

FRANZ GUTIÉRREZ REY
(Coordinador)

ZISUMA

PARQUE NACIONAL NATURAL EL COCUY
CUENCA ALTA DEL RÍO NEVADO

Convenio Interadministrativo de Investigación
Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia (UPTC)
Parques Nacionales Naturales de Colombia (PNN)
2017-2020

FRANZ GUTIÉRREZ REY
(Coordinador)

ZISUMA

PARQUE NACIONAL NATURAL EL COCUY
CUENCA ALTA DEL RÍO NEVADO



Uptc[®]
Universidad Pedagógica y
Tecnológica de Colombia

Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia (UPTC)
Tunja - 2020

Zisuma. Parque Nacional Natural El Cocuy. Cuenca Alta del Río Nevado/ Gutiérrez Rey, Franz (Compilador).
Tunja: Editorial UPTC, 2020. 322 p.
ISBN 978-958-660-373-7
1. Parque Natural. 2. Cuidado ambiental. 3. Río Nevado. 4. El Cocuy. Flora y fauna.
(Dewey 577/21).



Uptc
Universidad Pedagógica y
Tecnológica de Colombia



Primera Edición, 2020

200 ejemplares (impresos)

Zisuma. Parque Nacional Natural El Cocuy. Cuenca Alta del
Río Nevado

Cuenca Alta del Río Nevado

ISBN 978-958-660-373-7

Colección de Investigación UPTC No. 144

© Franz Gutiérrez Rey, 2020

© Mayer Isnardo Lagos-López, 2020

© Edisson Ramiro Cepeda Arias, 2020

© Adriana Janneth Espinosa Ramírez, 2020

© Juan Alonso Neira Simijaca, 2020

© Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, 2020

Editorial UPTC

Edificio Administrativo – Piso 4

Avenida Central del Norte No. 39-115, Tunja, Boyacá

comite.editorial@uptc.edu.co

www.uptc.edu.co

Rector, UPTC

Óscar Hernán Ramírez

Comité Editorial

Manuel Humberto Restrepo Domínguez, Ph.D.

Enrique Vera López, Ph.D.

Yolima Bolívar Suárez, Mg.

Sandra Gabriela Numpaque Piracoca, Mg.

Olga Yaneth Acuña Rodríguez, Ph.D.

María Eugenia Morales Puentes, Ph.D.

Edgar Nelson López López, M.g.

Zaida Zarely Ojeda Pérez, Ph.D.

Carlos Mauricio Moreno Téllez, Ph.D.

Editora en Jefe

Lida Esperanza Riscanevo Espitia, Ph.D.

Coordinadora Editorial

Andrea María Numpaque Acosta, Mg.

Corrección de Estilo

Eliana Molina Cuervo

Imprenta

Búhos Editores Ltda.

Tunja - Boyacá

Se permite la reproducción parcial o total, con la autorización expresa de los titulares del derecho de autor. Este libro es registrado en Depósito Legal, según lo establecido en la Ley 44 de 1993, el Decreto 460 del 16 de marzo de 1995, el Decreto 2150 de 1995 y el Decreto 358 de 2000.

Citación: Gutiérrez Rey, F. (Compilador). (2020). *Zisuma. Parque Nacional Natural El Cocuy. Cuenca Alta del Río Nevado*. Tunja: Editorial UPTC.



Uptc[®]

Universidad Pedagógica y
Tecnológica de Colombia

**UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA
Y TECNOLÓGICA DE COLOMBIA**

ÓSCAR HERNÁN RAMÍREZ

Rector

MANUEL HUMBERTO RESTREPO DOMÍNGUEZ

Vicerrector Académico

ENRIQUE VERA LÓPEZ

Vicerrector de Investigación y Extensión

ZAIDA ZARELY OJEDA PÉREZ

Directora de Investigaciones de la Vicerrectoría
de Investigación y Extensión

FRANZ GUTIÉRREZ REY

Supervisor Convenio Interadministrativo
de Investigación No. 004 de 2017 UPTC-PNN
2017-2019



PARQUES NACIONALES NATURALES DE COLOMBIA

JULIA MIRANDA LONDOÑO

Dirección General

FABIO VILLAMIZAR DURÁN

Director Territorial Andes Nororientales

OCTAVIO SEGUNDO ERASO PAGUAY

Jefe Parque Nacional Natural El Cocuy

OCTAVIO SEGUNDO ERASO PAGUAY

Supervisor Convenio Interadministrativo de
Investigación No. 004 de 2017 PNN-UPTC
2017-2019

INVESTIGADORES UPTC

FRANZ GUTIÉRREZ REY, *Ph. D.*

Investigador principal, editor y compilador

ADRIANA JANNETH ESPINOSA RAMÍREZ, *Ph. D.*

EDISSON RAMIRO CEPEDA ARIAS, *Ph. D.(c)*

MAYER ISNARDO LAGOS LÓPEZ, *MSc*

JUAN NEIRA SIMIJACA, *Ph. D.*

**Investigadores y coordinadores componentes
proyecto UPTC-PNN**

COLABORADORES INVESTIGACIÓN

FRANCISCO JAVIER PÉREZ CUBIDES, *Ph. D.(c)*
MARÍA ALEJANDRA MOLINA GUEVARA, *MSc(c)*

Componente Geoambiental

JUAN PABLO ÁLVAREZ SILVA, *Biólogo*
ADRIANA XIMENA PEDROZA RAMOS, *Bióloga*
ANDREA PAOLA RODRÍGUEZ ZAMBRANO, *Bióloga*
ANGÉLICA LILIANA QUINTERO, *Bióloga*

Componente Hídrico (Hidrobiología)

LINA MARÍA AGUIRRE OTÁLVARO, *MSc(c)*
NELSON ORLANDO PULIDO CEPEDA,
Tecnólogo en Obras Cíviles

Componente Hídrico (Hidrológico)

DAVID LEONARDO ROJAS ROJAS, *MSc*
GERSSON VERGEL MENDIETA, *Esp*

Componente Económico

KAREN ALEJANDRA CÁRDENAS ESPINOSA, *Bióloga*
EDWIN FERNANDO SÁNCHEZ ROJAS, *Biólogo*
IVÁN CAMILO PINZÓN PRIETO, *Biólogo*

Componente Ecosistemas y Paisajes

OLGA LORENA SORA BARRETO, *Esp.*
ARIEL ADOLFO RODRÍGUEZ HERNÁNDEZ, *MSc*

Administración

AGRADECIMIENTOS

OCTAVIO SEGUNDO ERASO PAGUAY, *Jefe Parque*
CARLOS ALBERTO ATUESTA PARDO, *Abogado*
LUÍS ANTONIO VELASCO CÁCERES, *Profesional*
JUAN FRANCISCO GARCÍA, *Subdirección de Gestión y Manejo, Bogotá*
JUAN GEOVANY BERNAL, *Territorial Bucaramanga*
OMAR ELICIO LÓPEZ VELANDIA, *Operario Calificado*
GUSTAVO QUINTERO NIÑO, *Profesional Ecoturismo*
ROBERT MAURICIO CORREDOR, *Investigación y Monitoreo del Parque*
MIGUEL DARÍO CAMACHO BLANCO, *Profesional Restauración Ecológica*
VERÓNICA VELASCO, *Contratista*

**Parque Nacional Natural El Cocuy,
Oficinas de Güicán, El Cocuy, Tame, Bucaramanga**

AURA TEGRIA CRISTANCHO, *Asesora Jurídica*
ARMANDO BERU TEGRIA, *Guía*
SISARKUBO COBARIA, *Guía*
Comunidad U'wa

SARA LORENA VEGA FLÓREZ, *Directora de Seguimiento y Planificación
Territorial*
SAYDA LIZETH CHAPARRO TORRES, *Profesional de Apoyo Equipo CTel*
NELSON ENRIQUE CABRERA PÉREZ, *Antropólogo Investigador*
Gobernación de Boyacá

JOHN JAVIER BLANCO LÓPEZ, *Alcalde Cocuy*
MARTHA YOLANDA BARRERA CARREÑO, *Secretaria Planeación Güicán*
JOSÉ DAVID BERNAL PUENTES, *Fontanero Servicios Públicos Güicán*
Municipio del Cocuy y Güicán

FAMILIA LÓPEZ, *Cabaña Peña Blanca (Güicán)*
Comunidades Campesinas de Güicán de la Sierra, El Cocuy y Cubará

PASTOR ZAMBRANO SALAZAR, *Rector*
JAVIER ORLANDO CORREA VALBUENA, *Profesor*
ASHLEY MELISSA MONTAÑEZ GAMBOA, BEIXY YULIETH CARVAJAL
CORREA, ERIKA TATIANA SILVA ROJAS, KAREN ZULEIMA MUÑOZ
GAMBOA, LAURA ANALÍ LÓPEZ LEAL, LAURA CAROLINA SILVA
LANCHEROS, LAURA YOHANA VALBUENA QUINTERO, LEÍDY MELÉNDEZ
ESTEBAN, LINA VANESSA BOHÓRQUEZ ESTUPIÑÁN, LYDA JAZMÍN
LIZARAZO VERDUGO, *Estudiantes*
**Institución Educativa Normal Superior Nuestra Señora del Rosario
Güicán de la Sierra**

LUZ DEYANIRA RODRÍGUEZ CASTILLO, *Subdirectora Planeación y Sistemas
de Información*
JAIRO IGNACIO GARCÍA RODRÍGUEZ, *Subdirector Ecosistemas y Gestión*
Corporación Autónoma Regional de Boyacá (Corpoboyacá)

ANDREA MARÍA NUMPAQUE ACOSTA, *Coordinadora*
Unidad Editorial UPTC

En memoria de FRANCISCO JAVIER PÉREZ CUBIDES (Q.E.P.D.)
Geólogo Investigador, Grupo Vida Territorial Sostenible (VTS), Convenio PNN-UPTC
Doctorante Estudios de Posgrado en Geografía, Convenio UPTC-IGAC
Compañero y amigo

Contenido

INTRODUCCIÓN.....	17
BIBLIOGRAFÍA.....	28
1. GEOAMBIENTE.....	29
INTRODUCCIÓN.....	31
1.1 ÁREA DE ESTUDIO.....	32
1.2 GEOLOGÍA.....	33
1.3 GEOMORFOLOGÍA.....	39
1.4 SÍNTESIS.....	72
BIBLIOGRAFÍA.....	75
2. HIDROBIOLOGÍA.....	77
INTRODUCCIÓN.....	79
2.1 Área de Estudio.....	81
2.2 CONCLUSIONES.....	122
BIBLIOGRAFÍA.....	123
3. HIDROLOGÍA.....	135
INTRODUCCIÓN.....	137
3.1 DESARROLLO.....	138
3.2 SÍNTESIS.....	186
BIBLIOGRAFÍA.....	188
4. ECOSISTEMAS Y PAISAJES.....	189
INTRODUCCIÓN.....	191
4.1 EVALUACIÓN DE LA INTEGRIDAD DEL PAISAJE Y FRAGMENTACIÓN.....	192
4.2 RIQUEZA BIÓTICA.....	192
4.3 ESPECIES DE FAUNA.....	220
4.4 PAISAJES.....	226
4.5 ÁREAS ESPECIALES.....	238
4.6 FRAGMENTACIÓN DEL PAISAJE.....	238
4.7 ETNOBIOLOGÍA.....	244
4.8 SINTESIS GENERAL.....	246
BIBLIOGRAFÍA.....	248

5.SOCIOECONOMÍA..... 249

INTRODUCCIÓN.....251

5.1 METODOLOGÍA 252

5.2 PERFIL SOCIOECONÓMICO TERRITORIAL..... 253

5.3 PERFIL PRODUCTIVO TERRITORIAL260

5.4 ANÁLISIS MULTISECTORIAL275

5.5 SÍNTESIS.....277

BIBLIOGRAFÍA.....280

6.INTEGRACIÓN TERRITORIAL 281

6 UNIDADES PARA LA PLANIFICACIÓN AMBIENTAL Y SOCIAL 283

INTRODUCCIÓN

La Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia (UPTC), consciente del papel que juega la universidad pública en la sociedad colombiana, como un espacio social, científico, tecnológico y cultural, orientado a producir y transmitir conocimiento teórico y aplicado en la solución de problemas territoriales, y en la generación de oportunidades a nivel nacional, regional y local con calidad y excelencia académica, en consecuencia, aúna esfuerzos científicos, técnicos, logísticos y administrativos en la estructuración y desarrollo de proyectos de investigación territoriales, conjuntos con otros entes públicos o privados.

En este sentido, la UPTC y Parques Nacionales Naturales de Colombia (PNN) como aliados públicos con asocio interinstitucional se unen como parte de una estrategia de cooperación con el objetivo de unir esfuerzos en investigación sobre el territorio y que permitan atender necesidades, a través de estrategias conjuntas encaminadas a fortalecer la investigación, planificación, monitoreo, educación ambiental, prevención, vigilancia y control, entre otras, con el fin de definir medidas efectivas que apoyen la disminución o mitigación de presiones que vienen afectando las áreas protegidas.

En el año 2016, las tensiones entre la comunidad U'wa, campesinos, prestadores de servicios turísticos y usuarios por posibles afectaciones ambientales, llevaron al cierre temporal del PNN Parque Nacional Natural El Cocuy para visitantes, prestadores de servicios turísticos y personas no autorizadas (Resolución 041 de 29 de julio del 2016).

En la mesa de concertación del día 23 de agosto de 2016, desde la comunidad U'wa, surge la iniciativa de adelantar un Proyecto de Investigación con un ente Universitario aliado de PNN de Colombia, con el objeto de generar la información necesaria para la planificación del cuidado del área en mención.

Con fundamento en la solicitud del pueblo U'wa y dada la idoneidad y relevancia para el desarrollo del Proyecto de Investigación, se identifica a la UPTC como

aliado estratégico para su desarrollo y facilitar el objeto del convenio.

Las partes, acuerdan sobre la importancia de obtener información científica y precisa geo-ambiental, hidrológica, ecosistémica, paisajística, socioeconómica y de comunicación en la zona del Parque Nacional Natural El Cocuy (PNN-EC), y su área de influencia, correspondiente a la cuenca alta del Río Nevado.

El 7 de diciembre del 2017, se avala la propuesta del Proyecto de Investigación a realizarse por parte de la UPTC, en encuentro con los representantes de la comunidad U'wa, Asociación Nacional de Campesinos (ASONALCA), Movimiento Político de Masas Social y Popular del

Centro Oriente de Colombia, PNN y Gobernación de Boyacá, y se firma el Convenio entre la UPTC-PNN (Figura 1). La Comunidad U'wa solicita se socialice el Proyecto de Investigación en la cabecera municipal de Güicán, con la finalidad de dar a conocer los objetivos, metodología y productos a obtener, el día 19 de diciembre en las instalaciones de la Institución Educativa Normal Superior Nuestra Señora del Rosario Güicán de la Sierra, ante las autoridades indígenas (cabildo), comunidad U'wa, comunidad en general del municipio de Güicán y Cocuy, delegados de Parques Nacionales Naturales, equipo de la Gobernación de Boyacá y alcaldes de los municipios en referencia (Figura 2).



Figura 1. Reunión 7 de diciembre de 2017, DIN-UPTC



Figura 2. Socialización Proyecto de Investigación, Güicán, 19/12/2017

El área de estudio, corresponde a la zona más alta de la cordillera oriental (Ritacuba Blanco, 5.410 msnm); de occidente a oriente, inicia a una altura de 3.000 msnm en sentido contra horario, aguas arriba, hasta el interfluvio a una altura aproximada de 4.500 msnm; presenta pisos térmicos de nieves permanentes, súper

páramo, páramo, subpáramo y bosque alto andino. Los estudios se realizan para su presentación en escala 1:25.000 (Figura 3).



Fuente: nevados.org

Figura 3. Cuenca alta del río Nevado

La cuenca es definida por el Río Nevado, mayor tributario que desciende desde el Parque Nacional Natural y se une por medio del Río Sogamoso-Chicamocha a la hidrografía de la cuenca del Río Magdalena. Los tributarios del Río Nevado se encuentran en las microcuencas de estudio de los Ríos Lagunillas, Cóncavo, Corralitos, San Pablín y Cardenillo.

La zona de estudio comprende un área del Parque Nacional Natural El Cocuy desde la divisoria de aguas en la Sierra Nevada del Cocuy hasta el límite del PNN en la cota 4.000 msnm, continuando en área de páramo de acuerdo con la Resolución No. 1405 de 2018 del Ministerio de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible hasta los 3.200 msnm y de allí hasta la cota 3.000 msnm. Estas últimas dos unidades están bastante intervenidas desde la cota 3.000 msnm hasta aproximadamente los 3.800 msnm.

La zona alta del Río Nevado, para el pueblo U'wa representa un lugar sagrado, legado natural y cultural; para los campesinos un lugar de producción agropecuaria en su mayoría de subsistencia; sitio de interés turístico-productivo para lugareños emprendedores del turismo y para estudiosos y científicos escenario de investigación, zona de patrimonio paisajístico productora y reguladora de agua importante para el ciclo hídrico, la cual tiene su tiempo contado, en razón al cambio climático que

impacta de manera rápida, produciendo una desglaciación acelerada en la medida en que la temperatura aumenta. “Cambió el clima” en palabras de sus moradores.

Es una zona expuesta a fenómenos externos que se recuerdan como “años críticos”. En el año de 1985, cayó ceniza proveniente de la erupción del volcán Nevado del Ruiz sobre la nieve provocando deshielo; en el año 2008, el intenso verano y en el 2013, el inicio del cobro de tarifas del agua obligó al cierre temporal del parque, y en el 2016 igualmente, por “probables afectaciones ambientales del turismo y la producción agropecuaria”.

El fenómeno del niño ha aumentado su frecuencia y se presenta a final de año (2018) y comienzos del 2019, impactando la zona; este reduce la nubosidad, impide la caída de nieve (“alimento” del glaciar), acrecienta la radiación solar y por consiguiente fuera de lo normal derrite el glaciar disminuyendo su oferta, aumentando los flujos de caudal y la temperatura del suelo.

Los pobladores hacen memoria que años atrás “hacía mucho más frío” y “la capa de hielo era más grande, cubriendo toda la sierra hasta bajar a las parcelas”, pero no son conscientes, de que puede desaparecer en una generación, de acuerdo con la tendencia actual, como ha ocurrido con otros nevados en el país (Tabla 1).

Tabla 1. Glaciares colombianos extintos en el siglo XX

No.	NEVADO	MSNM	AÑO EXTINCIÓN
1.	Puracé	4.520	1940
2.	Sotará	4.580	1948
3.	Galeras	4.276	1948
4.	Chiles	4.470	1950
5.	Cisne	4.600	1960
6.	Quindío	4.650	1960
7.	Pan de Azúcar	4.520	1960
8.	Cumbal	4.790	1985

Fuente: Flórez, 2002

La pérdida de glaciar y el aumento de la temperatura beneficia el ascenso de la vegetación del superpáramo hacia las áreas antes ocupadas por el hielo; a la par “abajo” los agricultores ocupan terrenos que antes eran del páramo para cultivos y cría de ganado mayor y menor llevando la frontera agrícola hasta los 3.800 metros, resultando perjudicados el bosque y el páramo (Flórez, 2002).

De los seis nevados restantes en Colombia cuatro están sobre estructuras volcánicas, clasificadas como activas (Nevado del Ruiz, Santa Isabel, Tolima y Huila). Los dos restantes, corresponden a sierras nevadas, ubicados en rocas no volcánicas -Sierra Nevada de Santa Marta y Cocuy- (Flórez, 2002). En el Cocuy el deshielo se ha acentuado desde hace unos 50 años, y no se podría llamar “sierra nevada” por cuanto ha perdido su continuidad y han aparecido grandes espacios de roca.

Los 37 km de hielo existentes aún en Colombia para el año 2017, “representan un excelente laboratorio de investigación de los efectos del cambio climático a nivel global”. En términos generales, “los glaciares colombianos han pasado de 374 km² aproximadamente al final de la Pequeña Edad de Hielo (siglos XVII-XIX)

a 37 km² en 2017; es decir, Colombia ha perdido el 92% de su área glaciar” (IDEAM, 2012).

El agua fundamental para la vida en general y la seguridad alimentaria (agua, energía y alimentación), tiene su garante en el ecosistema de páramo propio de la región intertropical de la Cordillera de los Andes, cuya función es la de regular el agua (acopia, almacena y distribuye) y de retener carbono atmosférico, es decir, almacenan y capturan carbono proveniente de la atmósfera. Lo que le otorga gran importancia ambiental y ecológica (Caviedes y Olaya, 2017).

Con la creciente presión económica, social y ambiental sobre los sistemas hídricos, energéticos y alimenticios, se incrementan y ponen de manifiesto las diversas interdependencias y conflictos entre estos sectores. Las decisiones que se adoptan en un sector afectan a los demás, por consiguiente, las convergencias entre estos avalan equilibrios en la dinámica del tiempo y espacio en el territorio (Figura 4).

Para dar cumplimiento a la propuesta de investigación, se realizan las actividades conducentes a tal fin, se prepara, valida la metodología y ejecuta el Taller de Mapeo Colectivo con presencia de representantes de la comunidad U'wa, Parque Nacional Natural El Cocuy, campesinos, prestadores del servicio de turismo y lugareños, dada la gestión del alcalde ingeniero John Javier Blanco López y el rector especialista Pastor Sambrano Salazar, y se capacita a los estudiantes del ciclo complementario de la Normal, quienes continúan el taller y lo llevan a la comunidad hasta completar las horas del servicio social (Figura 5).

Paralelamente, el equipo de investigadores realiza el reconocimiento minucioso del área de estudio. En todos los casos la cota máxima de observación fue de 4.210 msnm. Durante los recorridos se contó con el apoyo del personal de Parques Nacionales Naturales y dos representantes de la comunidad U'wa, facilitando las actividades.

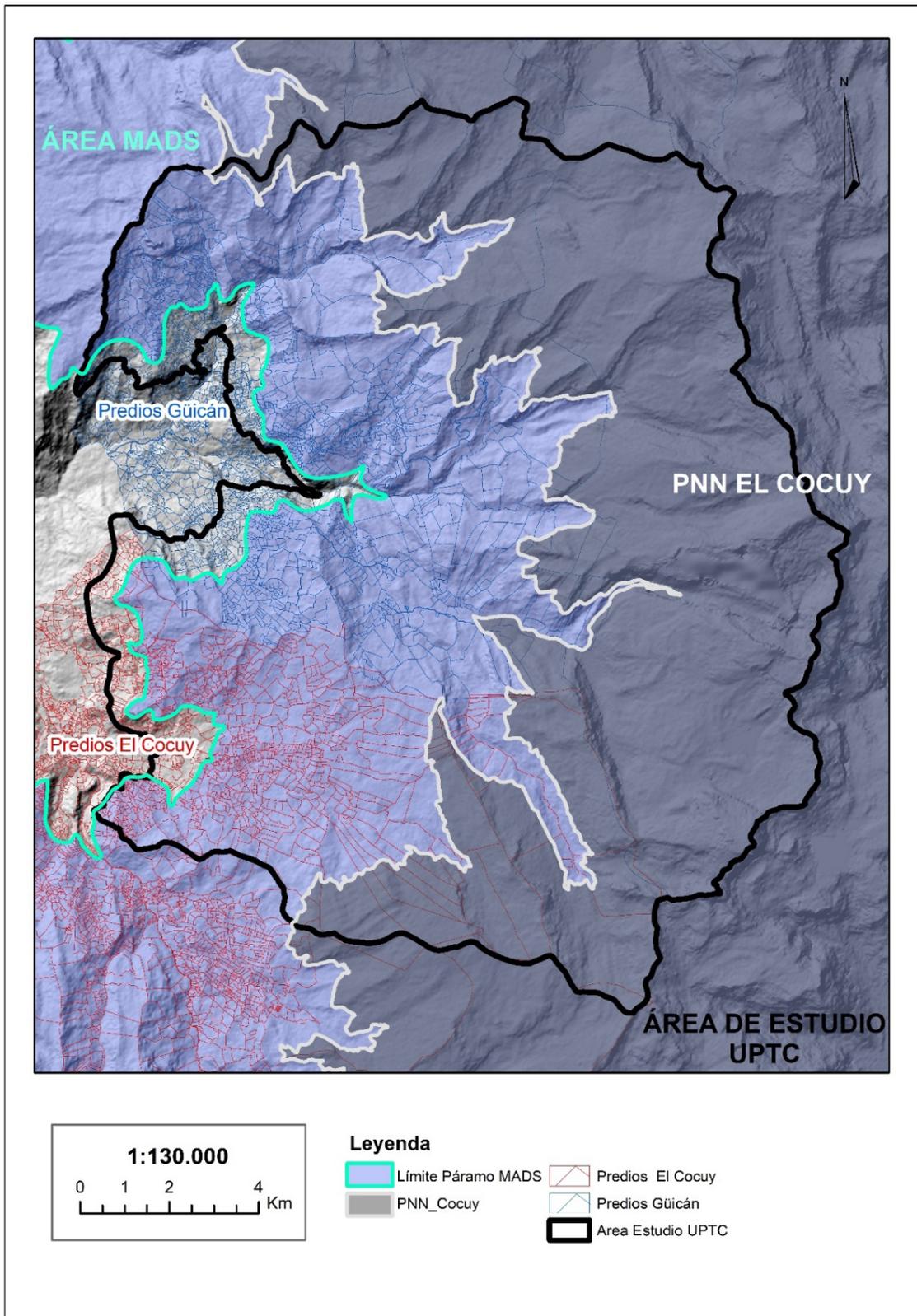


Figura 4. Área de Estudio, conflictos



Figura 5. Validación de la metodología, apertura y capacitación estudiantes del Taller de Mapeo Colectivo, 19/02/2018 y 30/02/2018

En los recorridos se adelanta la ubicación de puntos de muestreo del componente hídrico (calidad y cantidad), coberturas y usos del suelo, geformas, paisajes y fragmentación, impactos, localización de infraestructura y logística para las salidas de campo a realizar por cada uno de los componentes de investigación. También, se toman fotografías y videos permanentemente en el cumplimiento de la estrategia solicitada de comunicación y divulgación por la comunidad U'wa (Figura 6).

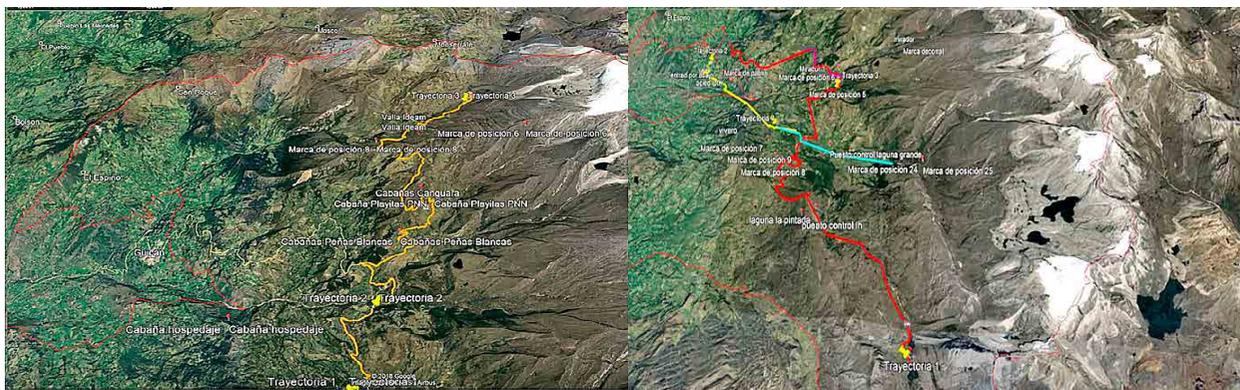


Figura 6. Recorridos de reconocimiento

Durante el desarrollo del Proyecto se realizan reuniones generales y consecutivas semanales del equipo de investigadores de la UPTC, mensuales de articulación con funcionarios de PNN, Gobernación de Boyacá y representantes del Cabildo U'wa; y ocasionales necesarias con campesinos, agentes del turismo, académicos y funcionarios de la Corporación Autónoma Regional de Boyacá (CORPOBOYACÁ) e Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM), entre otros (Figura 7).



Figura 7. Reuniones generales y consecutivas del equipo de investigadores de la UPTC

Desarrollado el proyecto de investigación, los resultados se presentan, revisan y validan con profesionales de los tres niveles de gestión de Parques Nacionales. La evaluación recibida es de “un excelente desarrollo técnico y científico, con significativos aportes en la comprensión del territorio investigado” (Figura 8).



Figura 8. Participantes taller de evaluación convenio interinstitucional, Fase I 28/10/2018

Finalmente, durante los días 21 y 22 de noviembre en el municipio de Güicán y Cocuy se realizan las socializaciones de los resultados del Proyecto de Investigación con las comunidades lugareñas. Se entregan las menciones a las estudiantes de la Normal Superior Nuestra Señora del Rosario que participaron en el taller de Mapeo Colectivo, como trabajo social en el conocimiento de su territorio y los afiches alusivos al Proyecto de Investigación en el tema del Agua “La Biodiversidad que no Ves” (Figuras 9, 10, 11 y 12).



Figura 9. Socialización resultados proyecto, Güicán, Institución Educativa Normal Superior Nuestra Señora del Rosario, 22/11/2018.



Figura 10. Socialización resultados proyecto, Cocuy, Salón Boyacá, 21/11/2018



Figura 11. Estudiantes, Normal Superior Nuestra Señora del Rosario, participantes del Taller de Mapeo Colectivo como Trabajo social, Güicán, 22/11/2018



Figura 12. Afiches alusivos al Proyecto de Investigación

La información cartográfica se digitaliza y recopila en una GDB con su metadato respectivo y se organiza siguiendo los protocolos de la GDB de la ANLA. La información y el análisis de los resultados obtenidos se formula en un informe final de síntesis e integración de resultados por componentes y su integración territorial. La información recopilada en campo se digitaliza, procesa, analiza e integra en Unidades de Planificación Ambiental y Social (UPAS), determinando el estado de afectación o conser-

vación actual, su distribución espacial y cómo la interacción con la actividad turística y de uso tradicional del suelo en el área ha influido en el territorio.

Durante el desarrollo del Proyecto de Investigación dando cumplimiento al Convenio PNN-UPTC se entregaron tres (3) informes que dan cuenta de los resultados parciales en cada uno de los componentes y el cuarto informe (4º), es el consolidado de la investigación (Figura 13).



Figura 13. Informes entregados PNN

El presente documento síntesis, sucinta de investigación, se instaura en términos de la legislación colombiana como DIAGNÓSTICO TERRITORIAL, dado que incluye la “síntesis de las variables biofísicas y socioeconómicas relevantes para la zonificación” y la “definición de estrategias de manejo”, para el caso en las Unidades de Planificación Ambiental y Social (UPAS) y por cuanto se basa en la información requerida en la Resolución 0886 del 18 de mayo de 2018, y fundamentalmente en los estudios técnicos sociales, económicos y ambientales en la cuenca alta del Río Nevado que incluye el páramo como lo pide la legislación (Figura 14).

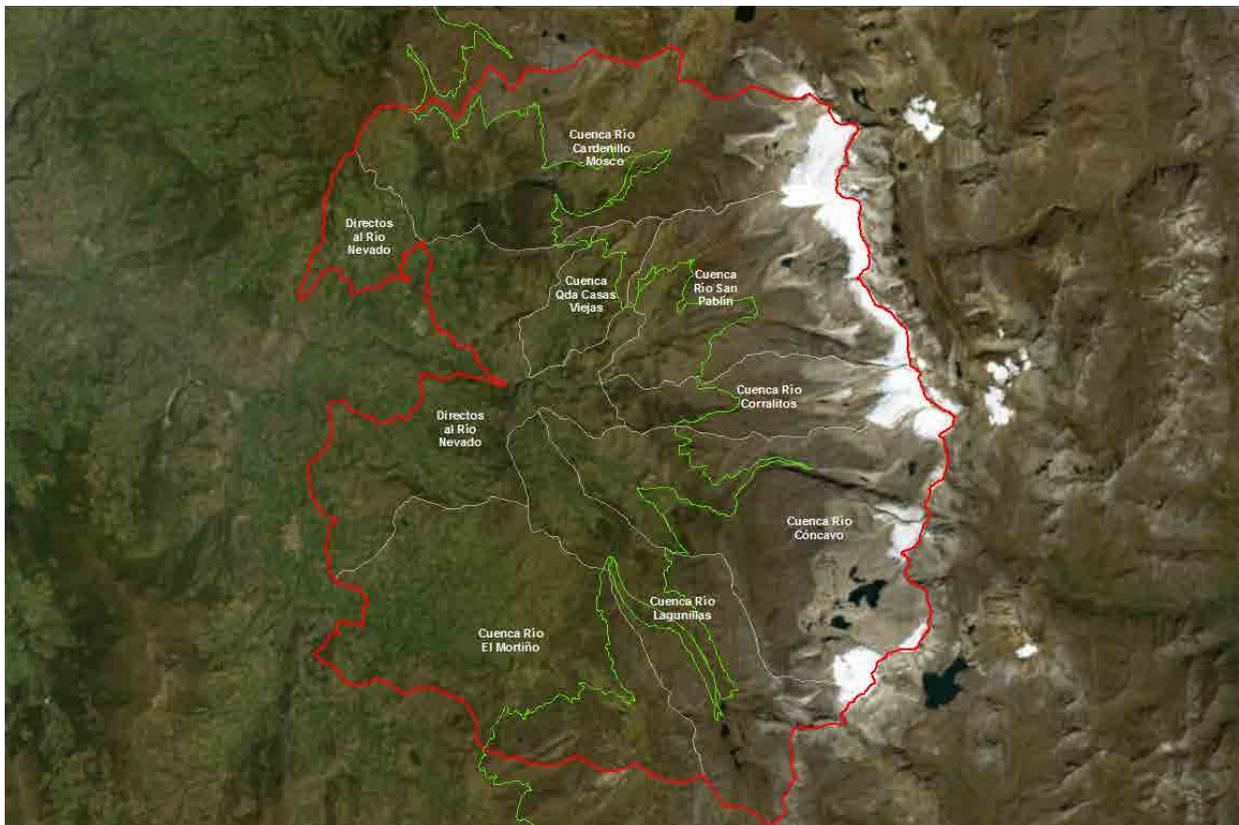


Figura 14. Microcuencas Lagunillas, Cóncavo, Corralitos, San Pablín y Cardenillo

BIBLIOGRAFÍA

Caviedes, D. I. y Olaya, A. (2017). Ecoturismo en áreas protegidas de Colombia: una revisión de impactos ambientales con énfasis en las normas de sostenibilidad ambiental. *Revista Luna Azul*, 46, 311-330. Recuperado de: <http://200.21.104.25/lunazul/index.php/component/content/article?id=284>. DOI:10.17151/luaz.2018.46.16.

Flórez, A. (2002). Geomorfología de Colombia. Bogotá, D.C.: Trabajo presentado a la Universidad Nacional de Colombia como requisito parcial para obtener el ascenso a Profesor Titular.

IDEAM. (2012). Glaciares de Colombia, más que montañas con hielo, Bogotá, D.C.

Resolución 0886. (2018). De las áreas de páramos delimitados y directrices para diseñar, capacitar y poner en marcha programas de sustitución y reconversión de las actividades agropecuarias y se toman otras determinaciones. Colombia: Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. 18 de mayo.

1. GEOAMBIENTE

*“Cada detalle en la naturaleza, una hoja, una gota, un cristal, un momento en el tiempo, está relacionado al conjunto, y forma parte de la perfección del todo”
Emerson, R., (s. f.).*

Análisis con sensores remotos y control de campo en el área de la cuenca alta del Río Nevado, con el propósito de caracterizar dinámicas y procesos geomorfológicos y antrópicos.



Laguna La Pintada, microcuenca del río Lagunillas, al fondo aguja glaciaria

INTRODUCCIÓN

La comprensión de la evolución de los paisajes, desde las fuerzas geológicas que permitieron la depositación de sedimentos y su posterior plegamiento, los factores asociados a la geodinámica externa que con los cambios climatológicos durante el cuaternario permitieron el desarrollo de glaciares y las formas heredadas de su erosión y con ellos la colonización de la vegetación adaptada a estas condiciones.

El componente geo-ambiental, presenta la compilación geológica, su densificación y articulación con la geomorfología, interpretada en escala 1/25.000, con algunos aspectos glaciológicos relacionados con el retroceso, evaluado a partir de imágenes de sensores remotos desde el año 1985 hasta el año 2018. Este componente evalúa de manera preliminar la susceptibilidad al desarrollo de fenómenos de remoción en masa a partir de la metodología desarrollada por el Servicio Geológico Colombiano SGC. Así mismo, la pérdida de suelo para establecer la correspondencia entre actividades antrópicas de las zonas más bajas comparada con la pérdida de suelo del área protegida. Para evaluar estas pérdidas se sigue el modelo propuesto en la ecuación establecida por Wischmeyer y Smith (1978).

Durante el cuaternario a nivel planetario, se dieron los periodos glaciares que modificaron la morfología de la alta montaña y cuyas consecuencias ambientales son de amplia significancia. El presente documento describe de forma más detallada la distribución de geofomas, los elementos litológicos subyacentes, la importancia de la estructura geológica y su impacto en la actual evolución de paisajes.

El enfoque utilizado para la investigación son las microcuencas, de modo que todo sea conducente a la generación de Unidades Diagnósticas de Planificación Ambiental (UPA) que establecen la síntesis de las presiones antrópicas y naturales en el área de estudio.

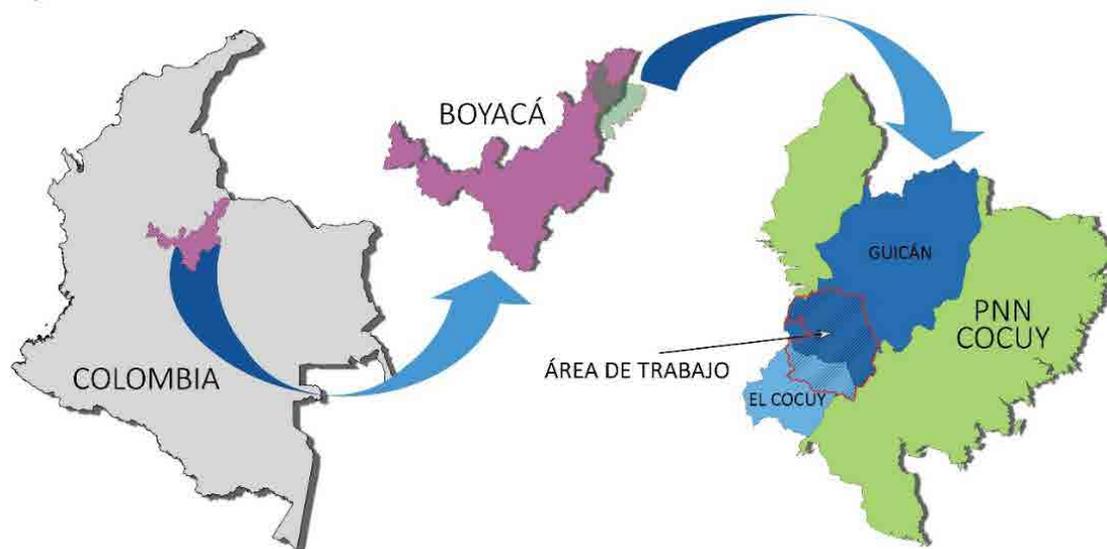
Comprender la evolución geomorfológica y los condicionantes litológicos subyacentes permite entender la dinámica de paisajes y ecosistemas presentes, ofrece un panorama inicial para establecer las relaciones geoquímicas con algunos aspectos relacionados con la calidad de las aguas que nacen en la cuenca alta del Río Nevado.

El área de estudio corresponde a la zona más alta de la cordillera oriental, incluyendo el pico más alto (Ritacuba Blanco, 5.410 msnm), con una evolución que inicia aproximadamente 3,5 a 3,0 millones de años (Plioceno superior) cuando empezó su levantamiento, que aún continua.

1.1 ÁREA DE ESTUDIO

El área de estudio se localiza al NE del departamento de Boyacá (Figura 1.1)

corresponde a la cuenca alta del Río Nevado conformado por siete (7) microcuencas y las áreas intercuenca que drenan directamente al Río Nevado.



SÍMBOLO	ÁREA TOTAL (Ha)	SUPERFICIE DENTRO DEL ÁREA DE TRABAJO (Ha)	%	
	ÁREA DE TRABAJO	29.075,470 Ha	29.075,470 Ha	100%
	MUNICIPIO EL COCUY	23.834,46 Ha	8.105,17 Ha	27,87%
	MUNICIPIO GÜICÁN	95.221,78 Ha	20.970,29 Ha	72,13%

Figura 1.1 Localización del área de trabajo

La cuenca alta del Río Nevado tiene por límite inferior la cota 3.000 msnm y la conforman exclusivamente los municipios Güicán y Cocuy. Equivale aproximadamente al 9,43% del PNN El Cocuy, aunque el extremo occidental se encuentre fuera del área.

1.1.1 Distribución de áreas de drenaje

El área de trabajo corresponde a la cuenca alta del río Nevado, delimitada en su parte más baja por la cota 3.000, de tal manera

que hacia la parte alta (noreste) los procesos glaciares operaron en apogeo durante la última glaciación, lo que Flórez (1997), considera la alta montaña, y donde la herencia morfoclimática es constitutiva (durante la última glaciación el borde inferior de los glaciares estaba alrededor de los 3000 ± 100 m). Se definieron 7 microcuencas y las áreas de drenajes directas al Río Nevado, la siguiente ilustración muestra la subdivisión realizada de la cuenca alta del Río Nevado. (Figura 1.2)

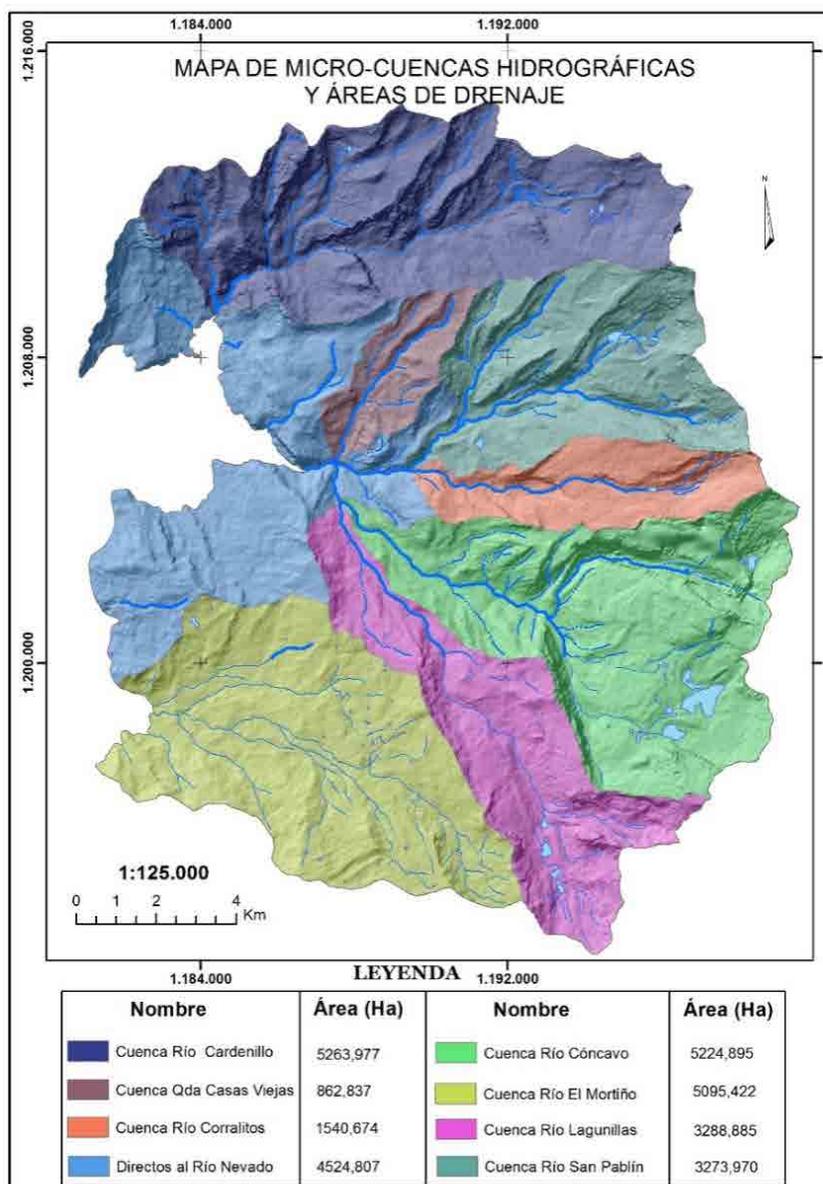


Figura 1.2 Subdivisión de microcuencas

1.2 GEOLOGÍA

La zona de estudio que hace parte de la Sierra Nevada del Cocuy, cuenta con un área aproximada de 290 Km² en la cual se distinguen Formaciones Geológicas Sedimentarias del Cretácico y el Terciario, además de una serie de depósitos Cuaternarios relacionados a la

actividad glaciaria en la Sierra. A continuación, se realiza una breve descripción para cada unidad, adaptadas de la memoria geológica de las planchas 137 y 153 del Servicio Geológico Colombiano, SGC¹. El mapa fue objeto de densificación y refinamiento a partir del modelo de sombras ALOS PALSAR de 12,5 m y un breve control de campo, el producto se expone en la Figura 1.3.

¹ INGEOMINAS (1981). Geología regional de la Sierra Nevada del Cocuy plancha 137, “El Cocuy”.

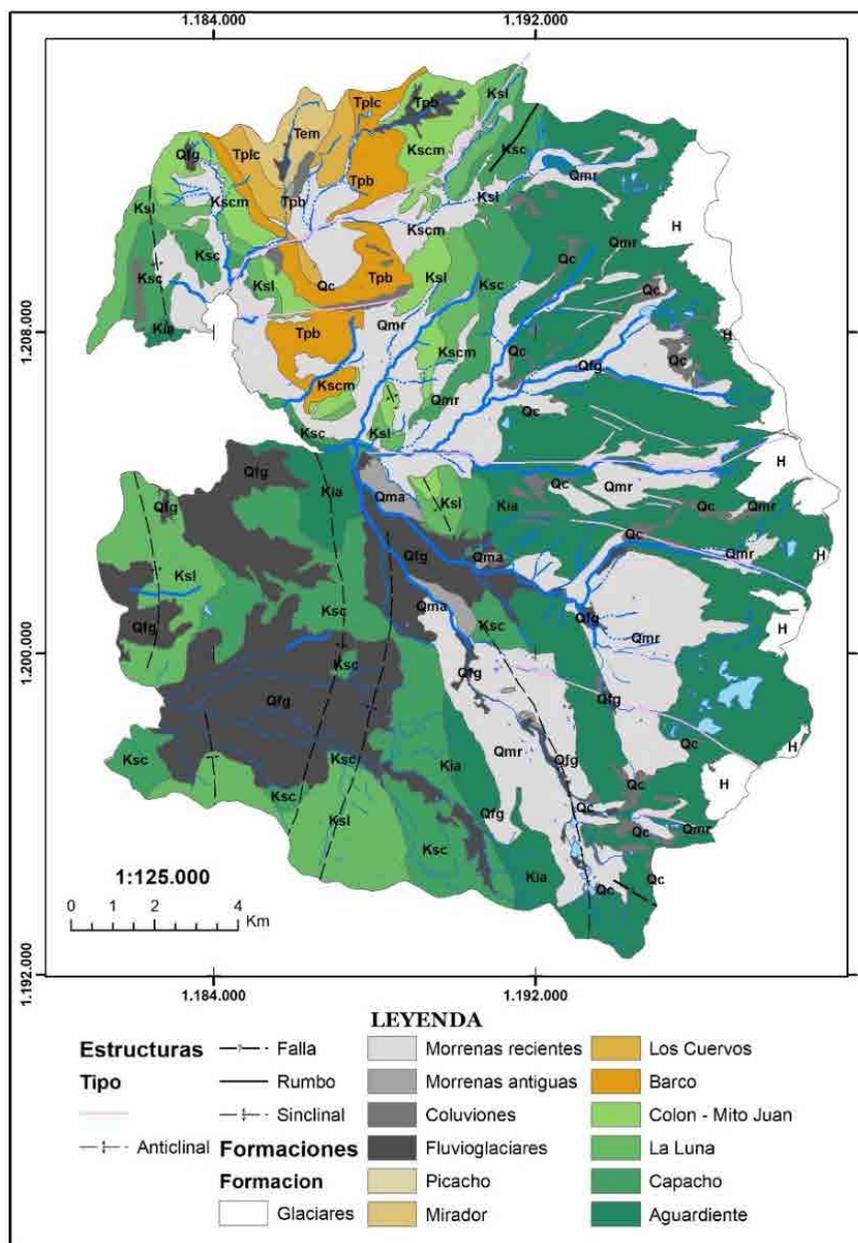


Figura 1.3 Mapa geológico del área de estudio

La cuenca presenta un predominio de formaciones cretáceas principalmente las formaciones Aguardiente, responsable de las laderas estructurales cubiertas de nieve, y un poco más abajo las formas suavizadas de la formación Capacho. Solamente al norte de la zona de estudio, en la microcuenca del Río Cardenillo aparecen algunas formaciones terciarias que generan prominentes escarpes en las areniscas de la formación Barco. A continuación se describe brevemente la estratigrafía de la zona.

1.2.1 Estratigrafía

Formación Aguardiente (Kia)

Esta Formación Geológica definida por Notestein en 1944, se extiende principalmente al nororiente de Colombia, es descrita por Fabre en 1981, como intercalaciones de areniscas calcáreas, glauconíticas con estructuras entrelazadas, y delgadas capas de shales negros carbonosos y micáceos. Subyace en contacto concordante a la Formación Capacho. Edad: Albiano medio - Albiano superior.



Adaptado de Fabre, A. 1981.

Figura 1.4 Columna estratigráfica de la formación Aguardiente

En el área de la Sierra Nevada del Cocuy, la Formación Aguardiente aflora al occidente y en ella se dan expresiones morfológicas sobresalientes como los picos más altos de la Sierra. Es separada por Fabre (1981), en tres miembros: uno Inferior con 30 metros de espesor y constituido por areniscas cuarcíticas, de grano medio a microconglomerático, con estructuras entrecruzadas planas e intercaladas con delgadas capas de lutitas carbonosas y micáceas; un miembro medio o principal con 1.180 metros de espesor constituido por areniscas cuarcíticas, de grano medio a grueso,

intercaladas con lodolitas negras micáceas y areniscas finas oscuras, generalmente en este miembro la granulometría es más gruesa en su parte inferior y los bancos son más espesos; y un miembro superior con espesor de 40 metros, donde la Formación está constituida por niveles más blandos de arenisca de grano fino a medio con delgadas intercalaciones de lutitas limosas oscuras, y presencia de bioturbación (Figura 1.4). Se sugiere para esta Formación, un ambiente costero de depositación, con subambientes litorales y depósitos finos de lagunas costeras. En el área de estudio dicha

Formación aflora al este y ocupa un área de 76,64 Km².

Formación Capacho (Ksc)

Esta Formación Geológica definida por Sutton en 1946 y Rod and Maync en 1954, como intercalaciones de shales negros y calizas fosilíferas, que suprayacen en contacto concordante a las rocas de la Formación Aguardiente, y subyacen de aquellas que constituyen la Formación La Luna. Edad: Albiano superior o Cenomaniano.

Para el área de la Sierra Nevada del Cocuy, esta Formación aflora al occidente de la parte alta de la Sierra y presenta morfologías más suaves en contraste con aquellas de la Formación Aguardiente. Fabre (1981), la separa en tres miembros: un miembro designado como H1 con 203 metros de espesor, está constituido por lutitas lodosas negras e intercalaciones delgadas de areniscas finas, cuarcíticas oscuras, con estructuras entrecruzadas, y algunos estratos delgados de calizas arenosas. La bioturbación es muy intensa; al miembro H2 con 114 metros de espesor lo caracteriza una alternancia de bancos de calizas arenosas, bancos de lodolitas negras y areniscas cuarcíticas de grano fino a medio.

El espesor de los bancos de caliza bastante fosilífera, varía a lo largo del área de la Sierra, desde los 40 metros hasta presentarse como reducidos lentes de corta extensión y nódulos; y el miembro Superior con 232 metros de espesor, está constituido principalmente por lutitas limosas y arcillosas oscuras o negras, y algunas intercalaciones de conjuntos arenosos. Se definen otras características comparativas entre los tres miembros, como por ejemplo la morfología más pronunciada en el miembro H2. Los sedimentos de esta Formación, se depositaron en un ambiente marino tranquilo. En el área de estudio dicha Formación aflora al centro y noroeste, ocupando un área de 32,88 Km².

Formación La Luna (Ksl)

Esta Formación Geológica que suprayace a la Formación Capacho, fue definida en Colombia por Notestein en 1944, como bancos delgados de calizas oscuras laminadas con foraminíferos y shales calcáreos negros. Presenta concreciones de caliza de gran tamaño y nódulos de chert negro. Edad: Coniaciano.

Formación Colón-Mito Juan (Kscm)

Esta Formación Geológica ha sido definida por varios autores y en ella se han incluido algunas formaciones, (Vargas et al., 1970) en la leyenda del mapa geológico del cuadrángulo, la divide en tres partes: una inferior de arcillas laminadas negras, areniscas de grano fino, calizas y areniscas glauconíticas; una intermedia con areniscas de grano fino a medio con intercalaciones de arcillas negras laminadas; y la parte superior con arcilla negras, areniscas de grano fino y algunas capas de carbón. Edad: Santoniano.

Para el área de la Sierra Nevada del Cocuy, esta Formación que suprayace a la Formación La Luna y subyace a las areniscas de la Formación Barco en contacto concordante y transicional. Formación Barco (Tpb).

Esta Formación Geológica fue descrita por Notestein en 1944, como areniscas arcillosas de grano fino a medio, con estratificación cruzada, algunas con sobrecrecimientos que contienen arcillas. Entre los bancos de areniscas existen intercalaciones de lutitas limosas y arcillosas, y localmente en la parte superior delgados bancos de carbón. Edad: Paleoceno Inferior.

Para el área de la Sierra Nevada del Cocuy, esta Formación con 294 metros de espesor y una morfología con escarpes bien marcados, está constituida principalmente por bancos de areniscas cuarcíticas, de grano medio a grueso, y delgadas intercalaciones de areniscas finas y lodolitas oscuras. Su contacto inferior con la Formación Colón-Mito Juan es concordante y el contacto superior con la Formación Los Cuervos es concordante y transicional. Un

ambiente de depositación litoral o deltáico subcontinental es propuesta por Fabre en 1981 para esta Formación. En el área de estudio dicha Formación aflora al noroeste y ocupa un área de 10,45 Km².

1.2.1.1 Formación Los Cuervos (T_{plc})

Definida por Notestein en 1944 como secuencias monótonas de arcillolitas y lutitas con algunas intercalaciones de areniscas micáceas y estratos de carbón. Edad: Paleoceno- Eoceno Inferior.

Para el área de la Sierra Nevada del Cocuy, Fabre (1981), describe una columna de 495 metros de espesor correspondiente a la Formación Los Cuervos, y en la cual se presentan capas de hasta 10 metros de espesor de lutitas lodosas negras, a veces carbonosas, separadas por conjuntos arenosos color gris oscuro a gris verdoso, grano fino a medio y estratificación cruzadas. En la parte inferior de la Formación, se presentan esporádicos niveles de carbón de hasta 90 cm de espesor y en ciertos bancos existen zonas extensas, lentes y nódulos de areniscas calcáreas que resaltan muy bien. El contacto inferior con la Formación Barco es concordante y transicional, mientras el contacto superior es concordante, bien marcado y nítido por la aparición de las rocas que constituyen la Formación Mirador que la suprayace. El mismo autor propone un ambiente de depositación deltáico subcontinental de aguas poco profundas en llanuras de inundación. En el área de estudio dicha Formación aflora al noroeste y ocupa un área de 3,2 Km².

1.2.1.2 Formación Mirador (T_{em})

Descrita por Notestein en 1944, como gruesos bancos de areniscas macizas claras y limpias, de grano fino a grueso y en parte conglomeráticas, con delgadas intercalaciones de lutitas grises a marrón, micáceas. Edad: Eoceno Inferior-Eoceno Medio.

Fabre en 1981, realiza la descripción de 284 metros de espesor correspondiente a esta Formación para el área de la Sierra Nevada del Cocuy, como gruesos espesores

de areniscas claras generalmente de color blanco, rosado o gris verdoso, macizas, líticas, de grano fino a medio y con estructuras entrecruzadas, conglomerados polimícticos con cantos subredondeados a redondeados en bancos de hasta 5 metros de espesor, y algunas intercalaciones delgadas de arcillolitas y limolitas verdosas. Esta Formación se correlaciona litológicamente con la Formación Picacho. En el área de estudio dicha Formación aflora al noroeste y ocupa un área de 2,44 Km². Nótese su localización en el contexto general.

Depósitos de origen glaciar

El material que constituye las morrenas de los varios depósitos glaciares son principalmente bloques de areniscas que provienen de las Formaciones Aguardiente y Río Negro.

Morrenas recientes (Q_{mr})

Fabre en 1981, describe que estos depósitos están constituidos por material de color claro, sin vegetación, poco afectado por erosión, alcanzando alturas de hasta 4300 metros en su parte más frontal. El estadio glaciar que los produjo “Estadio de Corralito”, Van der Hammen lo ha estimado entre los 1500 y 1850 d.C., es decir, el Neoglacial; y cubre en toda la Sierra, aproximadamente 170 Km². En el área de estudio dicha unidad aflora al este y noroeste ocupando un área de 67,40 Km².

Morrenas antiguas (Q_{ma})

Están constituidas por material cubierto parcial o completamente por vegetación, más expuesto a los procesos erosivos y formando cordones que se extienden desde el límite frontal de las morrenas recientes y hasta una altura de 3000 metros. En el área de estudio dicha unidad aflora al centro y ocupa un área de 2,12 Km².

Depósitos glaciares sin diferenciar (Q_{gl})

Estos depósitos son caracterizados por Fabre, por la ausencia de alguna morfología en particular, más bien, los propone como morrenas de fondo, laterales o frontales

completamente destruidas. Tanto el material que comprende estos depósitos sin diferenciar como las morrenas antiguas, pudieron ser depositados durante varios estadios glaciares que ocurrieron entre 10.000 a.p y 30.000 a.p.

Depósitos fluvio-glaciares (Qfg)

Según Fabre, estos depósitos que rellenan el fondo de los valles principales en la región, están constituidos principalmente por cantos redondeados de areniscas, limos y arcillas, producto de los procesos erosivos que afectan las diferentes Formaciones litológicas (principalmente del Cretáceo y Terciario), y a los depósitos de origen glaciar, su posterior transporte y redepositación. El mismo autor agrupa también en esta unidad, los materiales finos, generalmente arenas, lodos y materia orgánica, que rellenan las lagunas glaciares y que actualmente se presentan como extensas áreas pantanosas, donde abundan frailejones y plantas almohadilladas. Para el área de trabajo esta unidad junto a los depósitos glaciares sin diferenciar, ocupan 40 Km², generalmente al suroeste.

1.2.1.3 Coluviones (Qc)

Se incluyen bajo esta unidad, aquellas áreas afectadas por movimientos en masa como derrumbes, deslizamientos y materiales traslocados, que se observan en los flancos de los valles, algunos más antiguos sobre los cuales ya se observa crecimiento de vegetación. En la zona de estudio dicha unidad ocupa un área de 6,02 Km², distribuida en pequeñas áreas al este y noroeste.

1.2.1.4 Glaciares (N)

Con una extensión total de hielo de 12 Km² (2018), esta unidad representa la masa glaciar que cubre las cumbres de la Sierra Nevada del Cocuy con alturas de hasta 5300 metros, de las cuales emergen unos picos de rocas. La forma de las masas glaciares van a estar condicionadas con las formas del terreno que hacen parte del monoclinial de la Sierra, es decir, los flancos que buzan hacia el oeste y que representan las pendientes estructurales, y masas extensas de hielo, donde el proceso de ablación se da

principalmente por fundición, por su parte, los flancos que buzan hacia el este y que representan la contrapendiente o frente de la estructura, son más cortos, con mayor pendiente, presentando masas glaciares colgadas y donde la ablación se da principalmente por caída de bloques de hielo. Fabre hizo un cálculo del volumen de la masa glaciar para inicios de los años 80, él tomó un promedio de 100 metros de espesor, el volumen del hielo alcanzaría unos 5,3 Km³, para ese entonces la isoterma de 0°C se encontraba por debajo de los 4700 msnm. Para el año 1959, una expedición de glaciólogos de la Universidad de Cambridge, realizó mediciones de flujo acumulación y ablación, y aunque no son representativos lograron estimar lo siguiente: “la velocidad de flujo de la superficie del Glaciar San Pablín es de 4 pulgadas por día en el centro de la lengua y 3,5 pulgadas por día en el borde del glaciar donde la fricción es mayor. La velocidad de fundición era de unas 3 pulgadas por semana a 4.570 m”. Esta descripción permite verificar la actividad glaciar hasta hace muy poco tiempo, la involución de las masas glaciares se detallará en el capítulo de geomorfología.

1.2.2 Síntesis

Como se observa en la Figura 1.5, los porcentajes de ocupación areal más grandes se encuentran por las dos formaciones cretáceas Aguardiente y Chipaque que con un 37,6% del área supera levemente a los depósitos de morrena y los fluvio-glaciares.

