión comunitaria del agua y procesos de educación ambiental. El seguimiento considera tanto el cumplimiento de los acuerdos como el comportamiento de caudales y disponibilidad.

29.2 Temporalidad

La implementación de este parámetro se desarrollará de manera progresiva en el marco de la formulación e implementación del Plan de Manejo Ambiental del Páramo, ajustándose a las dinámicas de oferta y demanda hídrica del territorio.

29.3 Actores institucionales

Participan comunidades locales, usuarios del agua, acueductos comunitarios, organizaciones sociales, autoridades ambientales competentes, entidades territoriales y entidades técnicas. La DGIRH actúa como instancia de acompañamiento técnico y de seguimiento en la gestión integral del recurso hídrico, aportando criterios sobre sostenibilidad del uso y caudal ambiental, sin asumir la ejecución directa de acciones en campo.

29.4 Indicadores de seguimiento

Se pueden considerar indicadores como: ; número de fuentes con acuerdos de uso establecidos; número de usuarios vinculados a procesos de concertación; cumplimiento de prioridades de uso en periodos críticos; estabilidad de caudales base en fuentes priorizadas; reducción de conflictos asociados al uso del agua.

30. Acuerdos de usos del suelo en áreas de importancia especial para el recurso hídrico

Este parámetro se orienta a armonizar los usos del suelo con la función hídrica del territorio, especialmente en nacederos, rondas hídricas, zonas de recarga, laderas asociadas a microcuencas y áreas estratégicas para la regulación del agua. Reconoce que las decisiones sobre el uso del suelo influyen directamente en la infiltración, la escorrentía, la calidad del agua, la estabilidad de suelos y la conservación de coberturas vegetales. Su propósito es promover acuerdos que reduzcan presiones sobre estas áreas y orienten prácticas compatibles con la sostenibilidad hídrica.

30.1 Metodología de aplicación en el territorio

La aplicación parte de la identificación de áreas de importancia hídrica mediante cartografía, información biofísica, análisis de pendientes, suelos, coberturas y red hídrica, complementada con conocimiento local. Se priorizan sectores donde existan usos intensivos, conflictos de uso o evidencias de degradación que puedan afectar la regulación hídrica. Con base en este diagnóstico, se promueven espacios de concertación con propietarios, comunidades y actores locales para definir acuerdos voluntarios sobre prácticas de uso del suelo, manejo de coberturas, regulación de actividades de alto impacto, protección de rondas hídricas y restauración de áreas degradadas. Estos acuerdos se articulan con instrumentos de planificación territorial, el Plan de Manejo Ambiental del Páramo y procesos de gestión comunitaria. El seguimiento considera cambios en usos del suelo, cobertura vegetal y condiciones de estabilidad asociadas a cuerpos de agua.

30.2 Temporalidad

La implementación de este parámetro se desarrollará de manera gradual en el marco de la formulación e implementación del Plan de Manejo Ambiental del Páramo, priorizando áreas con mayor relevancia para la regulación hídrica.

30.3 Actores institucionales

Participan propietarios rurales, comunidades locales, organizaciones campesinas, autoridades ambientales competentes, entidades territoriales, instituciones académicas y organizaciones sociales. La DGIRH participa como instancia de acompañamiento técnico y de seguimiento en lo relacionado con la gestión integral del recurso hídrico y la relación suelo-agua, aportando lineamientos técnicos, sin asumir la ejecución directa de acciones en el territorio.

30.4 Indicadores de seguimiento

Se pueden considerar indicadores como: ; área bajo acuerdos de uso del suelo en zonas de importancia hídrica; número de propietarios o usuarios vinculados a acuerdos; variación en coberturas vegetales en áreas priorizadas; reducción de usos de alto impacto en rondas hídricas; disminución de evidencias de erosión o degradación asociada a cuerpos de agua.