Solamente la cuenca del Río Cardenillo situada más hacia el norte de la zona de estudio, con una extensión de 5.264 Ha. Presenta una alta heterogeneidad litológica, allí afloran casi todas las formaciones que se encuentran dentro de toda el área de trabajo, sin embargo, son los recubrimientos cuaternarios los que mayor representatividad poseen, así mismo en la parte alta las laderas estructurales de la formación aguardiente, luego descendiendo las rocas de Tibú Mercedes que confieren tonalidades negras a las laderas donde se ha perdido la cobertura vegetal y muestran los shales alteradas por la crioclastia.

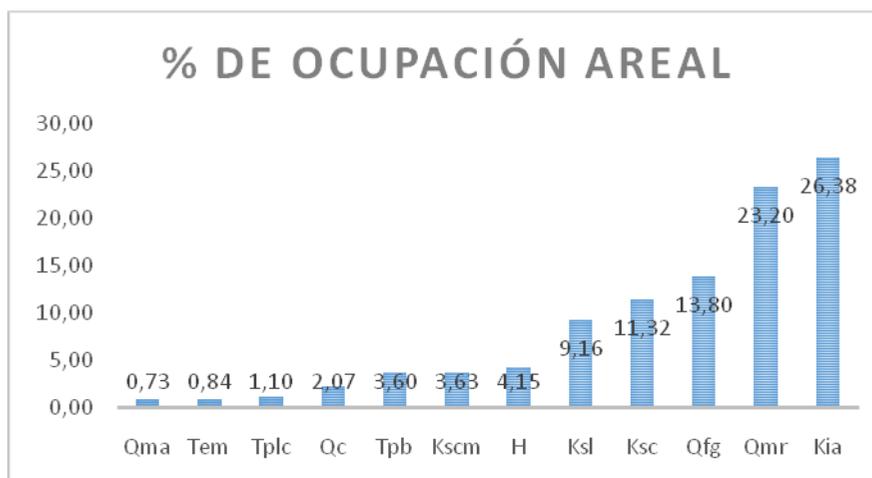


Figura 1.5 Ocupación areal de las unidades litológicas en el área de estudio.

La parte media de la cuenca está dominada por rocas del Neógeno, por lo que adquiere una mayor expresión topográfica debida a las areniscas de Mirador. Es probable que, dada la alta presencia de rocas de ambientes litorales y bentónicos, y la presencia de caliza pueda favorecer la existencia de aguas duras algo carbonatadas.

1.3 GEOMORFOLOGÍA

El presente apartado se basa en la metodología para levantamientos geomorfológicos del Servicio Geológico Colombiano, adaptada para escala 1/25.000, se presenta brevemente el procedimiento metodológico para la interpretación, los insumos para dar paso a la descripción de unidades y sub unidades encontradas, así como la descripción de la evolución de la masa glacial y el análisis de la desglaciación que se viene presentando.

Las definiciones fueron adaptadas del glosario Geomorfológico del SGC.

Para simplificar un poco la presentación del mapa, y la comprensión de personas no versadas en el tema se decidió agrupar todas las geoformas del ambiente glacio-estructural, independiente de la condición de plegamiento (anticlinal o sinclinal) como laderas homoclinales. Los sub-ambientes presentados, hacen referencia a procesos actuales que podrían enmarcarse en otro tipo de ambiente,

pero que por la longitud o extensión de las geoformas son exclusivamente glaciales.

Las geoformas ya especializadas se encuentran expuestas en la Figura 1.6, aunque los colores no son exactamente los sugeridos en las metodologías se hace una excepción en razón a la cantidad de unidades que de un mismo color pero en diferentes tonos hacía difícil su comprensión, así pues algunas geoformas de orden agradativo o depositacional fueron identificadas con color marrón en diferentes tonos (color utilizado para ambientes denudacionales), y los lomeríos estructurales en color morado (color utilizado para ambientes estructurales). La descripción se hace de la siguiente manera.

1.3.1 Generalidades

El relieve glacial heredado fue originado por la acción de los glaciares en otras épocas, su expresión morfológica fue establecida por la erosión intensa ocasionada por el movimiento de grandes masas de hielo, o por los procesos de gelifracción actuales en zonas de alta montaña. Esta acción combinada ha generado modelados característicos e imponentes como enormes valles con fondo en U, valles colgantes, agujas glaciarias y hombreras glaciales algunas de ellas con relictos de nieve y formas agradacionales (Figura 1.6) o de sedimentación que se acumularon o se están acumulando en las laderas adyacentes o subyacentes.

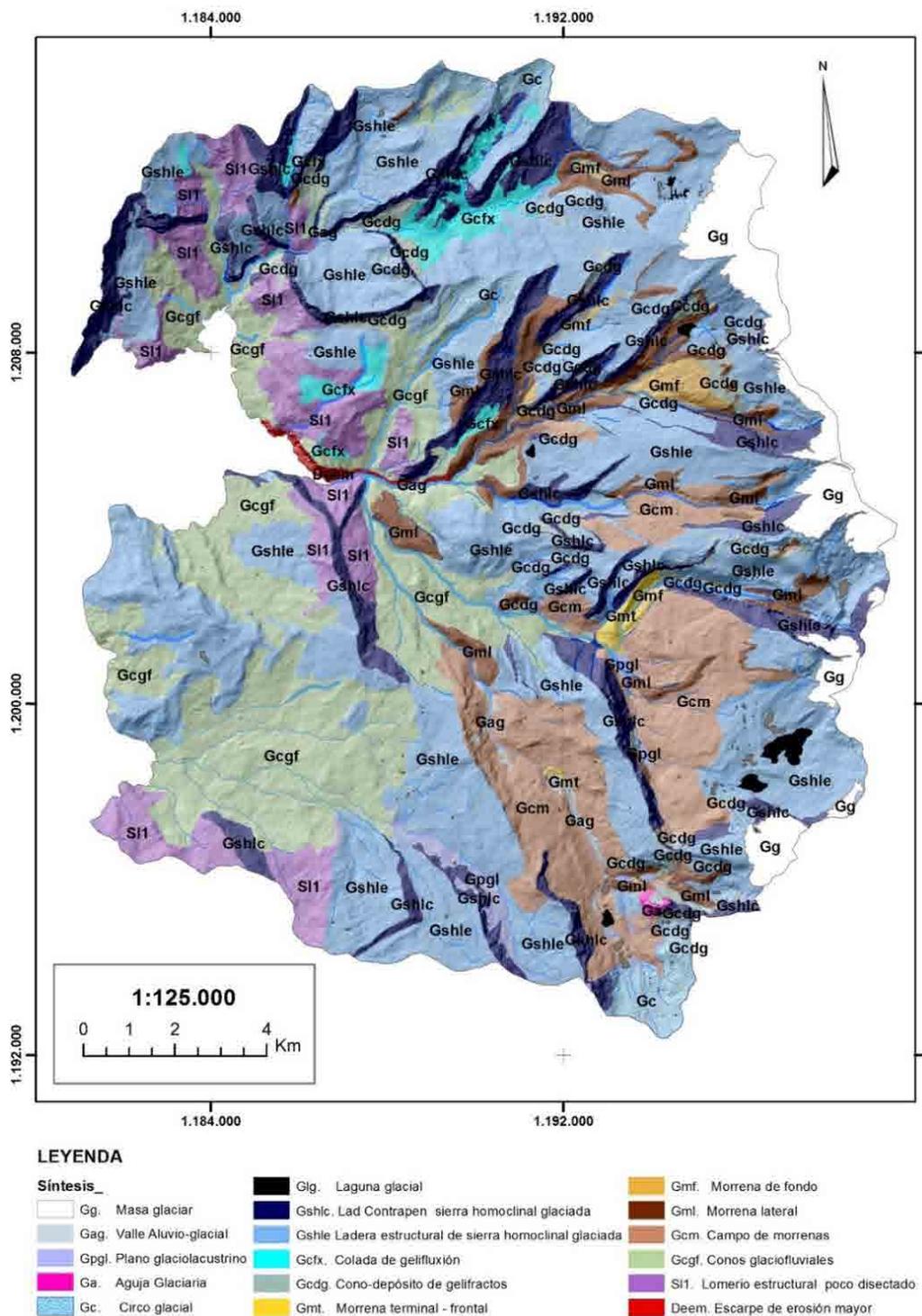


Figura 1.6 Mapa Geomorfológico

Allí surgieron y surgen procesos denudatorios complejos como la gelifracción, la generación de valles en U y la retroexcavación que los acompaña en algunos lugares, y el material así desprendido, depositado con formas

características como las morrenas. El área de estudio fue modelada por tres grandes masas glaciares principales: Cardenillo, Corralitos y Lagunillas, esta última alcanzó grandes dimensiones y alcanzó a dejar valles colgados

como el de Aguabendita, por el camino que asciende al lugar denominado “*El Pulpito del Diablo*”.

Los glaciares de San Pablín y del Cóncavo fueron masas tributantes de las principales, esto en razón al tamaño de sus morrenas y las lagunas de retroexcavación que dejaron a su paso. Esta herencia permitió describir las siguientes unidades, a partir de la Figura 1.7 y 1.8.

1.3.2 Descripción de Unidades

1.3.2.1 Masa glaciaria (*Gg*)

Corresponde a la masa de hielo en retroceso o desglaciación, por lo que hace al menos

150 años su movimiento fue haciéndose cada vez más lento hasta los últimos reportes de actividad del movimiento hacia más o menos 1960, actualmente el balance entre acumulación y fusión es negativo, y en el flanco de estudio es la masa más grande del país y alcanza aproximadamente 1.206,6 hectáreas que equivalen al 4,1 de la totalidad del área de trabajo. Algunas acumulaciones que se encuentran en laderas más inclinadas forman Seracs que son bloques de hielo fragmentado por importantes grietas en un glaciar, y cuya rotura se debe al movimiento del hielo por zonas donde la pendiente se quiebra (Figura 1.7), en las zonas con menor pendiente las acumulaciones son más estables y perdurarán más en el tiempo a pesar de la inevitable desaparición total de los glaciares.



Figura 1.7 Panorámica de la masa glaciaria del San Pablín

1.3.3 Formas erosionales

1.3.3.1 Aguja glaciaria (*Ga*)

Es una cima montañosa en forma aproximada de pirámide con pendientes muy abruptas y escarpadas a veces con formas cóncavas, es el resultado de la destrucción de una hombrera

por un glaciar perpendicular a la dirección de la cima, es decir que al menos para su formación se requirieron 3 ciclos glaciales aproximados entre sí. También puede definirse como una montaña rodeada de circos y a veces se les conoce con la voz alemana de Horn que significa cuerno (Figura 1.9) o Karling.

LEYENDA GEOMORFOLÓGICA					
Grupo	Unidad/sub-unidad	Símbolo	Área (Ha)	Porcent	
Masa Glaciar		Gg 	1.206,6	4,1	
Formas erosionales	Aguja Glaciaria	Ga 	23,8	0,1	
	Circo glaciar	Gc 	621,4	2,1	
	Laguna Glacial	Glg 	170,0	0,6	
	Ladera estructural de sierra homoclinal glaciada	Gshle 	10.947,0	37,8	
	Ladera de contrapendiente sierra homoclinal glaciada	Gshlc 	3.035,7	16,7	
	Lomerío Estructural poco disectado	Sl1 	1.919,8	6,6	
	Valle aluvio glacial	Gag 	117,3	0,4	
	Escarpe de erosión mayor	Deem 	79,4	0,3	
Formas agradacionales	Morrenas	Morrena terminal	Gmt 	102,2	0,4
		Morrena de fondo	Gmf 	267,5	0,9
		Morrena Lateral	Gml 	1.448,0	5,0
		Campo de morrenas	Gcm 	2.885,1	9,9
	Plano Glaciolacustrino	Gpgl 	218,1	0,8	
	Colada de geliflucción	Gcfx 	522,6	1,8	
	Cono depósito de gelifractos	Gcdg 	624,9	2,1	
	Conos glaciofluviales	Gcgf 	4.847,2	16,7	

Figura 1.8 Leyenda geomorfológica, áreas y porcentaje de cada unidad

Existen varios ejemplos de agujas glaciarias para este sector del parque, por ejemplo, los Ritacubas, o el de la imagen que es el cerro tutelar de la laguna La Pintada en el valle de Lagunillas.

1.3.3.2 Circo glaciar (Gc)

Son geoformas negativas originadas cuando una concavidad preglaciar poco profunda fue ampliada progresivamente, constituyendo

depresiones rocosas de paredes escarpadas de grandes dimensiones y forma circular similar a la de un anfiteatro y por presentar un perfil topográfico cóncavo, originadas por la acción de una masa de nieve. La gelivación va excavando las bases de las paredes circundantes, manteniendo y aumentando así la concavidad de la depresión y propiciando derrubios que actúan a modo de abrasivos al ser arrastrados por el hielo.

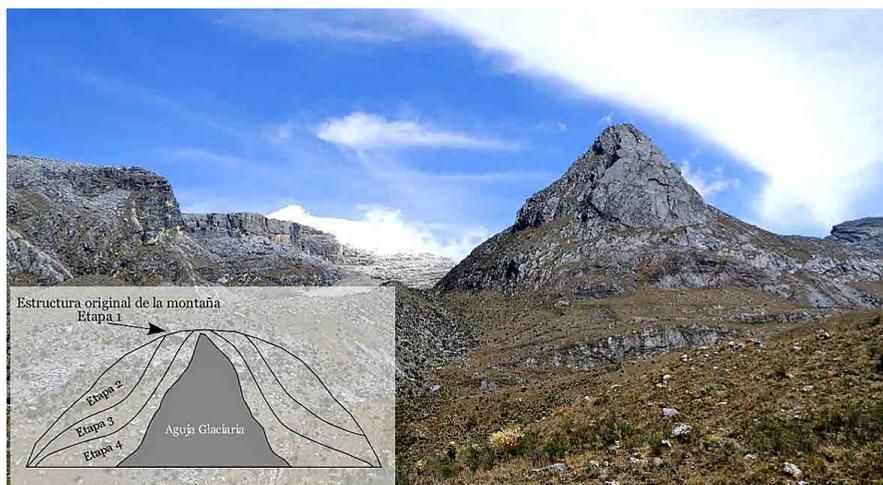


Figura 1.9 Aguja Glaciaria

El hielo, al descender puede originar fenómenos de sobreexcavación entre un punto de ruptura de la pendiente (umbral de circo), que acentúa la forma de la cuenca. Estos umbrales son rasgos frecuentes en las formaciones montañosas sometidas a glaciario y contienen pequeños lagos. Los circos desarrollados en la zona de trabajo (Figura 1.10), presentan comparativamente con otros circos menos inclinación, en razón a la baja inclinación de las laderas estructurales que los albergan.

La cabecera del río Lagunillas, corresponde a una arista glaciaria que es la cresta o borde

originado por la erosión del hielo, formando una divisoria de agua menor, sobre esta parte se encuentra el paso de Cusirí a 4.600 msnm, que técnicamente se denomina *Collar*, es decir, forma un paso a través del filo de una montaña, creado por el agrandamiento de dos circos situados en lados opuestos de la montaña hasta que sus cabeceras se encuentran y se rompen. El circo formado por la masa glacial del Lagunillas es amplio, pero carece un poco de la característica escarpada de los circos. Debido a su desarrollo sobre una ladera homoclinal de baja inclinación (Figura 1.11).



Fuente: <https://earth.google.com>

Figura 1.10 Circo Glacial

Dentro de la zona baja del circo se generaron lagunas por procesos de retroexcavación, dispuestas de manera arrosariada y escalonada

como se aprecia en la Figura 1.11, formando lagunas glaciares.



Fuente: <https://earth.google.com>

Figura 1.11 Conjunto de circos en la cuenca alta del Lagunillas

1.3.3.3 Laguna glaciar (Glg)

También son denominadas cubetas de sobreexcavación, la masa glaciar en su proceso de avance genera componentes erosivos o de “retroexcavación” principalmente en la base o piso de los circos glaciares, ocasionando depresiones que una vez se han retirado los hielos se colman de agua, y a veces son ayudadas por la obturación que crean los

depósitos del fondo del valle glacial que se forman al quedar taponado el valle por la morrena frontal del mismo; de esta forma, al retirarse el hielo, el valle queda ocupado por un río que forma la laguna. También se conocen como ollas glaciarias u ombligos. La Figura 1.12, muestra los dos ejemplos, a la izquierda una laguna de origen mixto: por retroexcavación y obturación, a la derecha una netamente por retroexcavación.



Figura 1.12 Panorámicas de lagunas glaciares

Para la zona de estudio se registran 212 lagunas de alta montaña, de las dos génesis por retroexcavación y por obturación siendo la de mayor extensión la Laguna Grande con 50,3

Ha, y seguida por la laguna del Púlpiteo y que hacen parte del mismo sistema arrosariado, y su génesis es por retroexcavación (Figura 1.13).

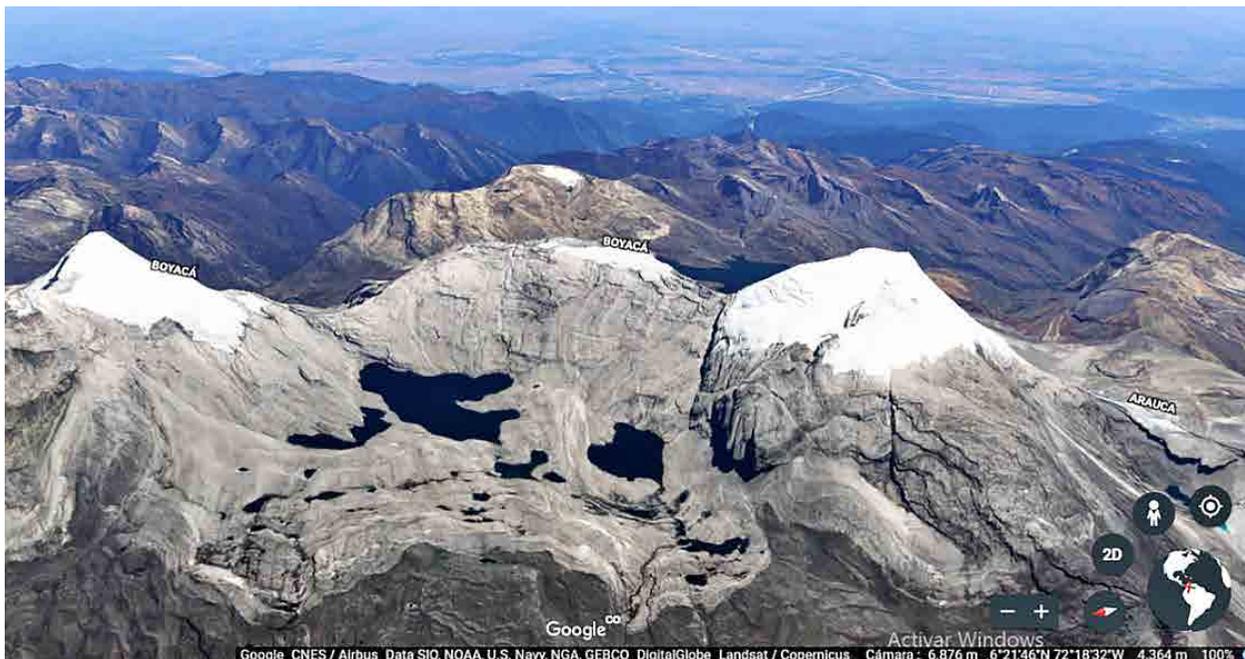


Figura 1.13 Complejo de lagunas Grande de la Sierra, laguna del Púlpito y asociadas

1.3.3.4 Ladera estructural de sierra homoclinal glacida (Gshle)

Corresponde a Laderas definidas por la inclinación de los estratos en el mismo sentido, de la pendiente con rangos que varían desde ligeramente inclinadas a inclinadas, de longitud moderada a muy larga, presentan un perfil topográfico rectilíneo a irregular de morfologías cóncavo-convexas y superficies aborregadas.

Es la unidad más representativa del área de estudio y se forma sobre las areniscas de la formación Aguardiente, conformando una ladera de gelifracción sobre el revés del Crestón, presenta un perfil topográfico rectilíneo e irregular con inclinaciones que oscilan entre los 20 y 27° (Figura 1.14). Hacia el Sur en la parte alta del Lagunillas la inclinación se acentúa y deja de ser crestón para pasar a ser espinazos.

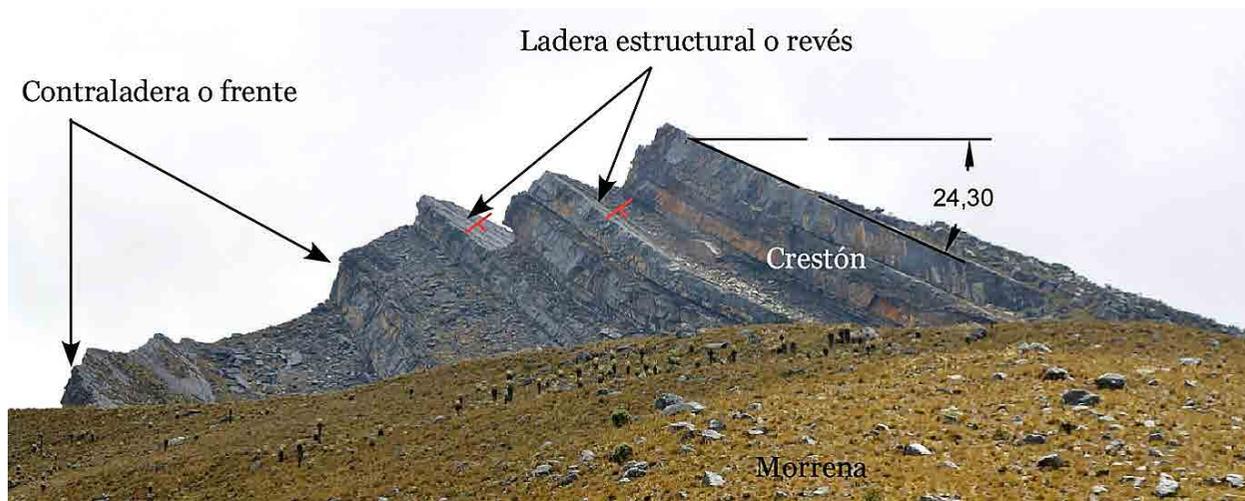


Figura 1.14 Posición de las unidades en un crestón estructural

Las laderas estructurales en la zona alta se presentan sin recubrimientos de ninguna clase, excepto los depósitos de origen glacial, la roca presenta una superficie pulida, estriada y atendiendo a escalonamientos y fallas locales asociadas a la falla del Río Nevado. Por su parte en la zona baja los buzamientos se hacen mucho más pronunciados y hacen parte de estructuras como el sinclinal de Las Mercedes que afecta principalmente rocas terciarias hacia el norte de la zona de estudio, o el Anticlinal de Güicán que afecta rocas cretáceas con inclinaciones de sus estratos que oscilan entre los 10 a 30° aproximadamente.

1.3.3.5 Ladera en contrapendiente de sierra homoclinal glaciada (Gshlc)

Laderas definidas por la inclinación de los estratos se encuentra en dirección opuesta o perpendicular al buzamiento de los estratos o en contra de la pendiente, de longitud moderada

a muy larga, de formas cóncavas a irregulares escalonadas y con pendientes escarpadas a muy escarpadas asociadas localmente a depresiones de nivación y circos glaciales (Figura 1.15).

Algunas de las laderas en contrapendiente de la zona alta están asociadas a sistemas de fallamiento o sus componentes por los cuales los drenajes encontraron zonas de debilidad estructural y profundizaron la incisión, tal es el caso del alineamiento que sufre el Río Cóncavo, cuya dirección SSE – NNW genera uno de los escarpes más pronunciados de la zona de estudio, muy a pesar que este río perfectamente alineado e incisando una ladera estructural no esté reportado como falla en la literatura del SGC, o los escarpes asociados a la actividad tectónica como los mostrados en la Figura 1.16 cuyas componentes generan escarpes profundos y bien demarcados sobre las laderas estructurales, por ello se incluyen en esta categoría.



Figura 1.15 Ladera en contrapendiente de sierra homoclinal glaciada

1.3.3.6 Lomerío estructural poco disectado (Sl1)

Son geoformas un tanto complejas que hacen parte de los sinclinales y anticlinales de las

zonas de trabajo y corresponden a laderas simétricas en rocas sedimentarias disectadas con pendientes cortas, generadas por la Formación Barco y la formación Aguardiente.



Figura 1.16 Laderas en contrapendiente asociadas a la estructura de fallas

1.3.3.7 Valle aluvio Glacial (Gag)

En términos estrictos corresponde a artesas de topografía cóncava y perfil en U, se encuentra recubierta por materiales que han sido remodelados y transportados por corrientes fluviales posteriores a la glaciación. Son

modelados heredados de la última glaciación y que actualmente están siendo modelados por corrientes fluviales, que ha generado rellenos sobre el fondo del valle (Figura 1.17).



Figura 1.17 Valle aluvio Glacial

Los materiales que conforman esta unidad provienen de las morrenas de fondo principalmente, que con el posterior entalle fluvial puede desarrollar pequeñas terrazas.

1.3.4 Formas agradacionales

1.3.4.1 Morrenas

Son las formas de acumulación glacial más relevantes y quizás las más conocidas, el término proviene del vocablo que usaron campesinos

franceses del siglo XVIII para designar bancos de tierra y piedras y gradualmente fue aceptado por la literatura científica. En términos amplios es un conjunto de detritos rocosos, transportados o depositados por un glaciar y dependiendo de la posición que ocupan en el glaciar reciben su nombre: frontales, laterales (Figura 18), de fondo. Son de composición heterogénea, incluyen desde material grueso del tipo de bloques angulosos hasta arcilla, no existe clasificación y el nombre de la roca en conjunto es tillita.



Figura 1.18 Panorámica de una morrena lateral

Dependiendo de su altura relativa, estas denotan la edad en que fueron depositadas y entre más antiguas sean más desarrollo de suelos y vegetación poseen. Los depósitos morrénicos proceden de la fusión del hielo, es decir, cuando cede la acción transportadora del glaciar. Se distinguen en el área de trabajo las

siguientes categorías (Tabla 1.1). Dependiendo de la altura relativa hasta donde descendieron los glaciares la mayor evidencia de este fenómeno son las morrenas y dependiendo de la edad pueden estar o no cubiertas de vegetación (Figura 1.18).

Tabla 1.1 Descripción de los tipos de morrena encontrados

Morrena Terminal (Gmt): Depositadas en la extremidad del glaciar (arcos frontales o recesionales) por el empuje del glaciar; dibuja un anfiteatro morrénico, en forma de dique o barrera del circo, facilitando el desarrollo de lagunas glaciares por obturación.



Morrena de fondo (Gmf): Consiste en material detrítico asociado a la capa de hielo inmediata al fondo del glaciar. Estos fragmentos rocosos provienen de la alteración y destrucción de las rocas del lecho por el movimiento del hielo y los detritos transportados. La unidad está conformada por depósitos localizados en ambos márgenes o costados del flujo de hielo son alargadas y sinuosas en forma de cresta.



Morrena lateral (Gml): Comprendidas entre la margen glaciar y la vertiente. Están formadas por materiales que han caído sobre el glaciar o que han sido arrastrados por él en las paredes del valle glaciar, formando cordones adheridos o no a las vertientes.

Campo de Morrenas (Gcm): Corresponde principalmente a morrenas de fondo, pero que eventualmente pueden contener otros tipos de morrenas y por la escala de trabajo se hace innecesaria su separación.



Esta condición de las morrenas, sumado a estudios palinológicos y de dataciones absolutas como ^{14}C permite establecer las cronosecuencias de la desglaciación durante el holoceno, que se discutirá más adelante.

1.3.4.2 Plano glaciolacustrino (Gppl)

Corresponde a los fondos de artesa, son formas negativas casi completamente colmatadas, por lo que en general, presentan pendiente suaves, aunque pueden existir planos inclinados y son formadas por depositación de sedimentos en lagos y zonas marginales a un glaciar. Se constituyen de materiales finos (limos, arcillas), pero principalmente por musgos por lo que se les denomina turberas, se alimentan por aguas descongeladas. Genéticamente se debe al arranque y a veces la sobreexcavación del tillglaciarico sobre los fondos de los valles y luego durante el proceso de desglaciación genera umbrales o barreras topográficas que facilita la acumulación de sedimentos en ambiente lacustrino permitiendo posteriormente la colonización de plantas acidófilas, que con el tiempo forman turba muy ácida (Figura 1.19).

Estas geoformas adquieren gran significancia en su cuidado por su característica como sumidero de carbono, su alteración supone grandes emisiones de CO_2 a la atmósfera, muchas de ellas se asocian también a los fondos de valle con corrientes permanentes.

1.3.4.3 Colada de geliflucción (Gcfx)

La definición para esta unidad es tomada en su totalidad del glosario de geoformas del SGC, en su versión aún no editada. Corresponde a lóbulos de morfología alomada de longitudes largas a muy largas, que generan pendientes naturales inclinadas con formas convexas. Es una forma de soliflucción localizada en una vertiente glaciar o periglacial, en forma restringida corresponde a un movimiento semilíquido de materiales saturados de agua, cuyo origen se asocia a avalanchas torrenciales que pueden o no estar canalizadas inducidas por heladas, eventos sísmicos o lluvias intensas, este tipo de geoformas es característico de las regiones periglaciares y se produce por el deshielo que sobrecarga de agua el suelo no necesitando mucha inclinación en la ladera para desplazarse.



Figura 1.19 Plano glaciolacustrino en la parte baja de la fotografía

Puede extrapolarse al concepto de soliflucción que es un Conjunto de procesos morfogenéticos (vertientes) caracterizado por movimientos en masa del terreno, originados por efectos de la saturación en agua del material arcilloso. Según que este material ha alcanzado el umbral de plasticidad o liquidez (límites de Atterberg) los fenómenos de soliflucción son lentos o catastróficos. Los fenómenos de soliflucción superficial ocurren cuando las capas superiores del suelo retienen gran cantidad de agua, esto tiene por consecuencia un resbalamiento paulatino o rápido de dicha capa: reptación, camellones de soliflucción. Los fenómenos de soliflucción son amplios, pueden producirse cuando una capa de terreno permeable desliza sobre otra arcillosa, la cual, al saturarse de agua, forma un plano lubricado, generalmente los movimientos de masa amplios se caracterizan por una cicatriz en la vertiente. Estos movimientos son los siguientes: desprendimientos o despegamientos, golpe de cuchara, coladas de barro. La geliflucción designa a la soliflucción relacionada con la helada. Se localizan principalmente hacia la parte norte de la cuenca (cuenca del Río Cardenillo, donde la presencia de rocas tipo shale favorece el desarrollo de estas geoformas.

1.3.4.4 Cono depósito de gelifractos (Gcdg)

Son formas de acumulación glacial dispuestas en las bases de cornizas y escarpes verticales y subverticales morfológicamente parecen conos

y lóbulos alomados de diversas longitudes y formas generalmente y convexas. Son depósitos clastosoportados y generalmente oligomícticos (Figura 1.20), derivados de la gelifracción, se caracterizan por la ausencia total de suelo, aunque algunas veces pueden estar colonizados por arbustales

La gelifracción es producto del intemperismo físico producido por cambios de temperatura, congelamiento y derretimiento del hielo en las fisuras de las rocas en este proceso el agua penetra en las rocas; cuando se congela, su volumen aumenta el 10% ensanchando las grietas donde se acumula, también se conoce como gelivación, este proceso es eficaz cuando el ciclo hielo-deshielo es reiterado. Los clastos así afectados se desprenden del talud cayendo por gravedad, por lo general son de muy cortos recorridos por lo que son extremadamente angulares.



Figura 1.20 Conos de gelifractos dispuestos en la base de escarpes

En estas geoformas es posible que exista una distribución de tamaño de grano dado que los bloques más grandes se disponen hacia la base, cuando hay coalescencia de conos, la geoforma se denomina glacis de gran ángulo o talud de derrubios.

1.3.4.5 Conos glaciofluviales (Gcgf)

Son depósitos de origen mixto, con aportes de materiales de depósitos glaciares y favorecidos por las corrientes aluviales, se estima que durante las desglaciaciones los caudales eran significativamente mayores que las actuales, lo que favoreció su

desarrollo. Los aportes glaciares favorecidos por la pendiente, han venido desarrollando paulatina y constantemente conos con cantos glaciares generalmente matriz-soportados, pero pueden contener enormes bloques a veces decamétricos, pero forman laderas con pendientes inclinadas a ligeramente

inclinadas, dada su falta de diagénesis, las corrientes fluviales se profundizan fácilmente, permitiendo la formación de escarpes erosivos, sujetos a frecuentes desplomes. Generalmente hay coalescencia de estas geoformas formando glacis de grandes extensiones (Figura 1.21).



Figura 1.21 Interpretación de un cono glaciofluvial

1.3.4.6 Síntesis de Unidades

La Figura 1.22 muestra de mayor a menor la representatividad areal de cada una de las unidades, es claro el dominio de las formas glacioestructurales, las unidades agrupadas, muestran cómo el 54,8% corresponde a las laderas estructurales y contraladeras, seguido por las formas agradacionales con un 37,5% de representatividad areal. Al revisar unitariamente las unidades también es muy dominante la geoforma de laderas estructurales, y las implicaciones que esto trae tanto en la conservación del glaciar como en la evolución pedológica y la apropiación social del territorio.

Todas las microcuencas en la zona alta presentan un dominio significativo de las laderas estructurales de la formación Aguardiente, su comportamiento es similar con excepción de las microcuencas Casas viejas, Cardenillo y las áreas de drenaje directos al nevado, en estas áreas las unidades geomorfológicas dominan procesos acumulativos, por ello es frecuente ver superficies menos abruptas, ya que los depósitos de cierta manera suavizan las geoformas originales,

haciendo que los índices de relieve presentan gradientes más bajos, ello explica en parte la mayor apropiación de la tierra por parte de las comunidades locales.

Las áreas de drenaje directos al nevado con los que mayor uso tienen justamente porque casi todas estas áreas están sobre los conos glaciofluviales, que aparte de tener pendientes más suaves, el desarrollo de suelos permite que las actividades agropecuarias sean viables.

1.3.4.7 El Holoceno en la cuenca alta del Río Nevado

Tal como plantea Flórez² con la Orogenia se generaron grandes cambios bioclimáticos, con temperaturas más frías y mayor interceptación de humedad cuya consecuencia fue en lo biológico una mayor humedad y consecuentemente una mayor biodiversidad, y en lo geológico el plegamiento y el desarrollo de saprolitos que en la medida que se localizaban a mayor altura ganaban mayor potencial hidrogravitatorio, así como el desarrollo de un patrón de drenaje que permitió la disección

2 IDEAM. (2010). Sistemas morfogénicos del territorio colombiano.

del bloque cordillerano y la formación del actual avenamiento con sus cañones y drenajes.

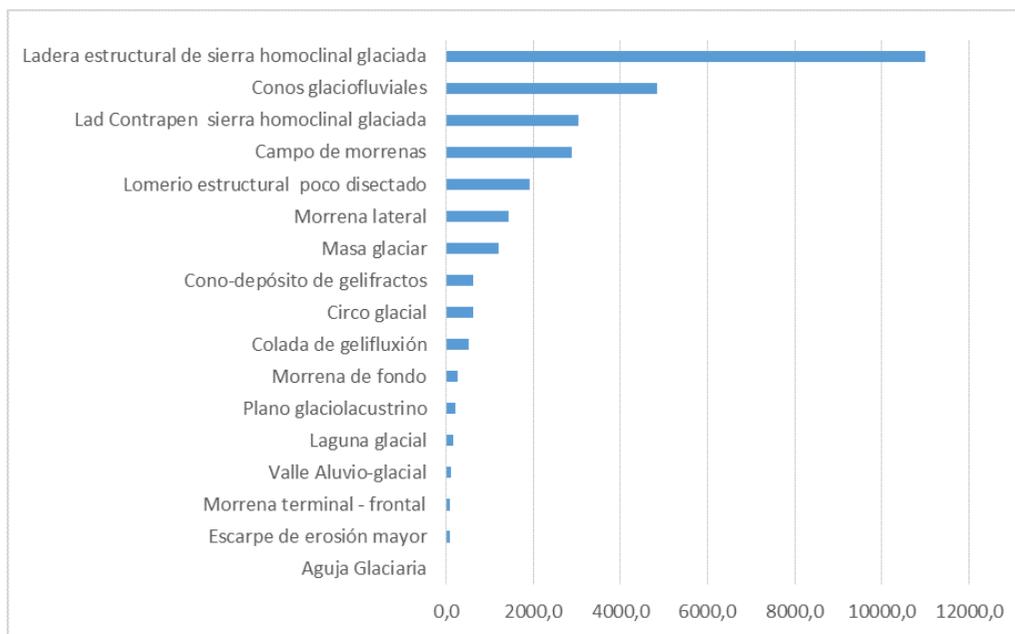


Figura 1.22 Distribución areal de geoformas en hectáreas

Estos fueron modificados durante el cuaternario y los periodos glaciares que lo afectaron, generando casquetes de hielo y glaciares que modificaron la morfología de la alta montaña dejando un paisaje glacial heredado y periglacial, el último periodo glacial comenzó hace aproximadamente 70.000 años hasta los 25.000 años que se denominó el pleniglacial. La desglaciación empezó hace aproximadamente 18.000 años y desde hace 11.000 las condiciones son muy parecidas a las del presente.

Se estimó a partir de la cartografía de los depósitos morrénicos, la localización de los principales sistemas, tratando de ubicar lo más fielmente posible el arco terminal o la zona más baja de las morrenas laterales. Vistos de perfil se pudieron identificar los diferentes estadios

de retroceso (Figura 1.23) los trabajos de Van der Hammen realizaron dataciones absolutas sobre estos sistemas identificando 5 estadios (Figura 1.24) con sus respectivas dataciones. Estas morrenas se localizaron sobre la Tabla del tiempo geológico con escala fija medida cada 1000 años para comprender la disposición de las secuencias glaciares, el trabajo de Van der Hammen et al, realizaron sobre cuatro sistemas de morrenas (Figura 1.25) pero probablemente estadios intermedios fueron posibles, entre el Estadio de Lagunillas y el del Río Nevado se encuentran las morrenas de San Pablín sobre los 3.800 msnm. Y el sistema morrénico más bajo denominado Casas Viejas por la quebrada del mismo nombre podría estar asociada al estadio del Río Nevado, o quizás un poco más antiguo.

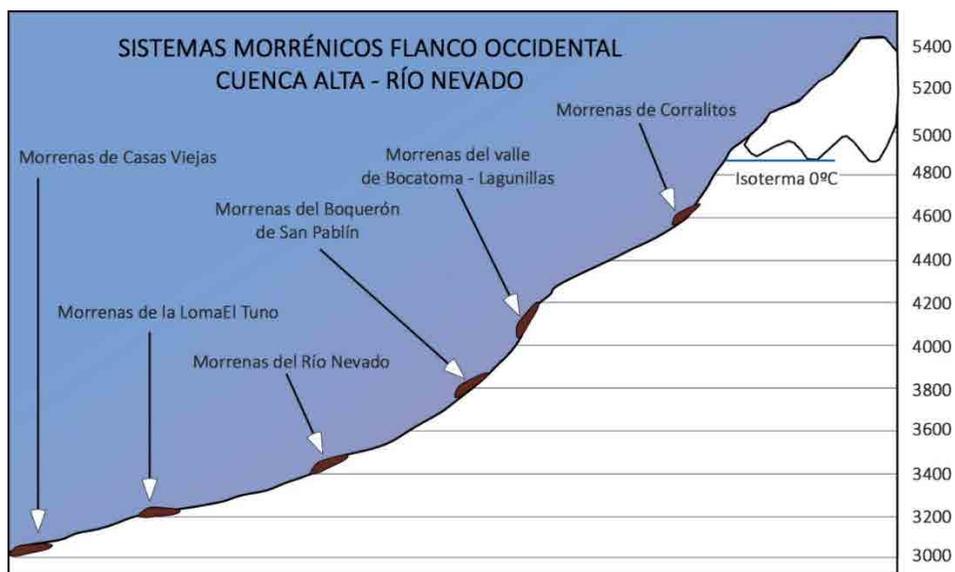


Figura 1.23 Sistemas morrénicos del flanco W del PNN Cocuy

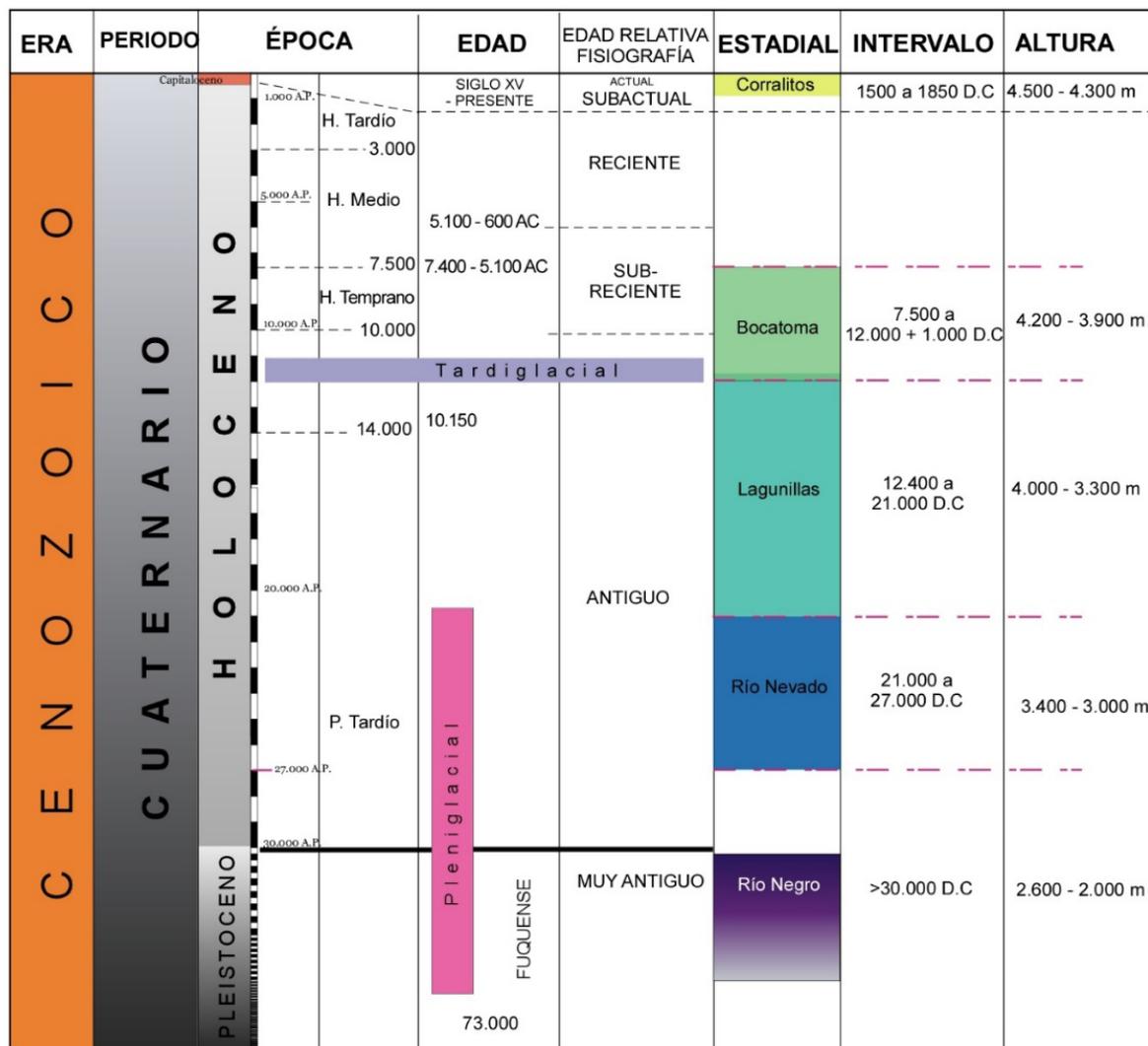
Las dataciones de morrenas hechas por Helmens en la Sabana de Bogotá presentan una asimetría altitudinal con respecto a las del Cocuy, pero bien pudo ser por condiciones topográficas locales o de las calotas de hielo que dieron origen a los glaciares que depositaron cada una de las morrenas.

1.3.4.8 Aspectos Glaciológicos

De acuerdo a Flórez, hace 70.000 años empezaron a formarse los glaciares que ocuparon muchas de las áreas que hoy día están en páramo, la máxima extensión de hielo se dio hace 35.000 años, a partir de este momento los glaciares fueron disminuyendo. Hace 21.000 y 14.000 años antes del presente, hubo una notable reducción del hielo, que permitió la depositación de las morrenas de Lagunillas. El retroceso continuó hasta la pequeña edad glaciación donde hubo una pequeña reactivación de los glaciares y se dio un breve avance depositando las morrenas de Corralitos, donde

el límite inferior de las masas de hielo estaba aproximadamente a los 4.300 msnm.

A partir de hace 11.000 años las condiciones del interglacial han sido muy similares a las actuales, pero desde entonces la isoterma 0° se desplaza cada vez más hacia arriba, en la actualidad se sitúa a los 4860 msnm. De acuerdo con Flórez (2002) la isoterma de 0°C se desplaza altitudinalmente con una velocidad de 5 m/año, promedio para los últimos 150 años, sin embargo, de acuerdo a las mediciones realizadas en el presente trabajo, la velocidad desde 1985 a 1991 ha aumentado con promedios entre 10 y 36 metros dependiendo del sitio de medición, entre 1991 y 2001 los promedios son semejantes. Entre 2001 y 2011 el promedio se redujo un poco entre 15 y 24 metros, ritmo que ha parecido avanzar en los últimos 10 años, porque en términos generales en las laderas más pronunciadas el fenómeno es mucho más veloz.



Adaptado de: Van der Hammen et al. 1981

Figura 1.24 Posición estratigráfica de las morrenas del Cocuy

Fabre en la memoria geológica de la plancha 137 menciona que “...Se puede intentar varios cálculos para estimar cuál es la disminución de los glaciares, basándose sobre la velocidad semanal de retiro del frente, medido por los glaciólogos de la expedición de Cambridge se observaría un retiro de unos 4,7 metros por año, o sea que los glaciares los más largos

de la vertiente occidental que tienen unos 2.000 metros de longitud desaparecerían en unos 420 años. Observando las fotografías de Kraus y Van der Hammen se pudo estimar un retiro horizontal de unos 250 metros en 39 años o sea unos 6,5 metros horizontal por año, lo que daría un futuro de unos 300 años a los glaciares más extensos.



Figura 1.25 Ilustración de dos sistemas de morrenas

Haciendo una estimación sobre un período más largo, se puede decir que después del último estadio glaciario o sea alrededor de 1850 D.C. el límite inferior de los glaciares que tenía una altura promedio de 4.500 metros pasó en esos 130 años a una altura promedio de 4.760 (actualmente) o sea que el retiro vertical es de unos 1,5 metros por año. Si esta velocidad fuera lineal se necesitará unos 450 años para llegar a 5.400 metros de altura, lo que representaría la desaparición total de los glaciares de la Sierra. De estos cálculos muy imprecisos y que no tienen ninguna base científica se puede sin embargo decir que dentro de 3 a 5 siglos los glaciares de la Sierra habrán probablemente desaparecido en su mayor parte si el clima sigue como el actual”.

1.3.5 Evaluación del retroceso glaciario

1.3.5.1 Materiales y métodos

28 Imágenes del sensor de observación Landsat descargadas de <https://earthexplorer.usgs.gov/> (Path7, Row 56), desde 1985 hasta el 2018 (Tabla 1.3), todas del periodo comprendido entre el 1 de enero y el 15 de marzo, para asegurar homogeneidad en las observaciones, sin cobertura de nubes sobre el área de trabajo, solamente para los años 1990, 1993 a 1996, es decir solo 5 años sin registros.

Sobre la totalidad del área glaciada y con posterior clip de las áreas por las cinco microcuencas que tienen nieve, se procedió a calcular las áreas por año, perímetro y variación con respecto al año anterior para poder establecer regresiones lineales con las tendencias de los 27 datos para estimar el año sin cubierta de nieve. La Tabla 1.2, muestra la relación de imágenes utilizadas, su área y perímetro nival y la variación positiva o negativa con respecto al año anterior. Cada uno de estos polígonos se superpuso y se generó un mapa con las tendencias de desglaciación (Figura 1.26). El glacial se dividió a comienzos del año 2.000 momento desde el cual se aceleró el proceso por la retroalimentación positiva de la radiación solar.

1.3.5.2 El proceso de desglaciación

Para efectos del trabajo se decidió la zona glaciada entre cada una de las microcuencas que conforman la cuenca alta del Río Nevado, calculando separadamente las diferencias entre las pérdidas glaciares por año y su retroceso, se realizó un corte por cada microcuenca con el año de posible desglaciación (Figura 1.27), para establecer modelos de regresión por cada una de las cuencas (Figura 1.28), se calculó de igual manera el encogimiento anual de la masa glaciada con la siguiente expresión:

$$r = 1 - \left[1 - \left(\frac{A1 - A2}{A1} \right) \right]^{1/t}$$

En donde:

r es la rata anual de encogimiento glaciario

A1 es el área glaciario en el tiempo 1

A2 es el área glaciario en el tiempo 2

T es el número de años entre las dos observaciones

Se plasma en la Tabla 1.2, los resultados de otras investigaciones.

|| Tabla 1.2 Valores de r calculados por otros autores y el presente estudio ||

ESTUDIO	PERIODO TIEMPO	t	ÁREA INICIAL (Ha)	ÁREA FINAL (Ha)	r
Herrera German 2004	1896 - 2003	17	2813	2079	1,76289083
Herrera German 2004	2003 - 2007	4	2079	1715	4,69791355
Flórez	1978 - 2006	7	3833	3570	1,01032148
Morris et al., 2006	1959 - 1973	14	3912	2800	2,36047543
Morris et al., 2006	1973 - 1999	26	2800	2039	1,21243591
Morris et al., 2006	1999 - 2003	4	2039	1630	5,44323738
Ceballos et al., 2006	1955 - 1986	31	3890	3140	0,68854234
Ceballos et al., 2006	1986 - 1994	8	3140	2370	3,45554456
Ceballos et al., 2006	1994 - 2003	9	2370	1980	1,97787939
Guillen et al., 2004	1960 - 1986	18	4888	3565	1,73815652
Guillen et al., 2004	1986 - 2003	17	3565	2452	2,17747282
UPTC (Presente estudio)	1985 - 1997	12	2289,82	2036,06	0,97403066
UPTC (Presente estudio)	1997 - 2007	10	2036,06	1535,7	2,78090337
UPTC (Presente estudio)	2007 - 2018	11	1535,7	1235,23	1,95989496

Tabla 1.3 Imágenes utilizadas en la evaluación del retroceso glacial

AÑO	ESTÁTUS	ÁREA	PERIMETRO	VARIACIÓN DEL ÁREA
1985	Adecuada	2289,8237	57,7852606	
1986	Adecuada	2286,68919	59,9863418	→ -3,134515
1987	No disponible			
1988	Adecuada	2178,31734	59,1085408	→ -108,3718
1989	Adecuada	2215,1679	57,8309375	→ 36,85056
1990	No disponible			
1991	Adecuada	2093,5326	60,0723356	↓ -121,6353
1992	Adecuada	2304,52701	60,6631812	↑ 210,9944
1993	No disponible			
1994	No disponible			
1995	No disponible			
1996	No disponible			
1997	Adecuada	2036,06111	59,7184381	↓ -268,4659
1998	Adecuada	1762,04588	58,726674	↓ -274,0152
1999	Adecuada	1700,47364	56,147267	→ -61,57223
2000	Adecuada	1788,33171	59,6062218	↑ 87,85806
2001	Adecuada	1787,41207	60,3254685	→ -0,919642
2002	Adecuada	1665,71577	54,8134963	↓ -121,6963
2003	Adecuada	1594,52221	56,7435112	→ -71,19357
2004	Adecuada	1591,29342	56,0336821	→ -3,228781
2005	Adecuada	1638,5004	56,1219886	→ 47,20698
2006	Adecuada	1561,40334	53,6317808	→ -77,09706
2007	Adecuada	1535,70997	52,7917133	→ -25,69337
2008	Adecuada	1655,06117	58,51232	↑ 119,3512
2009	Adecuada	1477,63643	53,2042951	↓ -177,4247
2010	Adecuada	1559,63078	56,4403775	↑ 81,99434
2011	Adecuada	1400,8335	51,4802855	↓ -158,7973
2012	Adecuada	1515,45606	53,6114295	↑ 114,6226
2013	Adecuada	1463,02351	55,0472378	→ -52,43255
2014	Adecuada	1405,05185	53,813194	→ -57,97166
2015	Adecuada	1468,29239	52,2093589	↑ 63,24054
2016	Adecuada	1317,04046	48,5535753	↓ -151,2519
2017	Adecuada	1261,92766	46,8245817	→ -55,1128
2018	Adecuada	1235,23918	46,3733287	→ -26,68848

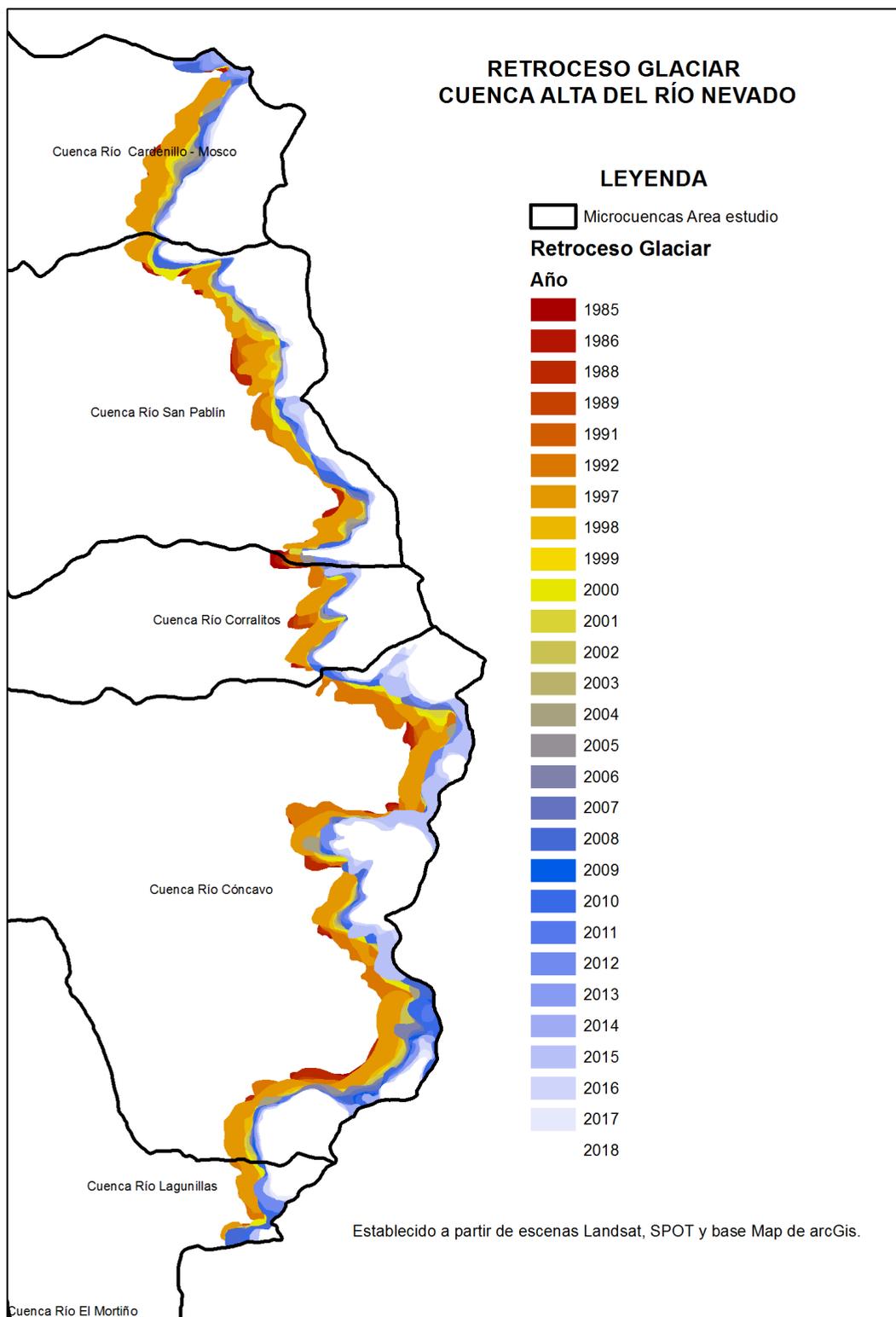


Figura 1.26 Retroceso glaciar Vertiente occidental PNN Cocuy

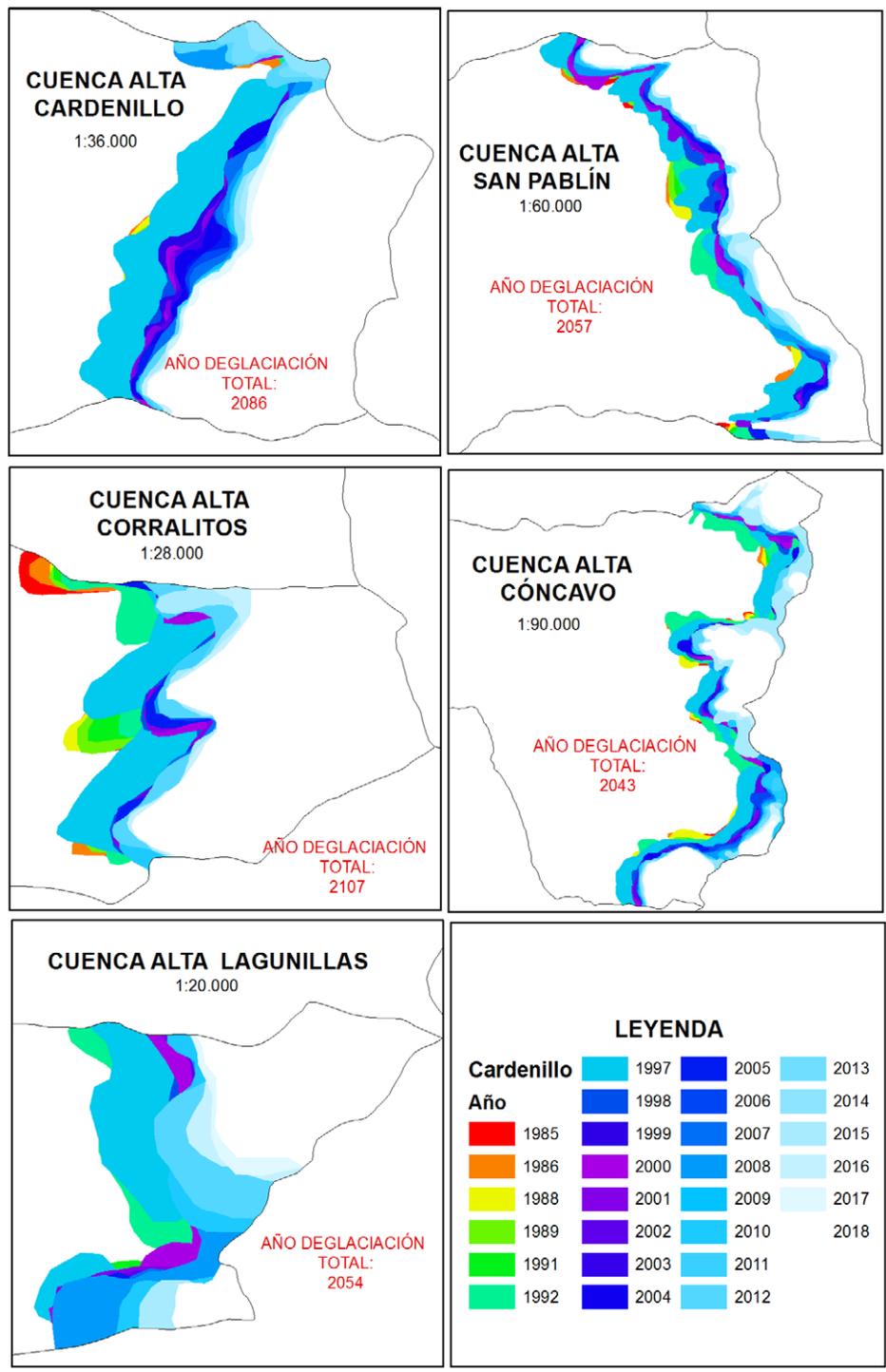


Figura 1.27 Clip del retroceso elaborado para cada microcuenca

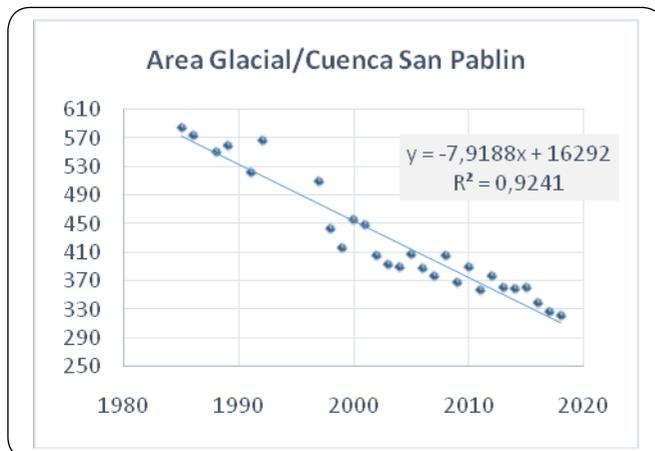
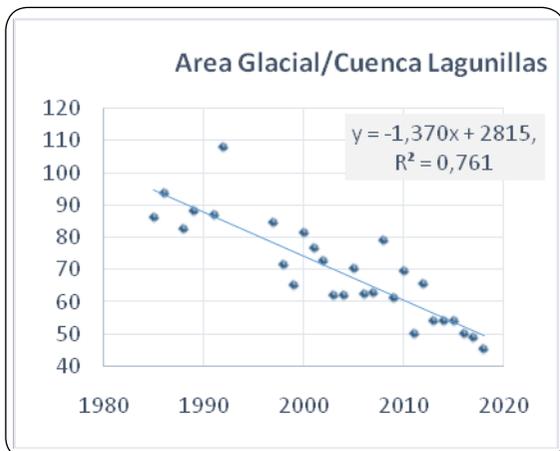
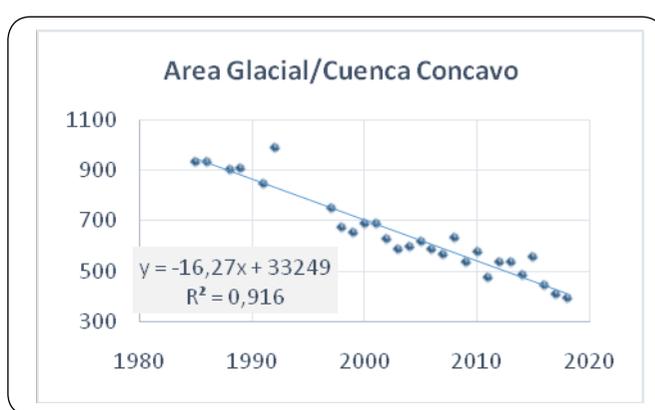
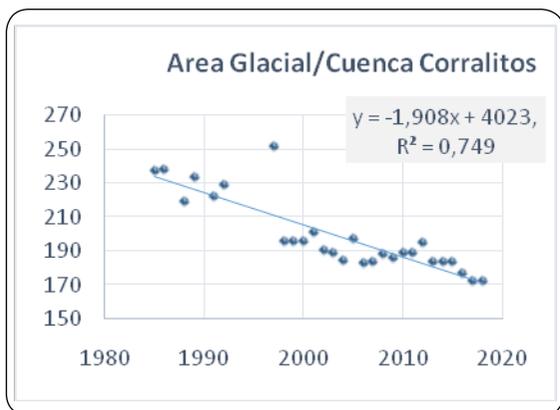
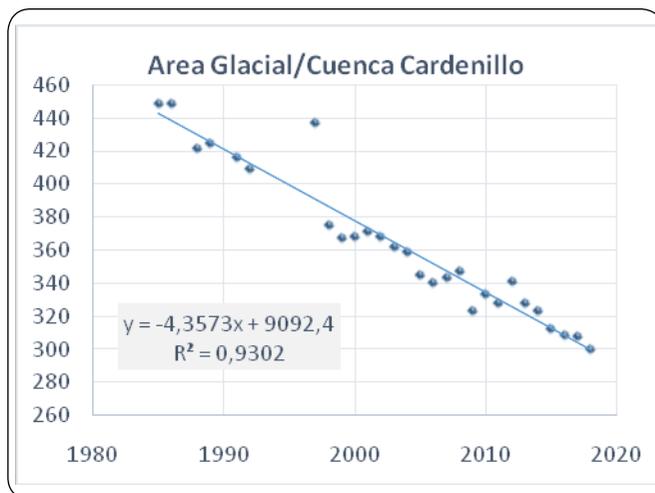
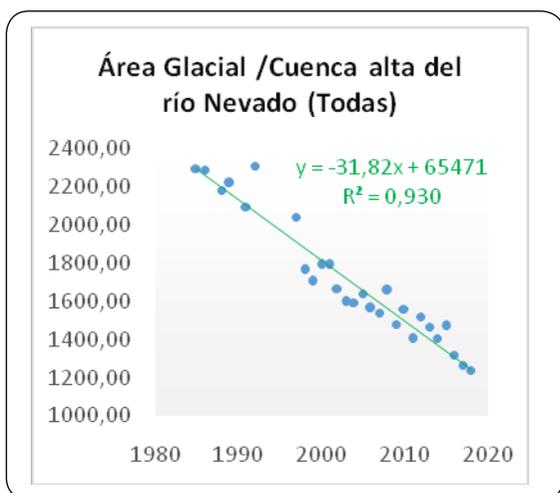


Figura 1.28 Regresiones lineales de cada microcuenca

Los resultados no dejan de ser sobrecogedores, pues se pasa de una fecha estimada de tres siglos (Fabre 1981) a un periodo menor de 3 décadas, dado los aumentos anuales de temperatura y del cambio climático global, en lo local factores como la retroalimentación positiva

de la radiación solar (menos área de nieve que refleje la luz solar) hace que se acumule mayor calor y se derritan más rápido los glaciares. La siguiente gráfica (Figura 1.29) se estima con la pendiente de la regresión el año de área cero para la nieve.

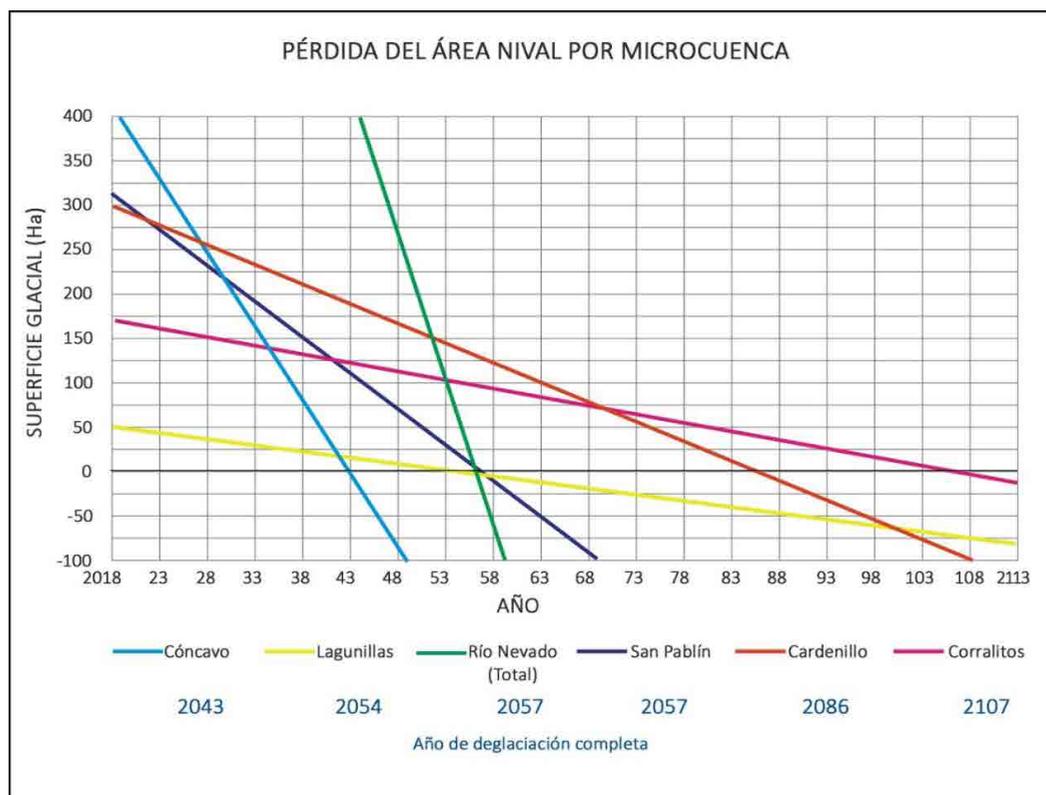


Figura 1.29 Estimación del año con área cero de glaciar para cada microcuenca

De esta gráfica se puede concluir que las cuencas de los ríos Corralitos y Cardenillo serán las últimas en perder su masa glaciar, estimadas para 2017 y 2086 respectivamente, y hoy día son las masas que más “robustas” se aprecian en las imágenes de sensores remotos y las que menor variación areal presentan, sin embargo, a partir del año 2012, su descenso

ha sido significativo y mucho mayor que en los años anteriores.

Al revisar el área cubierta año a año se nota el descenso de la masa glaciar y la variación en la superficie cubierta de nieve siempre es negativa, exceptuando contados años como en 2011 por el fenómeno de La Niña (Figura 1.30).



Figura 1.30 Disminución del área cubierta por nieve

Se comparan con estudios similares las fechas propuestas para la desaparición total de los glaciares (Tabla 1.4), y se concluye que estos

desaparecerán aproximadamente a mediados del presente siglo, de manera irremediable, asociada a una tendencia global.

|| Tabla 1.4 Fecha de desaparición estimada del glaciar por diferentes autores ||

ESTUDIO	FECHA ESTIMADA DESAPARICIÓN GLACIAL
Herrera Germán, 2004	2.075
Ceballos et al., 2006	2.058
Morris et al., 2006	2.040
Guillen et al., 2004	2.053
Flórez, 1991	2.104
PRESENTE ESTUDIO	2.057

1.3.5.3 Estimación Pérdida de Suelos por Erosión Hídrica

Para el desarrollo y cuantificación teórica de las pérdidas de suelos en la cuenca alta del Río Nevado, se sigue el modelo propuesto en la ecuación establecida por Wischmeyer y Smith (1978). La metodología que se ha desarrollado, se basa en la utilización de información básica temática alfanumérica y gráfica. Para el desarrollo y presentación del modelo se utilizan los sistemas de información geográfica; los mapas vectoriales son llevados a formato GRD los valores que asume cada pixel, viene del dato original del mapa, como en el caso de precipitación o se asume una calificación por Tabla o Nomograma para los datos de suelos, cobertura y prácticas de manejo.

1.3.5.4 Metodología

La elaboración del mapa de erosión hídrica, comprende tres fases principales:

En la primera fase, a partir de la información temática, se realizan diferentes procesos digitales como interpolación, intersección, edición de tablas, etc., Cada uno de los procedimientos aplicados para obtener los factores de la ecuación universal de la erosión, que van a dar origen a los mapas temáticos.

En la segunda fase, después de realizar el procesamiento digital para determinar cada

factor, se obtienen los diferentes mapas temáticos (índice de erosividad, índice de erodabilidad, índice de cobertura y factor pendiente). En la tercera fase, se aplica la multiplicación de los mapas de cada factor en un SIG. El producto de esta multiplicación es el mapa de erosión hídrica o erosión potencial actual en la cuenca, como una aproximación cuantitativa de la pérdida de suelo. La pérdida de suelo se define como la cantidad de suelo perdido en un plazo de tiempo determinado, en una superficie de la tierra. Se expresa en unidades de masa por unidad de área y tiempo, (Ton/ha*año).

Este estudio utiliza la Ecuación Universal de Pérdida de Suelos Revisada (RUSLE) La cual se expresa de la siguiente manera:

$$A = R * K * LS * C * P$$

Donde A es el cálculo de la pérdida de suelo por unidad de superficie, expresada en las unidades seleccionadas (Figura 31).

- (R) = Erosividad de la lluvia.
- (K) = Susceptibilidad de erosión del suelo.
- (L) = Largo de la pendiente
- (S) = Magnitud de la pendiente o grado de inclinación
- (C) = Cubierta y manejo de cultivos
- (P) = Prácticas de conservación

Los términos utilizados en esta ecuación, son tomados en gran parte de los levantamientos

agrológicos elaborados por la subdirección de Agrología del Instituto Geográfico Agustín Codazzi, Estudio General de Suelos y Zonificación de Tierras del Departamento de Boyacá (2009), donde se involucra el área de la cuenca alta del Río Nevado. Además de la interpretación de imágenes de satélite.

Especialización de variables

El factor R

Representa la erosividad de la lluvia, calculado mediante el índice de Fournier modificado

(Fm), recomendado por FAO (1979), según la expresión

$$If = \frac{\sum_{i=1}^{12} P^2}{Pa}$$

Siendo:

P = la precipitación (en mm) del mes más lluvioso

Pa = la precipitación (en mm) anual

Este producto se obtiene a partir del mapa de isoyetas mensuales y su relación con la precipitación anual

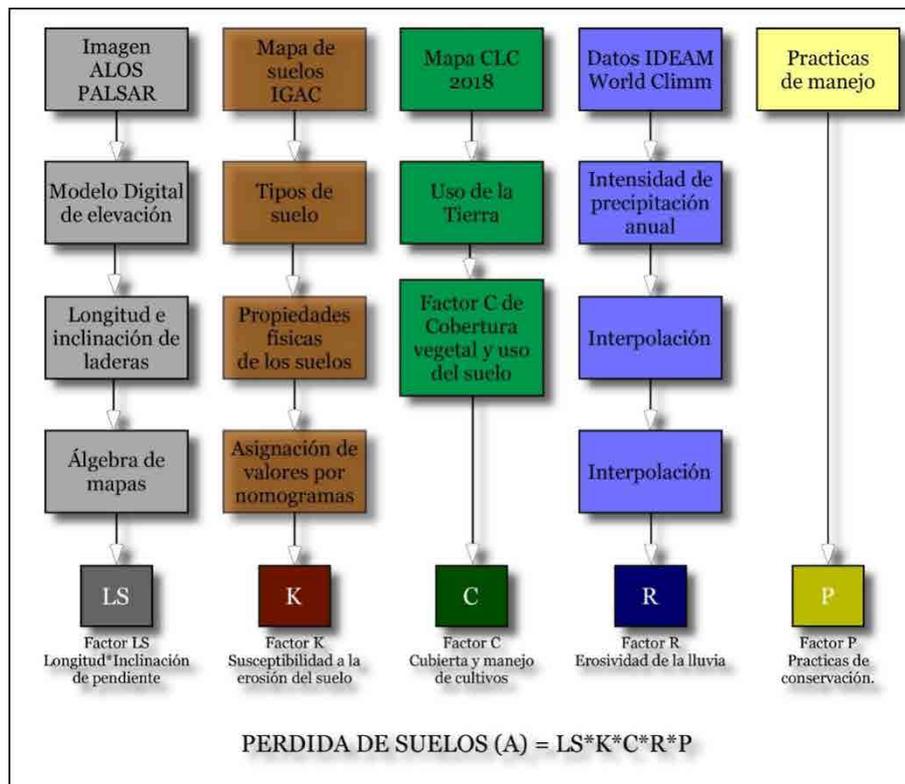


Figura 1.31 Ruta para elaboración mapa de pérdida de suelo por erosión

Determinación del Factor Topográfico LS

El factor topográfico establece el aporte que hace el relieve a la erosión hídrica. Para su cálculo se utiliza la ecuación establecida por Wischmeyer y Smith y modificada por la FAO, 1977. Esta metodología requiere como datos, la longitud de la pendiente en metros y su pendiente en grados o en porcentaje. La ecuación utilizada es la que sigue.

$$LS = (L / 22,1)^m \cdot (0,0650 + 0,04536 \cdot P + 0,0065 \cdot P^2)$$

Términos de la ecuación:

L: longitud de la pendiente en metros.

P: pendiente

m: exponente que varía con la pendiente, de la siguiente manera:

Para pendientes hasta 0,5%, m=0,2
 Para pendientes entre 1 y 3%, m=0,3
 Para pendientes entre 4 y 5 %, m=0,4
 Para pendientes mayores de 5% m=0,5
 Su espacialidad se observa en la Figura 2.63.

Este factor representa la susceptibilidad del suelo a la erosión hídrica, su valor depende de la textura superficial, la estructura, de la permeabilidad y del contenido de materia orgánica (Figura 2.62). Su determinación realiza aplicando la expresión:

Factor de Erodabilidad del Suelo (S)

$$K = \frac{2.1 M^{1.14}(12 - MO)(10)^{-4} + 3.25(b - 2) + 2.5(c - 3)}{100} * 1.2928$$

Donde:

- K es el índice de erodabilidad
- M (%Limo + % arena) (100- % arcilla)
- a es el porcentaje de materia orgánica
- b es la clasificación de acuerdo al tipo y clase de la estructura
- c es la clasificación de la permeabilidad.

- 1: Muy buena estructura. Granular muy fina.
- 2: Buena estructura. Granular fina.
- 3: Estructura regular.
- 4: Mala estructura. Laminar o masiva.

Calificación del término “c”: Permeabilidad, con base en la textura, además es considerada la condición de drenaje da los suelos representativos en cada unidad cartográfica de suelos.

El valor de M en este trabajo está sobre estimado ya que no se cuenta con el fraccionamiento de las arenas, que el modelo requiere para la ecuación original, se considera que este factor pueda ser corregido a futuro M =(%Limo + % arena fina) (100- % arcilla).

- 1: Muy rápida, mayor a 12,5 cm/hora
- 2: Moderadamente rápida, de 6.25 A 12,5 cm/hora.
- 3: Moderada, de 2,0 a 6,25 cm/hora.
- 4: Moderadamente lenta de 0,5 a 2,0 cm/hora.
- 5: Lenta, entre 0,125 y 0,500 cm/hora
- 6: Muy lenta, inferior a 0,125 cm/hora.

Calificación del término b: grado de estructura del suelo según la siguiente escala. Se toma el tipo de estructura reportado para los horizontes “A”

Índice y Clasificación de la Erodabilidad del Suelo. Calificación Índice o Factor K (Tabla 5).

|| Tabla 1.5 Estimación permeabilidad del suelo ||

CALIFICATIVO	RANGO	CALIFICACIÓN
Muy Baja	< 0,03	1
Baja	0,31 - 0,5	2
Moderada	0,51 - 0,6	3
Alta	0,61 - 0,8	4
Muy Alta	> 0,8	5

1.3.5.5 Criterios de Evaluación de la Cobertura Vegetal C

El factor C de cobertura vegetal, indica la protección que la cobertura vegetal presta al suelo al interceptar las gotas de lluvia y amortiguar su energía de impacto disminuyendo el efecto erosivo. El valor de este factor es una relación entre las pérdidas de suelo fértil con la cobertura vegetal actual y las que tendría si estuviese en barbecho continuo. Para la determinación se realizó la cartografía de usos del suelo a partir de una imagen clasificada spot de 2006 de la zona.

El factor de cobertura del suelo C, tiene en cuenta las diferencias de comportamiento del suelo frente a la erosión en función de su cobertura y el efecto de la cobertura sobre la erosión según características del ecosistema tales como: la especie o especies dominantes, el estado del ecosistema natural o intervenido, en sincronización con los periodos de lluvias, las

características de la materia orgánica acumulada sobre la superficie del suelo, etc. El parámetro C toma valores entre 0 y 1, de acuerdo a la Tablas 1.6 y 1.7, con base en la cual se calificaron las diferentes coberturas establecidas en la imagen spot.

El coeficiente C posee una variación temporal acorde a los cambios de cosecha, de temporada lluviosa a seca y de las etapas de crecimiento de los cultivos. En el caso presente, por tratarse de una zona en la que durante el año las condiciones ambientales no varían considerablemente, se ha trabajado con valores anuales, lo que simplifica considerablemente los cálculos, aunado a la falta de datos climáticos y de terreno principalmente de la parte alta.

En la región el valor más bajo es 0,002 para el suelo cubierto de bosques, y el valor máximo corresponde a suelos removidos o desnudo con un valor de 1.

|| Tabla 1.6 Factor C ||

CATEGORÍA	C
Cuerpos de agua	0
Bosque Denso	0,002
Bosque Medio	0,006
Bosque de ericáceas	0,28
Arbolado	0,39
Frutales	0,40
Gramas y pastos	0,12
Plantas herbáceas y rastrojos	0,07 a 0,16
Cultivos anuales (café)	0,25
Cultivos	0,1
Suelo removido o arado	1
Maíz, papa, cereales	0,4 a 0,9
Frailejónal	0,003 a 0,042
Pajonal	0,1 a 0,2
Cultivos de hortalizas	0,5 a 0,7
Espacios construidos	0

Adaptado de: Roose, 1977 en ORSTOM Y SCSA

Para mejorar esta zonificación se hizo uso también del NDVI o Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada, conocido como NDVI por sus siglas en inglés, es un índice de vegetación que se utiliza para estimar la cantidad, calidad y desarrollo de la vegetación con base a la medición de la intensidad de la radiación de ciertas bandas del espectro electromagnético que la vegetación emite o refleja. El NDVI, está ligado a un gran número de factores en los cultivos. La biomasa suele ser el factor más importante. Por lo que este índice es particularmente importante para correlacionar la cubierta vegetal con la pérdida

de suelos de acuerdo a su actividad clorofílica y cantidad de biomasa.

Este índice genera valores entre -1,0 y 1,0 que básicamente representan el verdor y donde cualquier valor negativo corresponde principalmente a las nubes, el agua, la nieve y los valores cercanos a cero corresponden principalmente a las rocas y al terreno desnudo. Los valores muy bajos de NDVI (por debajo de 0,1) corresponden a áreas yermas de rocas, arena o nieve. Los valores moderados representan terrenos con arbustos y prados (0,2 a 0,3), mientras que los valores altos indican bosques de zonas templadas y tropicales (0,6 a 0,8) (Figura 1.32).

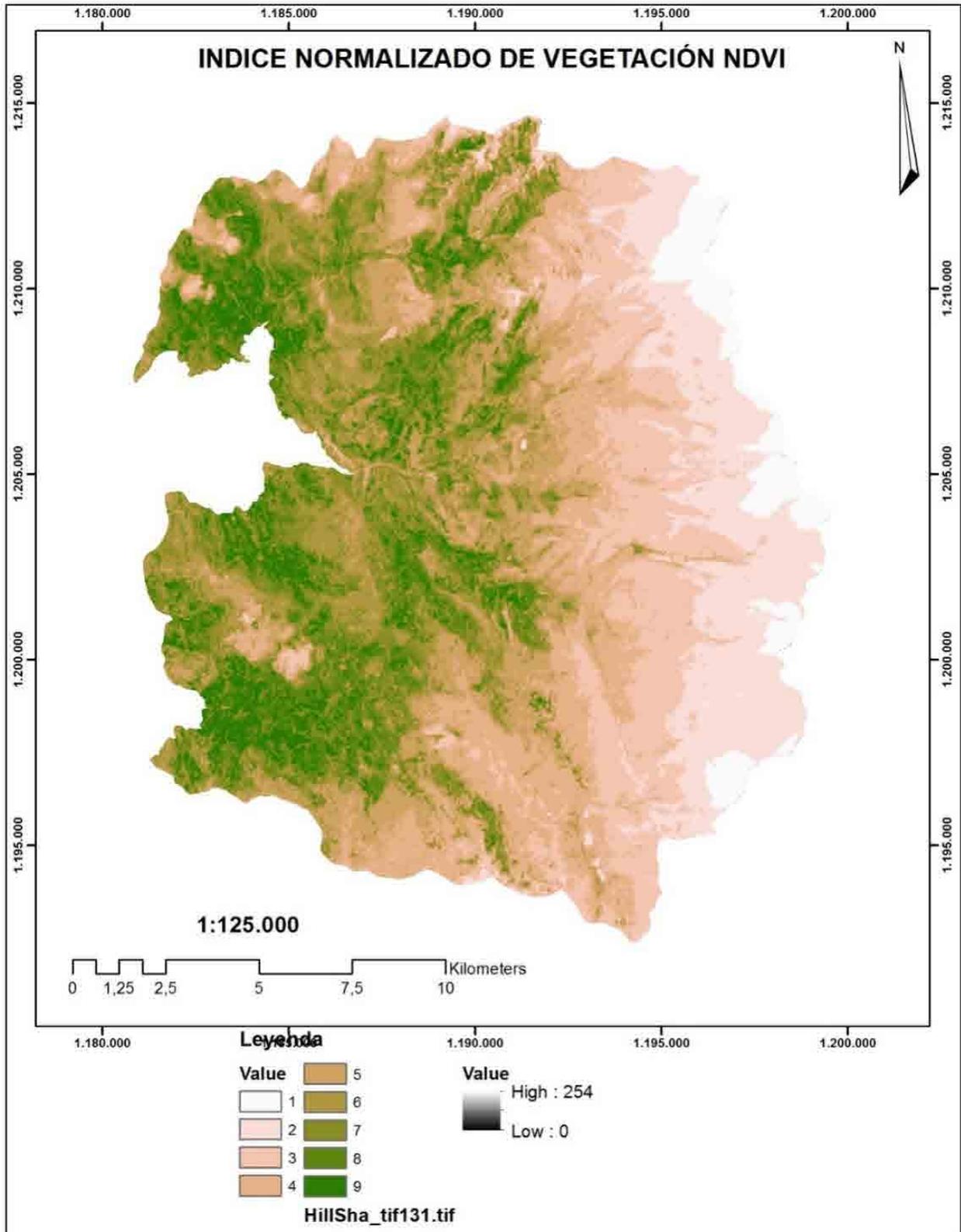


Figura 1.32 Mapa de índice normalizado de vegetación

Tabla 1.7 Factor C en la cuenca del Río Nevado

COBERTURA SPOT	FACTOR C
AGUA	0
BOSQUE ALTO ANDINO	0,002
BOSQUE HÚMEDO	0,002
HERBAZAL	0,12
TURBERA	0,28
POTREROS ABIERTOS	0,12
SUBPÁRAMO	0,12
SUELO DESNUDO	1
TIERRAS MIXTAS	0,6

1.3.5.6 Factor P

El Factor P de prácticas de cultivo considera modalidades como el cultivo siguiendo curvas de nivel o el cultivo en fajas, terrazas, etc. La que atempera el efecto de la precipitación y la incidencia de la longitud y grado de inclinación de las laderas o terrenos. Este parámetro varía de 0 a 1, donde 0 caso ideal, implica el uso al máximo de prácticas conservacionistas y 1 cultivos en dirección a la pendiente y sin ningún tipo de prácticas. En la zona de estudio, estas prácticas no se observaron en los recorridos realizados, por lo tanto se asume el valor 1, para ser aplicado en el modelo.

1.3.5.7 Aplicación del Modelo

La información disponible permite hacer una estimación de la tasa de erosión hídrica y su comparación con la tasa tolerable de erosión, teniendo presentes las variaciones metodológicas mencionadas en el Primer Taller Nacional de degradación de suelos y tierras; marco conceptual y metodológico, realizado en marzo de 2010 en Bogotá, promovido por el IGAC y el IDEAM, definen las pérdida de suelo (Ton/Ha/Año) consignadas en la Tabla 1.8 y se comparan los resultados de pérdida de suelos obtenidos para la cuenca.

Tabla 1.8 Pérdida de suelo (Ton/Ha/Año)

EROSIÓN	PÉRDIDA DE SUELO
Clases	t/ha/año
Nula o ligera	< 10
Moderada	10 – 50
Alta	50 – 100
Muy alta	> 100

1.3.5.8 Resultados

Condensando la información IGAC 1988 y 2009, como ilustración general se tiene que los suelos ocupan paisajes de: formas heredadas glaciares, muchos de ellos especialmente en la parte alta, las geoformas corresponden a laderas estructurales en areniscas sin el más mínimo desarrollo de suelos, o de morrenas aun sin colonización vegetal. Materiales parentales compuestos por rocas sedimentarias principalmente areniscas y hacia la zona norte (cuenca del Río Cardenillo) materiales lutítico-calcáreos, y en la parte baja de la zona de estudio predominan los depósitos fluvio-glaciares. Las texturas de los suelos dominan las medianas a gruesas, pocas texturas finas. La condición de drenaje dominante son los suelos bien drenados, el pH es generalmente ácido, aunque eventualmente aparecen niveles reactivos alcalinos, probablemente derivados del material parental (calizas) y la fertilidad de muy baja a muy alta.

La capacidad de almacenamiento de agua en el suelo varía de 0 a 350 mm, para las unidades cartográficas, que resulta de calcular la fracción de agua volumétrica en el suelo del nomograma, por el espesor de suelos reportado en los estudios.

1.3.5.9 Pérdida de Suelos

Las condiciones medioambientales y edafológicas de la cuenca favorecen en gran medida la ocurrencia de fenómenos erosivos; sin embargo, el uso del suelo rural y el grado de protección que brindan a las diferentes coberturas a los suelos hacen que el fenómeno

no sea tan acentuado como a priori se pudiera pensar, sin embargo no hay que olvidar otros procesos de degradación de suelos que pueden incidir en forma negativa en los suelos de la región tales como la salinización y la compactación que aunados a la erosión pueden desencadenar procesos de desertización.

Al correr el modelo propuesto en la metodología, basado en Wischmeyer y Smith (1978), se obtiene la siguiente distribución espacial por paisajes de la potencialidad erosiva de los suelos en la cuenca. Mapa de pérdida de suelos.

|| Tabla 1.9 Área y porcentaje de erosión ||

GRADO RIESGO DE EROSIÓN	ÁREA (HA)	PORCENTAJE (%)
Nula o ligera	11.158,3	38
Moderada	6.532,6	23
Alta	5.551,33	19
Muy alta	5.790,95	20
Total	29.033,18	100

Las pérdidas de suelos por erosión hídrica superficial (Tabla 1.9). Las zonas con valores de pérdida de suelo alta y muy alta se encuentran predominantemente en los lugares donde la pendiente es considerablemente fuerte. El factor R evidencia a las claras que la zona de estudio está sometida a tormentas con un alto poder erosivo y aunque la zona es seca durante gran parte del año, en la época lluviosa se presentan tormentas de gran intensidad. Los valores de erodabilidad del suelo probablemente se deban a la presencia de altos porcentajes de arena, del orden del 70% de los horizontes superficiales los cuales son de texturas moderadamente gruesas a gruesas, contribuyendo a que el suelo se disgregue más fácilmente a pesar de que el contenido de arcilla es del orden del 11 al 25 %, adicionalmente el contenido de materia orgánica no sobrepasa el 3.5%, en la mayoría de los horizontes superficiales, por lo que el suelo no posee la suficiente cohesión. La cobertura vegetal en el clima húmedo ofrece mayor protección al

suelo, no así en el clima seco donde el efecto erosivo es atemperado por el menor gradiente de la pendiente. En las zonas de planicies, de piedemonte y las colinas la pérdida de suelo es calificada como moderada y corresponde al mayor porcentaje de la cuenca, estas áreas son las más probables a ser incorporadas a la producción agropecuaria en un futuro próximo por lo que requieren de cuidados especiales y prácticas de manejo acordes con los usos que se propongan para estas tierras.

1.3.5.10 Relación de Pérdida de Suelos por Microcuenca

Las microcuencas que mayor pérdida de suelos por erosión hídrica son Casas Viejas y Cardenillo así como las áreas intercuenca que se denomina directos al Río Nevado (Figuras 1.33 y 1.34). Las dos cuencas mencionadas deben probablemente sus altas tasas de pérdida de suelos en primer lugar a la intervención y en segundo lugar, a la litología subyacente de lutitas, limos y a veces calizas.

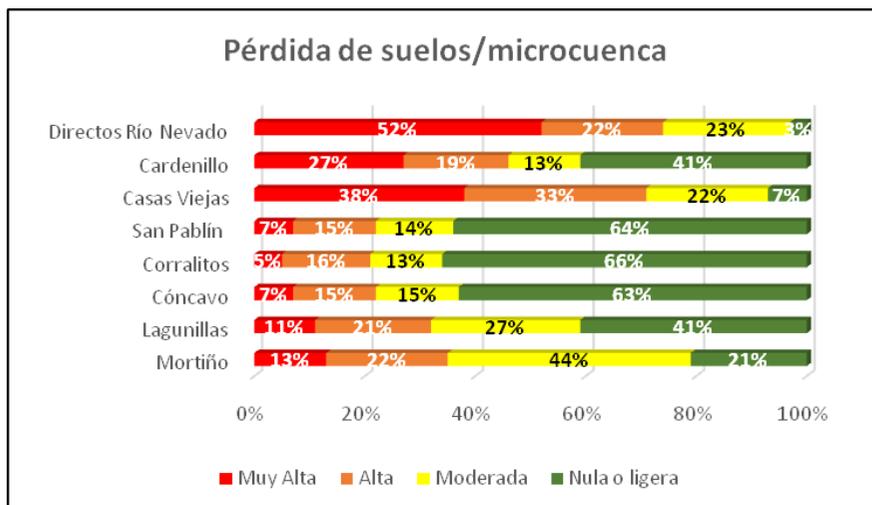


Figura 1.33 Porcentaje de pérdida de suelo por categoría por microcuenca

La situación en términos generales para toda la microcuenca está dominada por la pérdida de suelos en las cuencas de los Ríos Cardenillo y la quebrada Casas Viejas.

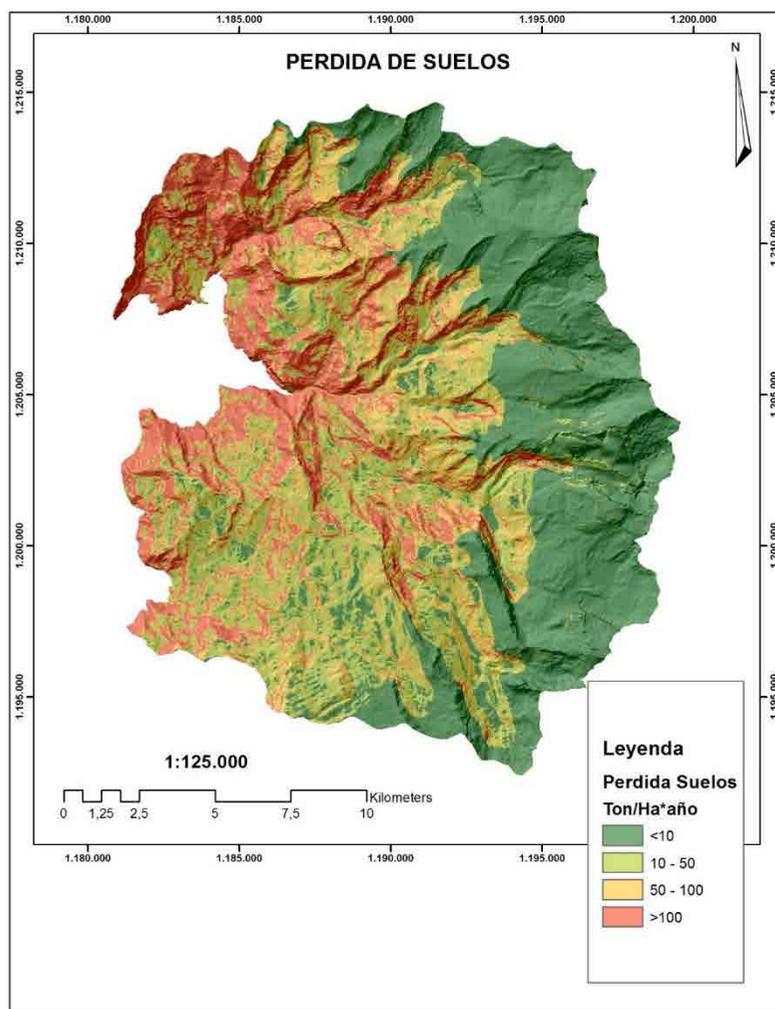


Figura 1.34 Mapa de pérdidas de suelo

Así como los directos al Río Nevado que aportan casi un 20% del total de pérdida de suelos del total de la cuenca (Figura 1.35) donde se estarían perdiendo aproximadamente 1.158.000 Ton/año. Sumando las demás áreas la pérdida de suelos en las partes medias y altas no alcanzan a superar los 542.000 Ton/año.

1.3.5.11 Evaluación de la Susceptibilidad al Desarrollo de Fenómenos de Remoción en Masa

La evaluación de la amenaza parte de la susceptibilidad que evalúa la distribución de movimientos en masa en ladera y procesos de vertientes generadores de desequilibrio morfogénético, tomando en consideración el enfoque geomorfológico, cuyo objetivo es determinar la variación espacial de la inestabilidad de las laderas y su representación cartográfica mediante el mapa de susceptibilidad geomorfológica.

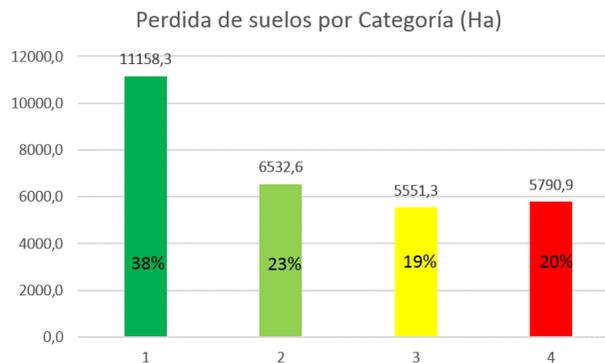
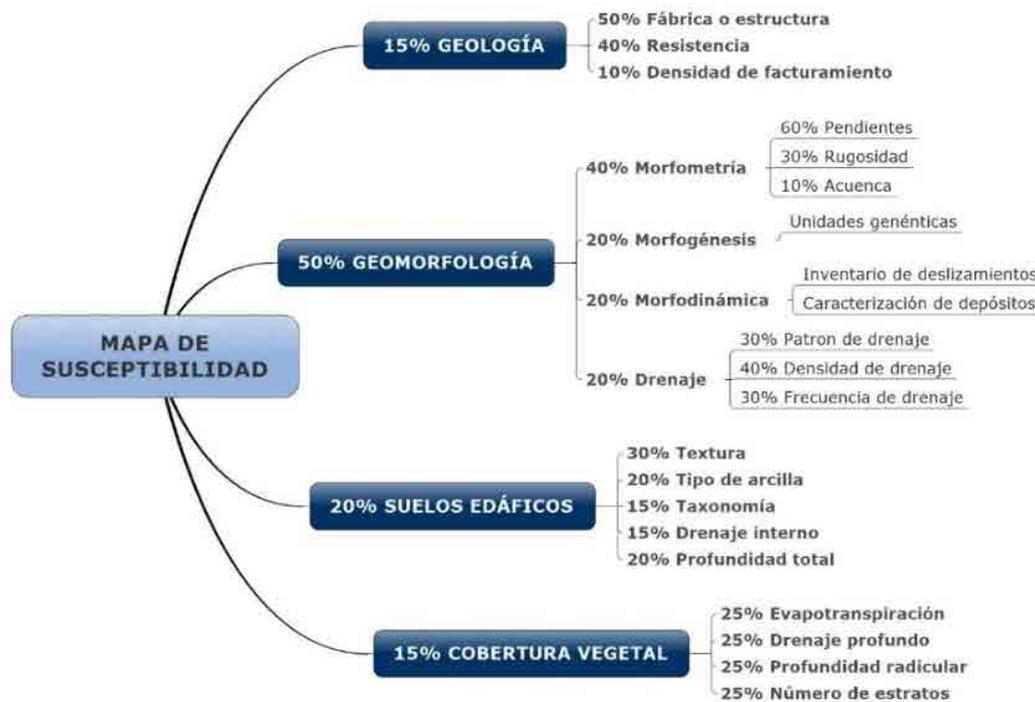


Figura 1.35 Porcentaje de pérdida de suelo por categoría por microcuenca

La evaluación de la susceptibilidad se fundamenta en el análisis y espacialización de factores ambientales que inciden en la estabilidad de las vertientes, la relación entre estos factores que evaluados por separado y luego se integran para obtener una visión general del área. La Figura 1.36 muestra a partir de un mapa mental la distribución de pesos de cada una de las variables analizadas para obtener el mapa final.



Fuente: adaptado de SGC 2012

Figura 1.36 Diagrama del recorrido metodológico para calcular el mapa de susceptibilidad

1.3.5.12 Zonificación de la susceptibilidad

Una vez definidos los criterios de cruce, espacializados y ponderados, se determina la variación espacial de la inestabilidad de las laderas, de acuerdo a la metodología, se ha considerado incluir la geomorfología, la geología, suelos edáficos y cobertura, esta relación define los valores de la susceptibilidad. La geomorfología es la variable que más peso posee en el análisis. La ecuación para determinar la susceptibilidad es la siguiente:

Susceptibilidad Final = $0,5 * \text{geomorfología} + 0,15 * \text{Geología} + 0,20 * \text{Suelos} + 0,15 * \text{Cobertura}$.

1.3.5.13 Análisis y resultados

Para la caracterización de la zonificación de susceptibilidad se definieron tres rangos de clasificación: baja, media, y alta, el modelo está mostrando una alta incidencia de las pendientes como elemento que configura particularmente para este sector una susceptibilidad alta, bien sea por la remoción o por la caída de bloques en los escarpes (Figura 1.37).

1.3.5.14 Susceptibilidad baja

Zonas de laderas con pendientes inclinadas presentes en unidades geomorfológicas, de origen Glacial y fluvioglacial y Estructural, con geoformas estables, tales como fondos de artesa (planos glaciolacustrinos), las laderas estructurales de la zona alta, y geoformas acumulativas que por sus pendientes bajas, minimizan la susceptibilidad.

1.3.5.15 Susceptibilidad media

Corresponde a zonas con laderas moderadamente inclinadas a abruptas, en unidades geomorfológicas dispuestas en laderas y contraladeras cuya base litológica es de lutitas y limolitas, se distribuye uniformemente por toda la zona se ve afectada por depósitos cuaternarios de diversos espesores y particularmente donde las cubiertas vegetales originales han sido alteradas y reemplazadas. Las microcuencas que más superficie presentan en esta categoría son Casas viejas, Cardenillo y directos al Río Nevado.

1.3.5.16 Susceptibilidad alta

Zonas con laderas muy abruptas a escarpadas, donde la cubierta por depósitos de origen glacial sobre rocas de diversas, pero que aparentemente sus espesores no son sobresalientes, excepto en la zona baja donde los depósitos del abanico fluvioglacial generan escarpes con importantes espesores, estas zonas también se hacen muy susceptibles al desarrollo de FRM. La microcuenca con mayor porcentaje en esta categoría es la de Lagunillas, probablemente por la presencia de escarpes subverticales en gran parte de la zona alta, que pudiera condicionar esta situación.

1.4 SÍNTESIS

El área de trabajo corresponde a la cuenca alta del río Nevado, delimitada en su parte más baja por la cota 3.000, de tal manera que hacia arriba los procesos glaciares operaron en apogeo durante la última glaciación, lo que Flórez (1997), considera la alta montaña, y donde la herencia morfoclimática es constitutiva (durante la última glaciación el borde inferior de los glaciares estaba alrededor de los 3000 ± 100 m). La unidad geológica más representativa del área de la formación Aguardiente, responsable de las laderas estructurales y escarpes de las zonas donde se acumula hielo, esta formación dada su litología predominante de areniscas cuarcíticas, es la responsable de las formas abruptas e imponentes que le confieren un alto grado de calidad escénica a la sierra.

Las formaciones de la base del terciario con litologías más del orden Margas y calizas afloran principalmente en la cuenca del río Cardenillo, razón por la cual las aguas pudieran ser un poco más duras en el resto de la zona de trabajo. Estructuralmente la zona de trabajo presenta algunos pliegues amplios con cabeceos al NE, los sistemas de fallas predominantes son E-W alineando algunas quebradas y expresando su trazo más allá de los escarpes nevados.

Las cuencas que comparten glaciar presentan una gran superficie dominada por la formación Aguardiente (más del 40%) y al menos un 10% en coberturas de nieve, dominan así mismo los depósitos glaciáricos y solo un pequeño porcentaje para otras formaciones, esto por sí

mismo garantiza una alta estabilidad de orden geotécnico dentro el A.P.

Las masas glaciares que más incidieron en la formación de valles amplios fueron las de Cardenillo, Corralitos y Lagunilla, las demás masas fueron tributarias de estas y la profundidad de su valle y el tamaño de sus morrenas son significativamente menores. Aunque los estudios de dataciones absolutas proponen 4 estadios por las alturas relativas de las morrenas es posible que existan fases intermedias aun no datadas como es el caso de las morrenas del Boquerón de San Pablín y las de la zona baja de la cuenca Casas viejas.

La fecha estimada para la desaparición del glacial de la sierra nevada del Cocuy puede

estar a mediados de la presente centuria, sin embargo, las cuencas altas de Corralitos y Cardenillo serán las últimas en conservar nieve en sus cumbres mientras que los de Lagunillas y Cóncavo serán las primeras en las que desaparecerá.

Las microcuencas que mayor pérdida de suelos por erosión hídrica son Casas Viejas y Cardenillo así como las áreas intercuenca que se denomina directos al Río Nevado. Las dos cuencas mencionadas deben probablemente sus altas tasas de pérdida de suelos en primer lugar a la intervención y en segundo lugar a la litología subyacente de lutitas, limos y a veces calizas.

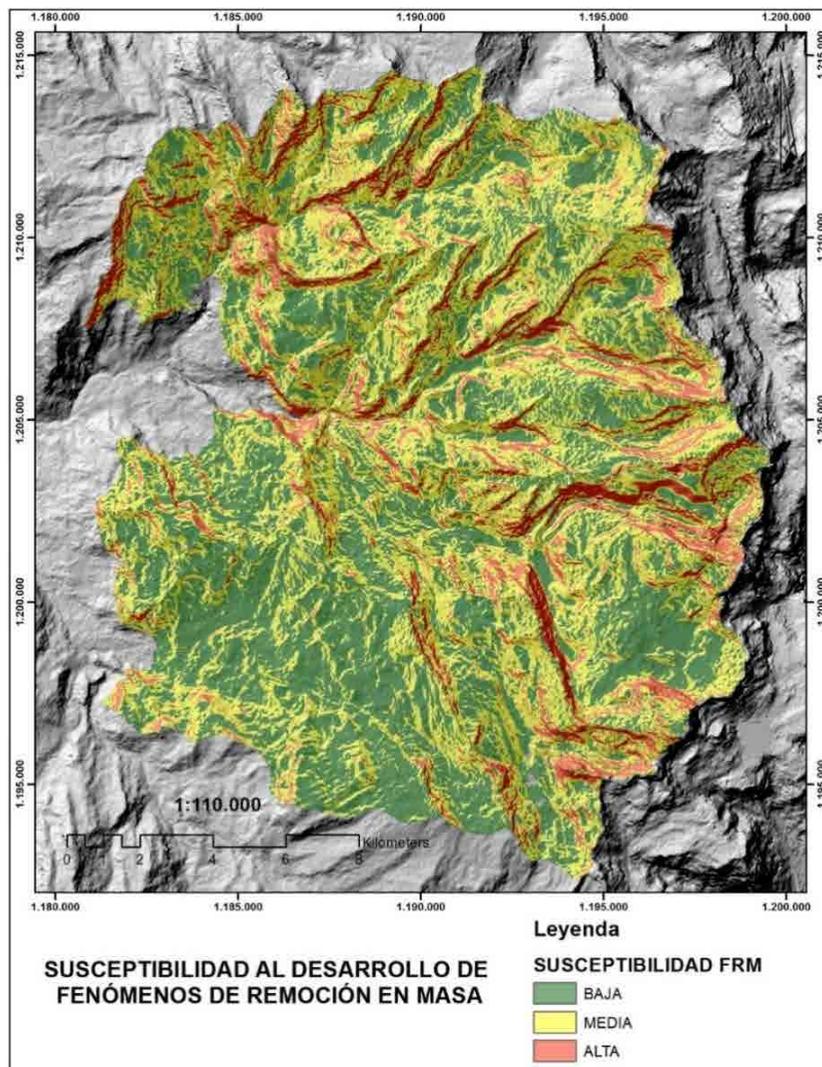


Figura 1.37 Mapa de susceptibilidad a fenómenos de remoción en masa

La situación en términos generales para toda la microcuenca está dominada por la pérdida de suelos en las cuencas de los Ríos Cardenillo y la quebrada Casas Viejas. Así como los directos al Río Nevado que aportan casi un 20% del total de pérdida de suelos del total de la cuenca donde se estarían perdiendo aproximadamente 1.158.000 Ton/año. Sumando las demás áreas la pérdida de suelos en las partes medias y altas no alcanzan a superar los 542.000 Ton/año.

BIBLIOGRAFÍA

- Baptiste, B. L. (2011 Vol 1.). Ecología del paisaje en los páramos. Colombia tiene páramos, 32-40.
- Brunnschweiler. D. (1981). Glacial and periglacial form systems of the Colombian Quaternary. Revista CIAF, 6(1 3): 53-56.
- Castaño, Carlos, (2002). Colombia alto andina y la significancia ambiental del ecosistema del bioma de páramo en el contexto de los andes tropicales: Una aproximación a los efectos futuros por el cambio climático global (Global climatic Tensor). Congreso mundial de páramos, 24-49.
- Eduardo, G. S. (2002). Cambios y transformaciones en el suelo del bioma de páramo por el cambio climático. Memorias Congreso mundial de páramos Tomo I, 72-79.
- Flórez, A. (2002). Movilidad altitudinal de páramos y glaciares en los Andes Colombianos. Memorias. Congreso Mundial de páramos, 80-97.
- Franco Vidal Lorena, D. J. (2013). Factores de vulnerabilidad de los humedales alto andinos de Colombia al cambio climático global. Cuadernos de geografía Vol. 22 No. 2.
- Franco Vidal Lorena, D. J. (2013). Factores de vulnerabilidad de los humedales alto andinos de Colombia al cambio climático Global. Cuadernos de geografía. Vol. 22 No. 2. Julio - Diciembre de 2013.
- González E., Van der Hammen, T. and Flint, R. F., (1966). Late Quaternary glacial and vegetational sequence in Valle de Lagunillas, Sierra Nevada del Cocuy, Colombia. Leidse Geol. Meded., 32: 157-182.
- Helmens, K. (1988). La sucesión glacial del Pleistoceno tardío en los alrededores del altiplano de Bogotá (Cordillera Oriental, Colombia). Amsterdam: Universidad de Amsterdam, Laboratorio Hugo de Vries.
- Herrera Germán, R. J. (2008). Retroceso glacial en la Sierra Nevada del Cocuy, Boyacá. 1986 – 2007. Perspectiva Geográfica Vol. 13.
- IDEAM. (2010). Sistemas morfogénicos del territorio colombiano. Bogotá, D.C.: IDEAM.
- IDEAM. (2012). Glaciares de Colombia. Más que montañas con hielo. Bogotá, D.C.: Comité de comunicaciones y publicaciones del IDEAM.
- IDEAM, P. M. (2017). Análisis de vulnerabilidad y riesgo por cambio climático en Colombia. Tercera Comunicación Nacional de Cambio Climático. IDEAM, PNUD, MADS, DNP, CANCELLERÍA, FMAM. Bogotá, D.C.
- IGAC. (1992). Los nevados de Colombia. Glaciares y glaciaciones. Análisis geográficos.
- IGAC. (1995). Plioceno y Cuaternario del altiplano de Bogotá y alrededores. Análisis Geográficos No. 24.

IGAC. (2003). Neógeno y Cuaternario del altiplano de Bogotá y alrededores. Análisis Geográficos No. 26.

IPCC. (2013). Climate change 2013: The physical Science basis. Contribution of working group I to the fifth assessment report of the intergovernmental panel on Climate Change. Cambridge - New York.

Ríos, Katherine, F. A. (1998). Las lagunas de Alta montaña. Cuadernos de Geografía Vol. VII No. 1-2 1998. Facultad de Ciencias Humanas Universidad Nacional de Colombia.

Rodríguez-Eraza N., P.-C. J.-S.-C. (2010). Cambio climático y su relación con el uso del suelo en los Andes Colombianos. . Bogotá D.C.: IAvH-Universidad Nacional de Colombia. Departamento administrativo de Ciencia, Tecnología.

Sarmiento, C. y. (2014). Aportes a la delimitación del páramo mediante la identificación de los límites inferiores del ecosistema a escala 1:25.000 y análisis del sistema social asociado al territorio: Complejo de Páramos Jurisdicciones – S. Bogotá D.C.: IAvH.

Servicio Geológico Colombiano. (2012). Documento inédito. Glosario de unidades y sub-unidades geomorfológicas de Colombia. Bogotá D.C.

Servicio Geológico Colombiano. (2012). Documento metodológico de la zonificación de susceptibilidad y amenaza relativa por movimientos en masa. Escala 1/100.000. Bogotá, D.C.

Thomas, V. D. (2002). Páramos. Diagnóstico, cambio global y conservación. Tomo I congreso mundial de páramos, 60-71.

Van Der Hammen, T. E. (1980/1991). Glacial del Cocuy, Paleogeografía. Paleoclimatología, Paleoecología. Bogotá.

2. HIDROBIOLOGÍA

“Si hay magia en este planeta, está contenida en el agua”

Loren Eiseley, (s. f.)

Caracterización física, química, hidrobiológica y de calidad bacteriológica del agua superficial, en los ambientes lóticos y lénticos de las microcuencas de los ríos Cardenillo, Cóncavo, San Pablín, Corralitos y Lagunillas pertenecientes a la Cuenca Alta del Río Nevado.



Río San Pablín al interior de PNN del Cocuy

INTRODUCCIÓN

En la Cordillera de los Andes, los biomas de páramo y bosque alto-andino son estratégicos por sus altos niveles de endemismo y por las funciones ecosistémicas entre las que se destacan la estabilización de suelos, la acumulación de carbono y principalmente la regulación hídrica (Encalada et al., 2014). Las comunidades humanas andinas dependen no solo de los aportes de agua de deshielo o de aquella regulada por estos biomas, sino también de los suelos y biota asociada a los mismos, por lo cual su asentamiento y actividades económicas se convierten en factores de presión. A pesar de su importancia ecológica, la transformación de estos biomas sigue en aumento y estudios previos han demostrado que las modificaciones en los usos del suelo y la cobertura vegetal (e.g. la ganadería y agricultura intensivas) tienen efectos negativos sobre la calidad del agua y flujo de los ríos (Buytaert et al., 2006). Por estas y muchas más razones es necesario conocer la influencia de las alteraciones hidroclimatológicas en el escenario de cambio de la temperatura global en sinergia con la transformación de los usos del suelo sobre la calidad del agua, como elementos clave en los planes de adaptación y de gestión de las cuencas hidrográficas.

Colombia presenta una alta riqueza hídrica y diversidad biológica (Jaramillo, Cortés & Flórez, 2016), sin embargo, los estudios sobre estado de los ecosistemas acuáticos de la alta montaña, se ha centrado en cuencas que suplen abastecimiento para capitales como Bogotá y Medellín (Cardenas & Tobón, 2017). Para el departamento de Boyacá y en especial para el Parque Nacional Natural del Cocuy, que constituye área protegida que alberga la Sierra Nevada del Cocuy, Güicán y Chita y la masa glaciaria más grande del país (IDEAM, 2018), la información sobre el estado de los ríos y de la calidad del agua es actualizada en este documento, para contribuir a la toma de decisiones y planteamiento de acciones que eviten conflictos de uso potenciales, entre los distintos actores en estas cuencas, que a la vez permita compatibilidad entre el desarrollo socio-económico y los objetivos de conservación en la región.

En este contexto, la presente investigación tuvo como objetivo evaluar el estado y condición general de los sistemas acuáticos para cinco microcuencas principales que hacen parte de la red de drenaje de la cuenca alta del Río Nevado. Con el fin de establecer la línea base de la calidad ecológica, se realizó el análisis espacial y temporal de variables físicas, químicas y bacteriológicas del agua,

junto con la descripción de atributos e índices que permitieron calificar el grado de naturalidad de estos ambientes. Dado el escaso conocimiento de las comunidades acuáticas que habitan en ecosistemas de alta montaña (Maldonado et al., 2012), el presente documento presenta además una contribución en aspectos de la diversidad, composición y estructura de los ensamblajes de perifiton en sistemas lóticos de los Andes nororientales.

Los ríos evaluados se caracterizaron por baja alteración, se identificaron indicios de deterioro relacionada con contaminación difusa en las diversas microcuencas, asociada con la presencia de bacterias fecales entre otros indicadores estudiados, así como con procesos de alteración en la cobertura vegetal de ribera. Igualmente, se describen particularidades de la variación en diferentes características del agua en el gradiente altitudinal, relacionadas ya sea con su condición natural o posible influencia antrópica, que tienen incidencia en la valoración de la calidad general del agua, así como en la composición y diversidad de las comunidades acuáticas evaluadas. Los diferentes hallazgos constituyen información de base, que en conjunto con la desarrollada desde los otros componentes analizados en el convenio, aportarán elementos que permitan conducir a la toma de decisiones y al planteamiento de estrategias de manejo de las microcuencas.

2.1 Área de Estudio

En el polígono definido para el convenio se visitaron 31 puntos de muestreo, 26 de ellos en sistemas lóticos y 5 en ambientes lénticos (datos no mostrados) para lograr un diagnóstico representativo de zonas ecológicas definidas en función de la altitud, tipo de cobertura vegetal y accesibilidad, encontrándose sitios localizados en áreas con vegetación de frailejónal y pajonal típicas de páramo (al interior de PNN y en la zona de amortiguación), otros con vegetación de transición o boscosa (subpáramo/bosque), representados por áreas con arbustales de mayor porte, en algunos casos conformados por bosques achaparrados de *Polylepis* u otro tipo de bosque ribereño, mientras que los sitios a menor elevación, se muestrearon en áreas con mayor grado de transformación, con

frecuencia la cobertura vegetal arbórea solo estuvo restringida a los corredores ribereños y hubo alto predominio de pastizales (zona de bosque fragmentado).

Los sitios de muestreo presentaron diversos grados de intervención y ocupación, abarcaron un gradiente altitudinal de los 3.093 a los 4.192 msnm, y se encuentran distribuidos en las secciones media y baja de las diferentes microcuencas (Anexo 2.A). Las coordenadas geográficas de los sitios (WGS84), altitud, localización con referencia al área protegida y en las diferentes zonas ecológicas establecidas, así como las abreviaturas propuestas de los sitios de muestreo que se usarán en el documento se señalan en la Tabla 2.1.

|| Tabla 2.1 Descripción general de los sitios de muestreo hidrobiológico ||

SUBCUENCA	SITIO DE MUESTREO	CÓDIGO	ALTITUD (msnm)	LATITUD (N)	LONGITUD (W)	ZONA	ÁREA PROTEGIDA
Cardenillo	Cardenillo 1	CAR1	4.122	6°30'41,9"	72°20'18,5"	Páramo	
	Cardenillo 2	CAR2	3.876	6°30'12,3"	72°21'40,3"	Páramo	
	Cardenillo 3	CAR3	3.425	6°29'54,1"	72°23'20"	Subpáramo/ Bosque	a
	Cardenillo 4	CAR4	3.103	6°29'21,5"	72°24'26,5"	Bosque (Frag.)	
	Chorro Colorado	CCOL	3.093	6°29'18,2"	72°24'39,3"	Bosque (Frag.)	
San Pablín	Playitas 1	PLY1	4.02	6°28'45,2"	72°20'30,7"	Páramo	b
	Playitas 2	PLY2	3.734	6°27'48,2"	72°21'7,1"	Subpáramo/ Bosque	
	San Pablín 1	SPB1	3.865	6°27'54"	72°20'16,5"	Páramo	c
	San Pablín 2	SPB2	3.68	6°27'35,5"	72°20'50,8"	Páramo	
	San Pablín 3	SPB3	3.624	6°27'21,3"	72°21'27,9"	Subpáramo/ Bosque	
Corralitos	San Pablín 4	SPB4	3.162	6°26'52,8"	72°22'44,7"	Bosque (Frag.)	
	Corralitos 1	CRR1	4.192	6°26'41,4"	72°19'41,7"	Páramo	
	Corralitos 2	CRR2	3.821	6°26'36"	72°20'19,5"	Páramo	
	Corralitos 3	CRR3	3.678	6°26'37"	72°21'14,6"	Subpáramo/ Bosque	a
Cóncavo	Corralitos 4	CRR4	3.508	6°26'49,6"	72°21'41,2"	Bosque (Frag.)	
	Concavito	CVIT	3.877	6°25'2,1"	72°19'50"	Páramo	b
	Cóncavo 1	CON1	3.818	6°24'25,4"	72°19'45,6"	Páramo	a
	Cóncavo 2	CON2	3.639	6°24'57,4"	72°20'28,1"	Subpáramo/ Bosque	
Cóncavo	Cóncavo 3	CON3	3.519	6°25'15,1"	72°21'22"	Subpáramo/ Bosque	
	Cóncavo 4	CON4	3.361	6°26'6,7"	72°22'39,4"	Bosque (Frag.)	

SUBCUENCA	SITIO DE MUESTREO	CÓDIGO	ALTITUD (msnm)	LATITUD (N)	LONGITUD (W)	ZONA	ÁREA PROTEGIDA
Casas Viejas	Casas Viejas	CVIE	3.337	6°27'29,4"	72°22'45,2"	Bosque (Frag.)	
	Agua Bendita	ABEN	4.032	6°21'59,2"	72°19'52,2"	Páramo	
	Lagunillas 1	LAG1	3.946	6°22'7,4"	72°20'3,4"	Páramo	
Lagunillas	Lagunillas 2	LAG2	3.838	6°23'29,7"	72°21'8,6"	Subpáramo	a
	Lagunillas 3	LAG3	3.663	6°24'38,8"	72°21'40,9"	Subpáramo/ Bosque	
	Lagunillas 4	LAG4	3.394	6°25'55"	72°22'46,3"	Bosque (Frag.)	

a: Al interior de PNN; b: En el perímetro de PNN; c: En área sin intervención, afuera de PNN en la zona de amortiguación directa

La colecta de muestras se realizó en los dos periodos hidroclimáticos con menores registros pluviométricos, correspondientes a la finalización de la época seca mayor (3 al 13 de marzo) y la época seca menor o veranillo (6 al 19 de julio de 2018), esta última ubicada entre los periodos de mayor pluviosidad que se presentan en el año y con valoración intermedia de caudal. Las muestras de agua y las comunidades hidrobiológicas fueron colectadas en 26 puntos de ambientes lóticos principales (Lagunillas, Cóncavo, San Pablín, Corralitos, Cardenillo) y cinco lénticos (Lagunas San Pablín, La Parada, La Atravesada, La Cuadrada y La Pintada), junto con las quebradas Chorro Colorado, Casas Viejas, Agua Bendita, Concavito y Playitas (datos no mostrados en profundidad, pero sí en cálculo de los índices de calidad).