31. Gestión comunitaria del agua

Este parámetro reconoce la gestión comunitaria del agua como un modelo clave para la protección, administración y uso sostenible del recurso hídrico en territorios rurales del Complejo Cruz Verde–Sumapaz, donde el campesinado y las organizaciones comunitarias han desempeñado históricamente un papel determinante en el abastecimiento, el cuidado de las fuentes y la regulación social del uso del agua. En estos contextos, los acueductos comunitarios, juntas administradoras y demás formas organizativas locales constituyen estructuras fundamentales para la sostenibilidad hídrica y la permanencia territorial. Su desarrollo se articula con el marco normativo que reconoce y fortalece los esquemas diferenciales de prestación del servicio de agua potable y saneamiento básico en zonas rurales, incluyendo lo dispuesto por el Decreto 960 de 2025 del Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, en lo relacionado con el reconocimiento y fortalecimiento de las organizaciones comunitarias del agua.

31.1 Metodología de aplicación en el territorio

La aplicación del parámetro parte de la identificación de organizaciones comunitarias, sistemas de abastecimiento existentes y condiciones de manejo local del recurso hídrico en el territorio. En este proceso se reconoce el conocimiento local acumulado por las comunidades campesinas en el cuidado de nacederos, la operación de captaciones y la administración de sistemas de distribución como insumo relevante para la implementación del parámetro. Se promueven espacios de articulación entre organizaciones comunitarias, autoridades ambientales y entidades territoriales, orientados al fortalecimiento organizativo, la mejora de prácticas de manejo del recurso, la protección de

nacederos y rondas hídricas y la incorporación de criterios de sostenibilidad en la operación local. El seguimiento considera tanto el fortalecimiento organizativo como la relación entre la gestión comunitaria y el estado de las fuentes hídricas.

31.2 Temporalidad

La implementación de este parámetro se desarrollará de manera progresiva en el marco del Plan de Manejo Ambiental del Páramo, articulándose con los procesos de fortalecimiento institucional y comunitario existentes en el territorio.

31.3 Actores institucionales

Participan organizaciones comunitarias del agua, comunidades rurales y organizaciones campesinas con presencia en el territorio, propietarios, autoridades ambientales competentes, entidades territoriales, entidades del sector de agua potable y saneamiento básico e instituciones académicas. En el marco del Decreto 960 de 2025, las entidades del sector vivienda y agua potable tienen un rol relevante en el reconocimiento y fortalecimiento de estos esquemas. La DGIRH actúa como instancia de acompañamiento técnico y de seguimiento en lo relacionado con la gestión del recurso hídrico y la protección de fuentes, sin asumir la ejecución directa de acciones en el territorio.

31.4 Indicadores de seguimiento

Se pueden considerar indicadores como: ; número de organizaciones comunitarias vinculadas a procesos de gestión hídrica;; número de acueductos comunitarios con acciones de protección de fuentes; participación de organizaciones en procesos de monitoreo y planificación; fortalecimiento de capacidades organizativas; mejora en condiciones de las fuentes hídricas asociadas a sistemas comunitarios.

32. Educación, cultura y gobernanza del agua

Este parámetro se orienta a fortalecer la conciencia colectiva, la corresponsabilidad y la participación social en la protección y gestión del recurso hídrico. Reconoce que la sostenibilidad del agua no depende únicamente de medidas técnicas, sino también de procesos culturales, educativos y organizativos que promuevan prácticas responsables, conocimiento del territorio y apropiación del cuidado de las fuentes. Asimismo, integra la gobernanza del agua como un proceso de articulación entre comunidad, instituciones y otros actores para la toma de decisiones informadas y concertadas.

32.1 Metodología de aplicación en el territorio

La aplicación parte de la identificación de actores sociales, organizaciones comunitarias, instituciones educativas y espacios de participación existentes en el territorio. Se promueven procesos de educación ambiental formal y no formal, intercambio de saberes locales, formación en ciclo del agua, cuidado de nacederos, uso eficiente, saneamiento, monitoreo comunitario y gestión del riesgo asociado al agua. Se impulsan espacios de diálogo y concertación para la toma de decisiones relacionadas con el recurso hídrico, articulando la gestión comunitaria del agua, los acuerdos de uso, el ordenamiento territorial y los instrumentos de planificación ambiental. La información generada por procesos de monitoreo y gestión técnica se integra a estos espacios para fortalecer decisiones basadas en conocimiento.