2.1.1 Caracterización Física y Química del Agua en Ambientes Lóticos

En marzo las mediciones de caudal con regularidad no excedieron los 0,7 m³/s, con un mínimo de 0,07 m³/s y un máximo de 1,7 m³/s (Figura 2.1A), con tendencia a valores más altos en San Pablín (en particular SPB4) y en Cardenillo. En julio fueron superiores dada la influencia de la temporada de lluvias previa, con un máximo de 2,1 m³/s (LAG2), con la salvedad que no hay referencias para la cuenca baja (Figura 2.1B). Al tener en cuenta solo aquellos sitios localizados en páramo (sitios 1 y 2), tanto el río Lagunillas como el Cóncavo mostraron un incremento más apreciable (de 6 a 8 veces con relación a marzo), en tanto que para los otros la amplitud de la variación fue menor (solo hasta 4 veces superior) (Figura 2.1B). Estas mediciones constituyen una aproximación debido a la técnica empleada para su estimación.

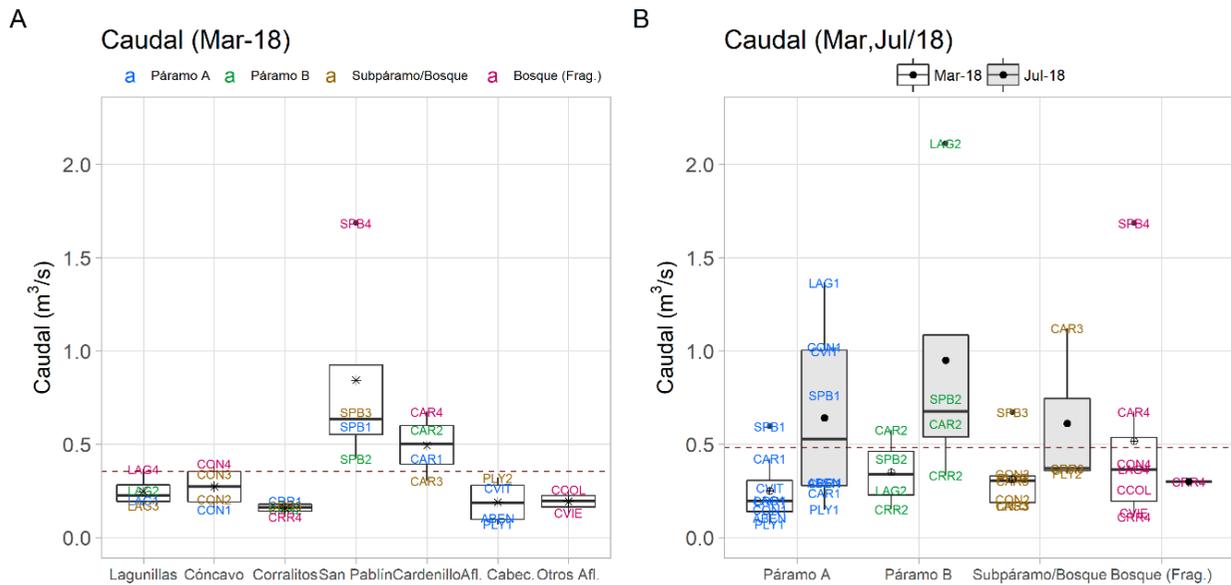


Figura 2.1 Variación espacial del caudal para sistemas lóticos en marzo (A) y comparación temporal por zona (B)

Cabe resaltar que algunos sitios tendieron en ambos muestreos a bajos registros, así como menor fluctuación de caudal, por ejemplo en todos aquellos de la microcuenca de Corralitos los caudales no superaron 0,2 m³/s en marzo y 0,37 m³/s en julio, al igual que en Playitas, con valores máximos de 0,15 m³/s (Playitas 1) y 0,34 m³/s (Playitas 2) (con mínimos de 0,07 y 0,32 m³/s, respectivamente) y Agua Bendita (0,1 – 0,29 m³/s). Ramírez y Viña (1998), afirman que la capacidad ambiental general de una corriente, referida como su capacidad de dilución ante eventos de contaminación puntuales y no puntuales, es directamente proporcional al caudal, cuya valoración depende de la variación hidroclimática. Estos autores señalan capacidad ambiental muy baja para aquellas corrientes cuyo caudal no excede 1 m³/s, baja entre 1–10 m³/s y media de 10–100 m³/s, por lo cual se infiere que los ríos y quebradas tienen una capacidad de dilución baja, teniendo en cuenta los valores estimados, así como las medias mensuales multianuales en series históricas, como se ilustra en la sección de hidrología del presente documento.

El oxígeno alcanzó entre el 80% y 100% de saturación, con una media cercana al 90% (Figura 2.2). Esta variable expresa la relación

de la concentración de oxígeno medida en el agua, frente a su potencial en el aire para las condiciones de presión atmosférica y temperatura local. Su variación fue similar a la de la concentración, sin embargo, la subsaturación tendió a ser mayor en el Río Corralitos en marzo (Figura 2.2A). En contraste en ambos muestreos para la zona de páramo, los sitios más altos mostraron tendencia a estar más saturados (Figura 2.2B). Con referencia a la calidad del agua, se han indicado como valores óptimos en ecosistemas acuáticos, aquellas concentraciones superiores a 5 o 6 mg/L o que excedan el 80 o 90% de saturación (Boyd, 2015). La escala de magnitud en los niveles de oxígeno (datos no mostrados), sugiere una disponibilidad adecuada en las corrientes muestreadas, que se favorece por las bajas temperaturas y por el flujo turbulento de los ríos, debido a la pendiente y la heterogeneidad del material rocoso en el lecho. Así mismo, los valores encontrados son comparables a otras corrientes de alta montaña en Ecuador (5,9–7,7 mg/L) (Jacobsen, 2008), aunque son ligeramente inferiores a otros registros en ríos de alta montaña en Parques Nacionales de Venezuela (7,1–8,5 mg/L) (Segnini & Chacón, 2005).

Las entradas de material orgánico que son de naturaleza difusa en el área de estudio, parecen no exceder la capacidad de autodepuración de los ríos, ya que no se evidenciaron descensos pronunciados en la valoración del oxígeno. Lo anterior también se relaciona con bajos valores de demanda biológica y química de oxígeno en las corrientes, en su mayoría inferiores al límite de detección (3 mg/L) (DBO y DQO, no graficados). Estas dos variables, señalan indirectamente el contenido de material orgánico en

el agua, describen respectivamente en condiciones de laboratorio la cantidad de oxígeno requerida por microorganismos para estabilizarla, o la necesaria para oxidar por medios químicos la totalidad de la muestra. Solamente en julio se encontraron niveles detectables de demanda química con concentraciones de 4,78 mg/L en Cardenillo 2 y 3, en Lagunillas 1 (7,16 mg/L) y en Corralitos 1 y 2 (7,16 mg/L y 9,55 mg/L), de 16 sitios donde fue posible realizar la evaluación.

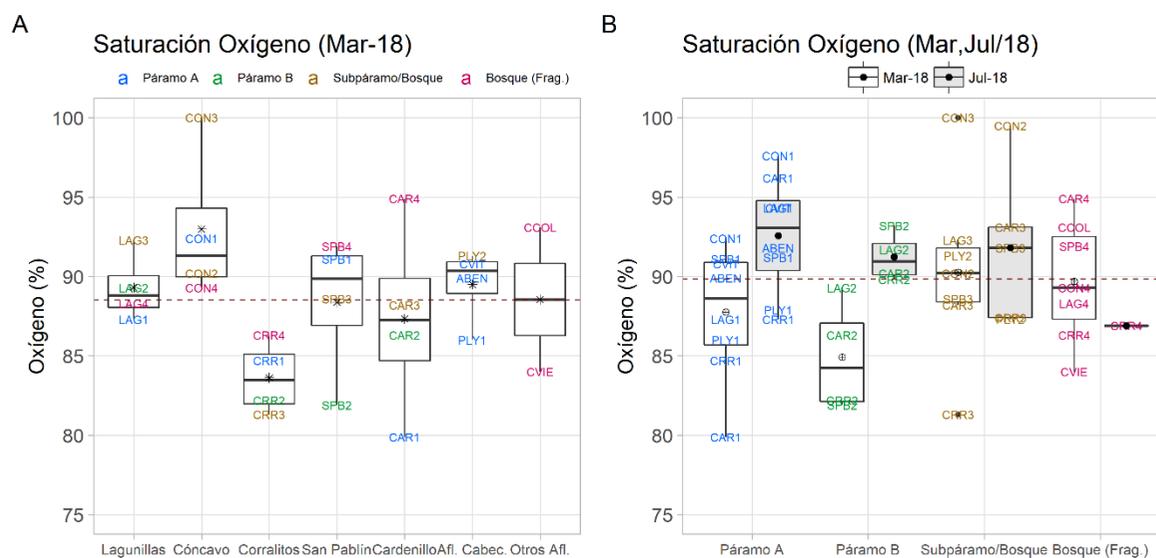


Figura 2.2 Variación espacial de la saturación de oxígeno para sistemas lóticos en marzo (A) y comparación temporal por zona (B)

Los valores de pH en la cuenca alta del Río Nevado presentaron una fluctuación amplia entre 4,7 y 7,5 unidades, con un patrón de aumento progresivo hacia los puntos más bajos de las microcuencas. En la zona de páramo se encontraron condiciones ligeramente ácidas como es frecuente en ríos de alta montaña andina, aunque aún más acentuadas en los sitios a mayor elevación, particularmente en Cóncavo, San Pablín, Cardenillo y los afluentes

Concavito y Agua Bendita, con datos inferiores o muy cercanos a 5 en ambos muestreos (Figura 2.3). En los dos primeros ríos para el tramo inmediatamente inferior, tampoco sobrepasaron las 6 unidades (sitios 2), intervalo en que se encontró Lagunillas 1 en los dos muestreos. Temporalmente hubo escasa variación, aunque con frecuencia en las partes altas se presentó una leve disminución en julio para esta variable (Figura 2.3B).

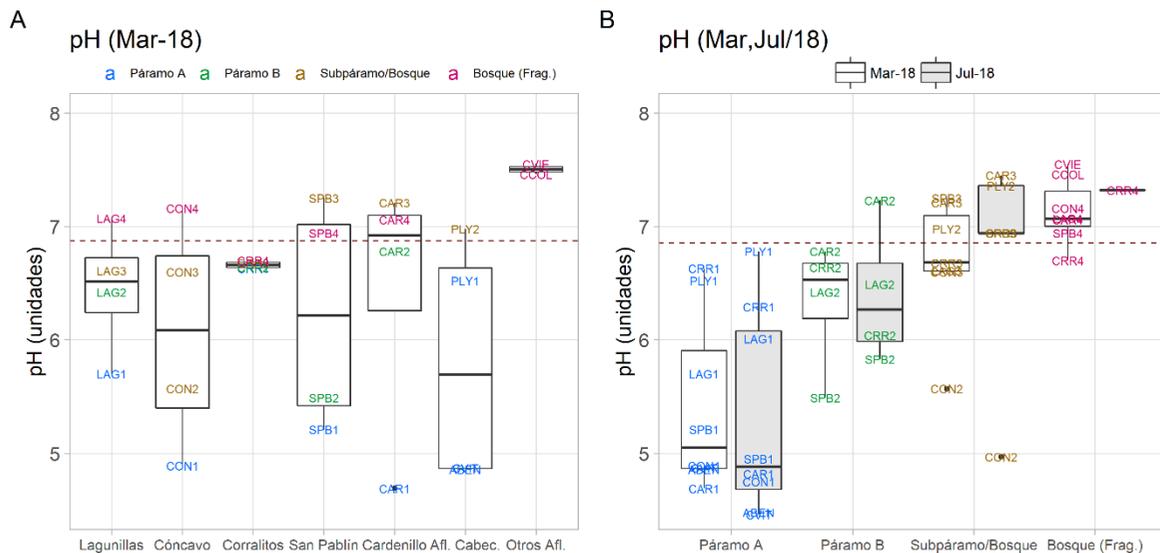


Figura 2.3 Variación espacial de pH para sistemas lóticos en marzo (A) y comparación temporal por zona (B)

Se ha señalado que condiciones de pH entre 6,5 y 9 son óptimas para la vida acuática (Boyd, 2015), así mismo se considera que las condiciones extremas dadas por aguas muy ácidas (<5) o muy básicas (>9) son perjudiciales para la mayoría de organismos (Alan & Castillo, 2007). Aunque la acidez puede llegar a ser limitante para las comunidades en aguas con una amortiguación débil de pH, en ambientes naturales es común encontrar organismos tolerantes a las mismas, como se señala en las próximas secciones del documento. Los datos obtenidos en el presente estudio son semejantes a otros registrados en quebradas de alta montaña del valle central de los Andes ecuatorianos (4,8–7,9, con media de 6,9) (Monaghan et al., 2000), así como en los Parques Nacionales Sierra Nevada y Sierra de La Culata en Venezuela (6,5–7,7) (Segnini & Chacón, 2005).

La tendencia a pH más bajos en el área de estudio y principalmente en la zona de páramo, está asociada con el drenaje de las aguas a través de suelos con propiedades ácidas que son predominantes en el área (unidades denominadas MEEg, MHEg y MHVf), que además se caracterizan por baja fertilidad y contenidos altos de aluminio (IGAC, 2005). Estos valores bajos de pH en el agua pueden obedecer a diferentes factores, por ejemplo al aporte escaso

de sustancias alcalinas en las cuencas debido a la litología y los suelos, sumado a procesos de respiración microbiana y de formación de ácidos orgánicos en los suelos o turberas.

La conductividad hace referencia a la capacidad del agua de transportar la electricidad y constituye una medida aproximada del contenido total de iones disueltos en el agua. Los datos bajos medidos indican escasa mineralización del agua, con un mínimo de 12 $\mu\text{S}/\text{cm}$ y máximo de 75 $\mu\text{S}/\text{cm}$, con una media aproximada de 25 $\mu\text{S}/\text{cm}$. En marzo, la conductividad tendió a ser mayor a lo largo de la microcuenca del Cardenillo (20–40 $\mu\text{S}/\text{cm}$), no obstante, esta fue sensiblemente superior en las quebradas afluentes de la cuenca baja (> 70 $\mu\text{S}/\text{cm}$) (Casas Viejas y Chorro Colorado) (Figura 2.4A). Esta variable aumentó progresivamente al disminuir la altitud, aunque cambió de forma más pronunciada en la zona más baja, principalmente en Lagunillas, Cóncavo y San Pablín (sitios 4). En julio se presentó en la mayoría de sitios un incremento leve, excepto en Cardenillo 2 y 3, San Pablín 3 y Playitas 2, donde este fue 1,5 a 2 veces superior (Figura 2.4B).

La conductividad eléctrica en las aguas tiene estrecha relación con la geología y el tipo de suelos en las cuencas, por tanto, depende de

la composición mineralógica del material parental de las rocas, de su resistencia a los procesos de meteorización, así como también por el aporte de aguas de deshielo. Según la información suministrada en el componente geoambiental del presente documento, a mayor elevación en la cuenca la formación geológica predominante está representada por areniscas cuarzosas (Formación Aguardiente, del periodo Cretácico Inferior), estas rocas son relativamente estables y más resistentes a los procesos de meteorización, también aportan a

los ríos menor cantidad de iones, en comparación con aquellos que drenan sobre rocas que incluyen en mayor o menor grado la presencia de calizas, que son fuente de carbonatos y otros iones en el agua (Formaciones La Luna principalmente, Capacho y Colón-Mito Juan, del Cretácico Superior), que explican la tendencia a valores relativamente mayores de conductividad en Cardenillo desde la zona de páramo, e incluso en los diferentes sitios localizados a menor elevación.

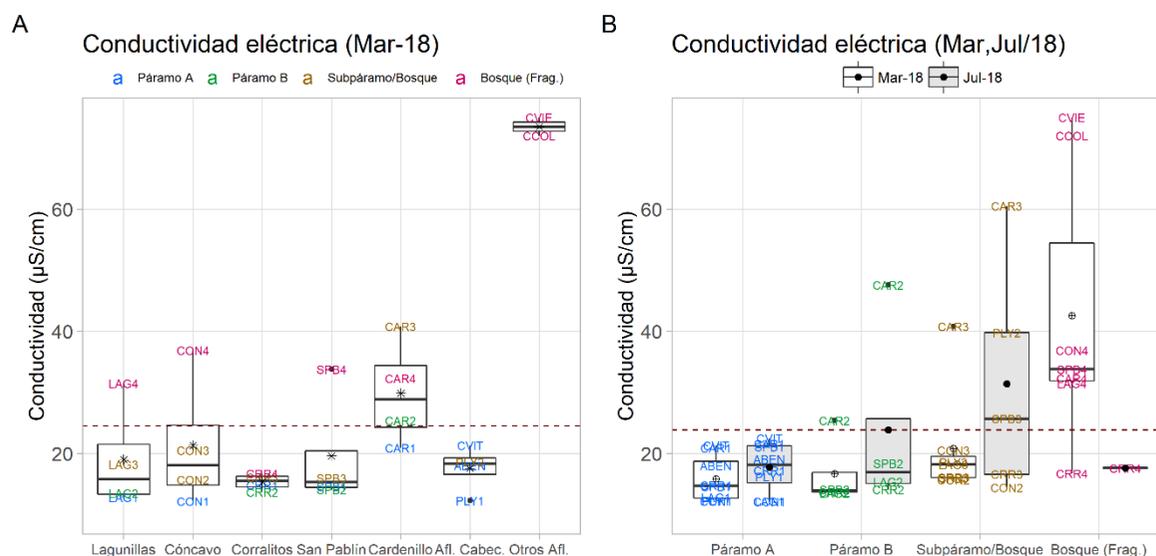


Figura 2.4 Variación espacial de la conductividad para sistemas lóticos en marzo (A) y comparación temporal por zona (B)

El menor contenido iónico y la conductividad del agua en las corrientes ubicadas a mayor altitud, además de la litología como factor principal, se explica por las bajas temperaturas, ya que los procesos microbiológicos de mineralización en los suelos y en el ambiente acuático se producen de forma más lenta. De igual forma, la escorrentía originada en aporte glacial, se señala que usualmente presenta mayor dilución en iones que la encontrada en ríos, en relación con iones como bicarbonato, calcio y sulfato, aunque con variabilidad en los contenidos de sodio y cloruro (Tranter, 2003). Se considera que los mayores valores de conductividad en las quebradas Chorro Colorado y Casas Viejas además de relacionarse con la litología, obedecen a su menor capacidad de

dilución por el tamaño de la microcuenca y a que no presentan influencia directa de aguas de deshielo provenientes de glaciar.

La conductividad en la cuenca alta del Río Nevado en general es baja, comparada con otras corrientes de alta montaña en Venezuela (35–95 μS/cm) (Segnini & Chacón, 2005) o Ecuador (15–134 μS/cm, media de 69 μS/cm) (Monaghan et al., 2000). Otros valores de referencia para quebradas altoandinas son suministrados por Villamarín, Prat & Rieradevall (2014), con datos medios de 21,4 – 150,3 μS/cm en cuatro cuencas ecuatorianas y de 86,6 – 743,8 μS/cm para un equivalente de cuencas en el Perú, quienes indican la influencia de la composición geológica y contenido de calizas

sobre el aumento de la conductividad del agua, aunque también destacan para algunos ríos la incidencia de vertimientos de actividades industriales (curtiembres) en la mayor valoración de esta variable.

La alcalinidad y dureza del agua, junto con la concentración de sulfato (datos no mostrados) explicaron una parte importante de variación en la conductividad eléctrica, dado un comportamiento espacial y temporal semejante, con máximos en marzo para las quebradas Chorro Colorado y Casas Viejas, junto con valores ligeramente más altos en la microcuenca de Cardenillo y en los puntos ubicados en la zona a menor altitud, al contrario de los sitios ubicados en la zona de páramo.

La cuantificación de la cantidad de nutrientes como el fósforo y el nitrógeno son de especial interés debido al papel que desempeñan en la regulación, metabolismo y productividad de los ecosistemas acuáticos. La demanda de estos dos elementos en particular, es por lo general mucho mayor que su disponibilidad en el medio, por lo cual, la productividad principalmente de los autótrofos, con frecuencia se encuentra limitada por el suministro de estos nutrientes (Alan & Castillo, 2007; Lewis Jr, 2008). El aporte en exceso de estos, al ambiente acuático, asociado principalmente con las actividades de origen humano (eutrofización cultural), produce un desbalance en el ciclaje, aumento de la producción y descomposición de material orgánico, sumado a cambios en la composición y diversidad de las comunidades, lo cual tiene repercusiones sobre el deterioro de la calidad del agua y hacen necesaria su evaluación o monitoreo en los ecosistemas acuáticos.

En relación con las formas de nitrógeno inorgánico, que son aquellas que se encuentran disponibles de manera inmediata para su uso por los organismos autótrofos, cabe indicar que el nitrato en magnitud fue más abundante que el nitrógeno amoniacal y en general, ambas variables mostraron un incremento en julio (Figura 2.5 y Figura 2.6), lo cual se relaciona

con el incremento en caudal y la susceptibilidad de este elemento a ser movilizado por escorrentía, ya que tampoco se liga fuertemente a partículas en los suelos o sedimentos a diferencia del fósforo, por lo cual es lixiviado con mayor facilidad en las cuencas (Alan & Castillo, 2007; Lewis Jr, 2008). La concentración de nitrato presentó una media cercana a 0,5 mg/L, con valores que oscilaron entre 0,3 y 0,9 mg/L, salvo en Playitas 2 en marzo (<0,01 mg/L). Ninguna de las microcuencas mostró una diferenciación amplia en la concentración de nitrato, tampoco un patrón asociado con el gradiente de elevación (Figura 2.5A). En julio su incremento fue de 0,7 a 2,7 veces superior con respecto a marzo (Figura 2.5B), para los sitios donde se dispone información de ambos muestreos.

La valoración del nitrato en las corrientes evaluadas puede considerarse baja a moderada, teniendo en cuenta la variación registrada en dieciséis ríos con escasa influencia antrópica de la cuenca alta y media del río Bogotá, con una media de 0,11 mg/L (0,01–0,90 mg/L) (datos transformados de NO₃ a N-NO₃ desde Díaz-Quirós & Rivera-Rondón, 2004), o comparados con valores promedio de aproximadamente 120 ríos altoandinos, pertenecientes a ocho cuencas hidrográficas con diferente grado de intervención en Ecuador (0,10–0,24 mg/L por cuenca) y Perú (0,18–0,51 mg/L por cuenca). Por otra parte, la variación espacial y altitudinal en su concentración no permitió identificar su asociación con algún impacto originado en las actividades económicas que se desarrollan en la zona, dada la naturaleza difusa de los posibles ingresos de origen agropecuario y humano, sumado a los múltiples factores que inciden sobre su disponibilidad en los suelos y el medio acuático, como son el clima, la geología, los suelos y la vegetación, el aporte por aguas subterráneas o de deshielo, la deposición por precipitación y principalmente por la actividad microbiológica, que incluye varias transformaciones entre los diferentes estados inorgánicos en que se presenta este elemento en el ambiente (Alan & Castillo, 2007).

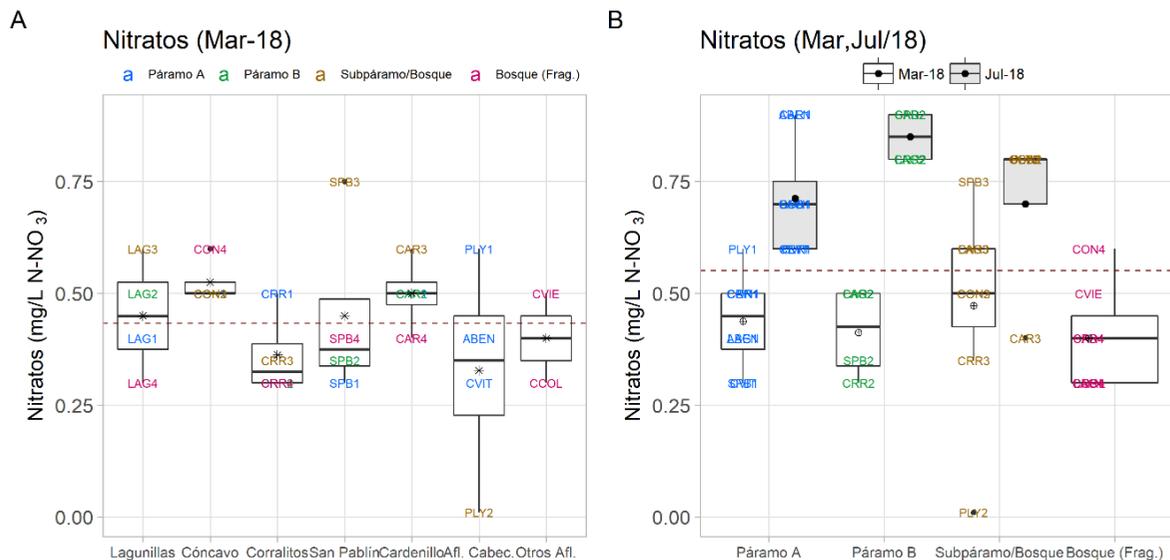


Figura 2.5 Variación espacial del nitrato para sistemas lóticos en marzo (A) y comparación temporal por zona (B)

La concentración de nitrógeno amoniacal mostró una variación amplia, con valores en el intervalo entre 0,01 y 0,11 mg/L, así como una media cercana a 0,04 mg/L. Los sitios localizados en el Río Corralitos, presentaron tendencia en marzo a valores más altos, aunque también al interior de las microcuencas algunos tramos presentaron mayor diferenciación, como Cóncavo 3 y Playitas 2 donde también fueron superiores (Figura 2.6A). Para la zona de páramo además de Corralitos 1 y 2, los sitios Cardenillo 1 y San Pablín 1,

mostraron valores relativamente mayores en ambos muestreos, comparados con sitios afines en otras microcuencas (Figura 2.6B), mientras que también Playitas, 2 en julio, contó con alta valoración. Para la mayoría de lugares el incremento en julio fue hasta tres veces superior, en tanto que en Cardenillo 2 y 3 y San Pablín 3, este factor fue de ocho a diez veces lo registrado en marzo (en solo cuatro ocasiones disminuyó ligeramente o se mantuvo semejante).

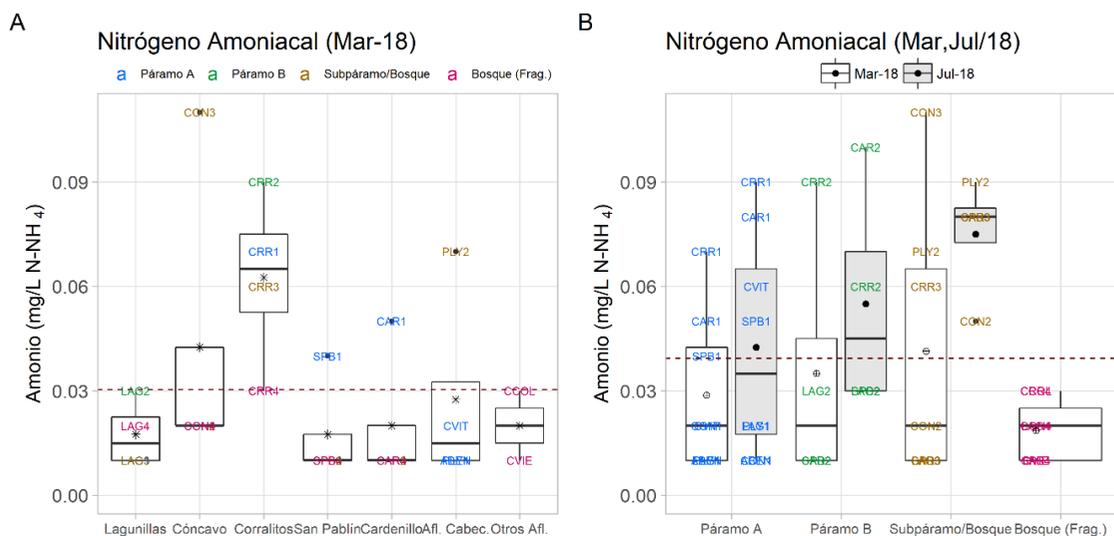


Figura 2.6 Variación espacial del nitrógeno amoniacal para sistemas lóticos en marzo (A) y comparación temporal por zona (B)

La cuantificación del nitrógeno total refleja la cantidad presente de este elemento en compuestos orgánicos, así como del nitrógeno inorgánico en su forma amoniacal. La concentración de nitrógeno total en marzo fue baja (<3,3 mg/L), solo en Lagunillas 4, apenas superó este límite de detección (3,31 mg/L). En julio se empleó un método de mayor sensibilidad, el cual arrojó valores entre 0,18 y 0,46 mg/L para los 16 sitios donde fue posible el acceso. La mayoría de sitios ubicados en la zona de páramo no superaron 0,3 mg/L, excepto en Lagunillas 2, Corralitos 2, Cardenillo 2 y Playitas 1 y 2, que sobrepasaron los 0,42 mg/L. Debido a las limitaciones en la cuantificación de esta variable y un bajo número de datos para realizar comparaciones, estos no se presentaron gráficamente.

El fósforo inorgánico disuelto, referido comúnmente como ortofosfato o como fósforo reactivo soluble, es aquel que presenta disponibilidad directa para los autótrofos. Presentó en las corrientes una media aproximada de 0,010 mg/L (Figura 2.7) y datos que fluctuaron entre 0,003 mg/L y 0,013 mg/L para la mayoría de sitios en ambos periodos hidrológicos (Figura 2.7B), sin embargo, en particular para marzo los valores fueron superiores en las quebradas Casas Viejas y Chorro Colorado (0,016 mg/L), así como en Cóncavo 4 (0,020 mg/L) y San Pablín 4 (0,016 mg/L), que exhibieron una diferencia más amplia con respecto a otros sitios en sus respectivas microcuencas (Figura 2.7A). En contraste con las formas de nitrógeno inorgánico, el fósforo reactivo en julio mostró una variación temporal irregular en los diferentes ríos o tramos, con fluctuaciones en un factor de 0,3 a 3 veces la concentración de marzo.

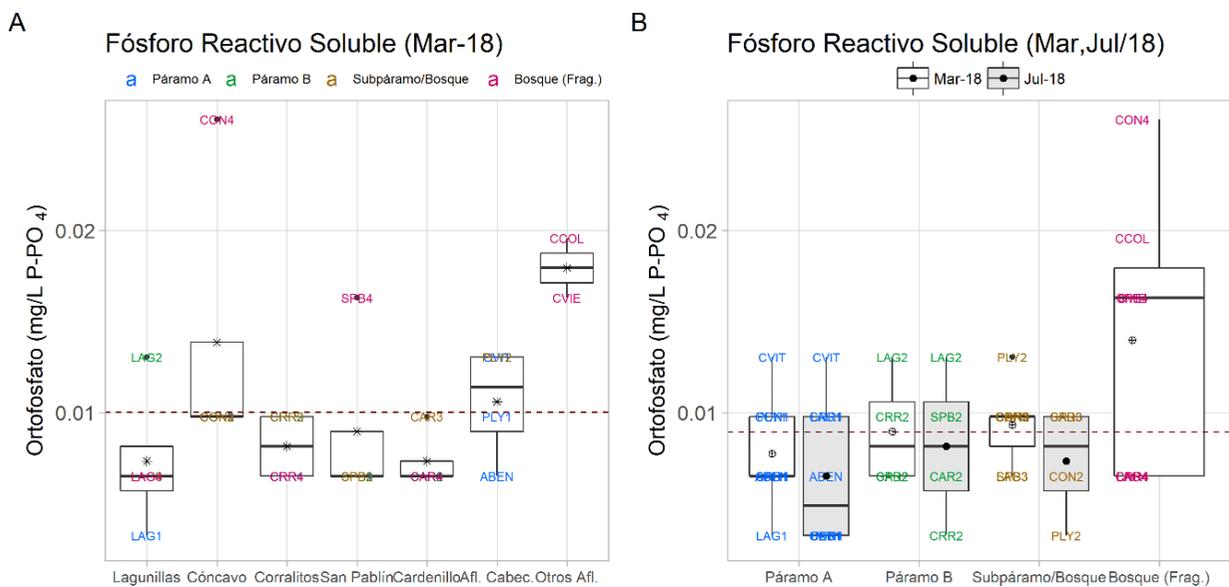


Figura 2.7 Variación espacial del fósforo soluble para sistemas lóticos en marzo (A) y comparación temporal por zona (B)

La concentración de fósforo reactivo soluble para las diferentes microcuencas se considera en magnitud baja y su valoración promedio es semejante a la media estimada para ríos a escala global (0,01 mg/L) (Alan & Castillo, 2007). Los datos registrados se aproximan al límite inferior del intervalo señalado por Lewis Jr. (2008) para cuencas andinas de montaña

(0,01 – 0,05 mg/L), también son bajos comparados con valores medios en ríos entre 2.800–4.800 msnm localizados en Ecuador (0,17 – 0,94mg/L) y Perú (0,01 – 0,41 mg/L), pertenecientes a ocho cuencas con distinto grado de intervención (Villamarín et al., 2014).

El fósforo total a diferencia del anterior, mide la totalidad de este elemento en el agua, presente en las distintas fracciones (orgánica, inorgánica, y particulada). Su valoración se encontró entre 0,016 mg/L y 0,157 mg/L, con una media aproximada de 0,044 mg/L. Hubo tendencia a datos superiores en las diferentes microcuencas al nivel de la zona de transición en la vegetación (sitios 3: Subpáramo/Bosque), los cuales fueron particularmente altos en Lagunillas 3 (marzo: 0,014 mg/L) y Cardenillo 3 en ambos muestreos (marzo: 0,068 mg/L, julio: 0,157 mg/L) (Figura 2.7), que sugieren un aporte apreciable de fósforo de naturaleza particulada u orgánica, dado que la fracción disuelta no presentó un aumento equivalente. Su origen podría relacionarse con el drenaje a través de áreas con cobertura de bosque en las riberas y zonas adyacentes, que representa una fuente natural de material orgánico alóctono a los ríos, ya sea de naturaleza gruesa, fina o representada también por compuestos orgánicos, dada la acción de diferentes procesos físicos, químicos y biológicos que influyen sobre la fragmentación y descomposición de este material vegetal (Alan & Castillo, 2007; Wantzen, Yule, Mathooko & Pringle, 2008). Por otra parte, en la zona de páramo también se observaron valores relativamente mayores para el chorro Agua Bendita en ambos periodos, aunque con un máximo de 0,085 mg/L.

En marzo, el Río Lagunillas y en menor grado Cóncavo presentaron una media ligeramente mayor; por otra parte, en las quebradas Casas

Viejas y Chorro Colorado los niveles fueron los más bajos (Figura 2.8A), que en magnitud son semejantes a los descritos para el fósforo reactivo soluble. En julio para los sitios donde pudo hacerse levantamiento de información, los datos indican con muy pocas excepciones apenas un descenso leve en la concentración (Figura 2.8B), entre estas Cardenillo 3 se destacó por el incremento hasta dos veces superior en relación con marzo. Por otro lado, al sustraer la valoración del fósforo reactivo soluble con respecto a la de fósforo total, que constituye una medida indirecta el contenido en la fracción particulada, se tiene que en la mayoría de muestras (30 de 42), este elemento representa una proporción apreciable del contenido total cuantificado en los ríos (70–96%).

El fósforo total indica la disponibilidad potencial de este elemento en el ecosistema acuático, los datos encontrados son bajos, comparados con mediciones en 16 ríos con baja influencia antrópica de la cuenca alta y media del Río Bogotá para los cuales se dispone de esta variable (0,05–1,4 mg/L, media: 0,3 mg/L) (Díaz-Quirós & Rivera-Rondón, 2004).

La tendencia a concentraciones bajas de fósforo reactivo soluble (ortofosfato), además de relacionarse con los procesos de absorción y asimilación por parte de los organismos, está asociada con la litología y con el bajo contenido en este elemento en suelos, caracterizados también por una saturación media a alta de aluminio (IGAC, 2005).

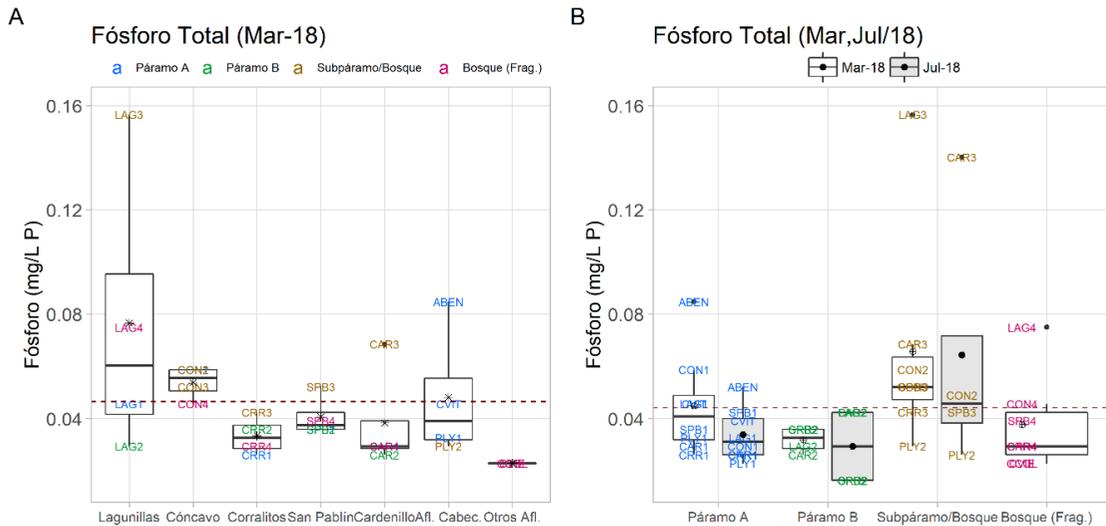


Figura 2.8 Variación espacial del fósforo total para sistemas lóticos en marzo (A) y comparación temporal por zona (B)

Se indica que el fósforo en sus diferentes formas (inorgánicas u orgánicas) tiende a formar complejos con óxidos e hidróxidos de elementos metálicos como aluminio o hierro, con la formación en condiciones aeróbicas de precipitados insolubles, así mismo se destaca la afinidad fuerte por partículas en los sedimentos o los suelos donde este elemento es adsorbido (principalmente arcillas) (Mainstone & Parr, 2002; Alan & Castillo, 2007), los cuales son factores que podrían incidir en la capacidad de amortiguación de los ecosistemas estudiados frente a los ingresos que se producen de forma difusa (por escorrentía en las microcuencas), que se reflejan en la escasa concentración del fósforo disuelto y su baja proporción con respecto al contenido de fósforo total en las aguas.

Los análisis de ordenación por componentes principales (ACP) desarrollados con todas las variables medidas, expresan de manera resumida las tendencias generales de variación ambiental, estos se realizaron de manera independiente a partir de dos conjuntos de datos, el primero corresponde a marzo donde se dispone de la serie de datos completa para las microcuencas (Figura 2.9), mientras que el segundo incluye solamente aquellos sitios de la zona de páramo (sitios 1 y 2) para ambos

muestreos (Figura 2.10). El análisis de marzo reunió en los dos primeros componentes el 51% de la variación en el conjunto de datos, en el eje horizontal son ordenados a la derecha aquellos sitios a mayor altitud y puntuación en el índice de calidad de ribera, junto con pH más bajos, encontrándose la mayoría de aquellos sitios correspondientes a la zona de páramo (sitios 1 y 2) (Figura 2.9, color rojo). Hacia la parte izquierda del diagrama son sucesivamente ordenados los sitios a menor elevación, con variables que indican mayor mineralización del agua (conductividad, alcalinidad), pH más neutros, concentración de coliformes totales y pérdida de calidad de ribera, allí es posible distinguir hacia la parte inferior lugares con tendencia a mayor nivel de fosfato y de material suspendido, como los correspondientes a las quebradas Chorro Colorado y Casas Viejas, junto con Cóncavo 4 (Figura 2.9, color violeta), mientras que hacia la parte superior del diagrama sitios como San Pablín 4, Cardenillo 4, Lagunillas 4 y Playitas 2 mostraron tendencia a datos relativamente superiores de coliformes fecales (Figura 2.9, color violeta). En la parte central de la ordenación se encuentran un conjunto de sitios que fueron más afines a presentar una condición promedio en las distintas variables analizadas (Figura 2.9, color verde), de otra parte asociada al eje vertical

se encontró la variación del oxígeno y caudal, estas variables presentaron una influencia menor en la ordenación de estos grupos de

sitios, sin embargo, señala su valoración fue apenas mayor en aquellos de la parte baja.

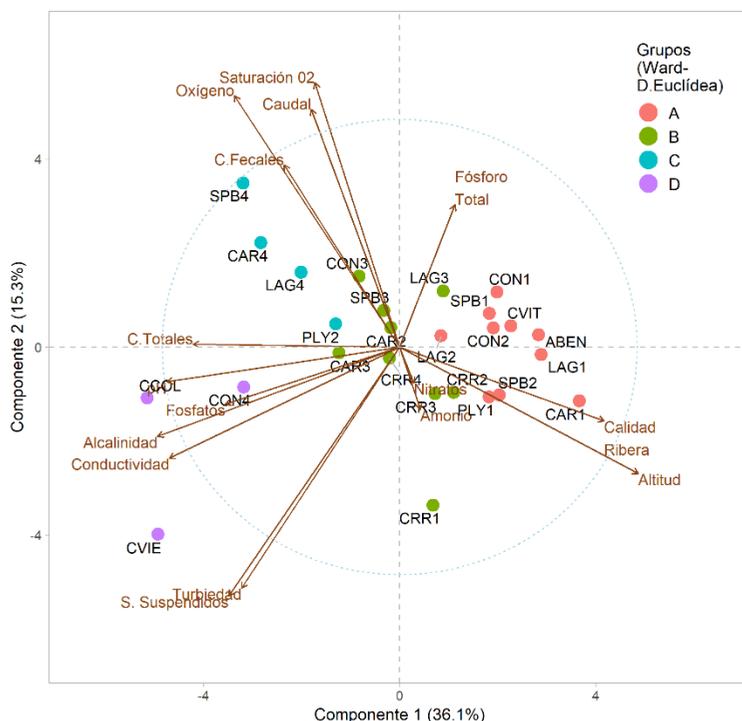


Figura 2.9 Análisis de componentes principales para ambientes lóticos basado en variables ambientales para época seca (marzo)

El análisis realizado para los sitios de páramo reunió una menor variabilidad en los dos primeros componentes, que se asocia con un gradiente ambiental de relativa baja amplitud (44%). El análisis de agrupamiento señaló la tendencia a la formación de dos grupos que reunieron la mayor cantidad de sitios, diferenciados principalmente por influencia hidroclicmática (Figura 2.10A, colores rojo y azul), como se puede comparar con la misma ordenación pero discriminada en colores por muestreo (Figura 2.10B). En concordancia en el eje vertical se distinguieron hacia la parte superior del diagrama la mayoría de sitios en julio (color azul), asociados con incremento en el oxígeno, concentración de nitrato y naturalmente con mayor caudal.

Por otra parte, en el sentido horizontal hacia la derecha de la ordenación se distinguieron otros dos grupos, el primero de ellos incluyó a Corralitos 1 en ambos muestreos, asociado con valoración mayor de material suspendido y pH más neutro (Figura 2.10A, color violeta), en tanto que el segundo con estas condiciones y menor calidad de ribera abarcó a Cardenillo 2 y Playitas 2 (Figura 2.10A, color verde), sin embargo, estos los últimos se distinguieron por la tendencia a concentraciones más altas en indicadores bacteriológicos principalmente de origen fecal en marzo y en incremento más apreciable en la conductividad eléctrica, alcalinidad y concentración de amonio en julio, que todos constituyen indicios de relativo deterioro (Figura 2.10A, Figura 2.10B).

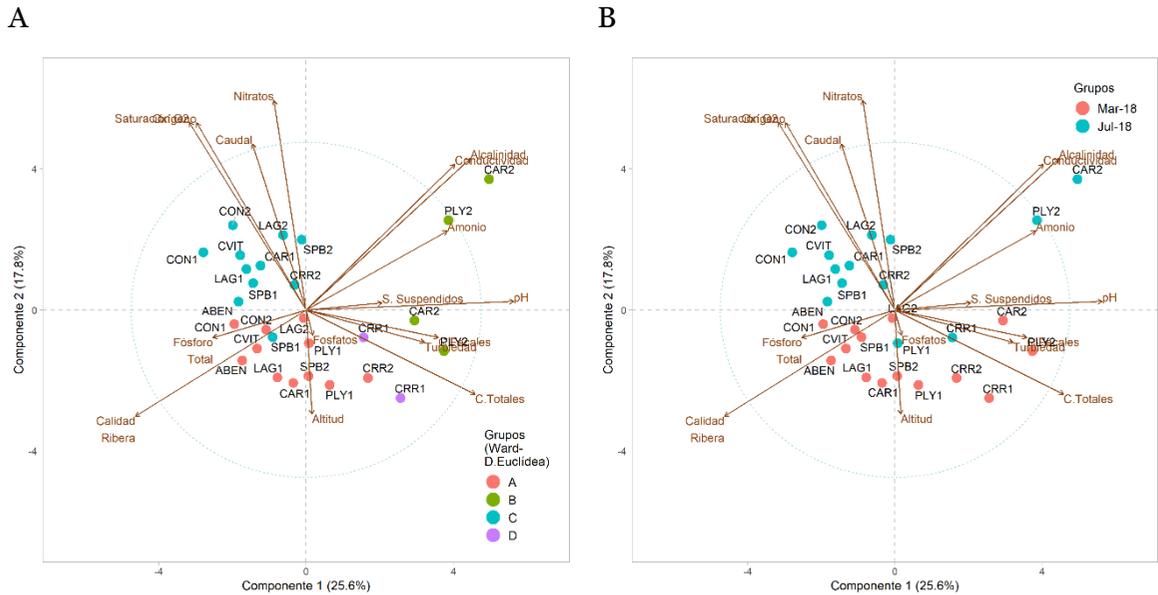


Figura 2.10 Análisis de componentes principales de ambientes lóticos basado en variables ambientales para sitios de páramo, de acuerdo a análisis de agrupamiento (A) y muestreo (B)

2.1.2 Calidad Bacteriológica del Agua en Ambientes Lóticos

Las bacterias se encuentran ubicuas en el ambiente, en número rebasan ampliamente a cualquier otro organismo, en sistemas acuáticos metabolizan la materia orgánica, contribuyen con la reintroducción de materia y energía en las redes tróficas y al tener nutrición heterotrófica contribuyen con la productividad secundaria (Allan & Castillo, 2007; Sigeo, 2005). Son sensibles a los cambios en las condiciones de flujo de las corrientes de agua y cada vez se reconoce más su importancia en los procesos metabólicos de los ecosistemas acuáticos (Canosa & Pinilla, 2001) por tener alta diversidad taxonómica, metabólica, genética y funcional y porque sus actividades tienen un gran efecto ecosistémico como el ciclaje de nutrientes (Casamayor, 2017). En el neotrópico la información sobre bacteriología de los sistemas acuáticos es limitada, algunas referencias mencionan que parecen existir densidades más constantes de bacterias que en otras latitudes (Canosa & Pinilla, 2001), y como que son escasas en la columna de agua, prefieren asociarse a sedimentos y sustratos en biopelículas (Atlas & Bartha, 2002). En la actualidad se resalta el papel ecológico en las

redes tróficas acuáticas y su potencial uso en bioindicación (Valencia & Lizarazo, 2009) área incipiente para el trópico y aún en desarrollo con el apoyo de técnicas moleculares.

Generalmente, en el trópico el papel de las bacterias en agua se ha minimizado y se asocia casi que exclusivamente a su uso como indicadores de calidad sanitaria, ya que tienen como fin alertar sobre presencia de patógenos que se movilizan por agua y que pueden influir en la salud humana y animal (Hadwen, Arthington & Boonington, 2008). El riesgo de salud es la ingesta de agua con contaminación microbiana generada por heces humanas o animales, que es fuente de bacterias, virus, protozoos y helmintos patógenos (Jérves-Cobo et al., 2018). Investigaciones recientes indican la necesidad de ampliar la evaluación de calidad sanitaria más allá de los indicadores convencionales al incluir además la presencia de *Pseudomonas*, *Bacteroides*, *Clostridium perfringens*, *Streptococcus*, *Criptosporidium*, virus entéricos, adenovirus, y colifagos para asegurar la calidad microbiológica del agua (Ríos-Tobón, Agudelo-Cadavid, Gutiérrez-Builes, 2017; Roche et al, 2013; Savvaidis, Kegos, Papagiannis, Voidarou, Tsiotsias, Maipa, Kalfakakou, Evangelou & Bezirtoglou, 2001).

Actualmente en países templados se aplican biomarcadores específicos como esteroles y estenoles fecales útiles en discriminar las fuentes de contaminación fecal (microbial source tracking) analizando coprostanol y sitostanol en agua y suelos o marcadores genéticos específicos del huésped como HF183, para contaminación fecal humana o Pig 2 Bac para heces provenientes de cerdos (Rochele-Newall, Nguyen, Le, Sengtaheuanghoung & Ribolzi, 2015). Sin embargo, en países donde esas tecnologías aún no están disponibles de manera generalizada, se aceptan los coliformes totales y coliformes fecales como indicadores de calidad sanitaria, ya que tienen un comportamiento similar a los patógenos, son más fáciles de identificar y sus métodos de cuantificación son rápidos y económicos. Una vez se ha evidenciado la presencia de estos, se puede inferir que los patógenos se encuentran presentes.

Los coliformes son un grupo de bacterias que presentan ciertas características bioquímicas en común, crecen a 37°C, son anaerobias facultativas, fermentan lactosa por vía glucolítica, generan ácidos y gas, además no son esporuladas. Estas se encuentran en las plantas, el agua, el suelo y los animales de sangre caliente, incluyendo a los humanos, pertenecen a la familia de las Enterobacteriaceae, que está conformada por géneros como *Escherichia*, *Edwardsiella*, *Klebsiella*, *Enterobacter*, *Serratia* y *Citrobacter*. Las enterobacterias corresponden a 10% de los microorganismos intestinales humanos y animales, por lo que su presencia en el agua está asociada con contaminación fecal (Ríos et al., 2017). Los

coliformes fecales, denominados también coliformes termotolerantes, son microorganismos que fermentan la lactosa a 44,5 - 45,5 °C, sirven como indicadores de contaminación fecal reciente e incluye la generada por animales como aves y mamíferos (Reed & Rasnake, 2016).

Para el primer muestreo, época seca de transición hacia lluvias (marzo), en el 92% de los puntos pertenecientes a ambientes lóticos (ríos), se detectó presencia de coliformes totales (24 de 26 muestras) que variaron entre <2 y >1600 NMP/100 ml, (límite más bajo y más alto de la medición, respectivamente), siendo los sitios Cardenillo 1 y Chorro Agua Bendita los que menos microorganismos mostraron (<2 NMP/100 ml, (Figura 2.11), estos corresponden a sitios en alturas de 4.079 y 4.042 msnm respectivamente, y se ubican dentro del área protegida de PNN. Los demás puntos en especial todos aquellos por debajo de los 3800 msnm (16/26=61%), presentaron valores por encima del máximo detectado por el método (1.600 NMP/100ml), que sugieren un arrastre y aumento bacteriano en los ríos aguas abajo de las cabeceras provenientes de múltiples fuentes como el suelo, heces de ganado, fauna silvestre y de vegetación aledañas. Las altas concentraciones se explicarían por una menor dilución de la contaminación de las aguas durante la época seca, cuando el caudal es inferior (Rochele-Newall et al., 2015). El Río Corralitos en todos los puntos muestreados presentó valores por encima de 1600 NMP/100ml (Figura 2.11), incluso desde el punto más alto Corralitos 1 ubicado dentro del área protegida.

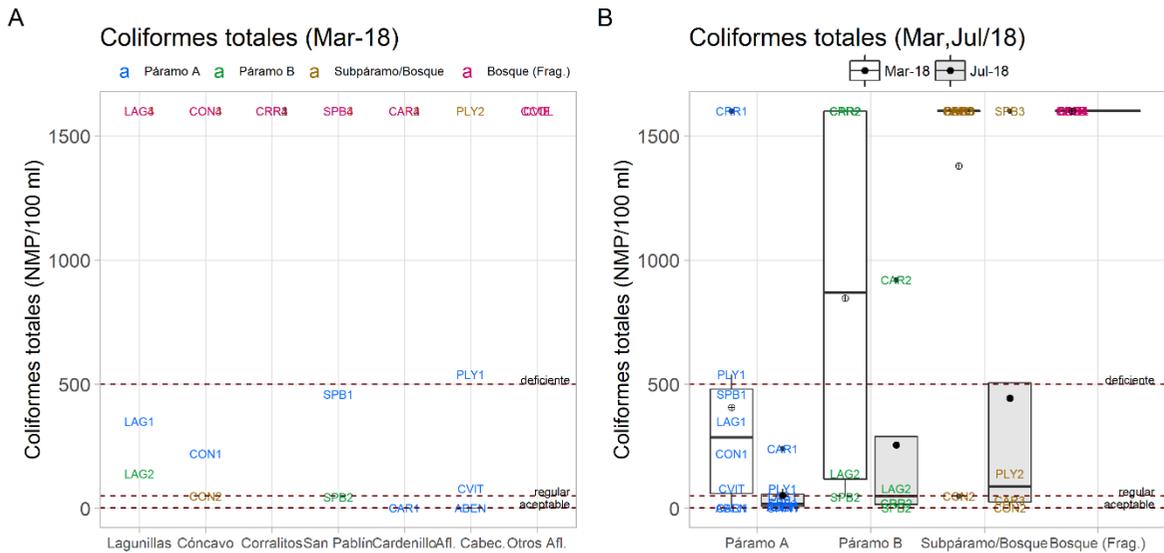


Figura 2.11 Variación espacial y temporal coliformes totales marzo (A). Variación espacial y temporal por zonas (B)

Para el segundo muestreo (julio) se detectaron coliformes totales en el 88 % de los puntos lócticos visitados (14 de 16 muestras) con valores más bajos comparados con marzo,

entre 2 y 240 NMP/100 ml, y fueron mínimos para Cóncavo 2, Corralitos 1 y San Pablín 2, con datos inferiores al límite de cuantificación (<2 NMP/100 ml).

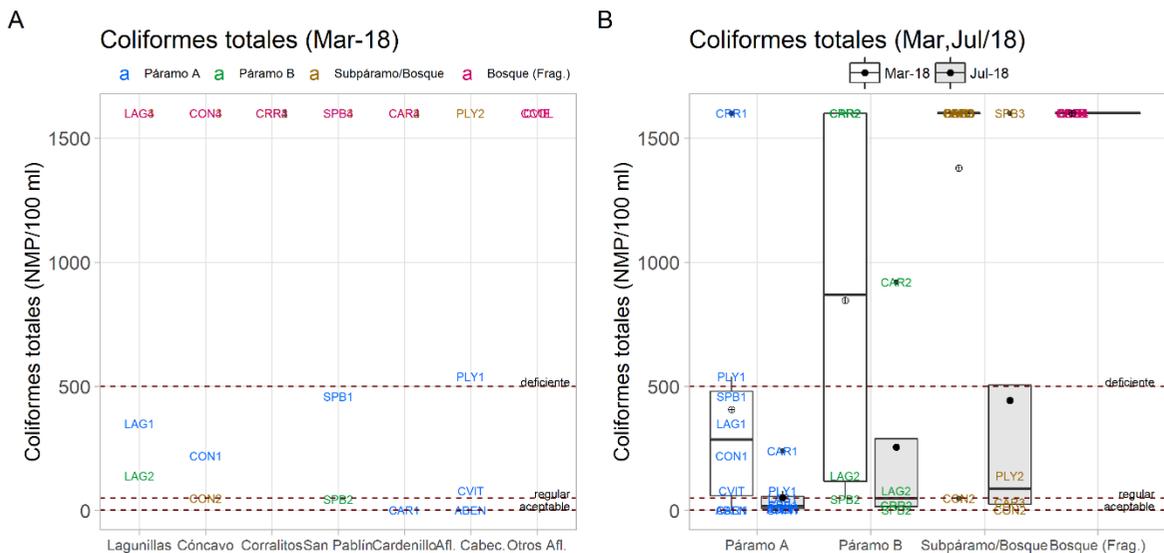


Figura 2.12 Variación espacial y temporal coliformes totales marzo (A). Variación espacial y temporal por zonas (B)

En la Figura 2.13 se incluyen los valores de coliformes totales espacializados en el área de estudio, los puntos ubicados en zonas de subpáramo bosque y bosque fragmentado tuvieron mayores densidades de coliformes totales (Figura 2.13 círculos rojos y Tabla 2.2) para marzo. En julio las bacterias indicadoras

fueron menores y con tendencia a aumentar hacia las partes bajas de la cuenca. Tan solo San Pablín 3 presenta valoración por encima de 1600 NMP/100ml junto con Cardenillo 2 (980 NMP/100 ml) y se califican como los puntos con mayor presencia de coliformes totales, sin embargo, se desconoce el compor-

tamiento en los sectores bajos de las cuencas debido a la imposibilidad de realizar estos muestreos (Figura 2.13B). Al comparar con marzo, se aprecia una reducción de los indicadores bacteriológicos por un posible efecto de dilución, debido a mayores precipitaciones y aumento de caudal de los ríos. En ambas

épocas se evidenció presencia de coliformes totales, siendo más restrictivos en el periodo de marzo, lo que indicaría presencia de estos en suelo, la vegetación de contaminación por heces, factor que se analizará más adelante con los indicadores fecales.

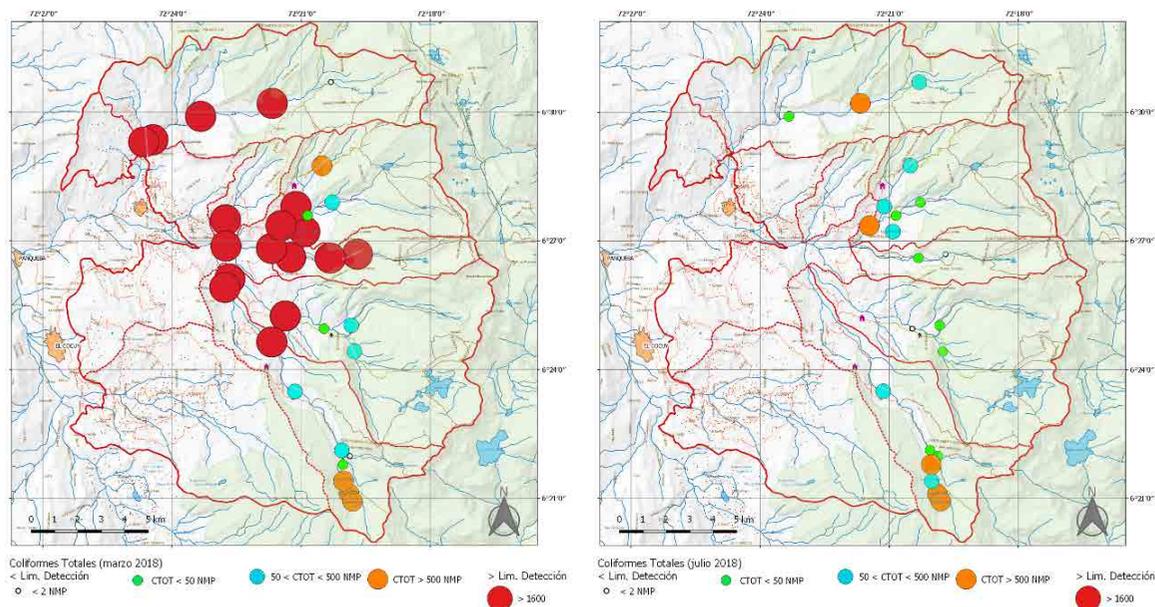


Figura 2.13 Espacialización de la valoración de coliformes totales en marzo (A) y julio (B)

Para Colombia el Título B del Reglamento de Agua Potable y Saneamiento básico (RAS) (Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, 2010) clasifica la calidad de las fuentes de abastecimiento en función de nueve variables físicas y químicas, también incluye las coliformes totales e indica el grado de tratamiento asociado si se desea utilizar para un acueducto. Como ejercicio interpretativo para las microcuencas evaluadas, se califica la calidad de las fuentes y se da la recomendación de tratamiento para potabilización y uso para consumo

humano según el RAS (Tabla 2.2). Los sitios localizados principalmente en las franjas altitudinales de páramo y ubicadas dentro del área protegida de PNN, en su perímetro o zona de amortiguación cercana, son agrupados como aquellos calificados como aceptables o regulares, que requerirían al menos tratamiento de desinfección filtración para consumo humano, excepto para Corralitos 1 y 2, Playitas 1 y 2 y Cardenillo 2 calificadas como deficientes, que necesitarían tratamiento completo (Tabla 2.2).

|| Tabla 2.2 Calidad de fuentes según criterio bacteriológico del RAS área de estudio ||

MUESTREO	FUENTE ACEPTABLE (*) 0-50 NMP/100 ml	FUENTE REGULAR (*) 51-500 NMP/100 ml	FUENTE DEFICIENTE (*) 501-5000 NMP/100 ml
Marzo 2018 bajas precipitaciones (n=26)	Cardenillo 1 Cóncavo 2 San Pablín 2 Agua Bendita	Lagunillas 1 y 2 Cóncavo 1 Concavito San Pablín 1	Lagunillas 3 y 4 Cóncavo 3 y 4 Corralitos 1, 2, 3 y 4 Playitas 1 y 2 San Pablín 3 y 4 Cardenillo 2, 3 y 4 Casas Viejas Chorro Colorado
Julio 2018 altas precipitaciones (n=16)	Lagunillas 1 Cóncavo 1 y 2 Concavito Corralitos 1 y 2 San Pablín 1 y 2 Cardenillo 3 Agua Bendita	Lagunillas 2 Playitas 1 y 2 Cardenillo 1	San Pablín 3 Cardenillo 2
Tratamiento requerido (*)	Desinfección y estabilización	Filtración Lenta o filtración Directa, desinfección y estabilización	Completo pretratamiento + [Coagulación + Sedimentación+ Filtración Rápida] o [Filtración Lenta diversas etapas] + Desinfección + Estabilización

(*) Título B del Reglamento Agua Potable y Saneamiento básico (RAS), Las categorías se definen con base en promedios mensuales de coliformes totales, (Min Vivienda, 2010)

Para marzo las bacterias indicadoras de coliformes fecales señalan a Lagunillas 4 con la mayor concentración (540 NMP/100 ml), seguido de Playitas 2 (340 NMP/100 ml), San Pablín 4 y Cardenillo 4 con 250 NMP/100 ml, los demás puntos obtuvieron valores entre 4 a 120 NMP/100 ml (Figura 2.14A). Se resalta que Corralitos y Cóncavo presentaron tendencia a concentraciones bajas de fecales y con menor variación a lo largo del río, pese a que en ambas microcuencas hubo evidencias de presencia de animales domésticos y áreas de pastoreo (Figura 2.16 y Figura 2.17), principalmente en Cóncavo aguas abajo del

sector de La Cuchumba. Por su parte Cóncavo 4 fue especialmente atípico en su valoración, comparada con otros sitios ubicados en la parte más baja de las cuencas, dada la cobertura de pastizales y registro visual de heces y de ganado en cercanías durante el muestreo. Tan solo el 27% de las muestras reportaron valores por debajo del límite de detección (<2 NMP/100 ml) siendo Cóncavo 1, Concavito, Agua Bendita y Cardenillo 1 ubicados dentro de área protegida, Lagunillas 1 y 2, San Pablín 2 en franja de páramo y zona de amortiguación, los de menor presencia de contaminación fecal.