32.2 Temporalidad

La implementación de este parámetro se desarrollará de manera continua en el marco del Plan de Manejo Ambiental del Páramo, como un componente transversal que acompaña los demás parámetros.

32.3 Actores institucionales

Participan comunidades locales, organizaciones sociales, acueductos comunitarios, instituciones educativas, autoridades ambientales competentes, entidades territoriales, instituciones académicas y organizaciones con experiencia en educación ambiental y participación. La DGIRH actúa como instancia de acompañamiento técnico y de seguimiento en lo relacionado con la gestión integral del recurso hídrico, aportando insumos técnicos y articulación institucional, sin asumir la ejecución directa de actividades en campo.

32.4 Indicadores de seguimiento

Se pueden considerar indicadores como:; número de procesos educativos desarrollados; número de actores vinculados a espacios de gobernanza del agua; participación comunitaria en decisiones relacionadas con el recurso hídrico; número de iniciativas comunitarias de cuidado de fuentes; nivel de apropiación de prácticas de protección del agua en el territorio.

33. Instrumentos económicos para la conservación hídrica

Este parámetro se orienta a promover mecanismos económicos que incentiven la conservación, protección y restauración de áreas estratégicas para el recurso hídrico, reconociendo el papel de los propietarios, comunidades y organizaciones locales en el mantenimiento de las funciones ecosistémicas asociadas al agua. Parte del principio de que la sostenibilidad hídrica puede fortalecerse mediante instrumentos que compensen, reconozcan o estimulen prácticas compatibles con la protección de nacederos, rondas hídricas, zonas de recarga, coberturas vegetales y suelos de importancia hidrológica.

33.1 Metodología de aplicación en el territorio

La aplicación parte de la identificación de áreas de importancia hídrica donde existan actores que realicen o puedan realizar acciones de conservación. Se promueve la articulación con instrumentos como pagos por servicios ambientales, acuerdos de conservación, incentivos para prácticas sostenibles de uso del suelo, y otros mecanismos económicos existentes en el marco normativo nacional y territorial. Estos instrumentos se integran con procesos de planificación, acuerdos de uso del suelo, restauración ecológica y gestión comunitaria del agua, procurando que los incentivos estén asociados a resultados de conservación verificables. El seguimiento considera tanto la vinculación de actores a estos instrumentos como el estado de las áreas estratégicas para el recurso hídrico.

33.2 Temporalidad

La implementación de este parámetro se desarrollará de manera progresiva en el marco del Plan de Manejo Ambiental del Páramo, articulándose con programas e instrumentos económicos vigentes en los distintos niveles institucionales.

33.3 Actores institucionales

Participan propietarios rurales, comunidades locales, organizaciones comunitarias, autoridades ambientales competentes, entidades territoriales, entidades con competencia en instrumentos económicos ambientales e instituciones académicas. La DGIRH actúa como instancia de acompañamiento técnico y de seguimiento en lo relacionado con la relación entre conservación hídrica e instrumentos económicos, aportando lineamientos técnicos, sin asumir la ejecución directa de los incentivos en el territorio.

33.4 Indicadores de seguimiento

Se pueden considerar indicadores como:; área vinculada a instrumentos económicos para la conservación hídrica; número de actores beneficiarios de

incentivos asociados a protección de fuentes; cumplimiento de compromisos de conservación; variación en el estado de coberturas y suelos en áreas vinculadas; permanencia de áreas estratégicas bajo esquemas de conservación.

34. Ordenamiento territorial basado en la estructura y función hídrica

Este parámetro se orienta a integrar la estructura hídrica del territorio —red de drenaje, nacederos, rondas hídricas, zonas de recarga, humedales y áreas de regulación— como elemento central en los procesos de ordenamiento y planificación. Reconoce que la disposición de actividades humanas, infraestructuras y usos del suelo debe considerar la dinámica natural del agua, con el fin de evitar ocupaciones en áreas de alta vulnerabilidad hídrica, reducir riesgos ambientales y garantizar la sostenibilidad de las fuentes en el largo plazo.

34.1 Metodología de aplicación en el territorio

La aplicación parte de la identificación y cartografía de los componentes de la estructura hídrica y su relación con los usos del suelo, infraestructuras existentes y proyecciones de ocupación. Se analizan conflictos entre la función hídrica y las dinámicas de ocupación, priorizando áreas donde la presión antrópica pueda afectar nacederos, rondas hídricas, zonas de recarga o cuerpos de agua. Con base en este análisis se promueve la incorporación de criterios hídricos en instrumentos de planificación territorial y ambiental, la regulación de actividades en áreas de importancia hídrica, la definición de zonas de protección y la armonización entre ordenamiento, gestión del riesgo y conservación de ecosistemas asociados al agua. El seguimiento considera cambios en ocupación del suelo en áreas estratégicas y coherencia entre planificación y función hídrica.

34.2 Temporalidad

La implementación de este parámetro se desarrollará de manera progresiva en el marco del Plan de Manejo Ambiental del Páramo y su articulación con instrumentos de ordenamiento territorial vigentes.

34.3 Actores institucionales

Participan autoridades ambientales competentes, entidades territoriales, comunidades locales, propietarios rurales, instituciones de planificación, instituciones académicas y organizaciones sociales. La DGIRH participa como instancia de acompañamiento técnico y de seguimiento en lo relacionado con la

incorporación de la estructura hídrica en la planificación, aportando criterios técnicos, sin asumir la ejecución directa de acciones de ordenamiento en el territorio.

34.4 Indicadores de seguimiento

Se pueden considerar indicadores como:; incorporación de la estructura hídrica en instrumentos de planificación; área de importancia hídrica con usos compatibles definidos; reducción de ocupaciones en rondas hídricas y zonas de recarga; número de conflictos de uso del suelo asociados al agua abordados; coherencia entre zonificación territorial y función hídrica.

35. Recuperación funcional de cuerpos de agua y microcuencas degradadas

Este parámetro se orienta a restablecer las condiciones ecológicas e hidrológicas de cuerpos de agua, nacederos y microcuencas que presenten procesos de degradación, alteración de cauces, contaminación, pérdida de cobertura vegetal o afectación de su función reguladora. La recuperación funcional implica no solo mejorar la calidad del agua, sino también restituir procesos como la infiltración, la regulación de caudales, la estabilidad de riberas, la conectividad hídrica y la interacción entre agua, suelo y vegetación.

35.1 Metodología de aplicación en el territorio

La aplicación parte de la identificación de cuerpos de agua y microcuencas con evidencias de deterioro, mediante diagnósticos técnicos, información de monitoreo, recorridos de campo y conocimiento local. Se priorizan sectores con afectaciones asociadas a vertimientos, erosión de riberas, alteración de cauces, pérdida de coberturas vegetales o interrupciones de flujos. Con base en esta priorización se promueven acciones de restauración y manejo como estabilización de riberas, recuperación de cauces, revegetación con especies nativas, control de fuentes de contaminación, adecuación de drenajes y reconexión de flujos. Estas acciones se articulan con los parámetros de conservación de suelos, calidad del agua, control de invasoras y acuerdos de uso del suelo. El seguimiento se enfoca en la mejora de condiciones físicas, biológicas e hidrológicas de los sistemas intervenidos.

35.2 Temporalidad

La implementación de este parámetro se desarrollará de manera progresiva en el marco del Plan de Manejo Ambiental del Páramo, priorizando áreas con mayor grado de afectación y relevancia hídrica.