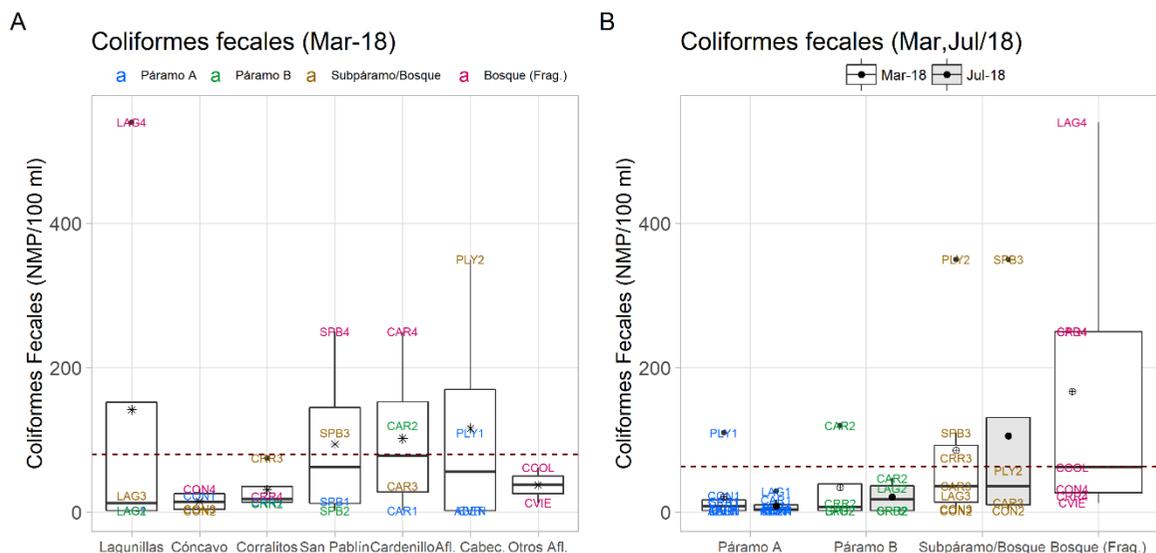


Figura 2.14 Variación espacial y temporal coliformes fecales marzo (A). Variación espacial y temporal por zonas (B)

En julio hay que anotar que solo se pudieron muestrear las áreas a mayor altitud (26 puntos, Figura 2.15B), es decir, no fue posible conocer estado de diez puntos en la cuenca baja. Con esta salvedad la más alta estimación para coliformes fecales fue para San Pablín 3 (350 NMP/100 ml), los demás puntos variaron entre 4 a 58 NMP/100 ml, relativamente bajos comparados con marzo, aunque en el 73% de estos sitios se evidenció contaminación fecal reciente. Al igual que el muestreo anterior, Cóncavo 1 y Concavito, por otro lado Corralitos 1 y 2, San Pablín 2 y Concavo 2, que representaron la proporción restante (37%) con registros por debajo del límite de detección (<2 NMP/100 ml) (Figura 2.23). Para los sitios ubicados en zona de páramo, en julio los coliformes fecales disminuyeron, salvo un aumento leve en Lagunillas 1 y 2 y Cardenillo 1. Entre los sitios de subpáramo donde fue posible realizar el muestreo, Playitas y Cardenillo 3 presentaron una

reducción, mientras que en San Pablín 3 hubo un incremento apreciable.

La Resolución 3382 de 2015 de Corpoboyacá indica los criterios de calidad del recurso hídrico dentro de su jurisdicción, en el caso de uso agrícola los valores restrictivos para coliformes totales estarían por encima de 5000 NMP/100 ml y para fecales 1000 NMP/100ml, con la información obtenida en ambos periodos y en los puntos efectivamente muestreados solo la laguna de San Pablín tendría restricciones por coliformes fecales en la época de marzo (Figura 2.15A). Se aclara que debido a que el límite máximo de detección fue de 1600 NMP/100ml es probable que la presencia de bacterias indicadoras pueda ser mayor y generar condiciones restrictivas de uso, valoración que debe ser centro de atención por las autoridades ambientales y de salud de la zona en evaluaciones posteriores.

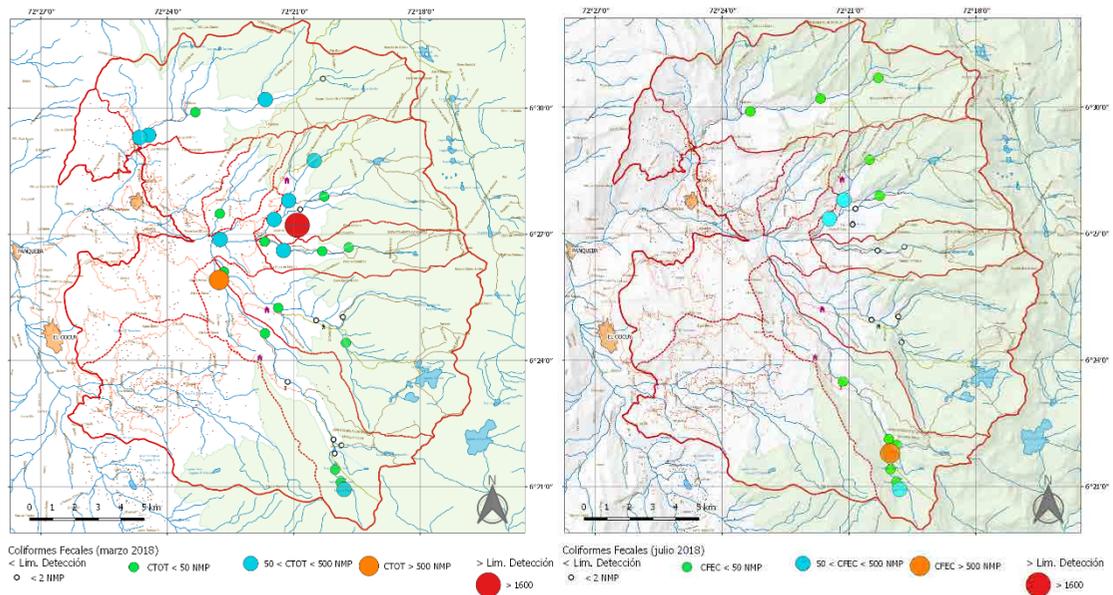


Figura 2.15 Espacialización de la valoración de coliformes fecales en marzo (A) y julio (B)

La persistencia de las bacterias indicadoras en el ambiente está determinada por diversos factores físicos o químicos del sistema (cambios de temperatura, pH, humedad), presencia de otras bacterias, virus y depredadores, junto con las capacidades metabólicas de las mismas para soportar condiciones extremas (Rochele-Newall et al., 2015). Las densidades de coliformes totales aumentaron aguas abajo de

las microcuencas, por lo cual se presume que los bosques y pastizales no generan retención de las mismas o pueden ser fuente de arrastre hacia los sistemas acuáticos. Los coliformes fecales reportaron órdenes de magnitud menor, no obstante, en el área de estudio reflejaron contaminación fecal frecuente y su densidad se modificó por cambios del caudal, asociados con la variación hidroclimatológica.



Figura 2.16 Presencia de mamíferos y sistema de redes de distribución de agua en la zona protegida, caballos y cabras en sector de transición frailejonal-bosque del Río Corralitos



Figura 2.17 Presencia de ganado bovino, ovino y equino en las zonas intervenidas cerca de las rondas de protección de los sistemas lóticos (Río San Pablín) (izquierda) o recorriendo bosques y zonas de vegetación secundaria (río Cóncavo) (derecha)

Algunos estudios de modelación del decaimiento de organismos patógenos en ríos de montaña indican que aguas abajo según las características propias de cada ecosistema, se pueden dar procesos de sedimentación, muerte y disminución de las bacterias por irradiación, salinidad o temperatura en función del tiempo y la distancia recorrida, además de la dilución por entrada de caudales menores (Torres & Camacho, 2008). En este estudio de manera opuesta, se verificó un aumento de organismos indicadores hacia sectores a menor elevación en las microcuencas y denotó ingreso de coliformes fecales permanente desde el suelo, por deposición directa del ganado durante el pastoreo, por las excretas de fauna silvestre o de población humana. A medida que se produce la escorrentía durante los eventos de lluvia se transportan agua y sedimentos, así como de bacterias hacia los ecosistemas acuáticos. En la cuenca alta del Río Nevado los patrones de uso actual del suelo indicarían intervención humana y animal con aporte de indicadores fecales, que podrían generar conflictos de uso sobre la calidad del agua en las zona bajas de la cuenca.

Los valores de coliformes totales y fecales determinados en este estudio, no se pueden comparar directamente con lo mencionado por otros autores porque usan cuantificación por filtración por membrana y no tubos de fermentación múltiple como en este caso, o porque existe poca información publicada referida a calidad bacteriológica de ríos andinos de alta montaña. Para la zona de estudio Velásquez-Gutiérrez (2015), evaluó coliformes fecales solo en un sector del Río Cóncavo (Valle de los Frailejones, 12,5 UFC/100 ml) y la Laguna Grande de la Sierra en 2014, con datos entre 0-7 UFC/100 ml, que se consideran valores bajos. Reportes suministrados por PNN para bocatomas de acueductos veredales Cocuy Cañaveral, Agua Blanca y Cóncavo Coveñas para octubre de 2017, señalan valores negativos para coliformes totales y fecales (información suministrada por el ingeniero Gustavo Quintero, PNN).

A manera de comparación se resaltan trabajos en sistemas acuáticos para áreas protegidas de

Estados Unidos como la Sierra Nevada de California, donde se analizaron diferentes lugares según tipo de actividad humana. El único sitio en área de acampada presentó 200 UFC/100 ml de *E. coli*, pero otras bacterias no coliformes se encontraron en altas proporciones (200 a 8.900 UFC/100ml), para zonas con influencia de pastoreo (12 de 15 sitios) reportaron altos niveles tanto de *E. coli* de 100 a 500 UFC/100ml como de otras no coliformes entre 1.300 a 10.000 UFC/100ml, mientras que en un único sitio con visitancia muy esporádica, reportan 100 UFC/100 ml para *E. coli* y para otras bacterias de 200 a 500 UFC/100 ml, para el verano de 2004 (Derlet & Carlson, 2006).

Igualmente, en los Parques Nacionales de Yosemite, Kings Canyon y Sequoia, se detectó contaminación fecal en 22 de los 55 sitios monitoreados, en 13 de ellos la valoración de *E. coli* fue baja entre 50 a 100 UFC/100 ml y el más alto del estudio fue de 2.000 UFC/100 ml, en punto claramente influenciado por actividad humana y de pastoreo. Por otro lado, los lagos no presentaron microorganismos indicadores, aunque se detectaron representantes de grupos bacterianos acuáticos como *Rahnella aquatilis*, *Pseudomonas* spp., y *Yersinia* spp. (no patógena), señaladas como típicas del agua y esenciales en el sostenimiento de las redes tróficas de los ríos y lagos estudiados (Derlet & Carlson, 2004). Del mismo modo, Reed & Rasnake (2016) indican niveles elevados de *E. coli* y bacterias coliformes en los manantiales y arroyos en el Parque Nacional Great Smoky Mountains, particularmente durante los meses de verano.

En datos para la cordillera oriental colombiana en el Parque Nacional Chicaque, Ávila de Navia et al. (2013) evaluaron *Pseudomonas* sp. y *Aeromonas* sp. en diferentes sistemas acuáticos como quebradas, nacederos y reservorios, encontraron que la época seca es la más crítica, con conteos por encima de las 300 UFC/100 ml. Estos indicadores no convencionales y su presencia en los sistemas evaluados, indican la necesidad de ampliar la vigilancia más allá de los coliformes y proponen la inclusión de estos géneros bacterianos, debido a que *Aero-*

monas forma biopelículas en redes de distribución y *Pseudomonas aeruginosa* puede inhibir la presencia de coliformes, lo cual generaría una falsa percepción de calidad, con los riesgos conexos a los consumidores al medir solo indicadores totales y fecales.

Las anteriores referencias (Derlet & Carlson, 2004; Derlet & Carlson, 2006; Reed & Rasnake, 2016; Ávila de Navia et al., 2015), permiten inferir que es habitual la presencia de contaminación bacteriológica en áreas protegidas, debido a diferentes factores como la afluencia de turistas, pastoreo de ganado o el uso de caballos para carga. También mencionan la posibilidad de que los coliformes se reproduzcan o permanezcan en condiciones naturales, por lo que resultaría más representativo evaluar *E. coli*, organismo indicador que tiene más ventajas que las bacterias fecales que eventualmente pueden permanecer en el suelo y la vegetación, así como promover el uso de nuevos indicadores no convencionales para evitar riesgos microbiológicos. Se ha confirmado que las bacterias indicadoras pueden fácilmente formar biopelículas en los sedimentos, macrófitas, rocas y otros sustratos de los sistemas acuáticos y presentar concentraciones mucho mayores que las reportadas en agua (Balzer et al. 2010), por lo cual pueden convertirse en fuentes autóctonas de microorganismos, lo cual contrasta con la consideración generalizada de ser organismos alóctonos, y que llegarían solo por escorrentía al agua por cambios en el uso del suelo o excesiva ganadería.

Los hallazgos para la zona de estudio resaltan la baja cantidad de organismos indicadores fecales en puntos de ríos al interior del área protegida sobre todo en la franja de páramo A, puntos con baja intervención humana y ganadería prácticamente inexistente, sin embargo, resalta la necesidad de establecer tratamiento del agua si se va a suministrar para consumo humano por los valores de coliformes totales hallados.

En los puntos bajos (bosque y bosque fragmentado) donde también existen zonas de abastecimiento de la población rural y donde se presentan las mayores concentraciones de organismos de origen fecal principalmente en la época de disminución del caudal, (Lagunillas 4, Cardenillo 3 y 4, San Pablín 3 y 4, Playitas 1

y 2), sería recomendable hacer seguimiento de presencia de parásitos protozoos en la población humana y animal dada la menor calidad bacteriológica del agua evidenciada en esas zonas, así como fortalecer procesos de saneamiento en las viviendas allí asentadas.

Es deseable que para evitar o minimizar los impactos por contaminación bacteriológica sobre los sistemas acuáticos por visitantes o lugareños se requeriría mayor información a la comunidad para evitar prácticas que modifiquen la calidad de los ríos y lagos que ocasionalmente pueden interferir con el uso para habitantes de la cuenca baja, así mismo se fomenten acciones que garanticen la sostenibilidad de espacios de conservación mediante la protección de las rondas y el turismo pueda seguir siendo renglón económico de importancia.

2.1.3 Comunidad de Perifiton

Dentro de las comunidades acuáticas se encuentra el perifiton, que corresponde a aquellas agrupaciones de microorganismos como algas, bacterias y protozoos asociados o adheridos a sustratos vegetales, rocosos, maderables o cualquier otro material natural o artificial (Burns & Ryder, 2001; Roldán, 1992), que se encuentran en la interfase agua-sustrato formando biopelículas (Montoya & Aguirre, 2013). En el sentido estricto, en este aparte se consigna información sobre el ficoperifiton, que es equivalente al componente autotrófico de estas biopelículas, esta comunidad puede tener mayores aportes a la productividad primaria que los proporcionados por el fitoplancton (Cruz y Salazar, 1989), también tienen importante producción de metabolitos orgánicos y presentan alta tasa de reciclaje de nutrientes.

Las microalgas que conforman el perifiton presentan alta sensibilidad a fluctuaciones de los sistemas acuáticos, responden a diversos factores como la temperatura, luz, pH, nutrientes, sustrato, velocidad de la corriente, que influyen de manera conjunta sobre su distribución y crecimiento (Roldán, 1992). La herbivoría, la competencia con otros autótrofos como las plantas acuáticas que pueden crecer en los ríos y la competencia inter e intraespecífica, son los principales factores bióticos que también regulan el crecimiento de las algas perifíticas (Oliveira

Martins, 2006 citado por Montoya & Aguirre, 2013). Una gran parte de la comunidad está compuesta por diatomeas (algas con paredes celulares de sílice), debido a su tolerancia a altas condiciones de flujo son consideradas colonizadoras rápidas, porque poseen características que les confieren facilidades para la formación de colonias y poder así adherirse a un sustrato (Cox, 1996; Peterson, 1996), como pedúnculos largos y cortos, producción de matrices mucilaginosas y colonias en forma de estrella o ramo fijadas por la base (Round, 1991, citado por Montoya & Aguirre, 2013).

El perifiton se ha propuesto como indicador biológico de la calidad de agua (Moreira, 1988), debido a su rápida respuesta ante variaciones ambientales en su entorno, con cambios tanto en la composición taxonómica como en la densidad, evidenciando de esta manera aspectos actuales e históricos de un sistema acuático, así como procesos de enriquecimiento o de acidificación en las aguas (Rocha, 1993; Duong, Feurtet-Mazel, Coste, Dang & Boudou, 2007). Los sistemas lóticos presentan características hidrológicas, químicas, físicas y biológicas, que producen gradientes entre la zona alta, media y baja de las cuencas (Allan & Castillo, 2007), por tanto, el conocimiento de los patrones de distribución y abundancia del perifiton y su relación con estas variables, permiten conocer la modificación en la condición ecológica de los ríos (Pan, Stevenson, Hill, Herlihy & Collins, 1996; Oliveira, Torgan, Lobo & Scharzbold, 2001).

En Colombia existen pocos estudios de ficoperifiton de ríos de alta montaña, se cuenta con información relativa a distintos ríos en la cuenca alta y media del Río Bogotá (Díaz & Rivera, 2004), en dos sistemas lóticos en el Páramo de Santurbán (Ramírez & Plata, 2008) y en el Río Tota (Martínez & Donato, 2003; Zapata & Donato, 2005; Pedraza & Donato, 2011), que incluyen en diferentes escalas espaciales y temporales, acercamientos importantes sobre la ecología de diatomeas y los factores que influyen sobre su distribución, diversidad y procesos de colonización. El presente estudio incluyó información de otras divisiones de microalgas perifíticas así como de las diatomeas, en aspectos de su distribución, diversidad y abundancia, lo cual representa un

avance en el conocimiento de la ficoflora de la cordillera oriental y en especial para las microcuenclas presentes en la zona de influencia del PNN El Cocuy y de la cuenca alta del Río Nevado.

2.1.3.1 Estructura de la comunidad de perifiton

En los sistemas lóticos se registraron 85 morfoespecies, distribuidas en 10 clases, 31 órdenes y 44 familias, cuya clasificación taxonómica se presenta en el Anexo 2.B. Las divisiones que presentaron la mayor riqueza fueron Bacillariophyta (diatomeas, 45 morfoespecies y dos categorías no identificadas pero clasificadas por tamaño) y Chlorophyta (algas verdes, 26 morfoespecies), mientras que Cyanophyta (cianobacterias, 8 morfoespecies), Euglenophyta (euglenófitos, 2 morfoespecies) y Rhodophyta (algas rojas, 2 morfoespecies) tuvieron la menor representación en el inventario (Tabla 2.3). De este listado tan solo ocho morfoespecies tuvieron amplia distribución en la zona de estudio (presentes en más del 70% de las muestras analizadas), las más frecuentes fueron las diatomeas *Achnantes* sp., *Hannea* sp., *Tabellaria* sp1., *Navicula* sp1., *Cymbella* sp. y *Frustulia* sp1, las algas verdes filamentosas *Stigeoclonium* sp. y *Mougeotia* sp., junto con la cianobacteria *Oscillatoria* sp.

En este estudio se consideró únicamente el sustrato tipo epilíton (microalgas adheridas al sustrato rocoso), por ser el predominante en los ríos visitados. El inventario taxonómico reunió en el Río Lagunillas 49 morfoespecies, seguido de Corralitos (47), Cóncavo (45), Cardenillo (42) y San Pablín (41) (Tabla 2.3), teniendo en cuenta los cuatro sitios muestreados en el cauce principal. Entre los ambientes que contaron con menor número de muestras, los afluentes de cabecera Playitas (número de muestras, n=2), río Concavito y Agua Bendita registraron 34, 18 y 15 morfoespecies respectivamente, mientras que las quebradas Casas Viejas y Chorro Colorado presentaron menor riqueza (entre 13 y 14 morfoespecies). Es necesario precisar que debido a un esfuerzo de muestreo diferente, las posibles comparaciones deben limitarse a microcuenclas con un número equivalente de muestras o solamente entre valoraciones puntuales por sitio.

Tabla 2.3 Composición de comunidad perifítica de la cuenca alta del Río Nevado

DIVISIÓN	FAMILIA	TAXÓN	LAGUNILLAS	CÓNCAVO	CORRALITOS	SAN PABLÍN	CARDENILLO	AGUA BENDITA	CONCAVITO	PLAYITAS	CASAS VIEJAS	CHORRO COLORADO	
BACILLARIOPHYTA	Achnantheaceae	cf. <i>Achnanthes</i> sp.	*	*	*		*	*		*	*	*	
	Amphipleuraceae	<i>Frustulia</i> sp.1	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
		<i>Frustulia</i> sp.2							*				
	Aulacoseiraceae	<i>Aulacoseira</i> sp.				*							
	Bacillariaceae	<i>Nitzschia</i> sp.	*	*			*	*		*	*	*	
	Brachysiraceae	<i>Brachysira</i> sp.	*	*			*	*	*	*	*	*	
	Catenulaceae	cf. <i>Amphora</i> sp.	*										
	Cocconeidaceae	<i>Cocconeis</i> sp.			*	*						*	*
		<i>Reimeria</i> sp.	*	*		*	*	*			*	*	*
	Cymbellaceae	<i>Cymbella</i> sp.	*	*		*	*	*	*		*	*	*
		<i>Encyonema</i> sp.	*		*	*		*		*			
	Diploneidaceae	<i>Diploneis</i> sp.		*			*				*		
		<i>Eunotia</i> cf. <i>enshna</i>	*	*			*			*			
	Eunotiaceae	<i>Eunotia</i> cf. <i>exigua</i>			*	*	*						
		<i>Eunotia</i> cf. <i>incisa</i>	*	*		*	*	*			*		
		<i>Eunotia</i> sp.1	*	*	*	*	*			*			
		<i>Eunotia</i> sp.2	*	*		*	*	*	*	*			*
		<i>Eunotia</i> sp.3			*								
		<i>Eunotia</i> sp.4						*					
	Fragilariaceae	cf. <i>Diatoma</i> sp.						*					*
		cf. <i>Synedra</i> sp.			*	*	*				*		
		<i>Fragilaria</i> sp.1	*	*		*	*	*		*	*		
		<i>Fragilaria</i> sp.2	*	*	*	*	*	*			*		
	Gomphonemataceae	<i>Fragilaria</i> sp.3	*										
		<i>Gomphoneis</i> sp.		*				*		*	*	*	*
		<i>Gomphonema</i> sp.1	*	*	*					*		*	
		<i>Gomphonema</i> sp.2	*	*	*	*	*				*		
		<i>Gomphonema</i> sp.3	*	*		*							
		<i>Gomphonema</i> sp.4	*	*			*						
	Melosiraceae	<i>Melosira</i> sp.		*		*	*			*			
	Naviculaceae	<i>Gyrosigma</i> sp.		*									
		<i>Navicula</i> sp.1	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
		<i>Navicula</i> sp.2	*	*				*			*		
		<i>Navicula</i> sp.3		*									
	Pinnulariaceae	<i>Pinnularia</i> sp.1	*	*	*	*	*	*			*		
		<i>Pinnularia</i> sp.2		*	*			*					
	Rhoicospheniaceae	<i>Rhoicosphenia</i> sp.									*	*	
	Stauroneidaceae	<i>Stenopterobia</i> sp.				*							
		<i>Stauroneis</i> sp.	*	*	*	*	*	*		*	*		
	Stephanodiscaceae	<i>Cyclotella</i> sp.				*							
	Surirellaceae	<i>Surirella</i> sp.1	*	*	*	*	*				*		
		<i>Surirella</i> sp.2	*		*	*	*						
		<i>Surirella</i> sp.3	*			*							
	Tabellariaceae	<i>Tabellaria</i> sp.	*	*	*	*	*		*	*		*	
	Ulnariaceae	<i>Hannaea</i> sp.	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
	Bacillariophyceae no identificada	Pennadas < 10			*	*							
	Bacillariophyceae no identificada	Pennadas > 10		*	*	*							

DIVISIÓN	FAMILIA	TAXÓN	LAGUNILLAS	CÓNCAVO	CORRALITOS	SAN PABLÍN	CARDENILLO	AGUA BENDITA	CONCAVITO	PLAYITAS	CASAS VIEJAS	CHORRO COLORADO	
CHLOROPHYTA	Chaetophoraceae	<i>Stigeoclonium</i> sp.	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
	Cladophoraceae	cf. <i>Cladophora</i> sp.			*								
	Closteriaceae	<i>Closterium</i> sp.1	*		*					*		*	
	Desmidiaceae		<i>Cosmarium</i> sp.1	*	*	*	*	*			*	*	
			<i>Cosmarium</i> sp.2	*	*	*							
			<i>Desmidium</i> sp.			*							
			<i>Euastrum</i> sp.			*		*					
			<i>Octacanthium</i> sp.	*									
			<i>Staurastrum leptocladum</i> .	*									
			<i>Staurastrum</i> sp.1		*	*		*	*				
			<i>Staurastrum</i> sp.2	*									
		<i>Zygnema</i> sp.	*	*	*	*			*	*			
	Hydrodictyceae	<i>Tetraedron</i> sp.	*		*								
	Klebsormidiaceae	<i>Klebsormidium</i> sp.		*			*						
	Mesotaeniaceae		cf. <i>Netrium</i> sp.			*						*	
			cf. <i>Roya</i> sp.							*			
			<i>Cylindrocystis</i> sp.	*	*	*	*	*		*	*		
			<i>Gonatozygon</i> sp.							*			
	Microsporaceae	<i>Microspora</i> sp.	*	*	*	*		*					
	Oedogoniaceae	<i>Oedogonium</i> sp.	*	*	*	*				*			
Oocystaceae		<i>Ankistrodesmus</i> sp.			*								
		<i>Oocystis</i> sp.								*			
Ulotrichaceae	<i>Ulothrix</i> sp.	*	*	*	*	*	*		*	*			
Volvocaceae	<i>Pandorina</i> sp.			*									
Zygnemaceae		<i>Mougeotia</i> sp.	*	*	*	*	*		*	*			
		<i>Spirogyra</i> sp.			*								
CYANOPHYTA	Chroococcaceae	<i>Chroococcus</i> sp.				*					*		
	Heteroleibleniaceae	<i>Heteroleibleinia</i> sp.	*										
	Merismopediaceae	<i>Merismopedia</i> sp.		*									
	Nostocaceae		<i>Anabaena</i> sp.	*		*							
			cf. <i>Lyngbya</i> sp.	*	*	*	*	*	*		*	*	*
	Oscillatoriaceae		<i>Oscillatoria</i> sp.	*	*	*	*	*			*	*	*
			<i>Phormidium</i> sp.	*									
Rivulariaceae	<i>Diclothrix</i> sp.	*	*	*	*	*	*		*				
EUGLE-NOPHYTA	Euglenaceae	<i>Euglena</i> sp.			*								
RHODOPHYTA	Acrochaetiaceae	cf. <i>Audouinella</i> sp.		*									
	Batrachospermaceae	<i>Batrachospermum</i> sp.			*								
RIQUEZA OBSERVADA			49	45	47	40	41	15	18	34	13	14	
SITIOS MUESTREADOS			4	4	4	4	4	1	1	2	1	1	

La riqueza promedio de algas epilíticas en el área de estudio fue de 25 morfoespecies por sitio de muestreo, con un máximo de 33 y un mínimo de 17 para aquellos localizados en los cursos de agua principales (Figura 2.18). El Río Corralitos presentó más de 27 morfoespecies en cada sitio evaluado y por lo general la riqueza puntual fue ligeramente mayor a los otros sistemas, al compararse de manera inde-

pendiente los distintos sitios para cada franja de altitud. Para los afluentes de páramo, la mayor riqueza por sitio se encontró en Playitas contrastada con Concavito y Agua Bendita, mientras que las quebradas Casas Viejas y Chorro Colorado presentaron la menor riqueza de todos los sitios analizados (13 y 14, respectivamente) (Figura 2.18).

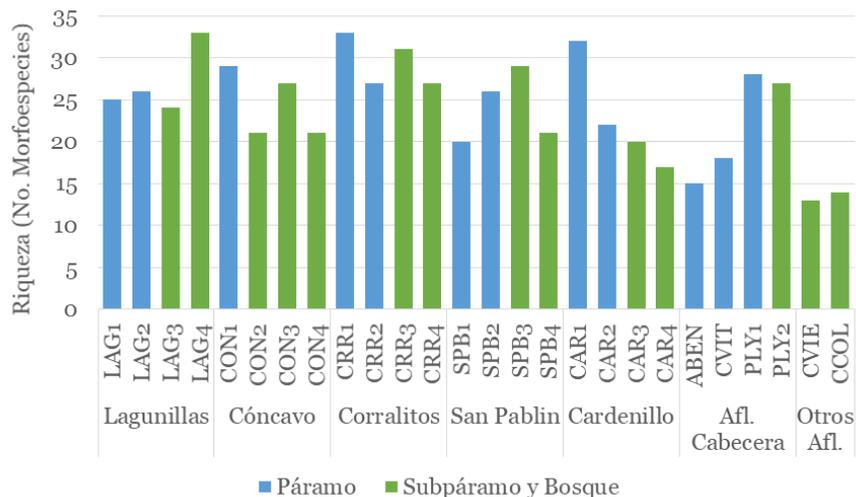


Figura 2.18 Riqueza morfoespecies de perifiton en sistemas lóticos

La información publicada referida a este grupo en ambientes altoandinos es escasa, lo cual limita posibles comparaciones en diferentes atributos de la comunidad. Según la revisión efectuada, el intervalo de riqueza encontrado en el presente estudio es semejante a datos previos en seis puntos distribuidos en la zona de páramo de tres microcuencas del área (Lagunillas, Corralitos, Playitas) (UNC, 2011) con un intervalo que fluctuó entre 11 (Playitas) y 24 morfoespecies por sitio (Lagunillas), sin embargo, este mínimo contrasta con los registros obtenidos para dicha microcuenca en el actual trabajo (27 y 28 morfoespecies). Con relación a otras investigaciones en la Cordillera Oriental, la riqueza encontrada fue relativamente baja, comparada con datos promedio cercanos a las 30–50 especies, solo con referencia a las diatomeas en dos ambientes lóticos en el Páramo de Santurbán (Santander) (Ramírez & Plata, 2008), o con el inventario realizado por Díaz & Rivera (2004) que reunió 96 especies de diatomeas para ríos pequeños de la cuenca alta y media del Río Bogotá (2621–3107 msnm) con un número aproximado de sitios (20), sin embargo, el primer estudio tuvo también en cuenta otros sustratos (sedimentos

y material vegetal) y el segundo presenta un intervalo altitudinal diferente, por lo cual estas diferencias no permiten comparación directa. Estos autores argumentan que en los sistemas lóticos, el caudal, la temperatura, la conductividad y el pH en general son los estructuradores de la comunidad perifítica y dado que cada sistema acuático es muy particular, es importante seguir acopiando información para el país para conocer la variabilidad de esta comunidad.

A nivel general la densidad de organismos tuvo amplia variación en el área, para los diferentes ambientes fue superior hacia la cuenca baja (barras verdes, Figura 2.19) con valores máximos que oscilaron entre 2.237 ind/cm² y 12.968 ind/cm², excepto en Cóncavo 3 (427 ind/cm²) y Chorro Colorado (200 ind/cm²). Para aquellos sitios ubicados en la zona de páramo (barras azules, Figura 2.19), los valores más bajos se encontraron en Lagunillas 1 y 2, San Pablín 2, Cóncavo 2 y particularmente en Agua Bendita que no excedieron los 209 ind/cm², mientras que Playitas 1 presentó una singular alta densidad (10.052 ind/cm²), con una valoración solo superada por Cardenillo 3 y Lagunillas 4.

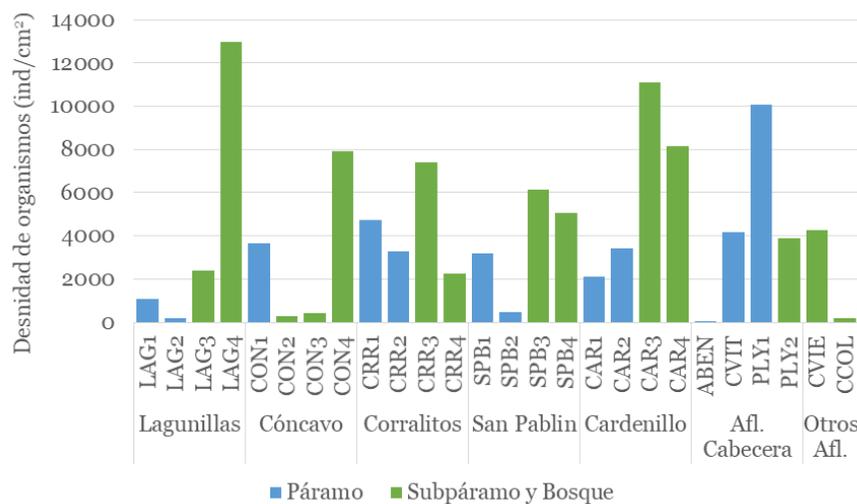


Figura 2.19 Densidad de organismos del perifiton en sistemas lóticos

La variación en la densidad de fíco-perifiton estuvo estrechamente relacionada con la representación en la abundancia relativa de diatomeas (división Bacillariophyta). Este grupo comprendió tres clases taxonómicas, Bacillariophyceae, Fragilariophyceae y Coscinodiscophyceae (en adición a algunas diatomeas pennadas indeterminadas), de las cuales la primera presentó una alta proporción en la mayoría de sitios, excepto en Corralitos donde Fragilariophyceae alcanzó un porcentaje más importante (Corralitos 1–3) (Figura 2.20), así como también en Playitas 1 (Figura 2.21). El predominio de diatomeas en riqueza y abundancia es algo usual en la representación de la ficoflora de los ambientes lóticos (Martínez & Donato, 2004, Díaz-Quiroz & Rivera, 2004, Ramírez & Plata, 2008), dado que estas algas poseen una pared celular rígida compuesta de sílice, que es el elemento constituyente principal de la arena o el cuarzo, que les confiere resistencia frente a condiciones de alto flujo y procesos de transporte, en contraste con las otras algas denominadas blandas. También fueron más frecuentes aquellas con forma alargada y simetría bilateral (Pennadas, que

incluyen a Bacillariophyceae y Fragilariophyceae) comparadas con las céntricas (Coscinodiscophyceae), dado que para las primeras se señala una morfología adaptada a la velocidad de la corriente y muchas especies poseen estructuras de adhesión, mientras que las últimas se encuentran mejor representadas en el fitoplancton (Jiménez, Toro & Hernández, 2014).

El grupo de las cianobacterias representado por la clase Cyanophyceae, solamente en pocos sitios donde además hubo densidad baja de organismos (Lagunillas 2, Cóncavo 2 y San Pablin 2), reunió una abundancia relativamente más alta con relación a otros grupos (Figura 2.20). Las algas verdes fueron poco abundantes (Zygnematophyceae, Chlorophyceae, Oedogoniophyceae y Klebsormidiophyceae), entre estas la clase Zygnematophyceae fue común en todos los sitios de la microcuenca de Corralitos (Figura 2.20) y solo presentó una alta abundancia relativa en Concavito (Figura 2.21). Otras clases como Euglenophyceae (Euglenophyta) y Florideophyceae (Rhodophyta) estuvieron escasamente representadas en el área de estudio.

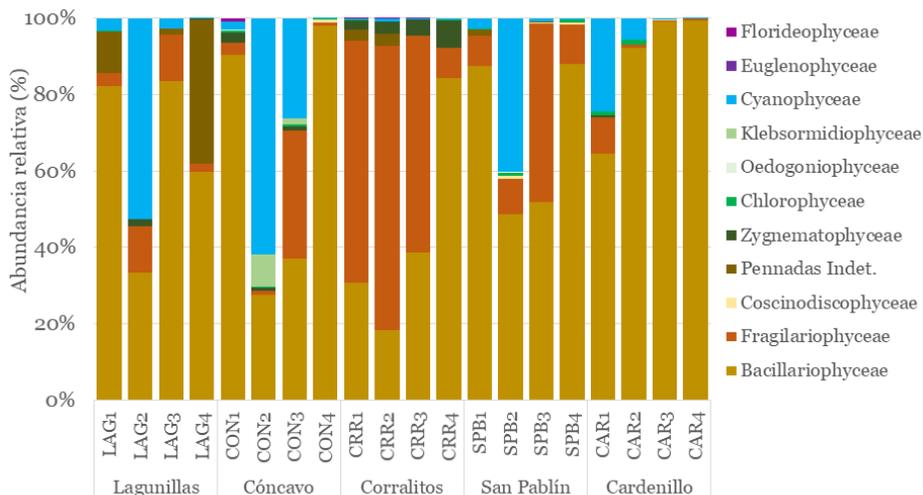


Figura 2.20 Abundancia relativa de las clases de perifiton en ríos principales

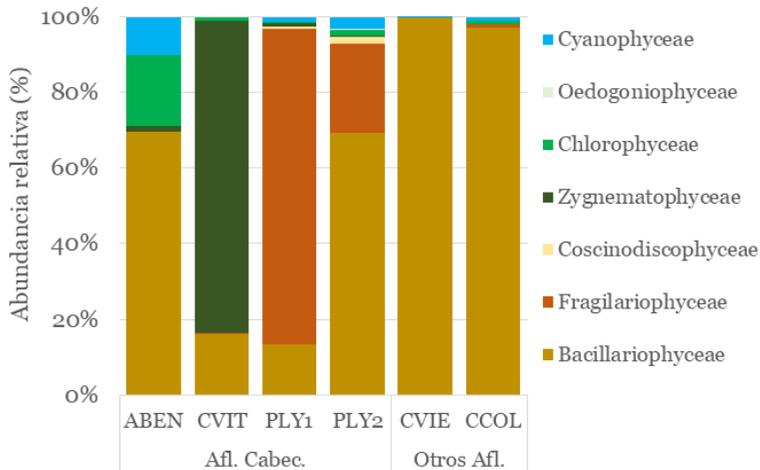


Figura 2.21 Abundancia relativa de las clases de perifiton en quebradas afluentes

La densidad de diatomeas presentó alta variabilidad en el área de estudio (41–12914 ind/cm²) (Figura 2.22), para la clase Bacillariophyceae el género *Cymbella* alcanzó valores más altos en sitios de la cuenca baja, principalmente en Cardenillo (sitios 3 y 4), San Pablín (sitios 3 y 4) y Lagunillas 4, de manera semejante a *Achnantes* (cf.), aunque esta no fue registrada en San Pablín mientras que en Cóncavo 4 esta fue predominante. Así mismo, la diatomea *Reimeria* sp., alcanzó también mayor densidad en algunos sitios como Lagunillas 4, Cóncavo 4, San Pablín 4, Cardenillo 2 y 3, Playitas 2 y Casas Viejas. El género *Hannaea* fue común en la zona, presentó también datos superiores en lugares a menor altitud (Lagunillas 3, Cóncavo

4, San Pablín 3 y 4, Cardenillo 3, Playitas 2), no obstante, en particular a lo largo de toda la microcuenca del río Corralitos fue uno de los organismos más abundantes. Las diatomeas *Navicula* y *Fragilaria* se encontraron con densidades más bajas, también fueron por lo general más representativas en la zona a menor altitud de algunas microcuencas como San Pablín, Lagunillas y Corralitos (sitios 3 o 4), pero también en la quebrada Playitas (sitios 1 y 2).

En contraste, otras algas frecuentes en el área presentaron su densidad más alta en sitios a mayor altitud, como *Frustulia* en Cóncavo 1, San Pablín 1 y Cardenillo 1, al igual que *Eunotia*

que fue también relativamente abundante en los mismos lugares además de Concavito (Figura 2.22). El género *Brachysira* presentó distribución menos amplia y densidades inferiores, encontrándose representado de manera semejante en sitios como Lagunillas 1, Cóncavo 1, Cardenillo 1, Playitas 1, Agua Bendita y Concavito.

Algunos géneros presentaron densidades solo más altas en sitios específicos, por ejemplo *Nitzschia* en Cardenillo 3 y 4 y la quebrada

Casas Viejas o con distribución restringida, como *Rhoicosphenia* en las quebradas Casas Viejas y Chorro Colorado, aunque solo en la primera fue particularmente abundante (Figura 2.22). Por otra parte, con respecto a la segunda clase más abundante de diatomeas en el área de estudio (Fragilariophyceae), el género *Tabellaria* fue el más representativo, con densidades altas en Corralitos (sitios 1–3), San Pablín 3 y en particular en Playitas 1, donde su valoración fue máxima (Figura 2.22).

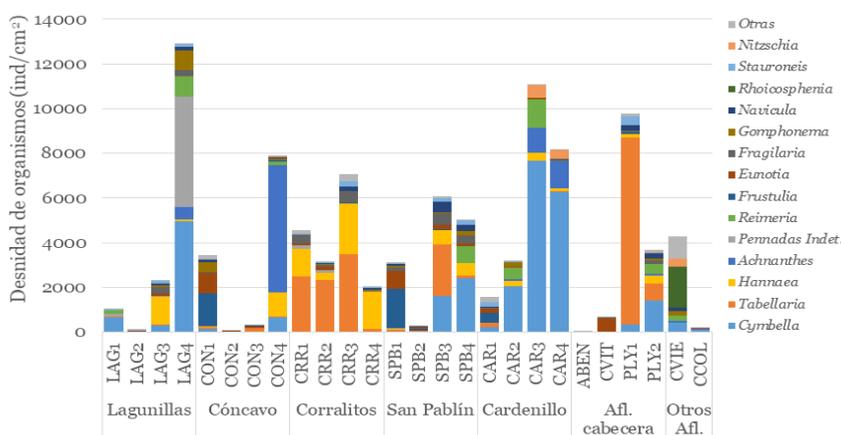


Figura 2.22 Densidad de diatomeas en los sistemas lóticos evaluados

La mayoría de diatomeas registradas se señalan frecuentes en ambientes lóticos de baja productividad, con géneros que incluyen por lo general especies con baja tolerancia a la contaminación y comunes en condiciones de bajo nivel en nutrientes. Por ejemplo, la mayoría de taxones pertenecientes al género *Cymbella* se señalan indicativos de aguas oxigenadas y pobres en compuestos orgánicos nitrogenados (Van Dam, Mertens & Sinkeldam, 1994). Otros géneros como *Eunotia*, *Frustulia*, *Pinnularia* y *Tabellaria*, incluyen representantes en aguas oxigenadas y limpias, aunque se distinguen por su preferencia por pH ácidos (Van Dam, Mertens & Sinkeldam, 1994; Hill et al., 2001), que concuerda con su mayor abundancia y distribución en sitios a mayor altitud en las microcuencas, donde fue también común *Brachysira* que se señala con baja tolerancia a la contaminación (Kelly & Whitton, 1995). Los miembros de algunos de

estos géneros se mencionan adaptados a altas velocidades de la corriente y concentraciones bajas de nutrientes, constituyen taxones que ecológicamente alcanzan tallas pequeñas en la biopelícula, sus poblaciones crecen asociadas al sustrato, poseen hábitos postrados o paralelos al mismo, o estructuras que les permiten fuerte adhesión para evitar desprendimiento por lavado hidráulico, por ejemplo, representantes de los géneros *Cymbella*, *Achnantes* y *Reimeria* (Rimet & Bouchez, 2012). Otros géneros como *Tabellaria* alcanzan mayores alturas en la biopelícula, dado que forman colonias o en zig-zag, por este motivo son más sensibles a perturbación física y se asocian con condiciones de baja velocidad de la corriente (Rimet & Bouchez, 2012). Su mayor abundancia en sitios como Playitas 1 y Corralitos, podría relacionarse en parte con este factor, ya que allí hubo evidencias de caudales de magnitud baja y con menor variabilidad entre los muestreos.

Por otra parte, las especies del género *Nitzschia* poseen amplia tolerancia a la contaminación, tienen preferencia por ambientes más enriquecidos, al igual que representantes de *Navicula* y *Surirella*. Entre estas diatomeas, *Nitzschia* fue más abundante en la microcuenca de Cardenillo (sitios 3 y 4) así como en Casas Viejas, allí las densidades de microalgas fueron altas a moderadas y este género representó aproximadamente entre un 5 y 10 % de la abundancia total. Estos géneros se caracterizan ecológicamente por poseer alta movilidad, son competidoras superiores por nutrientes en ambientes enriquecidos (Passy, 2007) y tienen capacidad de desplazarse a través de sedimentos finos para evitar limitación por luz, por esta característica también han sido usadas como indicadoras de

procesos de sedimentación (Stevenson, Pan & Van Dam, 2010).

Las cianobacterias (Clase Cyanophyceae) alcanzaron una densidad máxima de 516 ind/cm², *Oscillatoria* fue el género más frecuente junto con *Dichothrix* y *Lyngbya* (cf.), no obstante, el segundo fue más abundante, por lo general en sitios a mayor altitud, con densidades más altas en Cardenillo (Cardenillo 1 en particular), San Pablín, Cóncavo y Playitas, mientras que *Lyngbya* (cf.) mostró una valoración superior en Cóncavo (sitios 2 y 3) (Figura 2.23). En la microcuenca de Lagunillas *Oscillatoria* presentó su mayor abundancia (Lagunillas 2) y allí se registraron de manera exclusiva taxones como *Phormidium* y *Heterobleimia*, con una densidad apenas ligeramente mayor en Lagunillas 3.

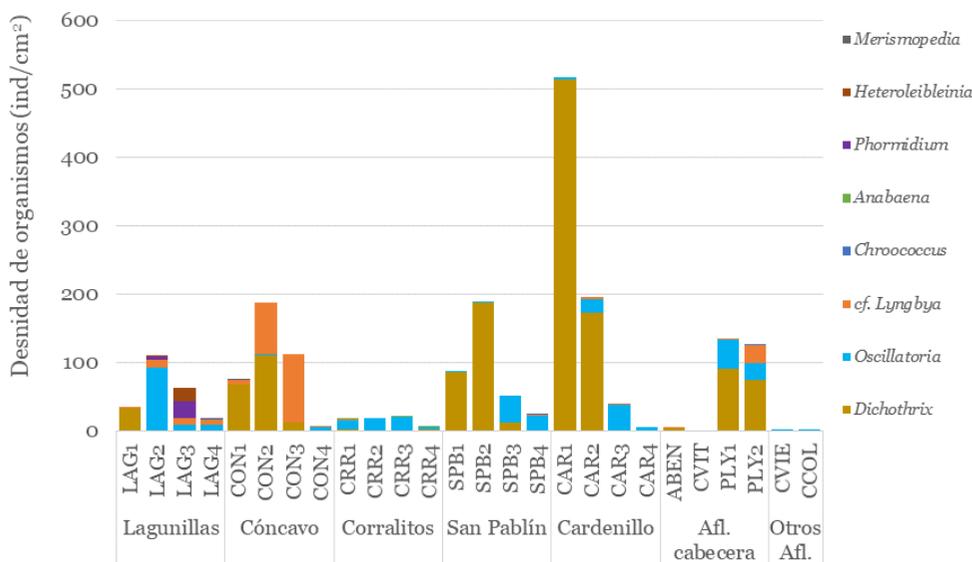


Figura 2.23 Densidad de cianobacterias en los sistemas lóticos evaluados

Las algas verdes (división Chlorophyta) presentaron un máximo de 3.841 ind/cm², atribuido a la alta densidad del género *Roya* (cf.) (3.417 ind/cm²), de registro exclusivo en Concavito (Figura 2.24, barra recortada), sin embargo, la valoración para este grupo de ficoperifiton para los sitios restantes no excedió los 321 ind/cm². Con excepción de este dato particular, la microcuenca de Corralitos entre los ríos principales mostró tendencia a mayores densidades

de algas verdes, representadas principalmente por el género *Mougeotia* y en menor grado por *Cosmarium* (Corralitos 3 y 4), mientras que el primero también fue abundante de manera puntual en Playitas 1 y Cóncavo 1. El género *Stigeoclonium* fue relativamente frecuente, prácticamente fue el único representante en San Pablín y Cardenillo, aunque sus densidades fueron relativamente más altas en Concavito y Playitas 2. Algunos géneros presentaron densi-

dades solo más altas en sitios específicos como *Ulothrix* en Cóncavo 4 y San Pablín 4, *Oedogonium* en Playitas (sitios 1 y 2), o en Cóncavo con los géneros *Cylindrocystis*, *Microspora* (Cóncavo 1) y *Klebsormidium* (Cóncavo 2 y 3)

(Figura 2.24). Las divisiones Euglenophyta y Rhodophyta fueron muy poco abundantes, la presencia de ambas fue detectada en Corralitos (sitios 1 a 3), mientras que la segunda contó también con registro en Concavo 1.

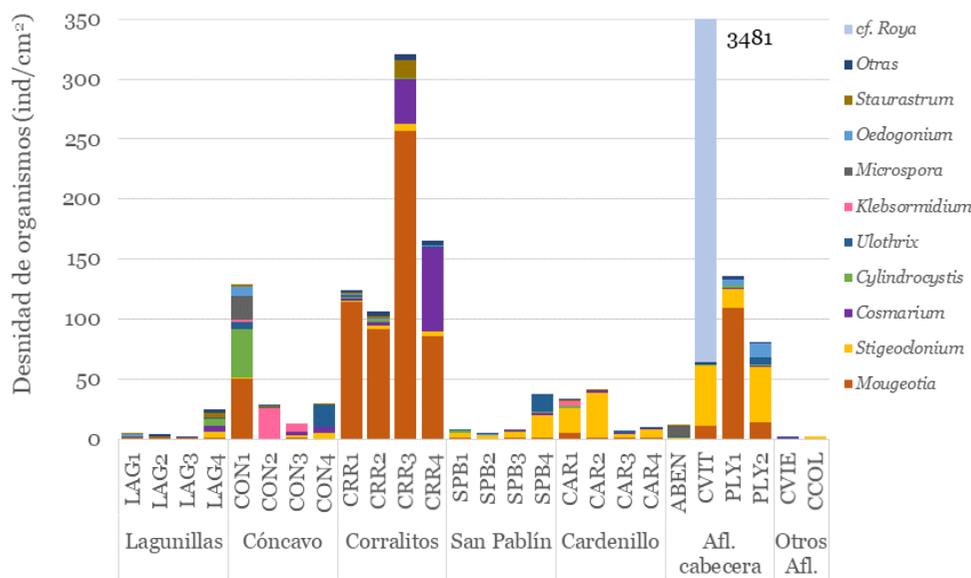


Figura 2.24 Densidad de algas verdes en los sistemas lóticos evaluados

En ríos altoandinos han sido poco estudiadas las algas no diatomáceas, en Bolivia se han señalado como comunes en sitios a mayor elevación varios géneros de algas verdes filamentosas como *Mougeotia*, *Oedogonium*, *Spirogyra*, *Zygnema* y *Stigeoclonium*, en adición a las cianobacterias *Oscillatoria* y *Phormidium* (McClintic et al., 2003 citado por Jacobsen & Dangles, 2017), las cuales fueron relativamente frecuentes en los ambientes estudiados. Para algunos de estos géneros como *Mougeotia*, *Spirogyra* y *Zygnema*, en Norteamérica se ha señalado su predominio y tolerancia por mayor acidez del agua (Planas, 1996), mientras que Bigg & Kilroy en Nueva Zelanda (2000) se refieren también a *Mougeotia* como un género común en corrientes de menor velocidad y con cierto grado de enriquecimiento por nutrientes. Los últimos autores también hacen referencia a la distribución de la cianobacteria *Dichothrix* en ambientes de aguas limpias, la cual en el presente estudio alcanzó mayores densidades en algunas microcuencas hacia la zona de páramo. Otros géneros frecuentes en el área de

estudio como *Stigeoclonium* y *Oscillatoria*, se ha indicado que incluyen especies con amplia tolerancia a diversas condiciones ambientales, con preferencia por condiciones de flujo moderado a alto de la corriente (Bigg & Kilroy, 1998; Johnson, Whitton & Brook, 2002). Los arroyos de cabecera son generalmente sombreados por la vegetación ribereña que limita la producción autótrofa considerada la principal fuente de producción alóctona que sostiene las redes tróficas (Zúñiga y Chará, 2018), sin embargo, en los ríos en estudio esta condición fue poco frecuente, y se evidenciaron condiciones de vegetación de bajo porte, y con alto ingreso de luz, lo que se esperaba beneficiaría a la comunidad de perifiton.

Con el fin de conocer cómo se distribuía la abundancia de las distintas morfoespecies de perifiton en una misma comunidad se calculó el índice de Pielou (J'). Su valoración fluctuó entre cero y uno, es máxima cuando todos los taxones tienen una abundancia proporcional equitativa, lo que reflejaría una comunidad

más heterogénea, mientras que los valores tendientes a cero indicarían alta dominancia. Los índices presentaron una importante fluctuación en el área de estudio con valores entre 0,2 y 0,8, no obstante, las microcuencas de Corralitos y Cardenillo (sitios 2 a 4) tendieron

a presentar comunidades con mayor dominancia, así mismo las valoraciones fueron relativamente bajas para sitios como Playitas 1, Concavito, Lagunillas 1 y 4, junto con Cóncavo 4 (Figura 2.25).

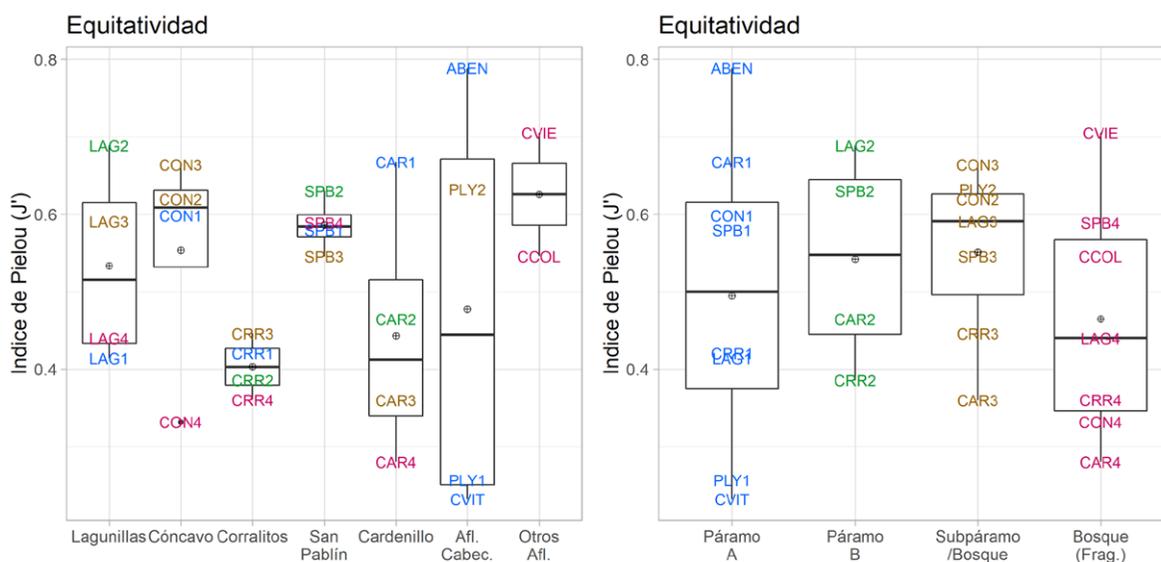


Figura 2.25 Índice de equidad de Pielou (J') para el ficoperifiton en sistemas lóticos por microcuencas (A) y por zona (B)

El análisis del grado de diferenciación en la composición taxonómica entre sitios se realizó por medio del complemento del índice de Jaccard, con una valoración de cero cuando los sitios tienen las mismas especies y alcanzan valor uno cuando no comparten taxones. Para simplificar el análisis y la comparación entre microcuencas, en los ríos principales la información de los sitios correspondientes a la zona de páramo (sitios 1 y 2) se integró en una sola categoría (Páramo: P), al igual que la referida a aquellos con vegetación de subpáramo y de bosque (sitios 3 y 4) (Subpáramo y Bosque: SP/B) (Figura 2.26). Los valores de disimilitud con que se tendieron a agrupar los sitios fueron moderadamente altos, lo que señala una apreciable diferenciación en las distintas comunidades. Se observó mayor semejanza en

la composición al interior de las microcuencas de Corralitos, San Pablín y Lagunillas independientemente de la altitud, al contrario de Cóncavo y Cardenillo donde la afinidad fue más estrecha en la cuenca baja e incluso relacionada en menor grado con aquella de Playitas, mientras que los sitios de páramo también se asemejaron entre estos dos sistemas (Figura 2.26). El río Corralitos mostró una diferencia más apreciable con respecto a los otros cursos de agua principales, así como la que exhibieron las quebradas Agua Bendita y Concavito, no obstante, Chorro Colorado y Casas Viejas que fueron entre sí más parecidas en composición, señalaron una diferenciación importante con respecto a los otros ambientes muestreados (Figura 2.26).

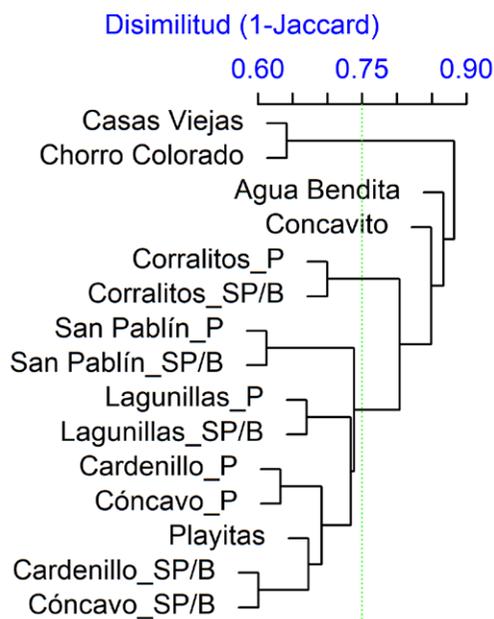


Figura 2.26 Análisis de similitud en la composición taxonómica de perifiton en ambientes lóticos

Entre los atributos generales de la comunidad medidos, se encontró asociación positiva entre la densidad total de diatomeas con variables como el pH (coeficiente de Spearman $\rho=0,6$), así como con los indicadores de contaminación bacteriológica, como las coliformes fecales ($\rho=0,8$) y totales ($\rho=0,6$). Así mismo, la densidad de cianobacterias presentó una relación negativa con la concentración de sólidos suspendidos y la conductividad eléctrica, la cual fue débil aunque estadísticamente significativa ($\rho=-0,5$ y $\rho=-0,4$, respectivamente), de manera semejante a lo observado entre la riqueza de morfoespecies con la temperatura y la conductividad eléctrica ($\rho=-0,5$ en ambos casos) (Anexo 3.C).