35.3 Actores institucionales

Participan comunidades locales, propietarios rurales, organizaciones sociales, autoridades ambientales competentes, entidades territoriales, instituciones académicas y organizaciones con experiencia en restauración ecológica e hidrológica. La DGIHR participa como instancia de acompañamiento técnico y de seguimiento en la relación entre restauración y función hídrica, aportando lineamientos técnicos, sin asumir la ejecución directa de intervenciones en campo.

35.4 Indicadores de seguimiento

Se pueden considerar indicadores como:; número de cuerpos de agua o microcuencas intervenidas; área con riberas estabilizadas o revegetadas; mejora en parámetros de calidad del agua en zonas intervenidas; reducción de tramos con erosión activa; recuperación de cobertura vegetal en rondas hídricas; tendencia a la estabilización de caudales base.

36. Protección de la disponibilidad del recurso hídrico

Este parámetro se orienta a identificar, evaluar y gestionar las condiciones de desabastecimiento hídrico, tanto por déficit (escasez) como por desequilibrios entre oferta y demanda, reconociendo la influencia de la variabilidad climática, el cambio climático, el uso del suelo y las presiones antrópicas sobre las fuentes. Su propósito es fortalecer la resiliencia del territorio frente a periodos de reducción de caudales, disminución de niveles freáticos o pérdida de capacidad de regulación natural, garantizando la sostenibilidad del recurso para consumo humano y la conservación de los ecosistemas.

36.1 Metodología de aplicación en el territorio

La aplicación parte del análisis de la oferta hídrica, la demanda por usos, la variabilidad estacional, los registros de precipitación, caudales y niveles de agua, así como de la identificación de zonas recurrentemente afectadas por disminución de disponibilidad. Se integran datos de monitoreo hidrológico, información climática y conocimiento local sobre épocas críticas. Con base en este diagnóstico se promueve la formulación de medidas de prevención y manejo, como fortalecimiento de almacenamiento de aguas lluvias, uso eficiente

del agua, acuerdos de uso en periodos críticos, protección de zonas de recarga, restauración de coberturas, y articulación con instrumentos de gestión del riesgo y adaptación al cambio climático. El seguimiento considera la evolución de la disponibilidad hídrica, la frecuencia de eventos de escasez y la respuesta de los sistemas comunitarios y ecológicos.

36.2 Temporalidad

La implementación de este parámetro se desarrollará de manera continua en el marco del Plan de Manejo Ambiental del Páramo, incorporando el seguimiento a la variabilidad climática y sus efectos sobre la disponibilidad del recurso hídrico.

36.3 Actores institucionales

Participan comunidades locales, usuarios del agua, acueductos comunitarios, autoridades ambientales competentes, entidades territoriales, entidades de gestión del riesgo, instituciones académicas y entidades con competencia en información climática e hidrológica. La DGIRH actúa como instancia de acompañamiento técnico y de seguimiento en la evaluación de la sostenibilidad hídrica y la relación oferta–demanda, aportando lineamientos técnicos, sin asumir la ejecución directa de acciones en el territorio.

36.4 Indicadores de seguimiento

Se pueden considerar indicadores como: ; número de fuentes con reducción significativa de caudales en periodos críticos; variación de niveles de agua en fuentes priorizadas; frecuencia de eventos de desabastecimiento reportados; relación oferta–demanda hídrica estimada; número de medidas implementadas para enfrentar periodos de escasez; tendencia de recuperación de caudales base en áreas con acciones de conservación.

37. . Consideraciones finales

Los diecinueve parámetros descritos constituyen el resultado del acompañamiento técnico prestado por la DGIRH a la DBBSE para el desarrollo del ineludible 4 de la Sentencia T-361 de 2017, y conforman la base técnica que fue puesta a consideración de las comunidades y demás actores del territorio durante la fase de concertación. Su implementación se desarrollará de manera articulada con el Plan de Manejo Ambiental del Páramo y con los demás instrumentos de planificación ambiental y territorial aplicables al Complejo de Páramos Cruz Verde–Sumapaz.