El análisis de ordenación (ACP) de la comunidad representado en los dos primeros componentes, reunió el 48% de la variación en

el conjunto de datos (Figura 2.27). Se observó la tendencia a la ordenación de sitios en tres grupos, en el primero se encontró una representación mayor de diatomeas como *Eunotia* sp2, *Frustulia* sp1 y la cianobacteria *Dichothrix* sp., en sitios como Agua Bendita, Cóncavo 1 y 2, San Pablín 1 y 2, Cardenillo 1 y Concavito (Figura 2.27, elipse verde). Esta agrupación reunió aquellos lugares a mayor elevación en la zona de páramo que se caracterizaron además por valores de pH inferiores.

Un segundo grupo en este análisis reunió todos los sitios ubicados en la cuenca baja (sitios 4 y quebradas Chorro Colorado y Casas Viejas), aunque la ordenación del perifiton también incluyó a Cardenillo 2 y 3, Playitas 2 y Lagunillas 1 (Figura 3.27, elipse violeta), donde ciertos taxones de diatomeas tuvieron alta contribución como *Cymbella* sp., *Achnantes* sp. (cf.) y *Reimeria* sp, entre otros particulares a las quebradas como *Rhicosphenia* sp., o con representación apreciable en Cardenillo 3 y 4 y Casas Viejas como *Nitzschia* sp. Estos sitios se caracterizaron por aguas de pH más alto, junto con mayor mineralización del agua como lo indicaron los valores de conductividad y naturalmente variables como la alcalinidad, dureza y sulfato. La tercera agrupación contó con abundancia relativa más alta de diatomeas como *Tabellaria* sp y *Hannaea* sp. e incluso la cloroficea *Mougeotia* sp., allí se encontraron todos los sitios pertenecientes a Corralitos (sitios 1–4), Playitas 1, San Pablín 3 y Lagunillas 3 (Figura 2.27, elipse naranja). En estos lugares, la concentración de amonio mostró asociación con la ordenación de la comunidad, sin embargo, solo en el Río Corralitos (sitios 1 – 3) se presentaron datos apenas superiores, lo cual se registró también en otras microcuencas pero solamente de manera puntual.

cuenclas (alcalinidad, dureza y conductividad), tanto el ICOSUS como el ICOMI respectivamente presentaron una valoración alta, que en la escala general para ríos en Colombia,

permiten categorizar las corrientes sin evidencias de contaminación con respecto a dichos factores, al igual que los ambientes lénticos muestreados (Figura 2.28) (Anexo 3.D).

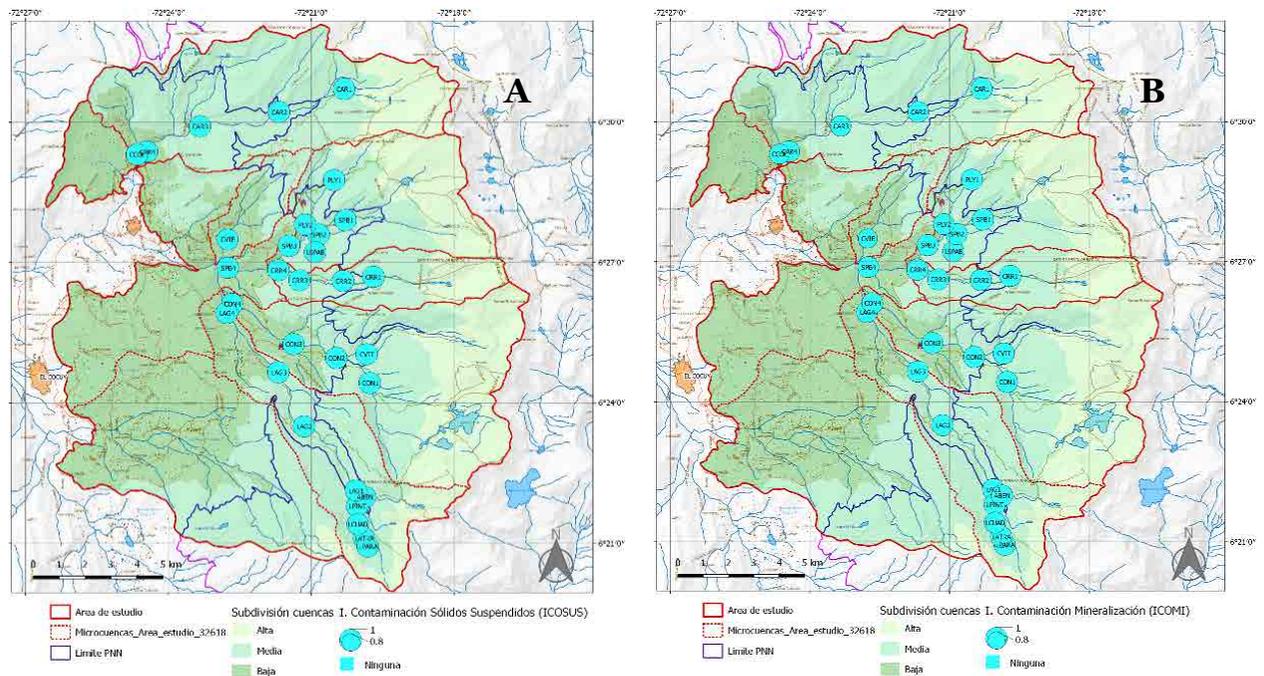


Figura 2.28 Índices ICOSUS e ICOMI en ambientes acuáticos del área de estudio

Por otra parte el ICOMO hace referencia a variables que reflejan influencia de contaminación por materia orgánica como son coliformes totales, saturación del oxígeno y demanda biológica de oxígeno DBO5. Este índice permitió la clasificación de la mayoría de sitios ubicados en la zona de páramo tanto de las corrientes principales (sitios 1 y 2) y afluentes con influencia glacial (Agua Bendita, Concavito y Playitas), con contaminación nula en las variables descritas, excepto Cardenillo 2 y Corralitos 1 y 2, que se categorizaron con baja contaminación. En esta valoración se encontraron los demás sitios ubicados en la cuenca baja de todos los ríos (sitios 3 y 4), junto con

las quebradas Casas Viejas y Chorro Colorado (Figura 2.29). Entre los ambientes lénticos, solo La Pintada y La Atravesada se calificaron con contaminación baja. Cabe indicar que en la valoración de este índice el componente más influyente debido a su alta variación fue el de coliformes totales, en comparación con las otras variables registradas, dado que no hubo evidencias de decrecimiento importante en la saturación de oxígeno y la cuantificación de su demanda fue baja en las distintas corrientes muestreadas, teniendo en cuenta que para esta última se asumieron los valores de demanda química registrados.

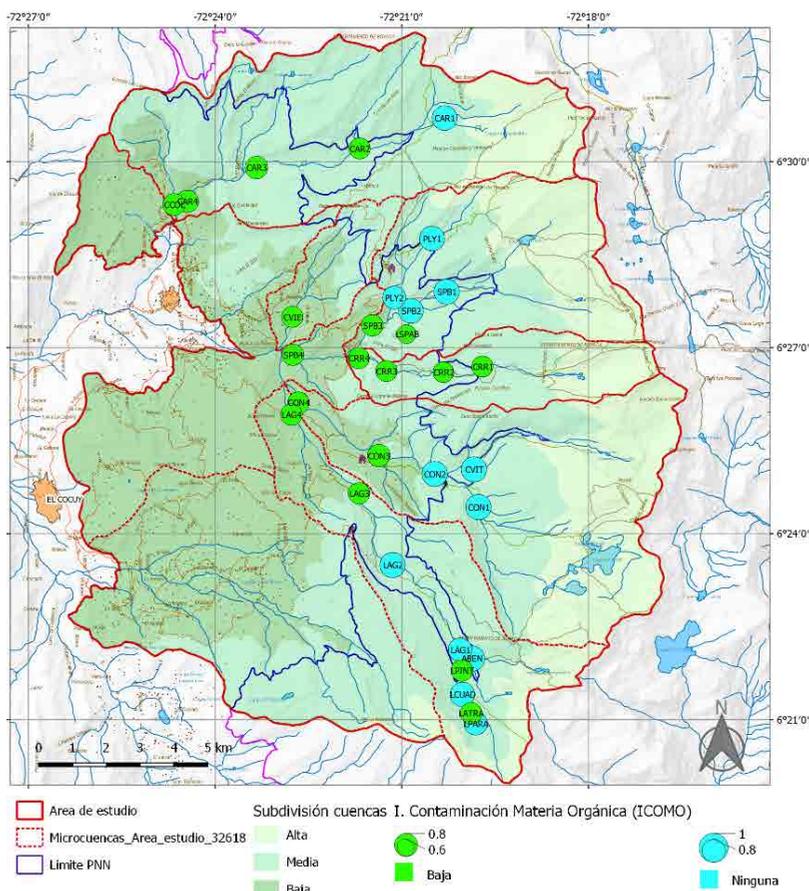


Figura 2.29 Índice ICOMO en ambientes acuáticos del área de estudio

La valoración del ICA en marzo, permitió la clasificación en la categoría de más alta calidad (buena) a 21 de 31 sitios analizados incluidos los ambientes lénticos, encontrándose los restantes con una calidad aceptable (Tabla 2.5, Figura 2.30). Para el subconjunto de sitios muestreados en julio (sitios 1 y 2 y lagunas, principalmente) la calificación de los índices fue semejante a la de marzo, salvo en Lagunillas 1 y la laguna de San Pablín, donde pasó de calidad aceptable a buena, así como en las lagunas La Parada y La Pintada para las cuales se invirtió esta calificación. En julio 12 de 21 sitios analizados puntuaron en calidad buena y nueve en aceptable (Tabla 2.4). Es importante señalar que excepto en una sola oportunidad, los índices por época siempre fueron mayores a 0,85, que son más aproximados al límite de clasificación por encima del cual son categorizadas las puntuaciones de calidad buena (>

0,91), en contraste con el límite inferior de la categoría de calidad aceptable (0,71).

El índice con los datos disponibles señaló para 17 de los 26 ambientes lénticos condiciones de buena calidad del agua (0,92–0,95), al igual que en tres de las cinco lagunas evaluadas (0,93–0,94) (Tabla 2.4; Figura 2.30). Cabe precisar que para los sitios calificados con calidad de agua aceptable (0,83–0,89), diferentes variables tuvieron relativa mayor influencia en la disminución del índice, por ejemplo en aquellos sitios a mayor altitud en los Ríos Cóncavo, San Pablín (sitios 1 y 2), Lagunillas 1, Cardenillo 1 y las quebradas Agua Bendita y Concavito, el subíndice correspondiente al pH presentó una puntuación apreciablemente inferior (Anexo 2.E), debido a datos bajos en ambos muestreos, que expresan una condición natural no relacionada con efectos de la contaminación. Por otra parte, en sitios como Lagunillas 4 y las lagunas San Pablín y

La Pintada, también con calificaciones aceptables, el subíndice de coliformes fecales fue el que tuvo mayor incidencia (Anexo 2.E). Este mismo también fue relativamente inferior en sitios como San Pablín 3 y 4, Cardenillo 4 y Playitas 2, comparado con los otros componentes del índice, sin embargo, no fueron suficientemente bajos para tener influencia en la calificación general.

Tabla 2.4 Índice de calidad del Agua (ICA) en sistemas acuáticos evaluados de la zona de influencia PNN del Cocuy, por muestreo y valoración general

PUNTO	ICA (Marzo)	CALIFICACIÓN	ICA (Julio)	CALIFICACIÓN	PROMEDIO	CALIFICACIÓN
SISTEMAS LÓTICOS						
Lagunillas 1	0,88	Aceptable	0,91	Buena	0,90	Aceptable
Lagunillas 2	0,92	Buena	0,93	Buena	0,93	Buena
Lagunillas 3	0,94	Buena		ND	0,94	Buena
Lagunillas 4	0,89	Aceptable		ND	0,89	Aceptable
Cóncavo 1	0,87	Aceptable	0,87	Aceptable	0,87	Aceptable
Cóncavo 2	0,88	Aceptable	0,88	Aceptable	0,88	Aceptable
Cóncavo 3	0,95	Buena		ND	0,95	Buena
Cóncavo 4	0,95	Buena		ND	0,95	Buena
Corralitos 1	0,92	Buena	0,91	Buena	0,92	Buena
Corralitos 2	0,92	Buena	0,90	Buena	0,92	Buena
Corralitos 3	0,92	Buena		ND	0,92	Buena
Corralitos 4	0,93	Buena		ND	0,93	Buena
San Pablín 1	0,87	Aceptable	0,86	Aceptable	0,87	Aceptable
San Pablín 2	0,87	Aceptable	0,90	Aceptable	0,88	Aceptable
San Pablín 3	0,95	Buena	0,91	Buena	0,93	Buena
San Pablín 4	0,92	Buena		ND	0,92	Buena
Cardenillo 1	0,84	Aceptable	0,87	Aceptable	0,85	Aceptable
Cardenillo 2	0,92	Buena	0,95	Buena	0,94	Buena
Cardenillo 3	0,95	Buena	0,94	Buena	0,95	Buena
Cardenillo 4	0,93	Buena		ND	0,93	Buena
Agua Bendita	0,86	Aceptable	0,85	Aceptable	0,86	Aceptable
Concavito	0,86	Aceptable	0,86	Aceptable	0,86	Aceptable
Playitas 1	0,91	Buena	0,94	Buena	0,93	Buena
Playitas 2	0,92	Buena	0,95	Buena	0,93	Buena
Casas Viejas	0,92	Buena		ND	0,92	Buena
Chorro Colorado	0,94	Buena		ND	0,94	Buena
SISTEMAS LÉNTICOS						
San Pablín	0,79	Aceptable	0,91	Buena	0,83	Aceptable
La Parada	0,96	Buena	0,90	Aceptable	0,94	Buena
La Atravesada	0,93	Buena	0,92	Buena	0,93	Buena
La Cuadrada	0,94	Buena	0,92	Buena	0,94	Buena
La Pintada	0,93	Buena	0,88	Aceptable	0,90	Aceptable

ND: no determinados por no haber sido posible toma de muestra y análisis. En rojo: mínimo por sitio

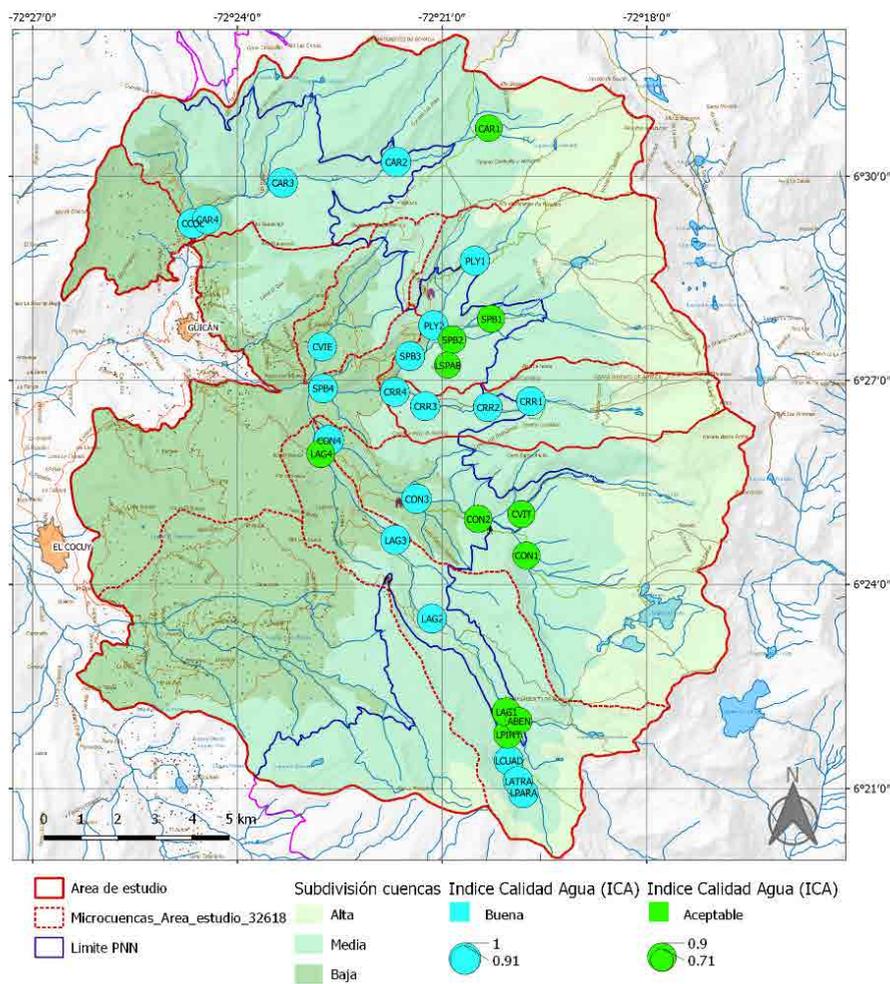


Figura 2.30 Valoración espacio temporal Índice de Calidad del agua (6 variables)

En general el índice de calidad ecológica de ríos andinos (CERA), presentó puntuaciones superiores al valor de 100 (Figura 2.31A), señalado por Acosta et al. (2009) para la categorización de sitios que puedan considerarse de referencia, ya que aunque en las distintas microcuencas existen en menor o mayor grado diferentes presiones por ocupación humana, relacionadas con cambios en la naturalidad en la cobertura vegetal, la actividad agropecuaria o el turismo, no se encontraron intervenciones que modifiquen de manera significativa la estructura y funcionamiento de los ríos, como son un alto desarrollo urbano, presencia de presas o grandes derivaciones de agua, explotaciones mineras, canalizaciones de los ríos por infraestructura rígida o terraplenes, presencia de grandes vertimientos o acumulaciones de basura o escombros.

La mayoría de sitios ubicados en la zona de páramo (sitios 1 y 2) recibieron las más altas puntuaciones (115-120), con una valoración levemente menor en Playitas 2 (110) y la más baja en Cardenillo 2 (101), que se asocian para esta franja de altitud con presencia de pastizales u otras especies vegetales asociadas a áreas de pastoreo, así como de algunos cultivos. Las puntuaciones asignadas para los sitios 3 se encontraron en el intervalo entre 100–115, mientras que la valoración fue inferior hacia las partes más bajas de las microcuencas (sitios 4, 96–105) (Figura 2.31B), dada por el aumento de cobertura en pastizales, presencia de especies introducidas como eucaliptos o pinos y pérdida de cobertura vegetal arbórea en las ribera, si se compara con las características observadas en los sitios 3. Así mismo, en estas dos últimas franjas de altitud la presencia de ganado en

cercanía a algunos sitios fue un factor común, que se calificó de intensidad baja a media en las distintas microcuencas, por las observaciones de campo directas o indirectas de la presencia de huellas o heces. Los resultados de este índice para la mayoría de sitios evaluados, sugieren que los ríos presentan condiciones de relativa baja alteración y podrían ser usados como referencia, específicamente aquellos sitios de mayor altitud e intermedia, como también lo señalaron las diferentes aproximaciones de índices de calidad de agua.

En el índice de calidad de ribera de ríos andinos (QBR-And), la puntuación máxima se obtuvo en la mayoría de sitios a altitud superior en la franja de páramo, que indican una vegetación de ribera sin alteraciones y muy cercana a su estado natural, por tanto obtuvieron una categorización de calidad muy buena (LAG1, CON1, CRR1 y 2, SPB1, CAR1, CVIT y PLY1) (Figura 3.31, Figura 3.32). Con perturbación ligera (calidad buena) fueron calificados aquellos en la zona de páramo como LAG2, CON2, SPB2 y ABEN, o con vegetación de bosque en la ribera como LAG3, CRR3 y CAR3, estos últimos

presentaron un estado de naturalidad relativamente mayor que otros equivalentes, debido a la estructura más heterogénea en la cobertura vegetal, mayor conectividad longitudinal en el corredor boscoso y conexión lateral con parches de vegetación natural. En otros sitios de la misma franja altitudinal (sitios 3) y aquellos a menor elevación (sitios 4), estos atributos mostraron mayores indicios de pérdida de naturalidad e inicio de alteración importante, tales como fragmentación del bosque ribereño, cobertura de pastizales en las márgenes del río o comunidades arbóreas con presencia de eucaliptos o pinos, cuyas puntuaciones se categorizaron de calidad intermedia como PLY2, CON3, SPB3, LAG4, SPB4 y CAR4, CCOL y CVIE (Figura 2.31B, 2.32). Las puntuaciones más bajas se estimaron en los sitios CON4 y CRR4 que denotan una alteración fuerte (mala calidad) para los tramos muestreados, al igual que CAR2 que presenta una alta transformación de la vegetación natural, con predominio de pastizales en la ribera y zonas aledañas, que contrasta con otros sitios localizados en altitud equivalente.

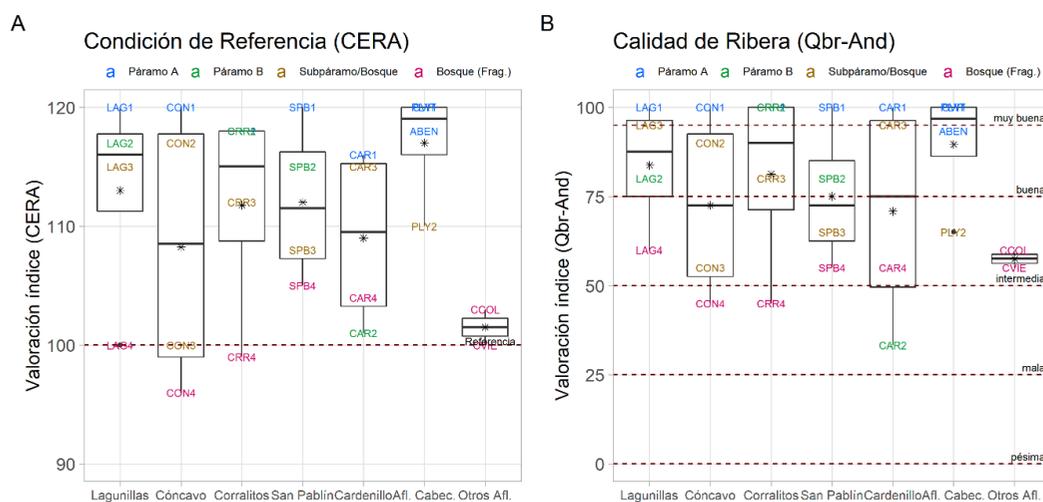


Figura 2.31 Valoración espacial de los índices de calidad ecológica para evaluación de condiciones de referencia (A) y de calidad de la vegetación de ribera (B)

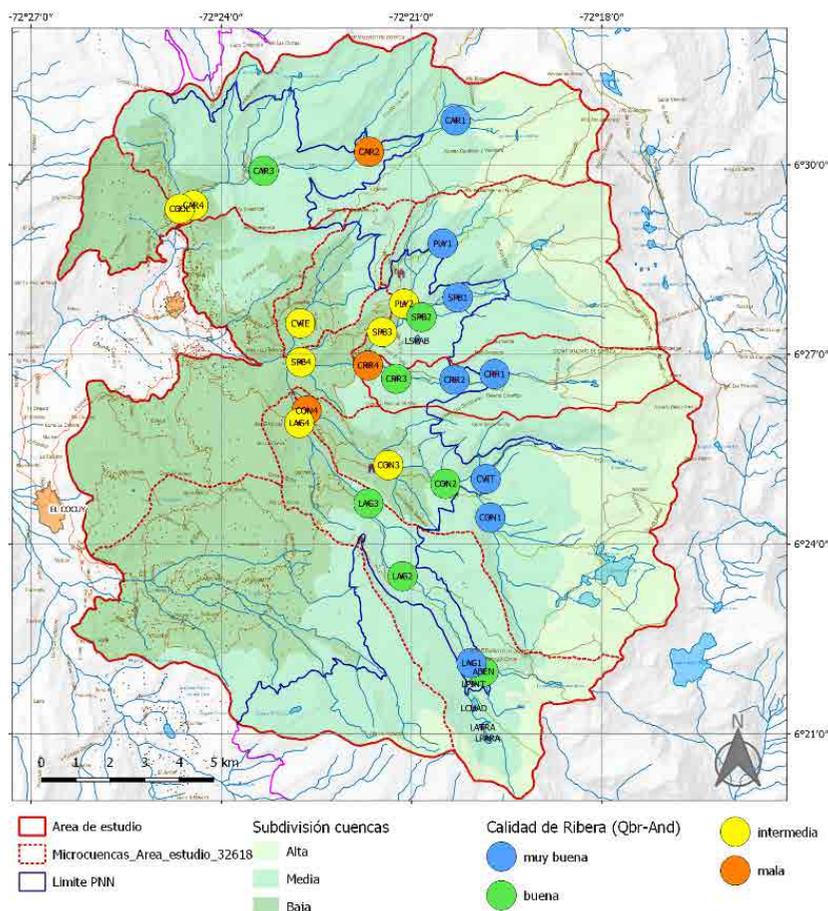


Figura 2.32 Valoración espacial del índice de calidad de la vegetación de ribera (QBR-And)

Grupos Investigación UPTC: VTS - UDESA - GICA - BC

Por último, el presente estudio buscó complementar la evaluación de la condición biológica de los ríos mediante el uso del Índice Genérico de Diatomeas (IGD) (Rumeau & Coste, 1988), el cual se consideró como una opción apropiada por la facilidad de su uso, ya que con mayor frecuencia otros índices requieren determinación taxonómica a nivel de especie, como se señala en diferentes revisiones (Rimet, 2012; Bellinger & Sigeo, 2015). Aunque la aplicación de índices propuestos en otras latitudes requiere validación local, cabe señalar que algunos aspectos de la sensibilidad y amplitud ecológica de estas microalgas son relativamente bien conocidos, lo cual ha permitido la generalización de algunas preferencias ecológicas que se comparten a nivel de género, pese al grado de variabilidad en la respuesta de algunas especies (Rumeau & Coste, 1988; Van Dam, Mertens & Sinkeldam, 1994; Kelly & Whiton, 1995; Hill et al. 2001).

La puntuación del índice IGD es mínima cuando existe contaminación importante por materia orgánica o alto enriquecimiento por nutrientes, de manera opuesta a la que alcanzan los ambientes con poca o ninguna intervención (Rumeau & Coste, 1988; Kelly & Whiton, 1995; Bellinger & Sigeo, 2015). Al considerar la escala máxima posible de puntuación (20), los datos de los índices fueron por lo general relativamente altos, encontrándose el 70% de los puntos (18 sitios) con valores que fluctuaron entre 18 y 19,7 (Figura 2.33). Las puntuaciones más bajas encontradas podrían relacionarse con diversos factores ambientales que han influido sobre las distintas microcuencas en escalas temporales más amplias, que posiblemente están asociados con cambios en el uso del suelo o la productividad del ambiente. Para las microcuencas hubo tendencia a puntuaciones inferiores (12 – 15) en Lagunillas 4, San Pablín 4 y Cardenillo 3 y 4, al igual que en

sitios como Playitas 2, Casas Viejas y Chorro Colorado, encontrándose en estos dos últimos las más bajas valoraciones. El sitio Lagunillas 1 recibió también una puntuación relativamente baja, este lugar es particular comparado con otros localizados a mayor altitud, debido a la presencia cercana de lagunas corriente arriba, lo cual se considera podría tener alguna influencia en diferencias en el comportamiento hidrológico o en algunas características del agua, así como en la contribución de algas perifíticas provenientes de estos ambientes.

El índice además de tener en cuenta la sensibilidad de los diferentes taxones incluye la ponderación por su abundancia relativa, por este motivo cabe precisar que las puntuaciones más bajas observadas, en parte se relacionan con la contribución de diatomeas señaladas tolerantes como *Nitzschia* principalmente, en comparación con los otros géneros registrados en el presente estudio, los cuales por lo general reciben altos puntajes dado que la mayoría incluyen especies con alta sensibilidad

a la polución (Rumeau & Coste, 1988; Kelly & Whiton, 1995; Hill et al., 2001). El género *Nitzschia* pertenece al grupo ecológico de diatomeas que se distinguen por poseer alta movilidad, se encuentran adaptadas a corrientes relativamente rápidas y altas concentraciones de nutrientes, como también los géneros *Navicula* y *Surirella* (Rimet & Bouchez, 2012). Entre estas, *Nitzschia* fue más abundante en la microcuenca de Cardenillo (sitios 3 y 4) así como en Casas Viejas, allí las densidades de microalgas fueron altas a moderadas y el género representó aproximadamente del 5 – 10 % de la abundancia total. Por otra parte, se ha señalado que el grupo de diatomeas móviles son competidoras superiores por nutrientes en ambientes enriquecidos (Passy, 2007) y tienen capacidad de desplazarse a través de sedimentos finos para evitar limitación por luz, por esta característica también han sido usadas como indicadoras de procesos de sedimentación (Stevenson, Pan & Van Dam, 2010), que son originados por el transporte y depositación de material suspendido.

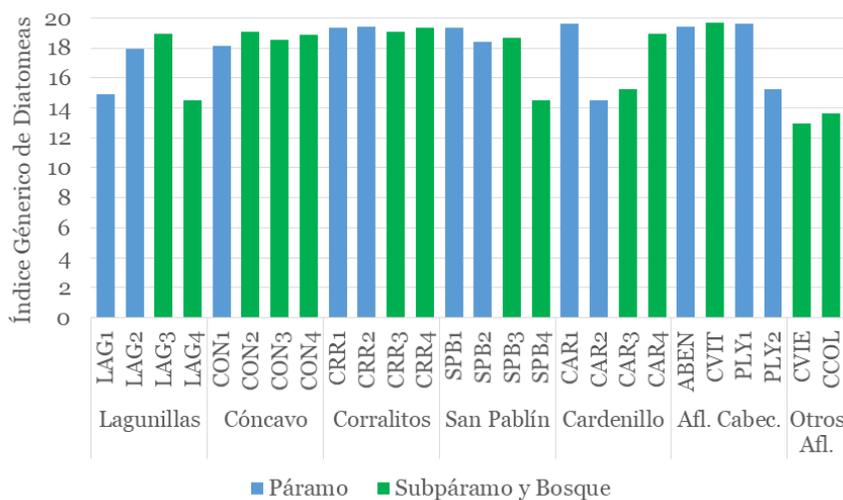


Figura 2.33 Índice Genérico de Diatomeas (IGD) en ambientes lóticos

Algunos autores como Eloranta & Soiminen (2002), han propuesto escalas de valoración de este índice a partir de su validación en ríos europeos, se señala que la mayoría de sitios evaluados potencialmente podrían clasificarse en una categoría de calidad ecológica alta según esta referencia (> 17), encontrándose

algunas de estas puntuaciones en una valoración buena (15–17, Cardenillo 3 y Playitas 2) y otras en moderada (12–15, Lagunillas 1 y 4, San Pablín 4, Cardenillo 2, Casas Viejas y Chorro Colorado). Cabe precisar que estos resultados constituyen solo una aproximación a la evaluación de la condición biológica del río según la

información general aportada por los géneros de diatomeas, ya que se requiere la refinación de estos índices así como de la escala de valoración de calidad a partir de estudios de biomonitorio posteriores, que permitan abarcar un conjunto más amplio de condiciones ambientales y una mayor resolución taxonómica.

Los resultados de la aplicación del índice IGD señalan una buena condición general de los ríos, pero también son sugerentes de ligeras modificaciones en el ambiente físico-químico, como también lo mostraron algunos cambios en la composición del perifiton, la tendencia a comunidades con mayor dominancia hacia la parte baja de las microcuencas, así como el decrecimiento de la diversidad o riqueza en algunos de estos sitios, que corroboran la utilidad potencial de estas microalgas en futuros estudios de biomonitorio. Así mismo es indispensable la inclusión de una mayor variedad de corrientes con diferente grado de conservación y también de otras con más alta intervención, que permitan reconocer la variabilidad de esta comunidad en condiciones de mínimo disturbio, así como la distinción de relaciones más precisas con los distintos estresores de origen antrópico que apoyen la selección de métricas que revelen su incidencia, para poder establecer potencialmente un índice de aplicación local y desarrollar una escala de valoración adaptada a las condiciones y presiones propias de la cuenca alta del Río Nevado.

2.2 CONCLUSIONES

Los ríos evaluados presentaron características físicas, químicas correspondientes con otros ríos de alta montaña. Son sistemas de bajos caudales en las altitudes evaluadas (3.000 a 4.200 msnm) lo que indicó que son muy vulnerables a transformaciones del uso de la tierra por actividades humanas o procesos naturales, y de posible vulnerabilidad ante extracción de agua en época de menores caudales como las muestreadas.

Los análisis de laboratorio aquí realizados exploraron posibles relaciones entre las condi-

ciones ambientales, actividades humanas permanentes o temporales, como la agricultura, el pastoreo de ganado y el turismo, con la calidad del agua sin embargo los resultados obtenidos no evidenciaron alteraciones mayores en los sistemas acuáticos, afirmación que debe tomarse con reserva frente a la falta de información para las partes bajas, donde no se permitió evaluar la variación temporal en julio.

Los valores de pH bajo en algunas cabeceras señalan la necesidad de tratamiento adicional para ajustarlos con fines de uso doméstico. Se encontraron ligeros cambios dada la contaminación difusa en los niveles de amonio y fosfato y la presencia de coliformes totales y fecales en proporciones considerables en ciertos puntos; debido a lo anterior, es indispensable mantener el monitoreo para detectar posibles cambios en otras épocas del año y principalmente en aquellas de máxima visitancia de turistas. Los sitios de páramo que mostraron mayores evidencias de alteración en calidad del agua son las cuencas de Cardenillo y el afluente Playitas, esos mismos elementos de ligero deterioro se encontraron en los puntos más bajos de todas las microcuencas explicado por la transformación del uso del suelo y modificación en la zona de ribera.

Se propone para los sistemas acuáticos el estudio de alternativas de manejo para mitigar la entrada difusa de nutrientes, materia orgánica, sedimentos, microorganismos con potencial patogénico u otros contaminantes. Además del diseño de un plan de monitoreo que permita evaluar opciones de manejo o detección de tendencias indeseables en la calidad del agua. La protección de las rondas hídricas, preservación de la naturalidad hidromorfológica y de elementos de heterogeneidad en el cauce y riberas, debe ser una iniciativa con participación de los pobladores para que se garanticen condiciones óptimas del agua para uso múltiple, el mantenimiento de la biodiversidad acuática y las funciones ecosistémicas, en procura de la sostenibilidad de los bienes y servicios ambientales que proveen los sistemas acuáticos.

BIBLIOGRAFÍA

- Acosta, R., Reos, B., Rieradevall, M., & Prat, N. (2009). Propuesta de un protocolo de evaluación de la calidad ecológica de ríos andinos (CERA) y su aplicación a dos cuencas en Ecuador y Perú, *Limnetica*, 28 (1): 35-64.
- Allan, D. & Castillo, M. (2007). *Stream ecology. Structure and functioning of running waters*. (2ª ed.). Dordrecht: Springer.
- Atlas, R. M., & Bartha, R. (2002). *Ecología microbiana y microbiología ambiental*. Madrid: Addison Wesley.
- Ávila de Navia, S.; Estupiñán Torres, S.; Chavarro, F.; Acero, D. (2014). Indicadores bacterianos no habituales de la calidad de aguas naturales. *UNED Research Journal / Cuadernos de Investigación UNED*, vol. 5, núm. 2, enero-junio, pp. 283-287.
- Balzer, M., Witt, N, Flemming, H.C. and Wingender, J. (2010). Faecal indicator bacteria in river biofilms. *Water Sci Technol*. 61 (5): 1105-1111.
- Bellinger, E. & Sigeo, D. (2015). *Freshwater Algae: Identification and Use as Bioindicators*. (2ª ed.). Chichester: John Wiley & Sons, Ltd.
- Boyd, C.E. (2015). *Water Quality: An Introduction*. (2ª ed.). New York: Springer.
- Buytaert, W., R. Celleri, B. De Bievre, F. Cisneros, G. Wyseure, J. Deckers, And R. G. M. Hofstede. 2006. Human Impact On The Hydrology Of The Andean Paramos. *Earth-Sci. Rev.*79: 53-72.
- Burns, A. & Ryder, D.S. (2001). Potential for biofilms as biological indicators in Australian riverine systems. *Ecological Management & Restoration*, 2(1), 53-64.
- Canosa, A., & Pinilla, G. (2001). Total bacterial populations in three lentic water bodies of the Colombian Andes using the epifluorescence technique. *Lakes & Reservoirs: Research & Management*, 6(2), 169-174.
- Cárdenas, M.F., Tobón, C., (2017). Recuperación del funcionamiento hidrológico de ecosistemas de páramo en Colombia. *Actualidades y divulgación científica*, 20(2):403-412.
- Casamayor, E O. (2017) Chapter 7. Towards a Microbial Conservation Perspective in High Mountain Lakes. High Mountain Conservation in a Changing World. Jordi Catalan, Josep M. Ninot, M. Mercè Aniz Editors. Springer. DOI 10.1007/978-3-319-55982-7.
- Colombia. Ministerio de la Protección Social y Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio. (2007). Resolución 2115 del 22 de junio de 2007. *Por medio de la cual se señalan características, instrumentos básicos y frecuencias del sistema de control y vigilancia para la calidad del agua para consumo humano*. Bogotá: Colombia.
- Colombia. Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio. (2010). *Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico: TÍTULO B. Sistemas de acueducto*. (2ª ed.). Bogotá: Colombia.

Cox, E. J. (1996). Identification of freshwater diatoms from live material. Chapman & Hall, Londres.

Corpoboyacá, Corporación Autónoma Regional de Boyacá (2015). *Resolución 3382 de 2015* por medio de la cual se adoptan los criterios de calidad del recurso hídrico en el área de jurisdicción de Corpoboyacá. 1 de octubre de 2015. 9 pág.

Cruz, V., & Salazar, P. (1989). Biomasa y producción primaria del perifiton en una sabana inundable de Venezuela. *Revue d'Hydrobiologie Tropicale*, 22 (3): 213-222.

Derlet R.W., Carlson J.R. (2004). An Analysis of Wilderness Water in Kings Canyon, Sequoia, and Yosemite National Parks for Coliform and Pathologic Bacteria. *Wild. Environ. Med.* 15(1):238-244.

Derlet R.W., Carlson J.R. (2006). Coliform bacteria in Sierra Nevada wilderness lakes and streams: What is the impact of backpackers, pack animals, and cattle? *Wild. Environ. Med.* 17(1):15-20.

Díaz, C., & Rivera, C. A. (2004). Diatomeas de pequeños ríos andinos y su utilización como indicadores de condiciones ambientales. *Caldasia*, 26(2), 381-394.

Duong, T. T., Feurtet-Mazel, A., Coste, M., Dang, D. K., & Boudou, A. (2007). Dynamics of diatom colonization process in some rivers influenced by urban pollution (Hanoi, Vietnam). *Ecological indicators*, 7(4), 839-851.

Eloranta, P., & Soininen, J. (2002). Ecological status of some Finnish rivers evaluated using benthic diatom communities. *Journal of Applied Phycology*, 14: 1-7.

Encalada, A. C., Suárez, E., Arboleda, R., Schrekinger, J., & Sánchez, M.E. (2014). Diagnóstico de la calidad ecológica de los ríos y la vegetación de ribera de las zonas de manejo del FONAG. Universidad San Francisco de Quito, Quito. 29 pág.

Fernández-Parada, N.J. & Solano Ortega, F. (2005). Cap. IV. Análisis Comparativo de los Índices de Calidad (ICAs) y de los Índices de Contaminación (ICOs) del Agua. En: *Índices de Calidad y de Contaminación del Agua*. Editorial Universidad de Pamplona. Colombia. Recuperado 17 julio de 2018 en http://www.unipamplona.edu.co/unipamplona/portalIG/home_10/recursos/general/pag_contenido/libros/06082010/icatest_capitulo4.pdf.

Hadwen, W.L., Arthington, A. & Boonington, P.I. (2008) Detecting visitor impacts in and around aquatic ecosystems within protected areas. Technical report.

Hill, B. H., Herlihy, A. T., Kaufmann, P. R., Stevenson, R. J., McCormick, F. H., & Johnson, C. B. (2000). Use of periphyton assemblage data as an index of biotic integrity. *Journal of the North American Benthological Society*, 19(1), 50-67.

Instituto Geográfico Agustín Codazzi – IGAC. (2005). *Estudio general de suelos y zonificación de tierras del departamento de Boyacá*. (Tomo I–II). Colombia.

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales - IDEAM. (2009) Índice de calidad general de corrientes superficiales ICACOSU (Versión 2,00). Laboratorio de calidad Ambiental, 26 de agosto de 2009. 6 pág.

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales - IDEAM. (2011) Hoja metodológica del indicador Índice de calidad del agua (Versión 1,00). Sistema de Indicadores Ambientales de Colombia - Indicadores de Calidad del agua superficial. 10 pág.

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales - IDEAM. (2015). Estudio Nacional del Agua 2014. Bogotá, D. C. 496 pág.

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales - IDEAM. (2012). Indicadores Ambientales clasificados por temáticas ambientales. Subdirección de Ecosistemas e Información Ambiental. 4 pág.

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales – IDEAM. (2013). Lineamientos conceptuales y metodológicos para la evaluación regional del agua. 2013. Bogotá, D. C. 276 p.

Jacobsen, D. & Dangles, O. (2017). *Ecology of high altitude waters*. New York: Oxford University Press.

Jacobsen, D. (2008). Tropical high-altitude streams. En: Dudgeon, D. (Ed.). *Tropical stream ecology*. (pp. 219–256). London: Elsevier Academic Press.

Jaramillo, U., Cortés-Duque, J. y Flórez, C. (eds.). 2016. Colombia Anfibia, un país de humedales. Volumen II. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá, D. C., Colombia. 116 pág.

Jiménez-Pérez, P., Toro-Restrepo, B., & Hernández-Atilano, E. (2014). Relationship between phytoplankton community and different sources of pollution in an Andean Colombian creek. *Boletín Científico. Centro de Museos. Museo de Historia Natural*, 18(1), 49-66.

Johnson, L. R. Whitton, B.A., & Brook, A.J., (2002). *The freshwater algal flora of the British Isles: an identification guide to freshwater and terrestrial algae* (Vol. 1). Cambridge University Press.

Kelly, M.G. & Whitton, B.A. (1995). The trophic diatom index: a new index for monitoring eutrophication in rivers. *Journal of Applied Phycology*, 7 (4), 433-444.

León Viscaíno, L. F. (s. f). Índices de Calidad del Agua (ICA), Forma de Estimarlos y Aplicación en la Cuenca Lerma-Chapala. Instituto Mexicano del Agua. 7 pág.

Lewis Jr., W. (2008). Physical and chemical features of tropical flowing waters. En: Dudgeon, D. (Ed.). *Tropical stream ecology*. (pp. 1–21). London: Elsevier Academic Press.

Mainstone, C. & Parr, W. (2002). Phosphorus in rivers - ecology and management. *The Science of the Total Environment*, 282–283, 25–47.

Martínez, L.F. & Donato, J. (2003). Efectos del caudal sobre la colonización de algas en un río de alta montaña tropical (Boyacá, Colombia). *Caldasia*, 25 (2), 337–354.

Montoya, J & Aguirre, N. (2013). Estado del arte del conocimiento del perifiton en Colombia. *Revista Gestión y ambiente*, 16(3), 91–117.

Maldonado, M., Maldonado-Ocampo, J., Ortega, H., Encalada, A., Carvajal-Vallejos, F., Rivadeneira, J.F., Acosta, F., Jacobsen, D., Crespo, A. & Rivera-Rondón, C.A. (2012). Diversidad en los ambientes acuáticos. En: Herzog, S., Martínez, R., Jørgensen, P., & Tiessen, H. (Eds.). *Cambio climático y biodiversidad en los Andes Tropicales*. (pp. 325-348). París: IAI, SCOPE.

Marion, J.L., Leung, Yu-Fai, Eagleston, K. & Burroughs, K. (2016). A review and synthesis of Recreation Ecology Research Findings on Visitor Impacts to Wilderness and Protected Natural Areas. *Journal of Forestry*, 114 (3): 352-362.

Martínez, L. F., & Donato, J. (2003). Efectos del caudal sobre la colonización de algas en un río de alta montaña tropical (Boyacá, Colombia). *Caldasia*, 25(2), 337-354.

Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio. (2010). Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico [recurso electrónico]: TÍTULO B. Sistemas de acueducto. – 2 ed. / Viceministerio de Agua y Saneamiento Básico (Ed.); Universidad de los Andes. Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental. Centro de Investigaciones en Acueductos y Alcantarillados – CIACUA. -- Bogotá, D.C.: Colombia. Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, 480 p.

Monaghan, K., Peck, M., Brewin, P., Masiero, M., Zárate, E., Turcotte, P. & Ormerod, S. (2000). Macroinvertebrate distribution in Ecuadorian hill streams: the effects of altitude and land use. *Archiv für Hydrobiologie*, 149 (3), 421-440.

Moreira, J. A. (1988). Productividade primaria do periphyton em viveiros destinados a piscicultura. Dissertação do Mestrado, Univ. Federal de Bahia, Bahía, Brasil.

Oliveira, M. A., Torgan, L. C., Lobo, E. A., & Scharzbold, A. (2001). Association of periphytic diatom species of artificial substrate in lotic environments in the Arroio Sampaio basin, RS, Brazil: relationships with abiotic variables. *Brazilian Journal of Biology*, 61(4), 523-540.

Pan, Y., Stevenson, R. J., Hill, B. H., Herlihy, A. T., & Collins, G. B. (1996). Using diatoms as indicators of ecological conditions in lotic systems: a regional assessment. *Journal of the North American Benthological Society*, 15(4), 481-495.

Passy, S.I. (2007). Diatom ecological guilds display distinct and predictable behavior along nutrient and disturbance gradients in running waters. *Aquatic Botany*, 86, 171-178.

Pedraza, E. & Donato, J. (2011). Diversidad y distribución de diatomeas en un arroyo de montaña de los Andes colombianos. *Caldasia*, 33(1), 177-191.

Peterson, C. G. (1996). Response of benthic algal communities to natural physical disturbance. *Algal ecology*, 375-402.

Planas, D. 1996. Acidification effects. *Algal Ecology. Freshwater Benthonic Ecosystems*. Stevenson, R. Jan, Bothwell, M. L. & Lowe, Rex L.(eds). Academic Press: San Diego.

Ramírez, A. & Viña, G. (1998). *Limnología colombiana. Aportes a su conocimiento y estadísticas e análisis*. Colombia: Panamericana Formas e Impresos S.A.

Ramírez, A. M., & Plata, Y. (2008). Diatomeas perifíticas en diferentes tramos de dos sistemas lóticos de alta montaña (Páramo de Santurbán, Norte de Santander, Colombia) y su relación con las variables ambientales. *Acta Biológica Colombiana*, 13(1), 217-228.

- Ramírez, A., Restrepo, R. & Viña, G. (1997). Cuatro índices de contaminación para caracterización de aguas continentales. Formulación y Aplicación. *Ciencia, Tecnología y Futuro*, 1(3), 135-153.
- Reed, B.C. & Rasnake, M.S. (2016). An assessment of coliform bacteria in water sources near Appalachian trail shelters within the Great Smoky Mountains National Park. *Wilderness and Environmental Medicine*, 27 (1), 107-10. Epub 2015 Dec 7.
- Rimet, F. (2012). Recent views on river pollution and diatoms. *Hydrobiologia*, 683, 1-24.
- Rimet, F. & Bouchez, A. (2012). Life-forms, cell-sizes and ecological guilds of diatoms in European rivers. *Knowledge and Management of Aquatic Ecosystems*, 406, 01. DOI: 10.1051/kmae/2012018.
- Ríos-Tobón S, Agudelo-Cadavid RM, Gutiérrez-Builes, LA. (2017). Patógenos e indicadores microbiológicos de calidad del agua para consumo humano. *Rev. Fac. Nac. Salud Pública*. 35(2): 236-247. DOI: 10.17533/udea.rfnsp.v35n2a08
- Rocha, A. A. (1992). Algae as biological indicators of water pollution. Algae and the environment: a general approach. *Sociedade Brasileira de Ficologia*, São Paulo, 34-52.
- Roche LM, Kromschroeder L, Atwill ER, Dahlgren RA, Tate, KW. (2013). Water Quality Conditions Associated with Cattle Grazing and Recreation on National forest lands. *PLoS ONE* 8(6): e68127. doi:10.1371/journal.pone.0068127.
- Rochelle-Newall, E., Nguyen, T. M. H., Le, T. P. Q., Sengtaheuanghoung, O., & Ribolzi, O. (2015). A short review of fecal indicator bacteria in tropical aquatic ecosystems: knowledge gaps and future directions. *Frontiers in Microbiology*, 6. doi:10.3389/fmicb.2015.00308.
- Roldán, G. (1992). Fundamentos de Limnología Neotropical. Editorial Universidad de Antioquia. Medellín. 529 p.
- Rumeau, A. & Coste, M. (1988). Initiation a la systématique des diatomées d'eau douce. Pour l'utilisation pratique d'un indice diatomique générique. *Bull. Fr. Pêche Piscic.*, 309, 1-69.
- Savvaidis, I., Kegos, Th., Papagiannis, C., Voidarou, C., Tsiotsias, A., Maipa, V. Kalfakakou, V., Evangelou, A., Bezirtzoglou, E. (2001) Bacterial Indicators and metal ions in high mountain lake waters. *Microbial Ecology in Health and Disease*, 13:3, 147-152, DOI: 10.1080/089106001750462696.
- Segnini, S. & Chacón, M.M. (2005). Caracterización fisicoquímica del hábitat interno y ribereño de ríos andinos en la cordillera de Mérida, Venezuela. *Ecotrópicos*, 18 (1), 38-61.
- Sigee, D. C. (2005). Freshwater microbiology: biodiversity and dynamic interactions of microorganisms in the freshwater environment / David C. Sigee. John Wiley & Sons Inc.
- Stevenson, R., Pan, Y. & Van Dam, H. (2010). Assessing environmental conditions in rivers and streams with diatoms. En: Stoermer, E.F. & Smol, J.P. (Eds.). *The diatoms: applications for the environmental and earth sciences*. (2a. ed., pp. 57-85). New York: Cambridge University Press.
- Torres J.A., & Camacho- Botero L.A. (2008). *Metodología para determinar el decaimiento de organismos patógenos en ríos de alta Montaña*. XXIII Congreso Latinoamericano de Hidráulica, Cartagena de Indias. Colombia.

Tranter, M. (2003). Geochemical weathering in glacial and proglacial environments. En: Drever, J. (Ed.). *Surface and ground water, weathering, and soils*. (vol. 5, pp. 189–206). Treatise on Geochemistry (eds. Holland, H & Turekian, K). Oxford: Elsevier.

Universidad Nacional de Colombia [UNC] (2011). Estudio de ecosistemas acuáticos y terrestres en el PNN El Cocuy - Componentes de vegetación y limnología. Asignatura Ecología Regional Continental, programa de Biología. Informe sin publicación, Bogotá, Colombia. Recuperado el 18 de febrero del 2018 en <http://bdigital.unal.edu.co/6178/>.

Valencia-G., S.M. y Lizarazo-M, P. (2009). Caracterización de la composición microbiana de cuatro quebradas del Parque Nacional Natural Gorgona. *Actual Biol* 31 (91): 213-226.

Van Dam, H., Mertens, A. & Sinkeldam, J. (1994). A coded checklist and ecological indicator values of freshwater diatoms from the Netherlands. *Netherlands journal of aquatic ecology*, 28(1), 117-133.

Velázquez-Gutiérrez, F.N. (2015). *Diseño e implementación de un sistema sanitario para la zona de la Laguna Grande de la Sierra en el Parque Nacional Natural del Cocuy*. Trabajo de grado sin publicación, Universidad de La Salle, Bogotá, Colombia.

Villamarín, C., Prat, N., Rieradevall, M. (2014). Caracterización física, química e hidromorfológica de los ríos altoandinos tropicales de Ecuador y Perú. *Latin American Journal of Aquatic Research*. 42 (5), 1072-1086.

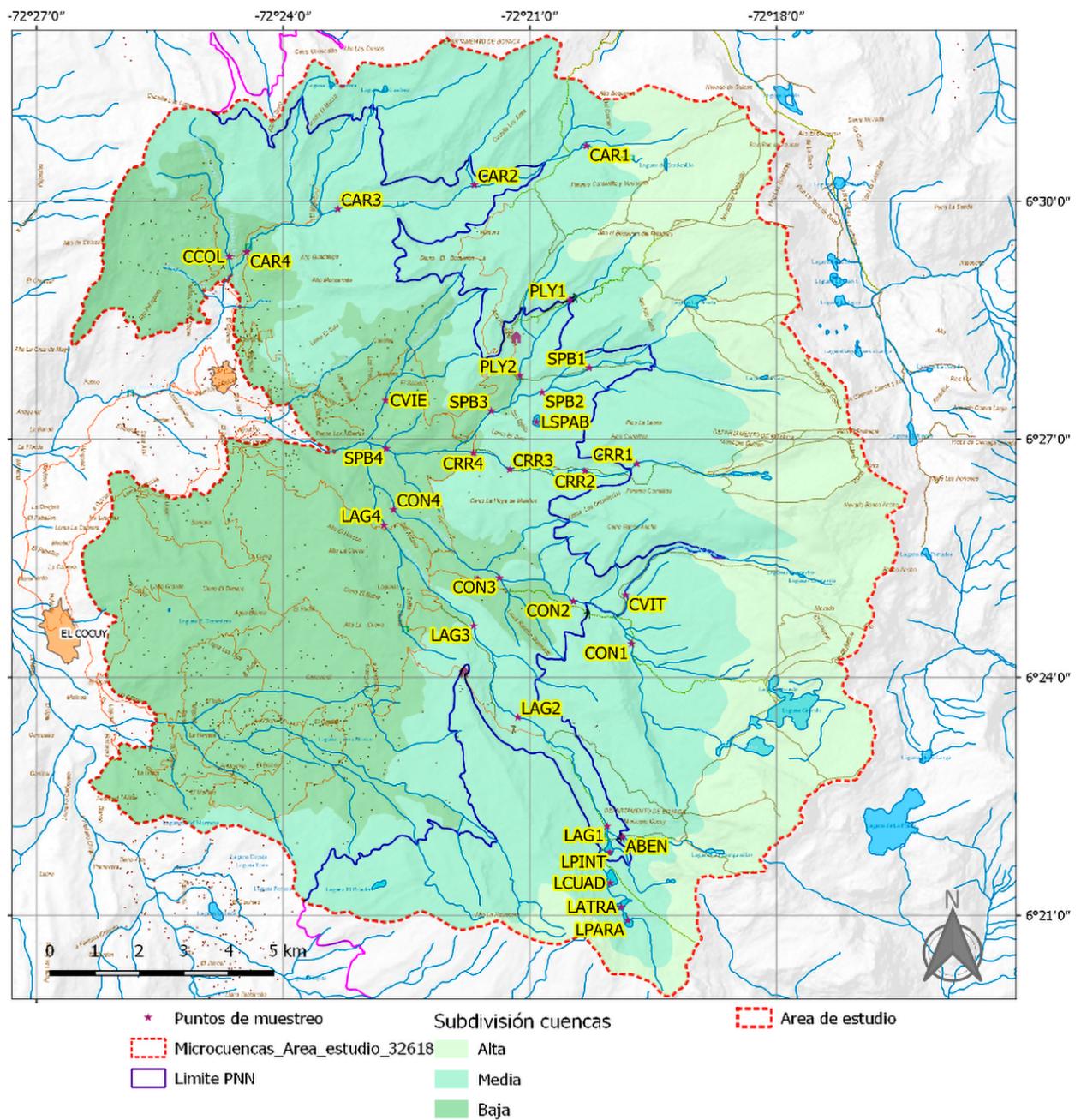
Wantzen, K., Yule, C., Mathooko, J. & Pringle, C. (2008). Organic-matter processing in tropical streams. En: Dudgeon, D. (Ed.). *Tropical stream ecology*. (pp. 43–64). London: Elsevier Academic Press.

Zapata, A., & Donato J. (2005). Cambios diarios de las algas perifíticas y su relación con la velocidad de corriente en un río tropical de montaña (Río Tota - Colombia). *Limnética*, 24(3-4), 327–338.

Zúñiga-Céspedes, B., Zúñiga M. del C., Chará, J. (2018). The effect of macroinvertebrate exclusion on leaf breakdown rates in two upland Colombian streams. *Revista Biología Tropical*, March 66 (1), 457–467.

ANEXOS

Anexo 2.A Mapa con ubicación sitios de muestreo calidad del agua

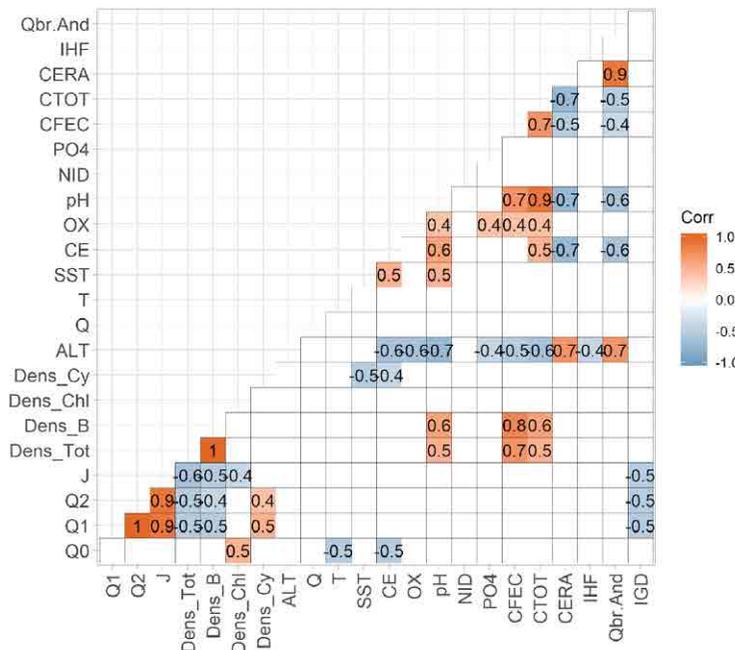


Anexo 2.B Composición taxonómica perifiton cuenca alta del río Nevado

DIVISIÓN	CLASE	ORDEN	FAMILIA	MORFOESPECIE	
Bacillariophyta	Bacillariophyceae	Achnanthes	Achnantheaceae	cf. <i>Achnanthes</i> sp. (Bory, 1927)	
			Cocconeidaceae	<i>Cocconeis</i> sp. (Ehrenberg, 1837)	
		Cymbellales		<i>Reimeria</i> sp. (Kociolek & Stoermer, 1987)	
			Cymbellaceae	<i>Cymbella</i> sp. (Agardh, 1830)	
				<i>Encyonema</i> sp. (Kützing, 1833)	
				<i>Gomphoneis</i> sp. (Cleve, 1894)	
				<i>Gomphonema</i> sp.1 (Ehrenberg, 1832)	
			Gomphonemataceae	<i>Gomphonema</i> sp.2 (Ehrenberg, 1832)	
				<i>Gomphonema</i> sp.3(Ehrenberg, 1832)	
				<i>Gomphonema</i> sp.4 (Ehrenberg, 1832)	
			Rhoicospheniaceae	<i>Rhoicosphenia</i> sp. (Grunow, 1860)	
			Eunotiales		<i>Eunotia</i> cf. <i>Enishna</i> (Furey, Lowe & Johansen, 2011)
					<i>Eunotia</i> cf. <i>Exigua</i> (Bréb. in Kütz. Rabenh, 1864)
					<i>Eunotia</i> cf. <i>Incisa</i> (W.Sm. ex W. Greg. 1854)
			Eunotiaceae		<i>Eunotia</i> sp.1 (Ehrenberg, 1837)
					<i>Eunotia</i> sp.2 (Ehrenberg,1837)
					<i>Eunotia</i> sp.3 (Ehrenberg, 1837)
					<i>Eunotia</i> sp.4 (Ehrenberg, 1837)
			Bacillariales	Bacillariaceae	<i>Nitzschia</i> sp. (Hassall, 1845)
			Naviculales	Amphipleuraceae	<i>Frustulia</i> sp.1 (Rabenhorst, 1853)
					<i>Frustulia</i> sp.2 (Rabenhorst, 1853)
				Brachysiraceae	<i>Brachysira</i> sp. (Kützing, 1836)
				Diploneidaceae	<i>Diploneis</i> sp. (Ehrenberg. Cleve, 1894)
					<i>Gyrosigma</i> sp. (Hassall, 1845)
				Naviculaceae	<i>Navicula</i> sp.1 (Bory de Saint-Vincent, 1822)
					<i>Navicula</i> sp.2 (Bory de Saint-Vincent, 1822)
					<i>Navicula</i> sp.3 (Bory de Saint-Vincent, 1822)
				Pinnulariaceae	<i>Pinnularia</i> sp.1 (Ehrenberg, 1843)
					<i>Pinnularia</i> sp.2 (Ehrenberg, 1843)
				Stauroneidaceae	<i>Stauroneis</i> sp. (Ehrenberg, 1842)
			Surirellales		<i>Stenopterobia</i> sp. (Brébisson ex Van Heurck, 1896)
				Surirellaceae	<i>Surirella</i> sp.1 (Turpin, 1828)
			<i>Surirella</i> sp.2 (Turpin, 1828)		
			<i>Surirella</i> sp.3 (Turpin, 1828)		
	Thalassiosiphysales	Catenulaceae	cf. <i>Amphora</i> sp. (Ehrenberg ex Kützing, 1844)		
	Coscinodiscophyceae	Thalassiosirales	Stephanodiscaceae	<i>Cyclotella</i> sp. ((Kützing. Brébisson, 1838)	
		Aulacoseirales	Aulacoseiraceae	<i>Aulacoseira</i> sp. (Thwaites, 1848)	
		Melosirales	Melosiraceae	<i>Melosira</i> sp. (Agardh, 1824)	
		Fragilariales		cf. <i>Diatoma</i> sp. (Bory de Saint-Vincent 1824)	
				cf. <i>Synedra</i> sp. (Ehrenberg, 1830)	
	Fragilariophyceae		Fragilariaceae	<i>Fragilaria</i> sp.1 (Lyngbye, 1819)	
				<i>Fragilaria</i> sp.2 (Lyngbye, 1819)	
				<i>Fragilaria</i> sp.3 (Lyngbye, 1819)	
				<i>Hannaea</i> sp. (Patrick in Patrick & Reimer 1966)	
		Tabellariales	Tabellariaceae	<i>Tabellaria</i> sp. (Ehrenberg ex Kützing, 1844)	

DIVISIÓN	CLASE	ORDEN	FAMILIA	MORFOESPECIE
Chlorophyta	Chlorophyceae	Chaetophorales	Chaetophoraceae	<i>Stigeoclonium</i> sp. (Kützing, 1843)
		Sphaeropleales	Selenestraceae	<i>Ankistrodesmus</i> sp. (Corda, 1838)
		Sphaeropleales	Hydrodictyceae	<i>Tetraedron</i> sp. (Kützing, 1845)
		Chlorococcales	Oocystaceae	<i>Oocystis</i> sp. (Nägeli ex A. Braun, 1855)
		Microsporales	Microsporaceae	<i>Microspora</i> sp. (Thuret, 1850)
		Ulothrichales	Ulothricaceae	<i>Ulothrix</i> sp. (Kützing, 1845)
		Volvocales	Volvocaceae	<i>Pandorina</i> sp. (Bory, 1824)
		Cladophorales	Cladophoraceae	cf. <i>Cladophora</i> sp. (Kützing, 1845)
	Zygnematophyceae	Desmidiales	Closteriaceae	<i>Closterium</i> sp.1 (Nitzsch ex Ralfs, 1848)
				<i>Cosmarium</i> sp.1 (Corda ex Ralfs, 1848)
				<i>Cosmarium</i> sp.2 (Corda ex Ralfs, 1848)
				<i>Desmidium</i> sp. (C. Agardh ex Ralfs, 1848)
				<i>Euastrum</i> sp. (Ehrenberg ex Ralfs, 1848)
				<i>Octacanthium</i> sp. (Compère, 1996)
		Zygnematales	Desmidiaceae	<i>Staurastrum leptocladum</i> . (Nordstedt, 1870)
				<i>Staurastrum</i> sp.1 (Meyen, 1829)
				<i>Staurastrum</i> sp.2 (Meyen, 1829)
			Mesotaeniaceae	cf. <i>Netrium</i> sp. (Nägeli Itzigsohn & Rothe, 1856)
				cf. <i>Roya</i> sp. (West & G.S. West, 1896)
				<i>Cylindrocystis</i> sp. (Bary, 1858)
Zygnemaceae	<i>Mougeotia</i> sp. (C. Agardh, 1824)			
	<i>Spirogyra</i> sp. (Link, 1820)			
	<i>Zygnema</i> sp. (Agardh, 1817)			
Mesotaeniaceae	<i>Gonatozygon</i> sp. (De Bary, 1858)			
Klebsormidiophyceae	Klebsormidiales	Klebsormidiaceae	<i>Klebsormidium</i> sp. (Silva, Mattox & W.H. Blackwell, 1972)	
Oedogoniophyceae	Oedogoniales	Oedogoniaceae	<i>Oedogonium</i> sp. (Link ex Hirn, 1900)	
Cyanophyta	Cyanophyceae	Chroococcales	Chroococcaceae	<i>Chroococcus</i> sp. (Nägeli, 1849)
		Nostocales	Nostocaceae	<i>Anabaena</i> sp. (Bory ex Bornet & Flahault, 1886)
			Rivulariaceae	<i>Dichothrix</i> sp. (G. Zanardini ex É. Bornet & C. Flahault, 1886)
		Oscillatoriales	Oscillatoriaceae	cf. <i>Lyngbya</i> sp. (C. Agardh ex Gomont, 1892)
				<i>Oscillatoria</i> sp. (Vaucher ex Gomont, 1892)
		Synechococcales	Heteroleibleiniaceae	<i>Heteroleibleinia</i> sp. (kuetzingii (Schmidle) Compère)
	Merismopediaceae	<i>Merismopedia</i> sp. (Meyen, 1839)		
Euglenophyta	Euglenophyceae	Euglenales	Euglenaceae	<i>Euglena</i> sp. (Ehrenberg, 1830)
				<i>Trachelomonas</i> sp. (Ehrenberg, 1834)
Rhodophyta	Florideophyceae	Acrochaetiales	Acrochaetiaceae	cf. <i>Audouinella</i> sp. (Bory, 1823)
		Batrachospermales	Batrachospermaceae	<i>Batrachospermum</i> sp. (Roth, 1797)

Anexo 2.C Coeficientes de correlación de Spearman de atributos e índices de la comunidad de perifiton



Números de Hill (q0=riqueza, q1 y q2), Índice de equidad (J'), Densidad de organismos (Dens_Tot), Densidad de diatomeas (Dens_B), Densidad de clorofíceas (Dens_Chli), Densidad de cianobacterias (Dens_Cy), Altitud (ALT), Caudal (Q), Temperatura (T), Sólidos suspendidos (SST), Conductividad eléctrica (CE), Concentración de oxígeno (OX), potencial de hidrogeniones (pH), Nitrógeno inorgánico disuelto (NID = NO₃+NH₄), Fósforo reactivo soluble (PO₄), Coliformes fecales (CFEC), Coliformes Totales (CTOT), Índice de condiciones de referencia (CERA), Índice de hábitat fluvial (IHF), Índice de calidad de vegetación de ribera (Qbr-And), Índice Genérico de Diatomeas (IGD).

Anexo 2.D Comparación de índices de contaminación (ICO) en sistemas acuáticos evaluados cuenca alta del Río Nevado

SITIO	ICOSUS	CALIFICACIÓN	ICOMI	CALIFICACIÓN	ICOMO	CALIFICACIÓN
SISTEMAS LÓTICOS						
Lagunillas 1	1,00	Ninguna	0,99	Ninguna	0,82	Ninguna
Lagunillas 2	1,00	Ninguna	0,99	Ninguna	0,87	Ninguna
Lagunillas 3	1,00	Ninguna	0,99	Ninguna	0,76	Baja
Lagunillas 4	1,00	Ninguna	0,98	Ninguna	0,75	Baja
Cóncavo 1	1,00	Ninguna	0,99	Ninguna	0,89	Ninguna
Cóncavo 2	1,00	Ninguna	0,99	Ninguna	0,89	Ninguna
Cóncavo 3	1,00	Ninguna	0,99	Ninguna	0,79	Baja
Cóncavo 4	1,00	Ninguna	0,98	Ninguna	0,75	Baja
Corralitos 1	0,99	Ninguna	0,99	Ninguna	0,74	Baja
Corralitos 2	1,00	Ninguna	0,99	Ninguna	0,72	Baja
Corralitos 3	1,00	Ninguna	0,99	Ninguna	0,74	Baja
Corralitos 4	1,00	Ninguna	0,99	Ninguna	0,74	Baja

SITIO	ICOSUS	CALIFICACIÓN	ICOMI	CALIFICACIÓN	ICOMO	CALIFICACIÓN
SISTEMAS LÓTICOS						
San Pablín 1	1,00	Ninguna	0,99	Ninguna	0,88	Ninguna
San Pablín 2	1,00	Ninguna	0,99	Ninguna	0,86	Ninguna
San Pablín 3	1,00	Ninguna	0,99	Ninguna	0,75	Baja
San Pablín 4	1,00	Ninguna	0,98	Ninguna	0,76	Baja
Cardenillo 1	1,00	Ninguna	0,99	Ninguna	0,87	Ninguna
Cardenillo 2	1,00	Ninguna	0,98	Ninguna	0,74	Baja
Cardenillo 3	1,00	Ninguna	0,96	Ninguna	0,78	Baja
Cardenillo 4	1,00	Ninguna	0,98	Ninguna	0,77	Baja
Agua Bendita	1,00	Ninguna	0,99	Ninguna	0,87	Ninguna
Concavito	1,00	Ninguna	0,99	Ninguna	0,88	Ninguna
Playitas 1	1,00	Ninguna	0,99	Ninguna	0,86	Ninguna
Playitas 2	1,00	Ninguna	0,98	Ninguna	0,80	Ninguna
Casas Viejas	0,98	Ninguna	0,90	Ninguna	0,73	Baja
Chorro Colorado	0,99	Ninguna	0,93	Ninguna	0,76	Baja
SISTEMAS LÉNTICOS						
San Pablín	0,99	Ninguna	1,00	Ninguna	0,65	Baja
La Parada	0,98	Ninguna	0,99	Ninguna	0,82	Ninguna
La Atravesada	0,98	Ninguna	0,99	Ninguna	0,75	Baja
La Cuadrada	0,98	Ninguna	0,99	Ninguna	0,86	Ninguna
La Pintada	0,98	Ninguna	0,99	Ninguna	0,76	Baja

Anexo 2.E Discriminación de subíndices correspondientes a curvas funcionales específicas según variable, usados en el Índice de calidad del Agua (ICA), a partir de promedios de cada variable en ambos muestreos o con los datos disponibles en sistemas acuáticos evaluados zona de influencia PNN del Cocuy.

SITIO	f(ox)	f(sst)	f(ce)	f(pH)	f(dqo)	f(cfec)	ICA	CALIFICACIÓN
Lagunillas 1	0.91	1.00	0.98	0.56	0.91	0.98	0.90	Aceptable
Lagunillas 2	0.91	1.00	0.98	0.75	0.91	0.98	0.93	Buena
Lagunillas 3	0.92	1.00	0.97	0.82	0.91	0.98	0.94	Buena
Lagunillas 4	0.88	1.00	0.94	1.00	0.91	0.60	0.89	Aceptable
Cóncavo 1	0.95	1.00	0.98	0.32	0.91	0.98	0.87	Aceptable
Cóncavo 2	0.95	1.00	0.98	0.43	0.91	0.98	0.88	Aceptable
Cóncavo 3	1.00	1.00	0.97	0.81	0.91	0.98	0.95	Buena
Cóncavo 4	0.89	1.00	0.93	1.00	0.91	0.98	0.95	Buena
Corralitos 1	0.86	0.99	0.98	0.77	0.91	0.98	0.92	Buena
Corralitos 2	0.86	1.00	0.98	0.75	0.91	0.98	0.92	Buena
Corralitos 3	0.84	1.00	0.98	0.85	0.91	0.96	0.92	Buena
Corralitos 4	0.87	1.00	0.98	0.86	0.91	0.98	0.93	Buena
San Pablín 1	0.91	1.00	0.97	0.37	0.91	0.98	0.87	Aceptable
San Pablín 2	0.88	1.00	0.98	0.51	0.91	0.98	0.88	Aceptable
San Pablín 3	0.90	1.00	0.97	1.00	0.91	0.82	0.93	Buena
San Pablín 4	0.92	1.00	0.94	0.97	0.91	0.80	0.92	Buena
Cardenillo 1	0.88	1.00	0.97	0.31	0.91	0.98	0.85	Aceptable
Cardenillo 2	0.88	1.00	0.93	1.00	0.91	0.95	0.94	Buena

SITIO	f(ox)	f(sst)	f(ce)	f(pH)	f(dqo)	f(cfec)	ICA	CALIFICACIÓN
Cardenillo 3	0.91	1.00	0.89	1.00	0.91	0.98	0.95	Buena
Cardenillo 4	0.95	1.00	0.94	1.00	0.91	0.80	0.93	Buena
Agua Bendita	0.91	1.00	0.97	0.30	0.91	0.98	0.86	Aceptable
Concavito	0.93	1.00	0.97	0.30	0.91	0.98	0.86	Aceptable
Playitas 1	0.87	1.00	0.98	0.84	0.91	0.97	0.93	Buena
Playitas 2	0.89	1.00	0.95	1.00	0.91	0.84	0.93	Buena
Casas Viejas	0.84	0.98	0.82	1.00	0.91	0.98	0.92	Buena
Chorro Colorado	0.93	0.99	0.83	1.00	0.91	0.97	0.94	Buena
San Pablín	0.84	1.00	0.99	0.76	0.91	0.47	0.83	Aceptable
La Parada	0.96	1.00	0.98	0.86	0.91	0.93	0.94	Buena
La Atravesada	0.83	1.00	0.98	0.86	0.91	0.98	0.93	Buena
La Cuadrada	0.85	1.00	0.98	0.88	0.91	0.98	0.94	Buena
La Pintada	0.88	1.00	0.98	0.86	0.91	0.79	0.90	Aceptable

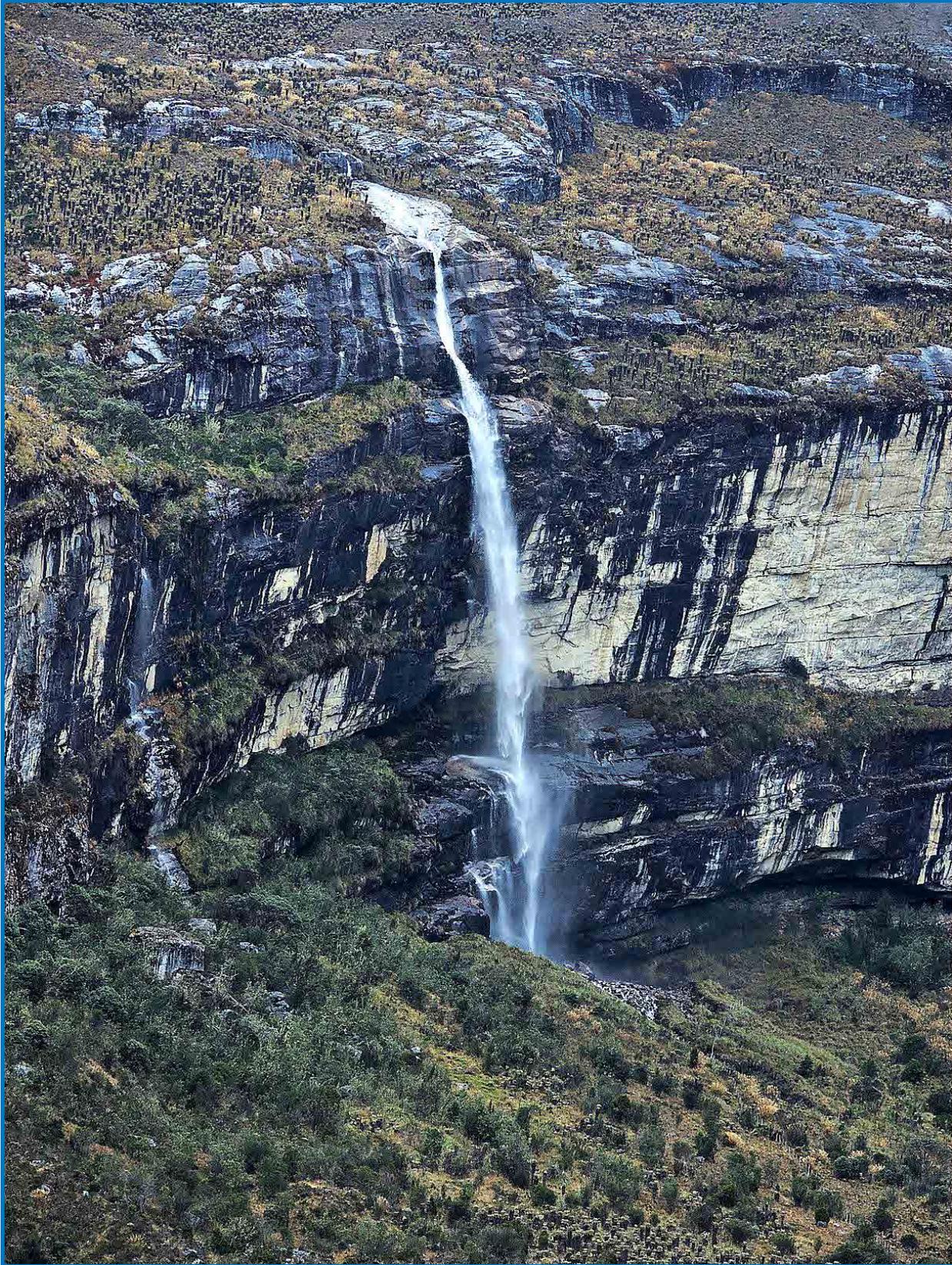
Convenciones: resaltado en gris variables más influyentes en calificación aceptable, en negrillas subíndices más bajos por sitio

3. HIDROLOGÍA

“Toda el agua que habrá jamás, la tenemos ahora mismo”

National Geographic, (s.f.).

Estimación de la oferta hídrica y diagnóstico general de saneamiento básico existente entre las microcuencas de los Ríos Cardenillo, Cóncavo, San Pablín, Corralitos y Lagunillas pertenecientes a la cuenca Alta del Río Nevado.



Grupos Investigación UPTC: VTS - UDESA - GICA - BC

Salto parte alta de la microcuenca del Río Corralitos

INTRODUCCIÓN

Este capítulo presenta una línea base de conocimiento hidrológico cuyo objetivo fue la estimación de la oferta hídrica, demanda hídrica y un diagnóstico general del saneamiento básico existente en el área de estudio del Parque Nacional Natural El Cocuy y su zona de influencia en la Cuenca Alta del Río Nevado (microcuencas de los Ríos Lagunillas, Cóncavo, Corralitos, San Pablín y Cardenillo).

Como respuesta al objetivo propuesto es presentado de forma sintética el análisis de información espacial e hidroclimatológica secundaria, un inventario de información general de los sistemas de saneamiento básico y de variables asociadas con la demanda hídrica, el análisis de consistencia, homogeneidad y validez de la información hidroclimatológica, la caracterización hidroclimatológica, la morfometría superficial y de drenaje, así como la estimación de la oferta y demanda hídrica.

La información generada incluyó de forma adicional a dos microcuencas (Río Mortiño y quebrada Casas Viejas) brindando una mayor representatividad a esta escala y permitiendo analizar de forma completa la zona de estudio definida en el convenio interinstitucional entre Parques Nacionales Naturales (PNN) y la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia (UPTC).

Mediante el empleo técnicas de medición, trabajo de campo, análisis e interpretación de información (secundaria y primaria) espacial e hidroclimatológica, así como del uso de herramientas computacionales y modelos matemáticos hidrológicos fueron estimadas las variables de mayor interés asociadas con el componente hidrológico del proyecto.

La interdisciplinaria presente durante todo el desarrollo de las actividades permitió realizar análisis específicos y detallados, los cuales forman parte fundamental de los resultados de este componente.

Los resultados e indicadores generados por este componente serán un gran referente del estado actual de la hidrología en la zona de estudio y se constituyen como un insumo de gran valor en la gestión integral de los recursos hídricos por parte de los municipios e instituciones de la región.

3.1 DESARROLLO

A continuación, son presentados y analizados de forma sintética los resultados obtenidos con la ejecución del proyecto.

3.1.1 Información secundaria y primaria

La información consultada y recopilada fue obtenida a partir de una rigurosa revisión bibliográfica, visita de reconocimiento, taller de mapeo colectivo y trabajo de campo.

3.1.1.1 Revisión bibliográfica

Específicamente, fue consultado en detalle el centro de documentación de la Corporación Autónoma Regional de Boyacá (Corpoboyacá) en lo concerniente a estudios de Planes de Manejo y Uso Eficiente de Agua (PUUEA) de los acueductos urbanos y algunos rurales de los municipios de Güicán y Cocuy.

Adicionalmente fue recibida y analizada información secundaria de parte de Parques Nacionales Naturales relacionada con el diagnóstico de las Lagunas de los municipios de Güicán y Cocuy. Los estudios hidrológicos (morfométricos, oferta y demanda) analizados evidenciaron considerables oportunidades de trabajo para este componente dentro del Proyecto de Investigación.

3.1.1.2 Visita de reconocimiento

Fue realizada la visita de reconocimiento inicial a la zona de estudio en compañía de los investigadores de los diferentes componentes y algunos de sus colaboradores.

La visita incluyó las microcuencas de los Ríos Lagunillas, Cóncavo, Corralitos, San Pablín y Cardenillo, permitiendo conocer directamente características fisiográficas, geológicas, de suelos, uso de suelo y cobertura vegetal, usos de agua y saneamiento básico.

Esta visita de reconocimiento se convirtió en un importante insumo para el desarrollo de las diferentes actividades programadas en el

componente hidrológico y en especial el trabajo de campo.

3.1.1.3 Trabajo de campo

Fueron desarrollados aforos de caudal en puntos preseleccionados a la salida de las microcuencas de la zona de estudio: Río Cardenillo, Corralitos, San Pablín, Cóncavo, Lagunillas y en las quebradas Casas Viejas y Agua Blanca (Río Mortiño). Adicionalmente, se realizaron visitas de reconocimiento y recolección de información primaria, a estructuras de toma y aducción, pertenecientes a sistemas de acueducto y sistemas de riego, ubicadas en la zona urbana y rural. De igual forma, fue recopilada información secundaria proveniente de diferentes dependencias de las alcaldías de los municipios de Güicán y El Cocuy, relacionadas con oferta, demanda hídrica y saneamiento básico. Las actividades comprendieron además un reconocimiento de los puntos de vertimientos de agua residual en el municipio de Güicán.

3.1.2 Información Hidroclimatológica

La recopilación de información hidroclimatológica requirió de todo un proceso de consulta, solicitud e interacción con el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM). Adicionalmente, se tuvo acceso directo a estaciones ubicadas en la zona de estudio y alrededores.

Como resultado de todo este proceso de solicitud fue recibida gran parte de la información (parámetros hidroclimatológicos) de las estaciones seleccionadas, las cuales son indicadas en la Tabla 3.1 y Figura 3.1. La estación Ritacuba Blanco EMMA (Meteorológica Especial) debido a su reciente instalación (10/07/2017) todavía no posee información suficiente y validada por el IDEAM.

Las estaciones de las cuales finalmente se recibió información corresponden a ocho (8) estaciones meteorológicas: climatológicas ordinarias (2), climatológicas principales (3) y pluviométricas (3). Adicionalmente, dos (2)

estaciones hidrométricas (limnimétricas). Estas estaciones se encuentran en un rango altitudinal entre 2550 m y 4676 m, con las estaciones San Luis y Nevado del Cocuy, respectivamente. Igualmente, corresponden a diferentes corrientes como son: Nevado, Mortiño, Lagunillas, Agua Blanca y Chicamocha.

A nivel de registro temporal, nueve (9) de las estaciones se encuentran activas, mientras que una (1) se encuentra suspendida. La estación más antigua (Pluviométrica, El Cocuy) comenzó a registrar información desde el 15/01/1934 y fue suspendida el 15/05/1942, aunque el 15/03/1958 fue reinstalada y registra información actualmente.

|| Tabla 3.1 Estaciones hidrometeorológicas consultadas ||

NOMBRE	CATEGORÍA	CORRIENTE	MUNICIPIO	FECHA INSTALACIÓN	FECHA SUSPENSIÓN	INFORMACIÓN RECIBIDA DE IDEAM
El Cocuy	PM	Nevado	El Cocuy	15/03/1958		X
El Mortiño	PM	Mortiño	El Cocuy	15/06/1974		X
El Cocuy	PM	Nevado	El Cocuy	15/01/1934	15/05/1942	X
Güicán	CO	Nevado	Güicán	15/08/1991		X
Sierra Nevada Cocuy	CO	Qda. Lagunillas	Güicán	15/05/1974		X
El Espino automática	CP	Nevado	El Espino	19/11/2005		X
Nevado del Cocuy	CP	Chicamocha	Güicán	19/11/2005		X
Ritacuba Blanco emma	ME		Güicán	10/07/2017		
La Playa, Cardenillo	LG	Río Cardenillo	Güicán	15/08/1974		
Puente vda. Calvario	LG	Río Cardenillo	Güicán	29/10/2013		
Ritacuba Negro	LG	Río Cardenillo	Güicán	29/10/2013		
Güicán	LM	Nevado	Güicán	15/07/1955		X
San Luis	LM	Nevado	Güicán	15/06/1974		X
Totumo	LM	Nevado	El Espino	15/05/1974	15/03/1978	
Laguna la Plaza	CP	Aguablanca	Saravena	17/09/2010		X

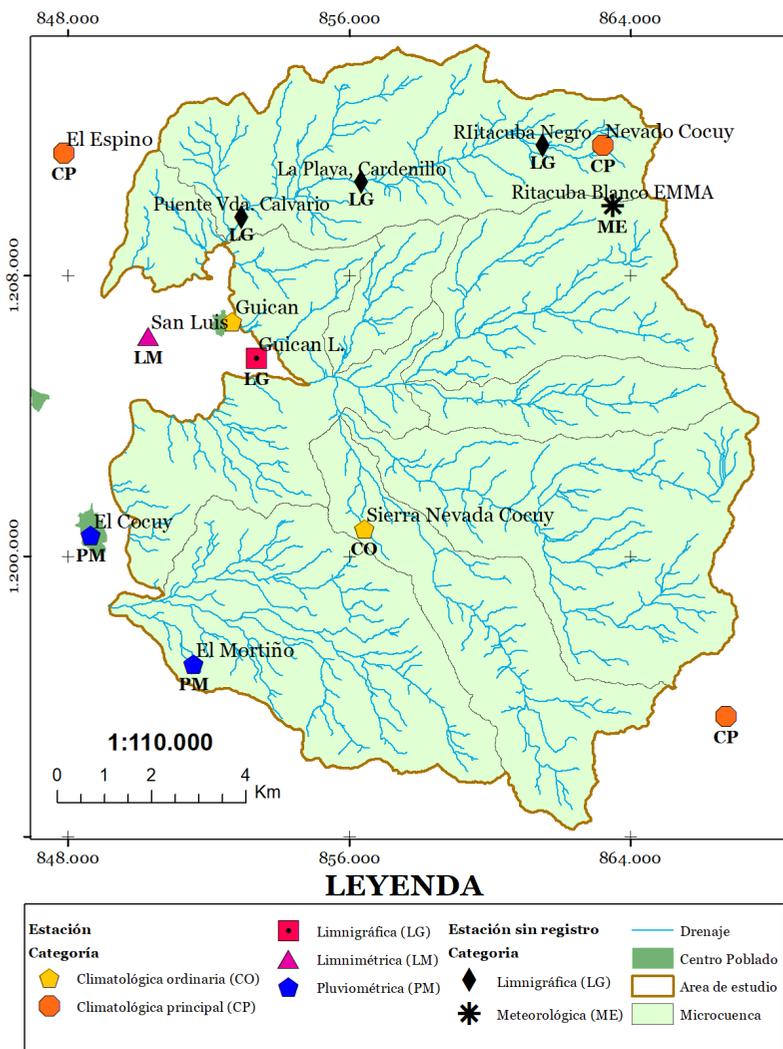


Figura 3.1 Mapa de estaciones hidrometeorológicas consultadas

3.1.3 Saneamiento Básico

La información recopilada sobre saneamiento básico tanto secundaria como primaria, fue de gran importancia, ya que nos brindó un conocimiento más amplio y conciso sobre el estado y las condiciones sanitarias de fuentes y sistemas de abastecimiento de agua para consumo humano, disposición sanitaria de excrementos y orina, ya sean en letrinas o baños, y el manejo sanitario de los residuos sólidos, conocidos como basura.

La información secundaria fue principalmente obtenida del Esquema de Ordenamiento Territorial (EOT) de los municipios de Güicán y

Cocuy. El municipio de Güicán en la actualidad posee un sistema de alcantarillado combinado, que recolecta aguas residuales de tipo doméstico y aguas lluvias, con una cobertura del 99%, el cual fue construido en 1996.

En la visita de campo se identificaron tres puntos de descargas de aguas residuales, los cuales se vierten a potreros sin ningún tipo de tratamiento, muy cerca de los Ríos Nevado y Cóncavo. Dichos vertimientos recientemente han sido utilizados en temporadas secas para riego, lo cual fue confirmado por los mismos pobladores, generando así grandes afectaciones para la salud pública del municipio y la región. Igualmente, se evidenció la molestia de

los habitantes aledaños a los vertimientos, por la disposición de los mismos y por los malos olores y presencia de vectores. En la Tabla 3.2 mostrada a continuación, se presentan las

coordenadas planas de los tres vertimientos inspeccionados y en la Tabla 3.3 se muestra la población aportante a vertimientos y el porcentaje del aporte respectivamente.

|| Tabla 3.2 Coordenadas planas MAGNA Colombia Este de los vertimientos de agua residual ||

VERTIMIENTO	ALTITUD (m)	COORDENADAS ESTE (m)	COORDENADAS NORTE (m)
1 Sector Hotel Colibrí	2884	852294,9	1206335,5
2 Sector Matadero	2854	852082,6	1206509,3
3 Sector Hospital	2775	851929,8	1206402,3

El vertimiento 1 (sector Hotel Colibrí) se encuentra localizado en cercanías de la plaza de mercado, en la parte urbana del municipio, el cual posee un área de drenaje aproximada del 25% del área que aporta el casco urbano. El vertimiento 2 (sector matadero) encuentra pasos abajo del matadero del municipio, el cual

actualmente se encuentra fuera de uso, este vertimiento posee un área de drenaje de 57%. Por último, el vertimiento 3 (sector Hospital) se encuentra en la zona rural a pocos metros de una vivienda y cuenta con un área de drenaje del 18%.

|| Tabla 3.3 Población aportante a vertimientos. Plan de Saneamiento y Manejo de Vertimientos Municipio de Güicán (2006) ||

VERTIMIENTO	POBLACIÓN TRIBUTARIA (Hab)	PORCENTAJE (%)
1. (sector Hotel Colibrí)	1555	57
2. (sector Matadero)	510	25
3. (sector Hospital)	375	18
TOTAL	2040	100

Dentro de las actividades realizadas en la visita de campo, se inspeccionaron las plantas de tratamiento de agua potable (PTAP) de los acueductos urbanos de los municipios de Güicán y El Cocuy, de igual forma se visitó la PTAP del Acueducto Regional del municipio de Güicán, la cual actualmente se encuentra fuera de servicio. Debe resaltarse que la PTAP del municipio de El Cocuy forma parte del respectivo sistema de acueducto, pero no capta agua procedente de la zona de estudio, razón por la cual no es de interés directo en temas asociados con demanda y saneamiento básico.

La planta de tratamiento de agua potable del municipio de Güicán es una planta de infiltración de tasa declinante, con una capacidad de 1700 m³ en 22 horas. La desinfección la realizan

con hipoclorito de calcio (250gr). El proceso de infiltración está compuesto por cuatro tanques, donde el lecho filtrante consta de antracita, arena y grava. En cuanto al control y medición del caudal de entrada a la planta existe un vertedero triangular de pared delgada.



3.1.4 Análisis de Consistencia Homogeneidad y Validez de la Información Hidroclimatológica

Los resultados relacionados con detalles de la información procesada, la identificación de datos anómalos, llenado de datos faltantes y la homogeneidad de las series son indicados a continuación.

3.1.4.1 Información Procesada

La información hidroclimatológica recibida del IDEAM fue organizada en formatos compatibles para su posterior procesamiento. Fueron realizadas operaciones de conversión de registros de las variables a formatos de trabajo compatibles con herramientas computacionales estadísticas, edición preliminar de datos y la respectiva organización de información de las cincuenta y dos (52) series temporales correspondientes a diez (10) estaciones hidrometeorológicas.

Las series temporales corresponden a variables como: caudal máximo mensual, caudal medio mensual, caudal mínimo mensual, precipitación máxima mensual en 24 horas, precipitación total mensual, número de días con precipitación al mes, precipitación cada diez minutos, valores medios mensuales de punto de rocío, temperatura máxima mensual, temperatura media horaria, temperatura media mensual, temperatura mínima mensual, evaporación total mensual, humedad relativa horaria, valores medios mensuales de humedad relativa, valores máximos mensuales de niveles, valores medios mensuales de niveles, valores mínimos mensuales de niveles, valores medios mensuales de tensión de vapor, velocidad del viento, dirección del viento cada diez minutos,

velocidad media mensual del viento, brillo solar total y valores de nubosidad media mensual.

El análisis de las cincuenta y dos (52) series (agregadas principalmente a nivel mensual) correspondientes a las variables estudiadas y períodos de registro variables, permitió evaluar la consistencia, homogeneidad y validez de la información. A continuación, se describen los resultados obtenidos, a manera de ejemplo para algunas de las variables.

3.1.4.2 Análisis de Datos Anómalos (Outliers)

La identificación de datos anómalos (outliers) se realizó mediante el empleo de tres metodologías diferentes: diagramas de cajas y patillas (box-plot), prueba de Grubbs (recomendada por la Agencia de Protección del Medio ambiente de los Estados Unidos EPA) y la prueba de Rosner (Gibbons, 1994). Se consideraron como outliers definitivos aquellos que persistieron en la identificación por los tres métodos empleados, y para los cuales se verificó la ocurrencia temporal y espacial, con las demás estaciones de la red meteorológica en la zona, evidenciando su posible carácter anómalo.

3.1.4.3 Llenado de Datos Faltantes

Una vez identificados y excluidos de las series los datos considerados como anómalos definitivos, se realizó el llenado de datos faltantes para las series temporales mediante el empleo de la metodología additive outlierap proach (Gómez et al, 1999) y el software TRAMO (Time Series Regression with ARIMA Noise, Missing-Observations and Outliers), desarrollado por el Banco de España (ver siguientes Figuras).

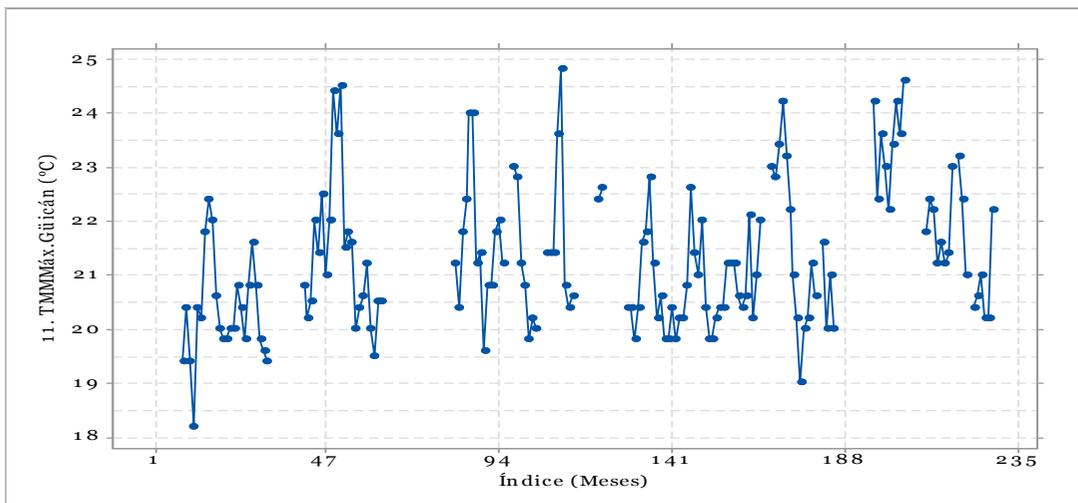


Figura 3.2. Serie temporal de temperatura media mensual máxima recibidas del IDEAM.

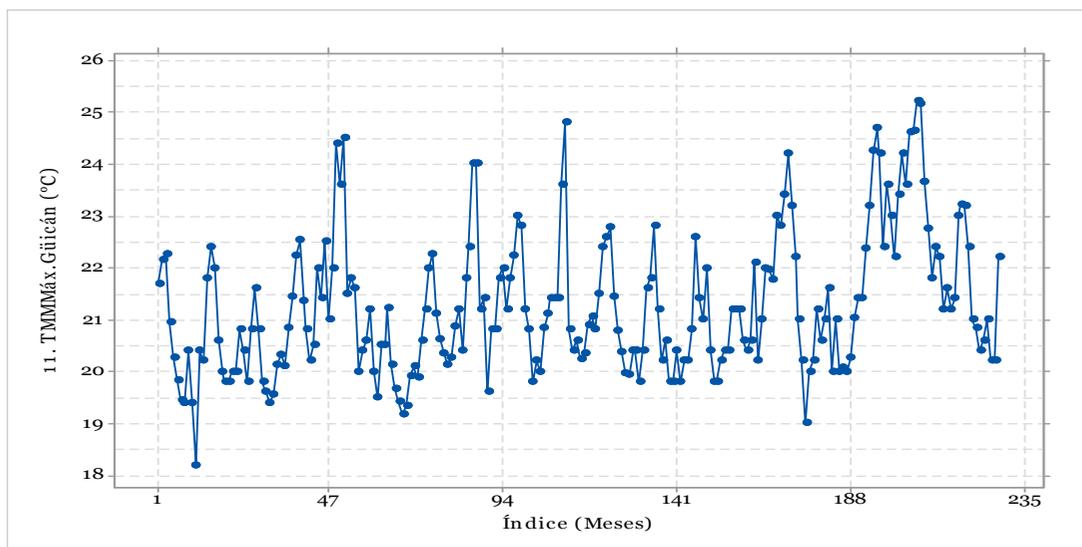


Figura 3.3. Serie temporal completa de temperatura media mensual máxima

3.1.4.4 Análisis de Homogeneidad

Los resultados relacionados con estadísticos básicos, prueba de normalidad, prueba de correlación serial, pruebas gráficas y estadísticas de homogeneidad son descritos a continuación.

Estadísticos básicos

Los estadísticos básicos para cada una de las series temporales fueron estimados. Los resultados de este análisis indican a nivel general una gran variabilidad climática natural, asociada con la presencia de fenómenos macroclimáticos a diferentes escalas temporales.

Prueba de normalidad

Se emplearon pruebas no paramétricas como Kolmogorov-Smirnov para normalidad. En la Figura 3.4 se presentan los resultados de las pruebas para las series ejemplo. Puede observarse que las series de precipitación total mensual (PTM) no cumplen en su mayoría criterios de normalidad. El valor p es una probabilidad que mide la evidencia en contra de la hipótesis nula. En estos casos el valor p es menor que el nivel de significancia (0.05), por lo cual la decisión es rechazar la hipótesis nula y concluir que sus datos no siguen una distribución normal.

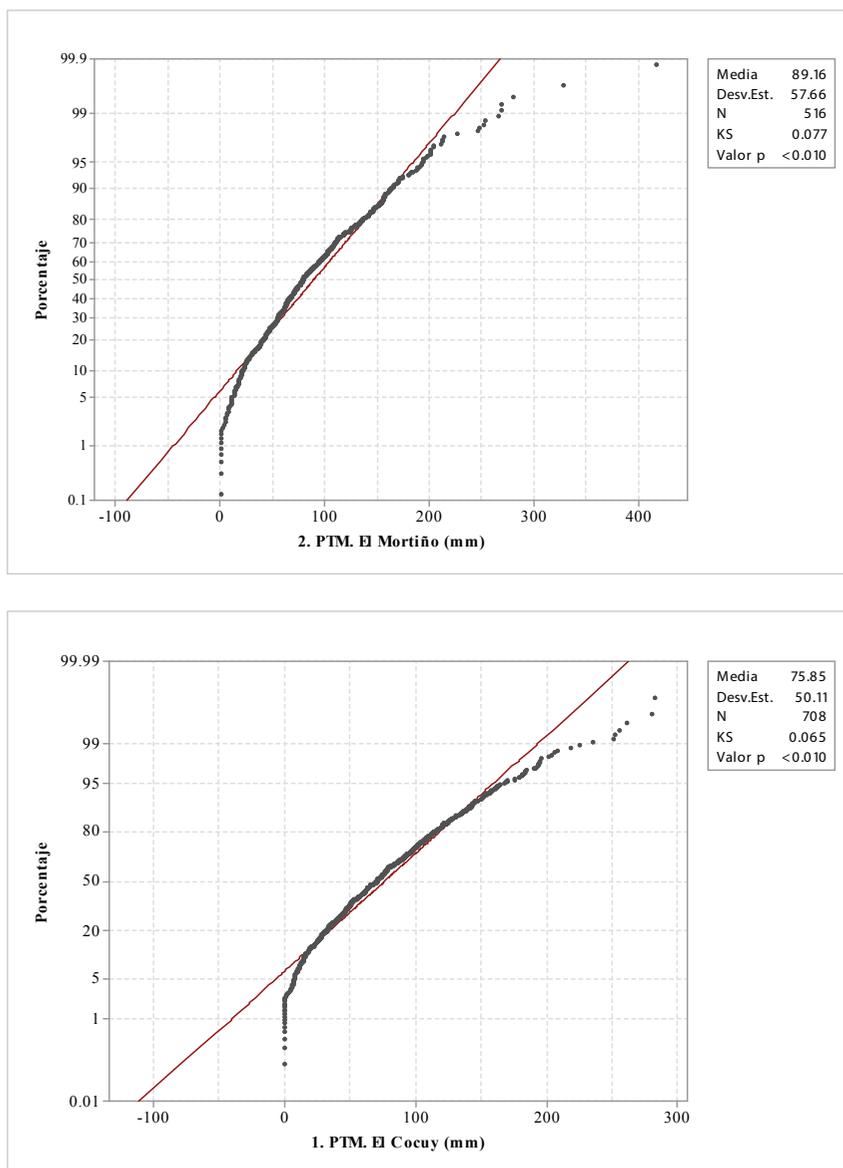


Figura 3.4 Gráficas de probabilidad de series ejemplo de precipitación

Correlación serial

En cuanto a la correlación serial fue empleada la prueba de Wald-Wolfowitz (Rachas). Los resultados permitieron observar que la totalidad de las series de precipitación, temperatura y caudal exhiben un comportamiento no aleatorio ratificando la aceptación de la hipótesis alterna (el orden de los datos no es aleatorio).

Prueba gráfica de homogeneidad

Las pruebas gráficas evidencian la homogeneidad en la mayoría de las series

de precipitación, temperatura y caudal, con algunas excepciones. En la siguiente Figura se muestran algunos ejemplos de los resultados obtenidos para series de precipitación, y temperatura.

Los resultados de la aplicación de una prueba estadística no paramétrica (Mann-Whitney) permitieron detectar con la suficiente potencia series que pueden considerarse homogéneas a un nivel de significancia de 0.05. Para el caso de la precipitación total mensual (PTM) se evidencia, a nivel general, la aceptación de homogeneidad para las series ejemplo.

Igualmente, para las series de temperatura media mensual y de caudal medio mensual. En cuanto a las series de temperatura media

máxima mensual y caudal máximo mensual, estas no aprueban la demostración estadística de homogeneidad.

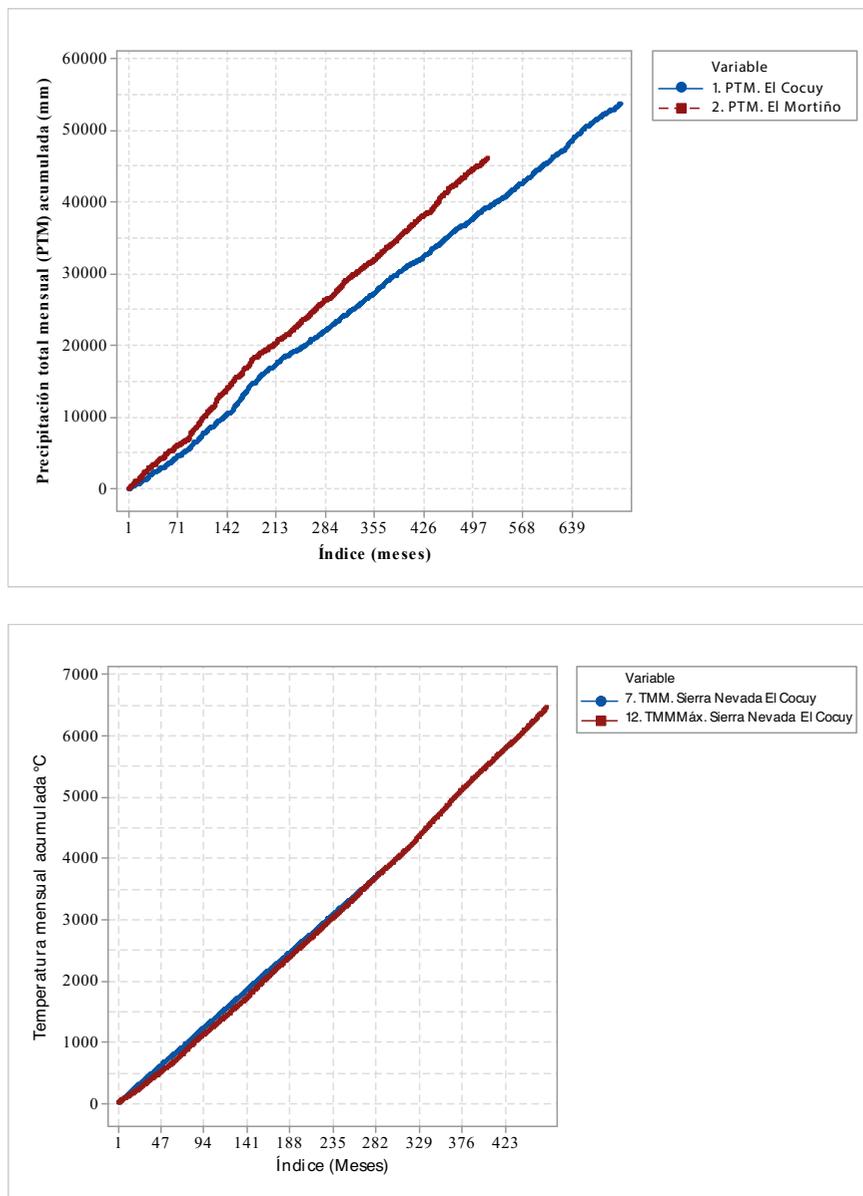


Figura 3.5 Curvas de masa simple de series temporales mensuales de precipitación y temperatura

3.1.5 Morfometría superficial

La morfometría de una cuenca es de gran importancia para el conocimiento de sus características espaciales; tiene como finalidad obtener información indispensable para la correlación del posible comportamiento

hidrológico de cada una de las microcuencas que integran la Cuenca Alta del Río Nevado.

A continuación, se describen algunos de los diferentes parámetros o índices empleados para la estimación de las características morfométricas de las microcuencas de interés en la Cuenca Alta del Río Nevado.

3.1.5.1 Área, orientación, perímetro, longitud axial y ancho promedio

el programa ArcGis (ver Figura 3.6). Los resultados obtenidos para las diferentes microcuencas se presentan en la Tabla 3.4.

Los polígonos de las diferentes microcuencas delimitadas fueron obtenidos mediante

Tabla 3.4 Área de las microcuencas

MICROCUENCAS	ÁREA (km ²)	PERÍMETRO (km)	LONGITUD AXIAL (km)	ANCHO PROMEDIO (km)
Río Lagunillas	32,82	49,68	13,66	2,40
Río Cóncavo	51,98	50,74	12,81	4,06
Río Corralitos	15,39	28,44	9,34	1,65
Río San Pablín	33,06	35,76	8,40	3,94
Quebrada Casas Viejas	8,84	19,08	5,78	1,53
Río Cardenillo	52,73	49,97	12,11	4,35
Río Mortiño	49,04	44,50	11,11	4,41

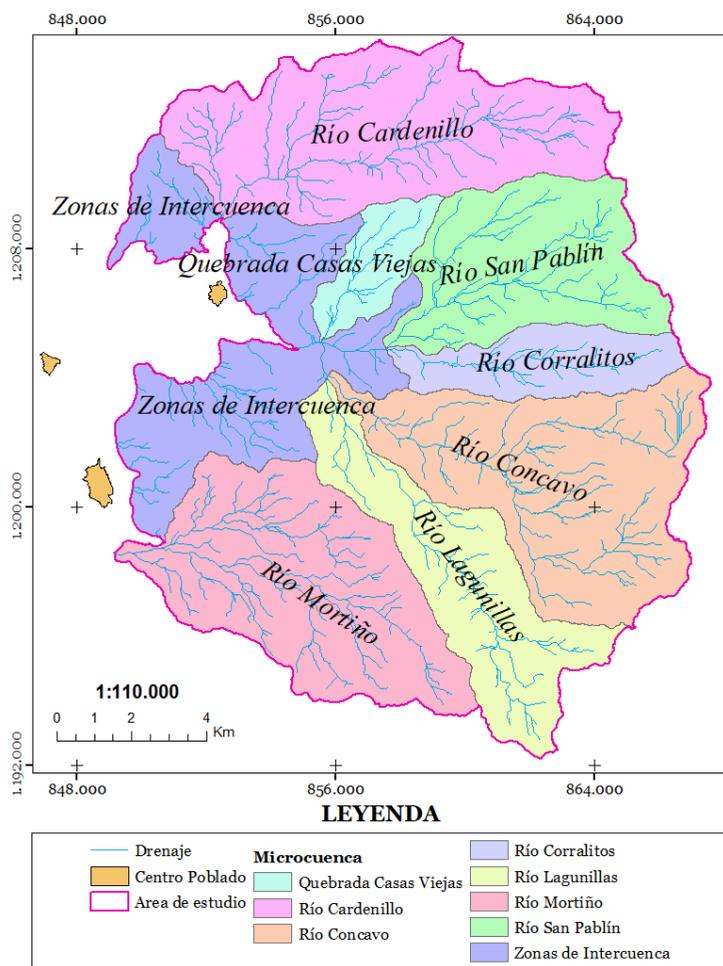


Figura 3.6 Microcuencas de la zona de estudio

En cuanto a la orientación de las microcuencas, la mayoría exhibe predominancia direccional en sentido este-oeste, excepto las de los Ríos Lagunillas, Cóncavo y la quebrada Casas Viejas, las dos primeras presentan un componente direccional en sentido noroccidental, mientras que la tercera en sentido sur-occidental. Se prevé una menor influencia de la radiación solar diaria en las microcuencas de los Ríos Lagunillas y Cóncavo, así como en la quebrada Casas Viejas, con posibles particularidades en su comportamiento hidrometeorológico.

3.1.5.2 Índices de forma

Los resultados pueden ser observados en la Tabla 3.5. El factor de forma en gran medida indica sobre la tendencia de la cuenca a concentrar las crecidas. Por tal motivo, las cuencas con factores de forma bajos, son menos susceptibles a presentar lluvias intensas y crecidas, con respecto a cuencas con áreas similares, pero con factores de forma mayores.

|| Tabla 3.5 Magnitud de índices y coeficientes asociados con la forma de las microcuencas ||

MICROCUENCAS	FACTOR DE FORMA (Kf)	COEFICIENTE DE COMPACIDAD (Kc)	RELACIÓN DE CIRCULARIDAD (Rc)	RELACIÓN DE ELONGACIÓN (Re)
Río Lagunillas	0,176	2,45	0,17	0,47
Río Cóncavo	0,317	1,99	0,25	0,63
Río Corralitos	0,176	2,05	0,24	0,47
Río San Pablín	0,468	1,75	0,32	0,77
Quebrada Casas Viejas	0,265	1,81	0,31	0,58
Río Cardenillo	0,360	1,94	0,27	0,68
Río Mortiño	0,397	1,79	0,31	0,71

Los resultados obtenidos indican que las microcuencas de los Ríos Lagunillas y Corralitos son menos susceptibles a la concentración de crecientes (mayor capacidad de atenuación). Estas cuencas poseen el factor de forma más alejado de una geometría circular, seguidas por la microcuenca de la quebrada Casas Viejas. Microcuencas de los Ríos Cóncavo, Cardenillo y Mortiño presentan una capacidad intermedia de concentración de crecientes, siendo la cuenca del Río San Pablín la que tiene la menor capacidad (más cercana a la forma circular).

La magnitud del coeficiente de compacidad indica que las microcuencas de los Ríos: Lagunillas, Cóncavo, Corralitos, Casas Viejas, Cardenillo y Mortiño, no poseen formas redondas, ovals-redondas, ovals-oblongas, ovals, oblonga-rectangulares u oblongas, sino formas más alargadas (ver Tabla 3.5). Por otra parte, la microcuenca del Río San Pablín se puede clasificar como oval-oblonga a

rectangular-oblonga, de acuerdo con el menor coeficiente de compacidad.

Las anteriores consideraciones también permiten deducir que la mayoría de microcuencas de la zona de estudio son moderadamente susceptibles a las crecidas, debido al coeficiente de compacidad bastante alejado de uno (1), excepto la microcuenca del Río San Pablín semejante a formas circulares, con una menor capacidad de atenuación de crecientes (resultados consistentes con los obtenidos con el factor de forma).

El índice de circularidad tiene un comportamiento inversamente proporcional al coeficiente de compacidad (ver Tabla 3.5). De acuerdo con la anterior apreciación, las dos variables tendrán un mismo significado, pero con tendencias inversas, donde se observa que los resultados obtenidos más cercanos a 1 tendrán una forma más circular u ovalada como en el caso de las microcuencas San Pablín. Estos

resultados guardan correspondencia directa con los análisis realizados para los dos índices de forma anteriores.

Como se puede observar, las microcuencas con menor relación de elongación corresponden a los Ríos Lagunillas y Corralitos, seguidas de la quebrada Casas Viejas (ver Tabla 3.5). Esto indica que las microcuencas mencionadas poseen forma un poco más alargada, mientras que la microcuenca del Río San Pablín es la más semejante a la forma circular, seguida por la del Río Mortiño. Este análisis refuerza la idea de considerar estas dos últimas microcuencas como las de mayor capacidad de concentración de crecientes.

3.1.6 Morfometría de relieve

La morfometría de relieve es de gran importancia en el estudio de las microcuencas

ya que se relaciona directamente con la formación de los suelos, el drenaje superficial, el grado de erosión de las cuencas, entre otros procesos hidrológicos. A continuación se presentan algunos de los resultados asociados con los índices morfométricos superficiales de relieve.

3.1.6.1 Diferencia altitudinal

Para propósitos del análisis considerando el tipo de corrientes (de alta montaña), la diferencia altitudinal junto con el criterio de límite entre zonas, la elevación mediana de cada microcuenca, permitieron identificar dos partes (alta y media), las cuales representan el 50% del área que se encuentra por encima y el 50% por debajo de dicha altitud. En la Figura 3.7 son presentadas las partes identificadas para una microcuenca ejemplo.

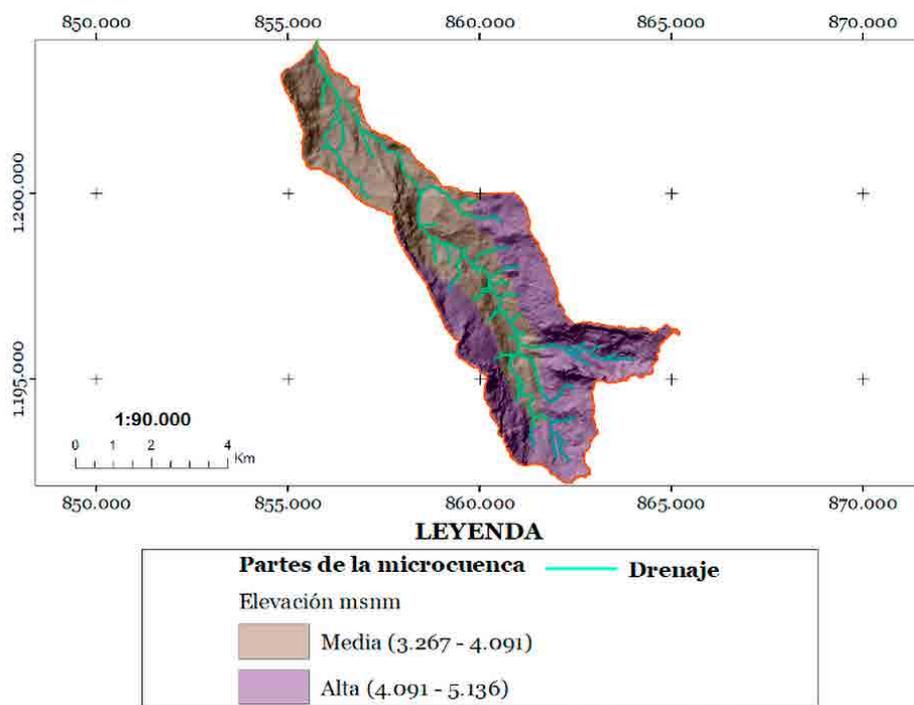


Figura 3.7 Partes de la microcuenca río Lagunillas

3.1.6.2 Curva hipsométrica

Los resultados para una de las microcuencas son presentados en la Figura 3.8. El área bajo la curva hipsométrica tomada en porcentaje,

revela el estado de desarrollo de la cuenca, donde valores superiores a 60% indicarían un desequilibrio en el funcionamiento, con mayor potencial erosivo o una cuenca en fase de juventud. Valores que rodean el 47%,

representan una cuenca en equilibrio y en fase de madurez; mientras que valores inferiores

de 30, implicarían una cuenca sedimentaria en fase de vejez (Racca, 2007).

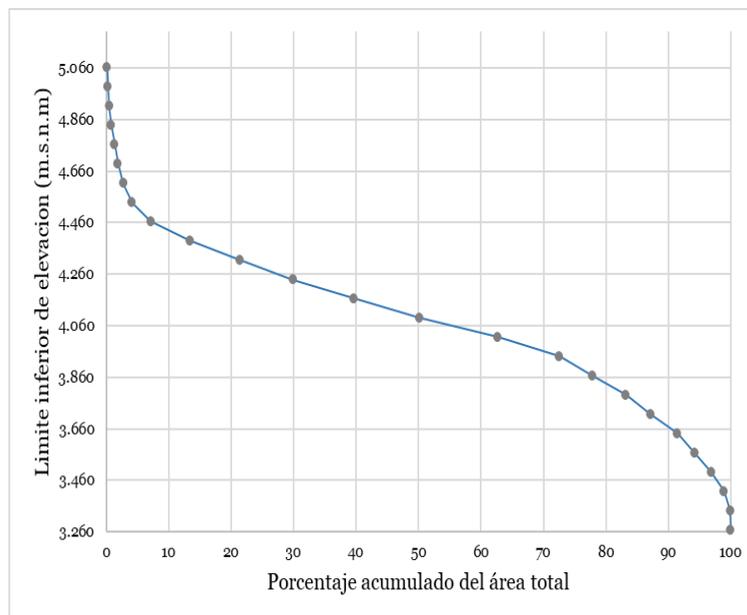


Figura 3.8 Curva hipsométrica microcuenca río Lagunillas

A partir de las curvas hipsométricas obtenidas para cada una de las microcuencas se pudo observar que reflejan un área bajo la curva de entre el 40% y 55%, aproximadamente. Estos resultados indican la presencia de cuencas en estado de equilibrio y en fase de madurez, con una distribución de masa estable a lo largo de la cuenca, aproximadamente igual en todos los tramos, con caudales relativamente estables y caracterizándose por tener una corriente no muy lenta.

3.1.6.3 Coeficientes de masividad, orográfico y pendiente media de las microcuencas

Como se puede observar en la Tabla 3.6, la microcuenca con mayor coeficiente de masividad es la microcuenca quebrada Casas Viejas, con una magnitud de 430,19 m/km², seguida por la microcuenca del Río Corralitos con 286,47 m/km², siendo las microcuencas con menor área y diferencias altimétricas considerables (con relación a su área).

Tabla 3.6 Coeficientes de masividad, orográfico y pendiente media de las microcuencas

MICROCUENCAS	COEFICIENTE DE MASIVIDAD (m/km ²)	COEFICIENTE OROGRÁFICO (Co)	PENDIENTE MEDIA DE LA MICROCUENCA (%)
Río Lagunillas	124,31	0,51	38,02
Río Cóncavo	83,17	0,36	42,67
Río Corralitos	286,47	1,26	39,69
Río San Pablín	132,00	0,58	42,56
Quebrada Casas Viejas	430,19	1,64	36,10
Río Cardenillo	78,13	0,32	40,68
Río Mortiño	76,21	0,28	23,74

Las microcuencas de los Ríos: Cóncavo, Cardenillo y Mortiño, poseen menores magnitudes de coeficiente de masividad, considerando sus grandes extensiones y altas diferencias altimétricas. Por otra parte, las microcuencas de los Ríos San Pablín y Lagunillas exhiben una magnitud intermedia de este coeficiente. Los resultados ponen de manifiesto que este coeficiente puede ser diferente en microcuencas con un rango similar de elevaciones medias.

El coeficiente orográfico guarda relación con el grado de degradación del suelo en las cuencas relacionando directamente la elevación con el flujo del agua y el área, cuyas características influyen sobre la escorrentía superficial en cada cuenca. Según Quintero (2003), cuando el coeficiente orográfico es menor de 6 se considera una cuenca poco accidentada y su potencial de degradación de suelos es bajo, lo cual indica que las microcuencas estudiadas

poseen esas características, ya que los coeficientes se encuentran entre 0,32 y 1,64 (ver Tabla 3.6).

Como puede observarse, la microcuenca con la menor pendiente es la microcuenca del Río Mortiño con 23,74%, y las microcuencas con mayores pendientes son las de los Ríos Cóncavo y San Pablín, con un valor de 42,74% y 42,67, respectivamente (ver Tabla 3.6).

El terreno de la microcuenca del Río Mortiño se puede clasificar como de relieve muy inclinado, con grado de erosión moderada ya que su pendiente se encuentra entre 12% - 25 %, según la escala de clasificación de pendientes utilizada por el Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAG). Las demás microcuencas, excepto la mencionada anteriormente (Mortiño), poseen un relieve moderadamente escarpado, con grado de erosión severo, encontrándose dentro del rango designado por dicha institución, entre 25%-50% (ver Figura 3.9 y Figura 3.10).

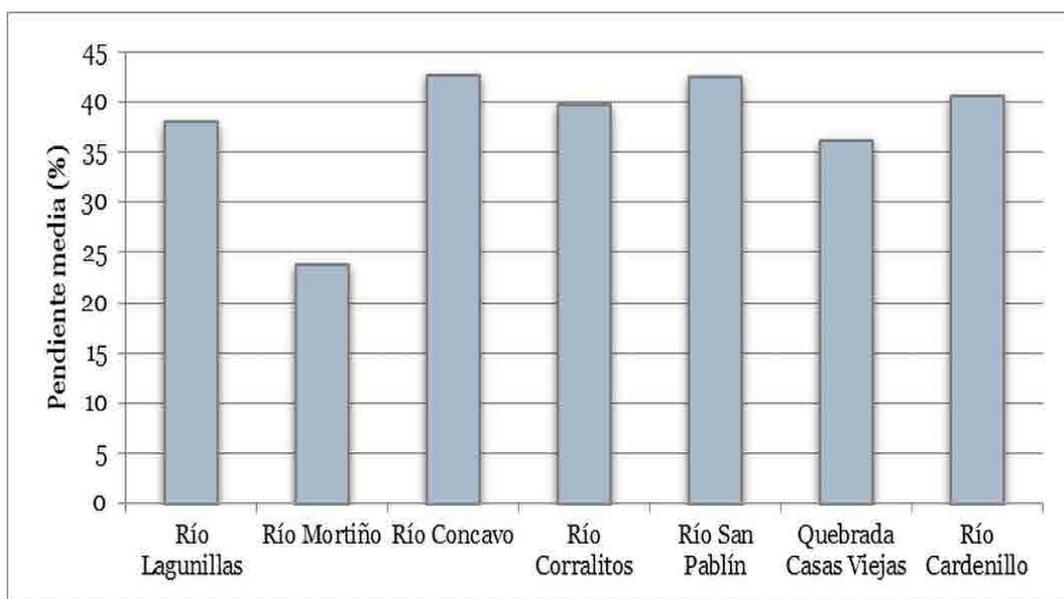


Figura 3.9 Histograma de pendiente media de las microcuencas

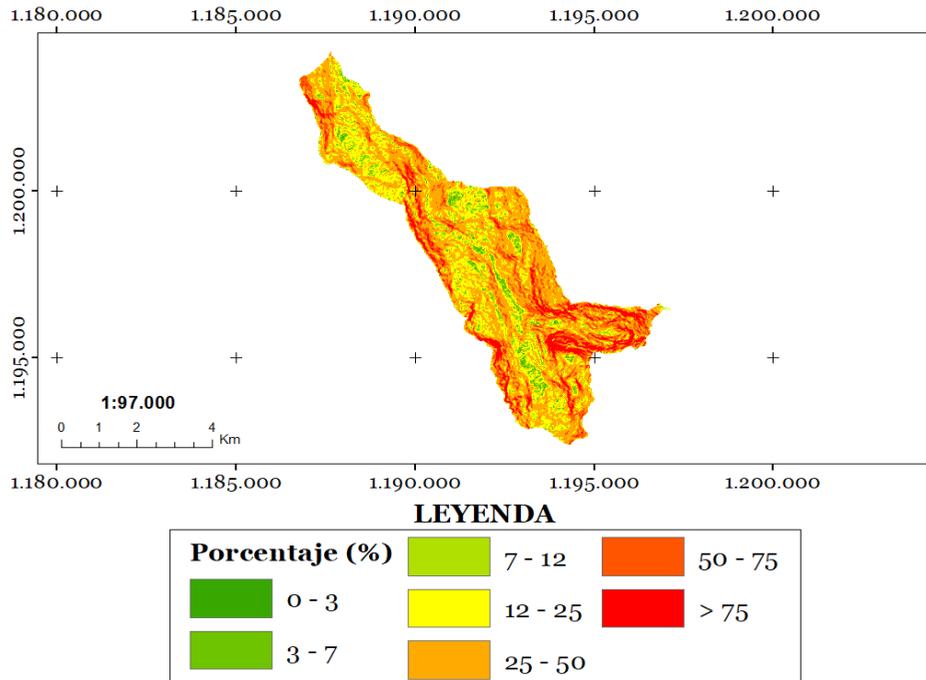


Figura 3.10 Mapa de pendientes microcuenca río Lagunillas

3.1.7 Morfometría de drenaje

Identificar su distribución y diversas características permitirá generar información asociada al efecto de la ocurrencia de eventos hidrocimatológicos extremos y en general de la respuesta hidrológica en cada una de las microcuencas. Dentro de las características analizadas se encuentra el perfil del cauce principal y su pendiente, densidad de drenaje,

orden del cauce, relación de bifurcación, sinuosidad y torrencialidad. A continuación se muestran los resultados para algunas de estas variables.

3.1.7.1 Perfil del cauce principal

La Figura 3.11 presenta el perfil (ejemplo) para el cauce principal de la microcuenca del Río Lagunillas.

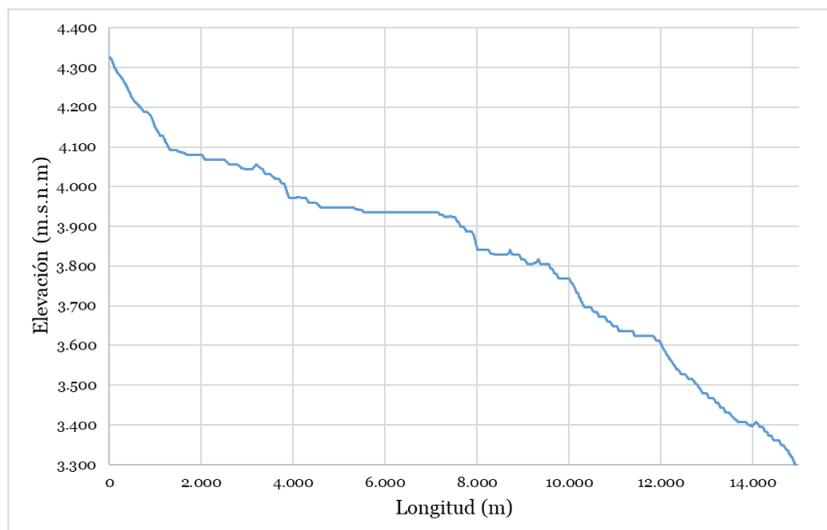


Figura 3.11. Perfil del cauce principal microcuenca Río Lagunillas

3.1.7.2 Pendiente media del cauce principal

Los parámetros y resultados obtenidos para la pendiente media del cauce principal de las diferentes microcuencas se muestran en la Tabla 3.7 y la Figura 3.12.

|| Tabla 3.7 Resultados de estimación de la pendiente media del cauce principal ||

MICROCUENCAS	ELEVACIÓN MÁXIMA (msnm)	ELEVACIÓN MÍNIMA (msnm)	DESNIVEL DE LOS EXTREMOS (msnm)	LONGITUD DEL CAUCE PRINCIPAL (m)	PENDIENTE MEDIA DEL CAUCE PRINCIPAL (%)
Río Lagunillas	4.400	3.276	1.124	15.036,6	7,5
Río Cóncavo	4.600	3.276	1.324	15.453,6	8,6
Río Corralitos	4.920	3.420	1.500	9.356,6	16,0
Río San Pablín	4.590	3.409	1.181	9.373,9	12,6
Quebrada Casas Viejas	4.175	3.108	1.067	56.54,3	18,9
Río Cardenillo	4.750	3.028	1.722	13.501,4	12,8
Río Mortiño	4.450	2.786	1.664	13.144,6	12,7

Según los intervalos que establece Rosgen (1996), puede inferirse que la pendiente de los cauces de las microcuencas Río Lagunillas y Río Cóncavo, con una pendiente de 7,5 % y 8,6%, respectivamente, pueden clasificarse como

altas (4% - 10%), y las demás microcuencas corresponderían a muy altas (>10%), siendo consistentes con la denominación común para este tipo de ríos alto-andinos, conocidos como ríos de montaña.

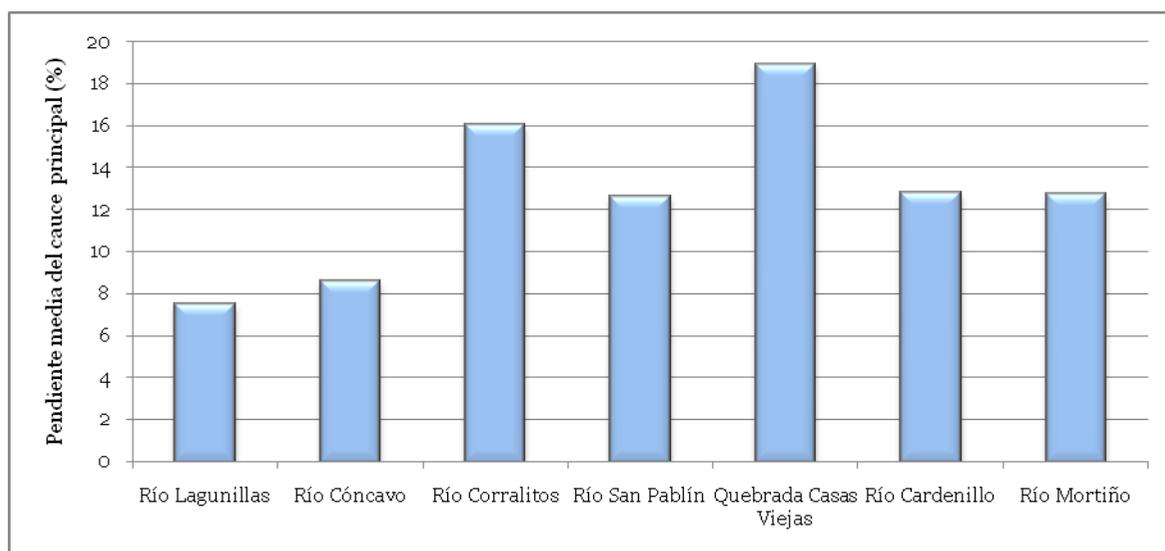


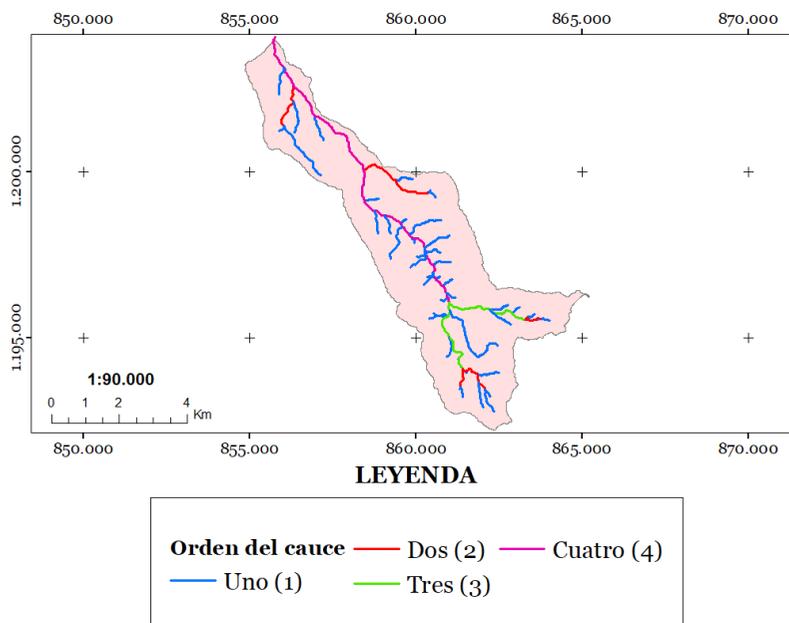
Figura 3.12 Histograma de pendiente media del cauce principal de las microcuencas

3.1.7.3 Orden de los cauces, densidad de drenaje, sinuosidad y coeficiente de torrencialidad

En la Tabla 3.8 se presentan los resultados para cada una de las microcuencas. En la Figura 3.13 pueden observarse los diferentes números de orden asignados a los segmentos de cauce principal de la microcuenca del Río Lagunillas.

|| Tabla 3.8 Orden del cauce principal de las microcuencas ||

MICROCUENCAS	ORDEN DEL CAUCE PRINCIPAL	DENSIDAD DE DRENAJE (km/km ²)	SINUOSIDAD (S)	COEFICIENTE DE TORRENCIALIDAD (Un/km ²)
Río Lagunillas	4	1,45	1,15	1,58
Río Cóncavo	5	1,70	1,44	1,64
Río Corralitos	3	1,58	1,09	2,01
Río San Pablín	4	1,65	1,15	1,54
Quebrada Casas Viejas	3	1,75	1,09	1,81
Río Cardenillo	4	1,63	1,17	1,71
Río Mortiño	5	1,97	1,16	1,73



|| Figura 3.13 Orden de los cauces de la microcuenca Río Lagunillas ||

Los resultados indican un orden mayor (5) para las microcuencas de los Ríos Cóncavo y Mortiño; intermedio (4) para Lagunillas, San Pablín y Cardenillo; y un orden más bajo (3) para Corralitos y Casas Viejas. Este parámetro es un indicador asociado con la magnitud del caudal que transporta la corriente y al tamaño de la sección transversal, también relacionado

con la longitud total de las corrientes y la densidad de drenaje.

Se puede considerar que las microcuencas de la zona de estudio poseen una densidad de drenaje moderada entre 0,5 y 3,5 km/km². La microcuenca con mayor densidad de drenaje es la del Río Mortiño con 1,97 km/km², seguida por la microcuenca quebrada Casas

Viejas con 1,75 km/km². Las microcuencas con menor densidad de drenaje son las de los Ríos Lagunillas y Corralitos, con 1,45 y 1,58 km/km², respectivamente.

En general, las microcuencas analizadas (sin tener en cuenta otros factores del medio físico) tendrán una moderada respuesta hidrológica ante una tormenta, evacuando la escorrentía directa en un tiempo intermedio. Los resultados mencionados anteriormente son consistentes con los obtenidos para los índices y factores relacionados con la forma de las microcuencas.

Se puede considerar que las microcuencas de la zona de estudio poseen una densidad de drenaje moderada entre 0,5 y 3,5 km/km². La microcuenca con mayor densidad de drenaje es la del Río Mortiño con 1,97 km/km², seguida por la microcuenca quebrada Casas Viejas con 1,75 km/km². Las microcuencas con menor densidad de drenaje son las de los ríos Lagunillas y Corralitos, con 1,45 y 1,58 km/km², respectivamente (ver Tabla 3.8).

Según la clasificación de Schumm (1963), con respecto al índice de sinuosidad, la corriente principal de las microcuencas de los Ríos Lagunillas, Mortiño, Corralitos, San Pablín, Casas Viejas y Cardenillo pueden clasificarse a partir de los resultados obtenidos como canales rectilíneos con valores entre 1 y 1,2 (ver Tabla 3.8). Por otro lado, la microcuenca del Río Cóncavo se clasifica como canal transicional con valores entre 1,2 a 1,5.

Los resultados permiten afirmar que la sinuosidad en las microcuencas estudiadas en la Cuenca Alta del Río Nevado es acorde con valores típicos de ríos de montaña (alta montaña, con altas pendientes y altas velocidades de escorrentía superficial). No obstante, la mayoría de los cauces presentan índices cercanos a uno (1), indicando la presencia de canales rectos.

Como se evidenció en la tabla anterior, las magnitudes obtenidas para las diferentes microcuencas con relación al coeficiente de torrencialidad son bajas, con un promedio de 1,72, lo cual indica una baja susceptibilidad a la erosión lineal, así como tiempos de concentración o de respuesta hidrológica moderados.

3.1.8 Caracterización hidroclimatológica

La posición geográfica del departamento de Boyacá, el cual se encuentra en la Región Andina, y sus características topográficas y de altitud, ejercen una gran influencia en la variabilidad climática regional, reflejadas también en la zona de estudio. La climatología general para las microcuencas es abordada para parámetros como: precipitación, temperatura caudal, evapotranspiración, humedad relativa, tensión de vapor, temperatura de punto de rocío, brillo solar, velocidad del viento, precipitación máxima en 24 horas y número de días promedio con lluvia. En la Figura 3.14 se puede observar el mapa de las estaciones involucradas en este análisis y en la Tabla 3.9 información general de las mismas.

|| Tabla 3.9 Estaciones empleadas en la caracterización hidroclimatológica ||

NOMBRE	CATEGORÍA	CORRIENTE	MUNICIPIO	ALTITUD (m)
El Cocuy	PM	Nevado	El Cocuy	2.749
El Mortino	PM	Mortino	El Cocuy	3.409
Güicán	CO	Nevado	Güicán	2.963
Sierra Nevada Cocuy	CO	Qda. Lagunillas	Güicán	3.716
El Espino Automática	CP	Nevado	El Espino	3.510
Nevado del Cocuy	CP	Chicamocha	Güicán	4.676
Güicán	LG	Nevado	Güicán	2.827
San Luis	LM	Nevado	Güicán	2.550
Laguna La Plaza	CP	Aguablanca	Saravena	4.378

Tabla 3.10 Promedios mensuales multianuales de precipitación (mm)

No.	ESTACIÓN	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SEP.	OCT.	NOV.	DIC.
1	El Cocuy	17,5	39,3	69,4	108,5	116,4	68,7	65,5	67,1	75	108,2	100,3	47,7
2	El Mortiño	27,1	34,6	74,3	125,6	132	89,7	77,6	83,6	84,6	120,2	109,5	51,6
3	PTM. Güicán	27,6	46,1	83,9	140,1	146,3	90,4	77,8	91,3	97,6	133,2	108,8	46,2
4	PTM. Sierra Nevada Cocuy	19,2	38,8	66,3	97,3	117,8	86	74,4	77,4	87,6	114,4	98,8	46,6

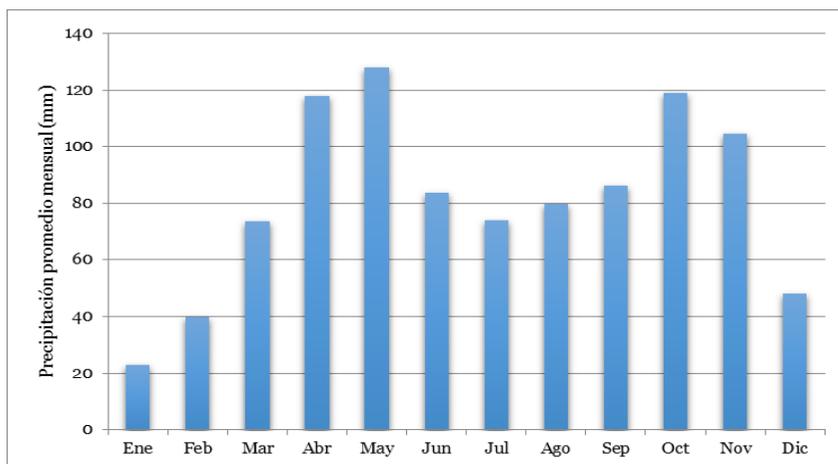


Figura 3.15 Precipitación media mensual en la zona de estudio, 1974-2016

3.1.8.2 Precipitación anual

La precipitación media anual (promedio aritmético) para el periodo de tiempo comprendido entre los años 1991 y 2016 es de 976,9 mm, obtenida a partir de las cuatro (4) estaciones analizadas anteriormente. En la Tabla 3.11 y la Figura 3.16 son presentados los valores totales anuales de precipitación. Sobresalen por su mayor magnitud de precipitación las estaciones Güicán y Mortiño, mayores a 1.000 mm; mientras que las

estaciones El Cocuy y Sierra Nevada Cocuy, se encuentran por debajo de este umbral.

Tabla 3.11 Precipitación media anual (mm).

No.	ESTACIÓN	ANUAL
1	El Cocuy	883,5
2	El Mortiño	1010,4
3	Güicán	1089,2
4	Sierra Nevada Cocuy	924,6

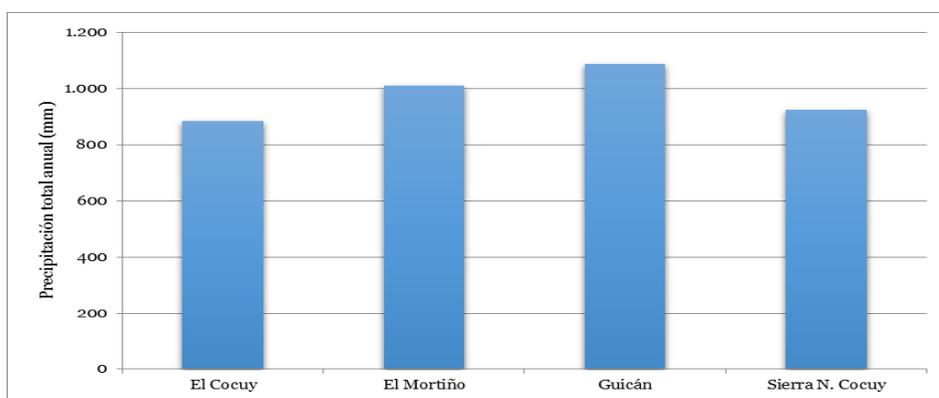


Figura 3.16 Precipitación total media anual (1991-2016)

La Tabla 3.12 muestra los valores de precipitación promedio anual registrada en las cuatro estaciones durante el período de tiempo (1991-2016), el área aferente a cada una de ellas y el resultado de la ponderación de la precipitación con el área.

La estimación realizada para la zona de estudio permitió obtener una precipitación media anual de 986,5 mm, similar en orden de magnitud a la obtenida con el promedio aritmético y reportada anteriormente como 976,9 mm, lo cual indica que la precipitación media anual areal es cercana a los 1.000 mm.

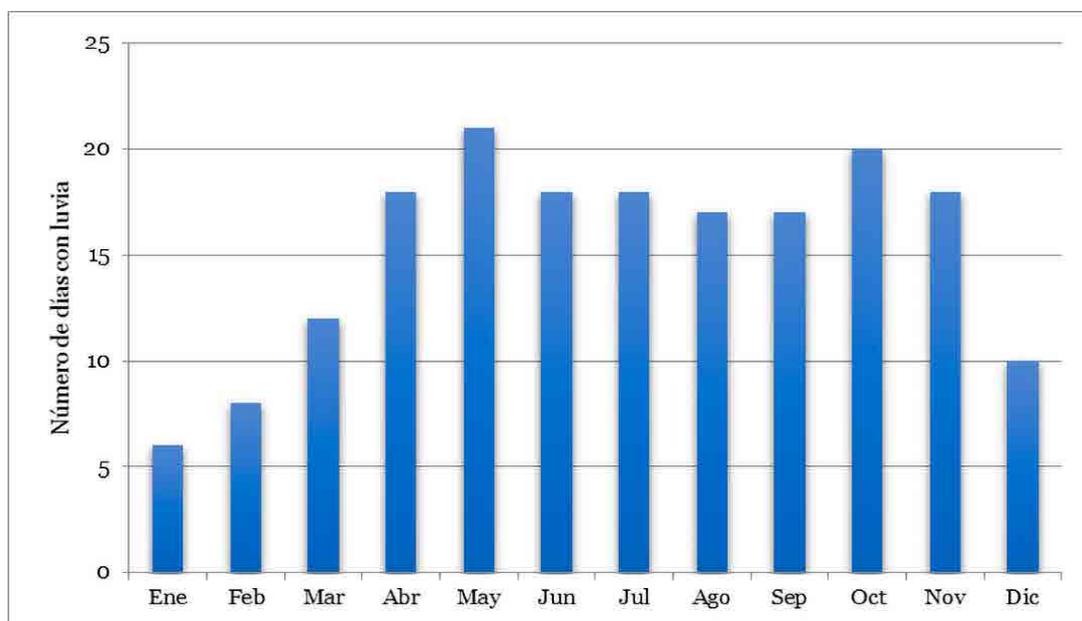
|| Tabla 3.12 Cálculo de la precipitación media anual (Polígonos de Thiessen) ||

ESTACIÓN	PRECIPITACIÓN PROMEDIO ANUAL (mm)	ÁREA (km ²)	PRECIPITACIÓN MEDIA EN LA CUENCA (mm)
El Cocuy	883,5	11,2	986,5
El Mortiño	1.010,4	21,6	
Güicán	1.089,2	100,5	
Sierra Nevada Cocuy	924,6	156,7	

3.1.8.3 Número de días con lluvia

El número promedio mensual de días con lluvia en las estaciones del área oscila entre 6 y 21 días, destacándose el mes de abril y mayo en la primera temporada lluviosa de año, y los meses de octubre y noviembre en la segunda. Por otra parte, durante la primera temporada invernal sobresale el mes de mayo con 21 días y en la segunda el mes de octubre con 20 días, respectivamente.

Puede observarse un comportamiento bimodal no acentuado, y uniforme durante los meses de mitad de año (ver Figura 3.17). Por otra parte, los meses que registran mayor número de días con lluvia van desde marzo hasta noviembre. En lo que respecta a los meses con menor número de días, se encuentran enero y febrero, con promedio por debajo de diez (10) días, seguidos por el mes de diciembre con diez (10) días.



|| Figura 3.17 Promedio mensual de número de días con lluvia 1991-2016 (mm) ||

3.1.8.4 Caudal

El caudal fue analizado a partir de las dos estaciones hidrométricas existentes en la zona de estudio, San Luis y Güicán. Dichas estaciones han monitoreado el caudal durante períodos de tiempo considerables, siendo imprescindible incorporar la totalidad de registros, aun cuando la cantidad sea mayor en una de las dos.

Inicialmente fue considerado el período de tiempo común 1974-2010, y posteriormente el período de registro individual de cada estación: San Luis, 1974 -2012; y Güicán, 1956 -2010, respectivamente.

Esta variable de gran importancia para este proyecto de investigación presenta un régimen bimodal acentuado en las dos estaciones analizadas, indicando que los caudales poseen una mayor magnitud durante los meses de abril,

mayo y junio, durante la primera temporada de lluvias del año; mientras para la segunda temporada, los máximos corresponden con los meses de julio, septiembre, octubre y noviembre (Figura 3.18 a 3.21).

Sobresalen meses como enero y febrero con los caudales medios más bajos del año, seguidos por los de marzo, diciembre y agosto. A nivel general el comportamiento estacional (anual) de la variable es similar en las dos estaciones analizadas.

En las Figuras 3.20 y 3.21 son presentadas las series completas de caudal medio mensual registradas en las dos estaciones hidrométricas estudiadas, en las cuales también es evidente la influencia de la variabilidad climática a través de fenómenos macroclimáticos a nivel estacional (ZCIT) e interanual (ENSO, El Niño y La Niña).

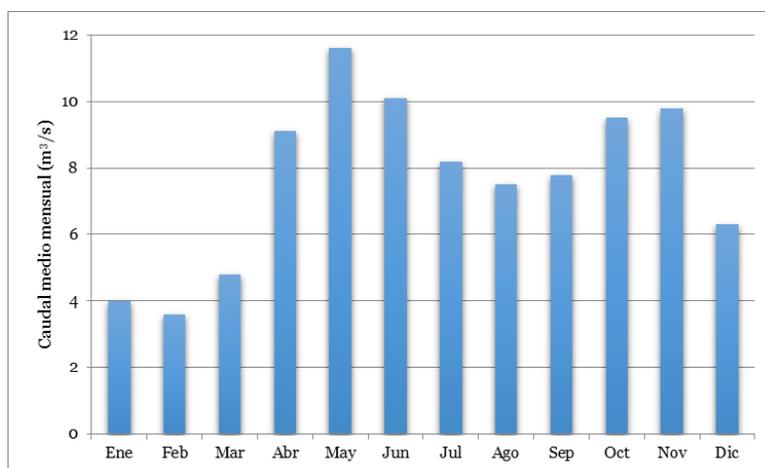


Figura 3.18 Caudal medio mensual multianual estación S. Luis (1974-2012)

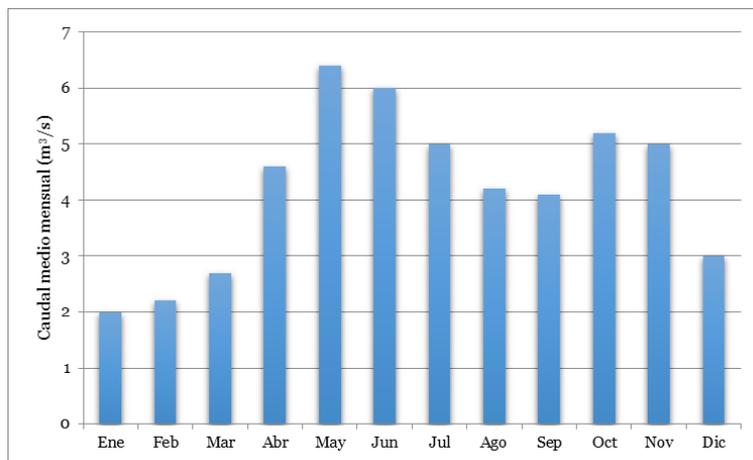


Figura 3.19 Caudal medio mensual multianual estación Güicán (1956-2010)

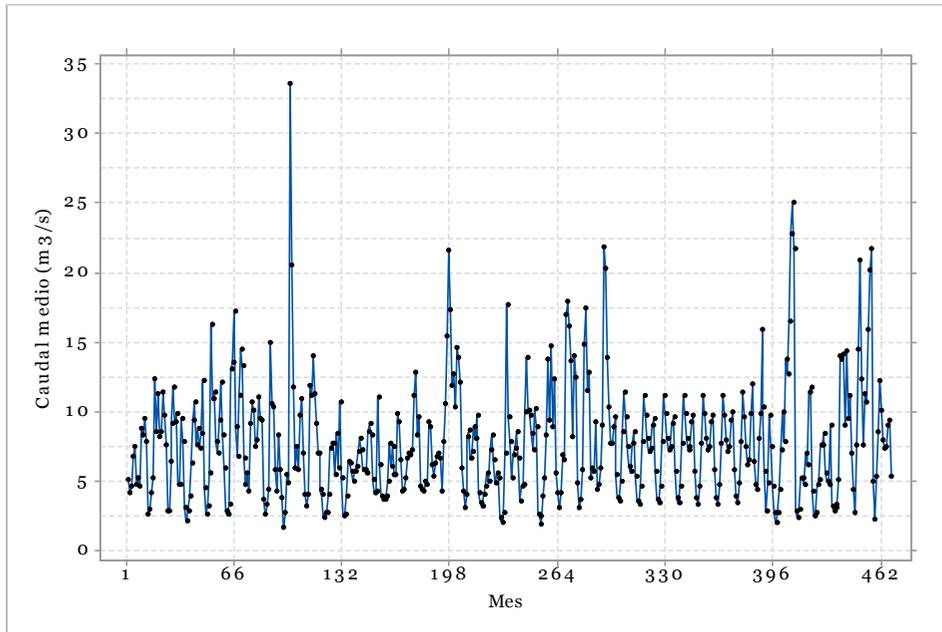


Figura 3.20 Caudal medio mensual estación San Luis (1974-2012)

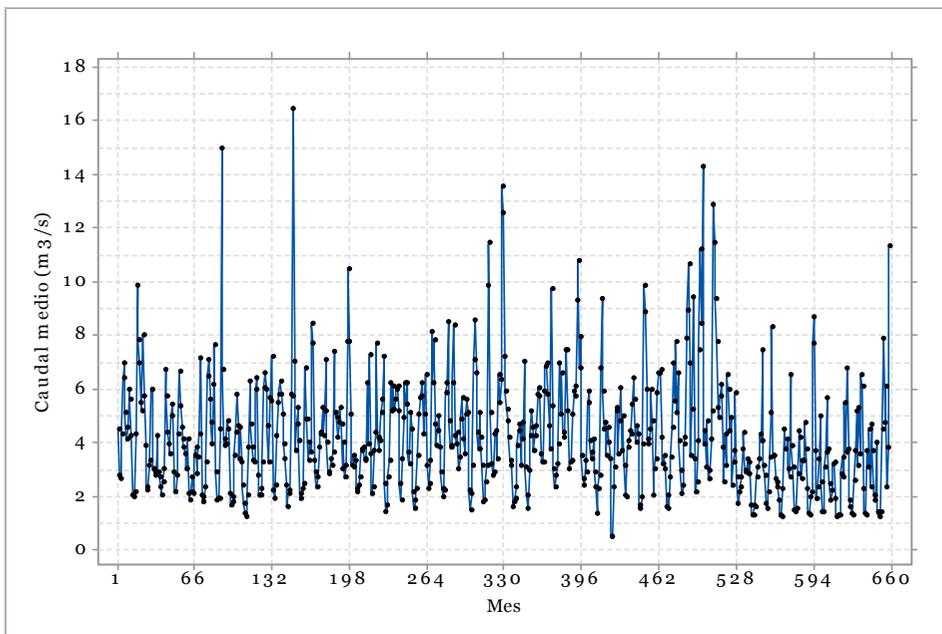


Figura 3.21 Caudal medio mensual estación Güicán (1956-2010)

3.1.8.5 Evaporación

La evaporación fue analizada durante el periodo de tiempo comprendido entre 1991-2016 en las estaciones Güicán y Sierra Nevada. Esta variable presenta una mayor magnitud

durante los meses tradicionalmente más secos (enero, febrero, marzo, diciembre) y de menor magnitud durante los meses de temporadas de lluvias correspondientes a los dos semestres del año (ver Figura 3.22)

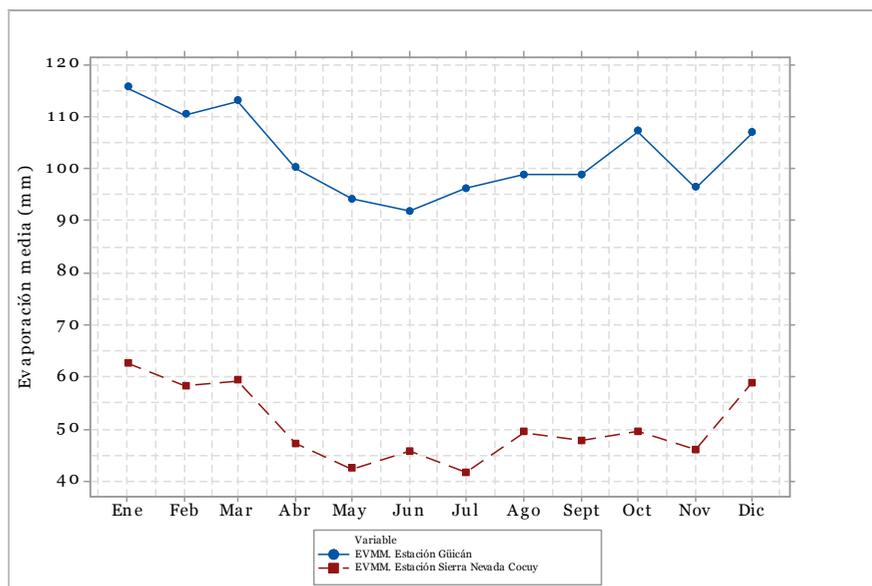


Figura 3.22 Evaporación media mensual (1991-2016)

La variable presenta una media anual de 1.228,8 mm en la estación Güicán y 604,1 mm en la Estación Sierra Nevada Cocuy. La magnitud registrada evidencia una diferencia significativa en las dos estaciones de medición, atribuible a la ubicación geográfica y en especial a la altitud.

Estos resultados permiten inferir que la parte baja de las microcuencas del Río Lagunillas y Cóncavo, y la parte alta de la microcuenca del río Mortiño, presentan una mayor magnitud de evaporación que la registrada cerca a la parte baja de la microcuenca del Río Cardenillo.

3.1.9 Estimación de oferta hídrica

Los resultados obtenidos incluyen los aforos realizados en las diferentes microcuencas, la modelación hidrológica, la estimación del caudal ecológico, y la estimación de la oferta hídrica neta.

3.1.9.1 Aforo de Caudal

Las mediciones de caudal o aforo en las corrientes fueron realizadas por vadeo, mediante el empleo del método de la sección media, con el equipo OTTMFPRO.

Las mediciones se efectuaron en puntos preseleccionados a la salida de las microcuencas de los Ríos Cardenillo, Corralitos, San Pablín, Cóncavo, Lagunillas y de las quebradas Casas Viejas y Agua Blanca (Río Mortiño).

En la Tabla 3.13 se presentan los resultados de los aforos de caudal. La microcuenca con mayor caudal puntual corresponde a la del río Cardenillo, seguido por los Ríos Cóncavo, Lagunillas, San Pablín, Corralitos, Quebrada Agua Blanca y la Quebrada Casas Viejas, respectivamente.

|| Tabla 3.13 Resultados de aforo de caudal en las microcuencas ||

Nº	MICROCUENCA	ANCHO DE LA CORRIENTE (m)	PROFUNDIDAD MEDIA (m)	ÁREA TOTAL (m ²)	CAUDAL (m ³ /s)	FECHA
1	Río Cardenillo	8,60	0,25	2,19	1,649	9/4/2018
2	Quebrada Casas Viejas	3,80	0,12	0,47	0,283	9/4/2018
3	Río San Pablín	5,65	0,25	1,43	0,923	10/4/2018
4	Río Corralitos	5,80	0,21	1,22	0,346	10/4/2018
5	Río Lagunillas	5,80	0,41	2,36	1,316	11/4/2018
6	Río Cóncavo	7,40	0,29	2,17	1,479	11/4/2018
7	Quebrada Agua Blanca (Río Mortiño)	5,88	0,10	0,60	0,338	12/4/2018

Resalta la consistencia de la magnitud de los caudales obtenidos en los aforos versus los resultados presentados en el Esquema de Ordenamiento Territorial del Municipio de Güicán (Alcaldía Municipal de Güicán, 2000) obtenidos del IDEAM. Al comparar la magnitud de los caudales aforados, agrupados de la forma mencionada anteriormente, con los resultados presentados en el EOT, es claramente identificable la correspondencia directa con los valores medios mensuales multianuales registrados para los meses de abril y mayo, en las estaciones limnimétricas Güicán y San Luis, operadas por el IDEAM.

3.1.9.2 Balance hidrológico simple

Este método es tradicionalmente empleado con fines de estimación de oferta hídrica a largo plazo, aceptable para la zona de estudio en su conjunto (área mayor a 250 km²). El

balance hidrológico de largo plazo empleado es definido como un balance simple en el cual fue incluida la precipitación como variable de entrada y la evapotranspiración como variable de salida con el objeto de establecer la oferta hídrica anual y servir como comparación con los resultados anuales del empleo del modelo lluvia escorrentía más elaborado.

Los registros de precipitación (1991-2015) y los respectivos polígonos de Thiessen fueron empleados para obtener la precipitación media mensual. En las Tabla 3.14 son mostrados los valores medios de precipitación mensual para las diferentes zonas de análisis (microcuencas, intercuenca y área completa de estudio). Para propósitos de análisis y su correspondencia entre modelos hidrológicos las zonas de intercuenca son identificadas desde uno (1) hasta seis (6).

|| Tabla 3.14 Precipitación media mensual en las zonas de análisis (mm) ||

No.	MICROCUENCA	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SEP.	OCT.	NOV.	DIC.
1	Río Lagunillas	19,2	38,8	66,3	97,3	117,8	86,0	74,4	77,4	87,6	114,4	98,8	46,6
2	Río Cóncavo	19,2	38,8	66,3	97,3	117,8	86,0	74,4	77,4	87,6	114,4	98,8	46,6
3	Río Corralitos	19,2	38,8	66,3	97,3	117,8	86,0	74,4	77,4	87,6	114,4	98,8	46,6
4	Río San Pablín	21,9	41,1	71,9	111,0	126,9	87,4	75,5	81,8	90,8	120,4	102,0	46,5
5	Quebrada Casas Viejas	27,6	46,1	83,9	140,1	146,3	90,4	77,8	91,3	97,6	133,2	108,8	46,2
6	Río Cardenillo	27,6	46,1	83,9	140,1	146,3	90,4	77,8	91,3	97,6	133,2	108,8	46,2
7	Río Mortiño	22,6	37,0	69,9	110,1	123,9	86,9	75,4	79,7	85,7	116,6	103,5	48,8
8	Zona 1	27,6	46,1	83,9	140,1	146,3	90,4	77,8	91,3	97,6	133,2	108,8	46,2
9	Zona 2	27,6	46,1	83,9	140,1	146,3	90,4	77,8	91,3	97,6	133,2	108,8	46,2
10	Zona 3	27,6	46,1	83,9	140,0	146,2	90,4	77,8	91,3	97,6	133,2	108,8	46,2

No.	MICROCUENCA	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SEP.	OCT.	NOV.	DIC.
11	Zona 4	27,6	46,1	83,9	140,1	146,3	90,4	77,8	91,3	97,6	133,2	108,8	46,2
12	Zona 5	22,2	41,5	72,6	112,5	128,1	87,8	75,8	82,5	91,3	121,3	102,6	46,6
13	Zona 6	22,7	41,9	73,7	115,3	129,8	87,9	75,8	83,2	91,8	122,3	103,0	46,4
14	Zona de estudio completa	22,8	41,1	73,3	115,0	129,1	87,7	75,8	82,8	90,8	121,5	103,3	46,9

En la Tabla 3.15 puede observarse la evapotranspiración real (1991-2015) obtenida a partir de las mediciones de evaporación potencial del IDEAM (1991-2015) en las estaciones Güicán y Sierra Nevada del Cocuy.

Estos resultados fueron ajustados de acuerdo con la aplicación de coeficientes de cultivo de asociados al uso de suelo y cobertura vegetal actual de la zona de estudio.

|| Tabla 3.15 Evapotranspiración real media mensual en las zonas de análisis (mm) ||

No.	MICROCUENCA	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SEP.	OCT.	NOV.	DIC.
1	Río Lagunillas	41,1	38,2	38,9	30,9	27,8	30	27,3	32,4	31,3	32,5	30,2	38,6
2	Río Cóncavo	41,1	38,2	38,9	30,9	27,8	30	27,3	32,4	31,3	32,5	30,2	38,6
3	Río Corralitos	41,1	38,2	38,9	30,9	27,8	30	27,3	32,4	31,3	32,5	30,2	38,6
4	Río San Pablín	51,3	48,4	49,3	41,3	38	39	38	42	41,3	43,8	40	47,9
5	Quebrada Casas Viejas	73,3	70	71,7	63,5	59,7	58,2	61	62,7	62,7	67,9	61,1	67,7
6	Río Cardenillo	73,3	70	71,7	63,5	59,7	58,2	61	62,7	62,7	67,9	61,1	67,7
7	Río Mortiño	41,1	38,2	38,9	30,9	27,8	30	27,3	32,4	31,3	32,5	30,2	38,6
8	Zona 1	73,3	70	71,7	63,5	59,7	58,2	61	62,7	62,7	67,9	61,1	67,7
9	Zona 2	73,3	70	71,7	63,5	59,7	58,2	61	62,7	62,7	67,9	61,1	67,7
10	Zona 3	73,2	69,9	71,6	63,4	59,6	58,1	60,8	62,6	62,6	67,8	61	67,6
11	Zona 4	73,3	70	71,7	63,5	59,7	58,2	61	62,7	62,7	67,9	61,1	67,7
12	Zona 5	52,4	49,4	50,4	42,4	39	39,9	39,1	43	42,3	44,9	41	48,9
13	Zona 6	54,6	51,6	52,7	44,6	41,2	41,8	41,4	45,1	44,5	47,4	43,1	50,9
14	Nevado completo	52,6	49,6	50,6	42,6	39,2	40,1	39,3	43,2	42,5	45,1	41,2	49,1

Los resultados del balance hidrológico son presentados en la Tabla 3.16. Estos evidencian el estado de déficit y superávit en términos

hidrológicos para meses particulares del año promedio.

|| Tabla 3.16 Resultados balance hídrico simple en las zonas de análisis (mm) ||

No.	MICROCUECNA	ÁREA (km ²)	ESCORRENTÍA (mm)	OFERTA HÍDRICA (m ³)
1	Río Lagunillas	32,82	525,4	17.243.628
2	Río Cóncavo	51,98	525,4	27.310.292
3	Río Corralitos	15,39	525,4	8.085.906
4	Río San Pablín	33,06	456,9	15.105.114
5	Quebrada Casas Viejas	8,84	309,8	2.738.632
6	Río Cardenillo	52,73	309,8	16.335.754
7	Río Mortiño	49,04	560,8	27.501.632
8	Zona 1	0,277	309,8	85.815
9	Zona 2	12,701	309,8	3.934.770
10	Zona 3	11,46	310,9	3.562.914
11	Zona 4	0,0108	309,8	3.346
12	Zona 5	1,04	452,1	470.184
13	Zona 6	5	434,9	2.174.500
14	Nevado completo	274,35	455,1	124.856.139

Los meses con déficit son claramente identificables y consistentes con la caracterización hidrológica, estos son: diciembre, enero y febrero, los cuales corresponden a los meses con menor precipitación y menor caudal durante el año promedio. Meses como junio, julio y agosto correspondientes a la temporada seca de mitad de año, presentan magnitudes de superávit, así como también los meses de transición y los meses de mayor precipitación durante las dos temporadas de lluvias del año.

3.1.9.3 Modelo lluvia-escorrentía (HEC-HMS)

El modelo, HEC HMS fue desarrollado por el Hydrologic Engineering Center (HEC) - United States Corps of Engineers. Esta herramienta fue diseñada para simular la escorrentía superficial de una cuenca como respuesta a la precipitación mediante la representación de la misma como un sistema interconectado de componentes hidrológicos e hidráulicos, cada

uno de las cuales refleja un aspecto del proceso precipitación-escorrentía dentro de cada subcuenca, a partir de variables y parámetros físicos e hidrológicos. La robusta herramienta mencionada, de amplio uso a nivel mundial, fue implementada para la simulación hidrológica lluvia-escorrentía en este proyecto.

Fueron construidos dos modelos separados de cuenca en la herramienta computacional, uno para la Cuenca Alta del Río Nevado y el otro para la microcuenca del río Mortiño (ver Figura 3.23). El primer modelo para representar la Cuenca Alta del Río Nevado, conformada por las microcuencas de los Ríos Lagunillas, Cóncavo, Corralitos, San Pablín Cardenillo y la Quebrada Casas Viejas; y el segundo, para representar la Microcuenca del Río Mortiño. En la Figura 3.24 es presentada la información espacial empleada para la estimación del número de curva, correspondiente al uso de suelo y cobertura vegetal y los suelos (ver Tabla 3.17) de la zona de estudio.

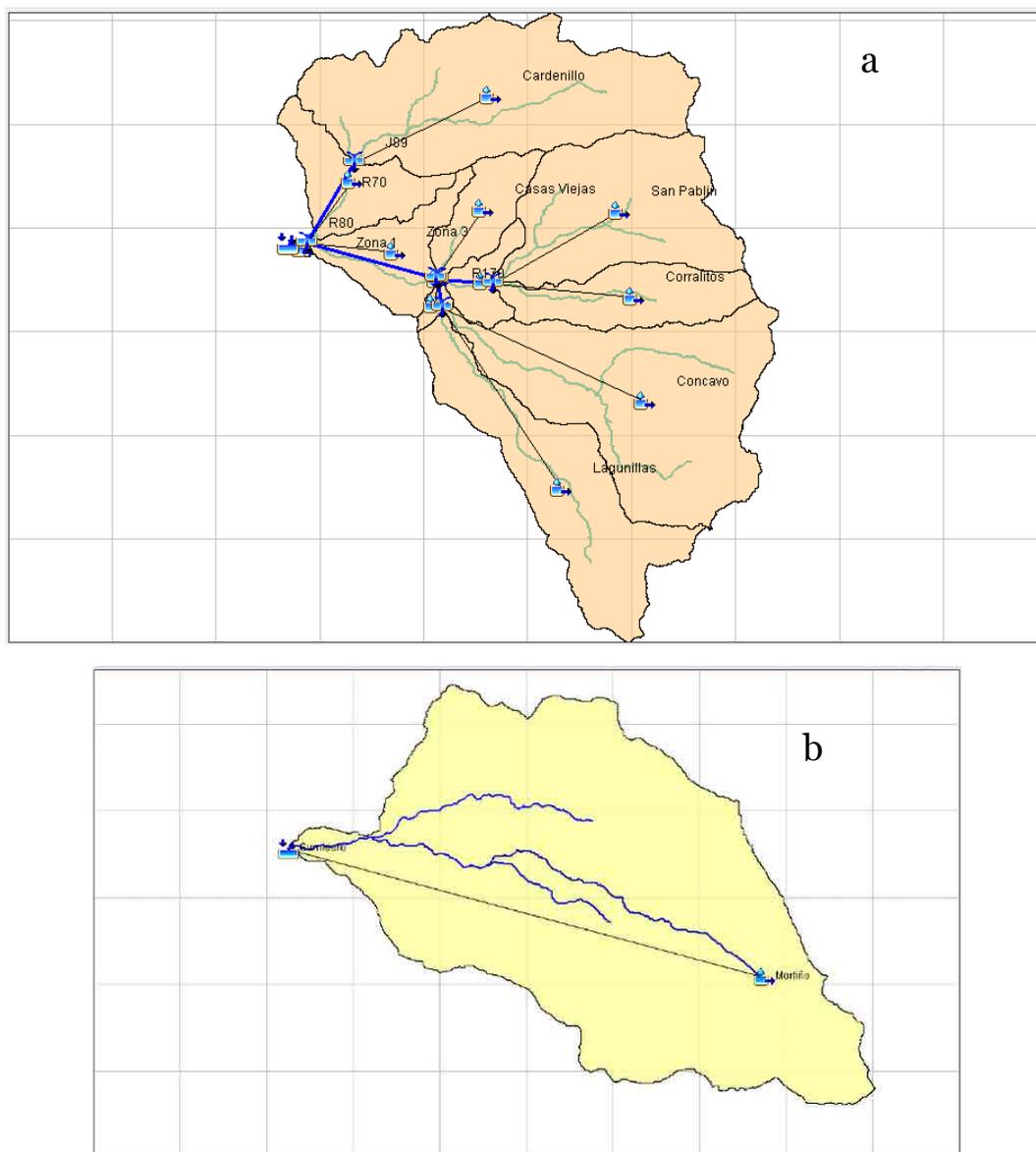


Figura 3.23 Representación esquemática de los modelos construidos en HEC-HMS. a) Cuenca Alta del Río Nevado. b) Microcuenca del Río Mortiño

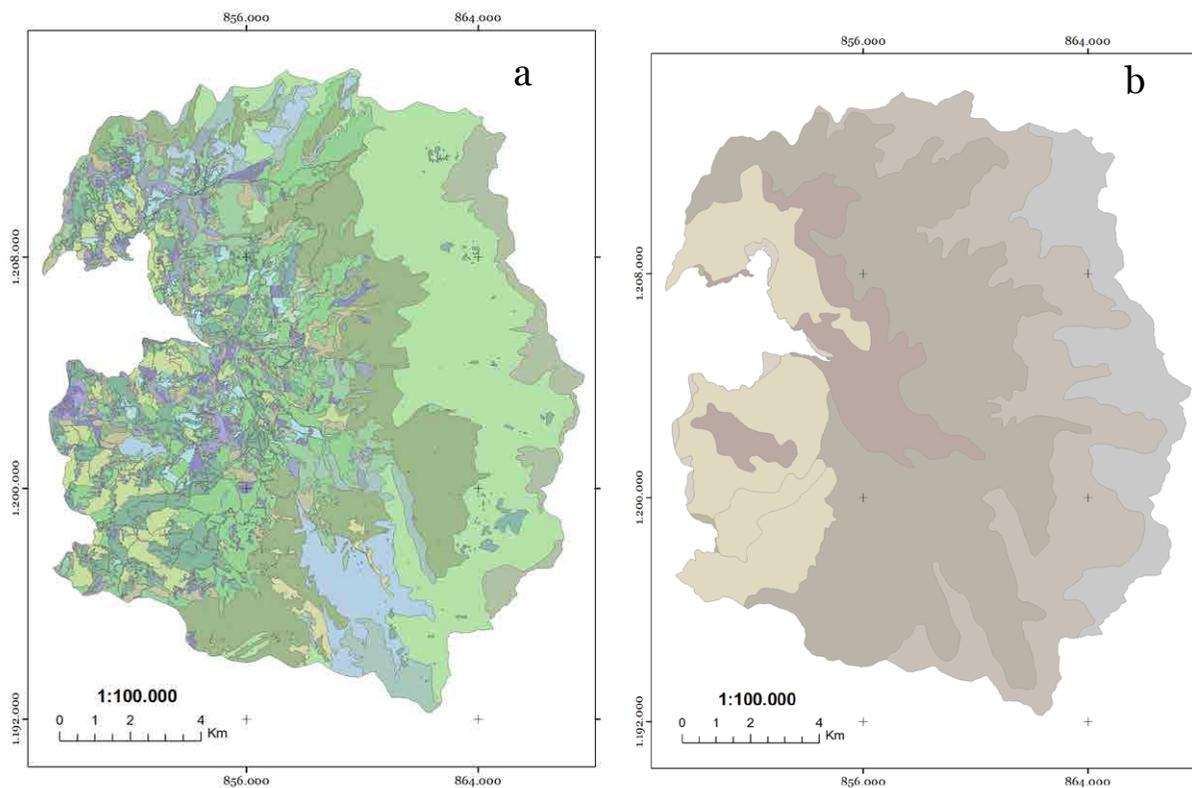


Figura 3.24 Mapas de uso de suelo y cobertura vegetal (a) y suelos (b) empleados en el modelo hidrológico HEC-HMS

|| Tabla 3.17 Categorías de suelos y rocas empleados en el modelo hidrológico ||

MATERIAL PARENTAL	ÁREA (km ²)
Depósitos superficiales de ceniza volcánica sobre rocas sedimentarias clásticas mixtas	47,6
Rocas sedimentarias clásticas arenosas con intercalaciones de limoarcillosas	27,2
Rocas sedimentarias clásticas arenosas con intercalaciones de limoarcillosas con capas discontinuas de ceniza volcánica	0,3
Rocas sedimentarias clásticas arenosas intercaladas con lutitas y calizas biodetríticas	34,2
Rocas sedimentarias clásticas mixtas y depósitos superficiales clásticos hidrogravigénicos	65,3
Rocas sedimentarias clásticas mixtas y localmente rocas ígneas	2,0
Rocas sedimentarias clásticas arenosas con intercalaciones de limoarcillosas	114,2

Los números de curva estimados son indicados en la Tabla 3.18 y los parámetros específicos de importancia en la respuesta hidrológica

de las microcuencas y zonas de análisis son presentados en la Tabla 3.19

|| Tabla 3.18 Número de curva ponderado para las diferentes zonas de análisis ||

MICROCUENCA	NÚMERO DE CURVA (CN)
Lagunillas	76,95
Concavo	79,72
Corralitos	81,38
San Pablín	80,67
Casas Viejas	73,09
Cardenillo	77,85
Mortiño	77,55
Zona 2	74,59
Zona 3	72,10
Zona 4	61,58
Zona 5	63,80
Zona 6	69,20

|| Tabla 3.19 Parámetros morfométricos y de tránsito de caudales ||

MICROCUENCA	LONGITUD (km)	PENDIENTE (m/m)	TIEMPO DE CONCENTRACIÓN (horas)	TIEMPO DE RETARDO (horas)	TIEMPO DE RETARDO (min)
Lagunillas	16,41	0,07	4,17	2,50	75,0
Cóncavo	17,43	0,115	3,97	2,38	71,5
Corralitos	10,88	0,171	2,57	1,54	46,3
San Pablín	10,94	0,158	2,62	1,57	47,2
Casas Viejas	6,88	0,189	1,78	1,07	32,1
Cardenillo	15,2	0,14	3,45	2,07	62,1
Mortiño	13,14	0,127	3,14	1,89	56,6
Zona 2	7,71	0,182	1,96	1,17	35,2
Zona 3	8,58	0,187	2,11	1,27	38,0
Zona 6	4,8	0,204	1,34	0,80	24,1
Zona 4	0,26	0,242	0,14	0,08	2,5
Zona 5	2,43	0,24	0,77	0,46	13,9
Zona 1	1,1	0,213	0,43	0,26	7,8

La metodología incluyó la aplicación del método de número de curva (CN) propuesto por el Servicio de Conservación de Suelos de los Estados Unidos (USGS) para estimación de abstracciones (pérdidas). El modelo lluvia escorrentía fue parametrizado con el objetivo de generar caudal promedio mensual para el ciclo anual (estacional) de largo plazo por medio de la modelación continua a partir de información climatológica (lluvia y evaporación) e

información física (tipo de suelo, uso del suelo, características morfométricas y datos geográficos) del área de captación de la fuente.

Una vez corrido el modelo lluvia-escorrentía fue obtenida la oferta hídrica media a nivel mensual, la cual es presentada en unidades de caudal (Tabla 3.20).

|| Tabla 3.20 Caudal medio mensual estimado (m³/s) ||

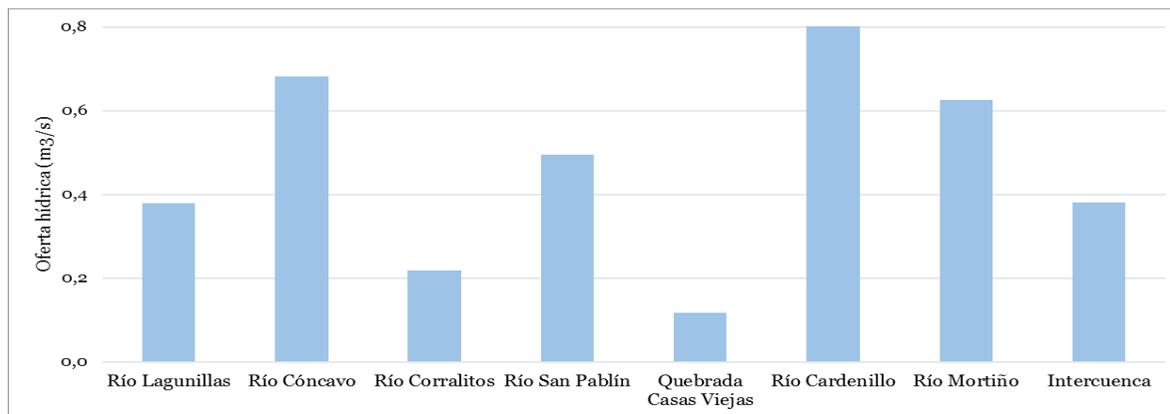
No.	MICROCUENCA	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SEP.	OCT.	NOV.	DIC.
1	Río Lagunillas	0,0024	0,0703	0,2591	0,5383	0,7444	0,4309	0,3269	0,3531	0,4458	0,7093	0,5528	0,1155
2	Río Cóncavo	0,0110	0,1482	0,4837	0,9576	1,3005	0,7771	0,6004	0,6451	0,8022	1,2425	0,9820	0,2310
3	Río Corralitos	0,0052	0,0515	0,1575	0,3033	0,4077	0,2481	0,1937	0,2076	0,2558	0,3901	0,3108	0,0781
4	Río San Pablín	0,0168	0,1184	0,3760	0,7775	0,9538	0,5288	0,4103	0,4727	0,5635	0,8815	0,6810	0,1569
5	Quebrada Casas Viejas	0,0026	0,0212	0,0914	0,2340	0,2512	0,1062	0,0781	0,1082	0,1232	0,2150	0,1508	0,0213
6	Río Cardenillo	0,0409	0,1953	0,6907	1,6203	1,7300	0,7899	0,6003	0,8040	0,9030	1,4993	1,0847	0,1963
7	Río Mortiño	0,0144	0,0980	0,4480	1,0198	1,2356	0,6773	0,5199	0,5772	0,6612	1,1214	0,9197	0,2047
8	Zona 1	0,0001	0,0007	0,0029	0,0074	0,0079	0,0033	0,0025	0,0034	0,0039	0,0068	0,0047	0,0007
9	Zona 2	0,0054	0,0353	0,1420	0,3531	0,3784	0,1641	0,1220	0,1672	0,1894	0,3253	0,2305	0,0355
10	Zona 3	0,0026	0,0247	0,1121	0,2926	0,3148	0,1309	0,0955	0,1334	0,1523	0,2688	0,1873	0,0249
11	Zona 4	0,0000	0,0000	0,0001	0,0002	0,0002	0,0001	0,0000	0,0001	0,0001	0,0002	0,0001	0,0000
12	Zona 5	0,0000	0,0004	0,0041	0,0123	0,0161	0,0068	0,0046	0,0058	0,0075	0,0144	0,0100	0,0008
13	Zona 6	0,0000	0,0054	0,0307	0,0805	0,1006	0,0460	0,0329	0,0408	0,0507	0,0901	0,0644	0,0080
14	Nevado total	0,1100	0,8489	2,9723	6,5472	7,8491	4,0884	3,1207	3,7200	4,4238	7,1377	5,3882	1,0996

La oferta hídrica obtenida con este modelo hidrológico a nivel medio anual es sintetizada en la Tabla 3.21.

|| Tabla 3.21 Oferta hídrica superficial media anual ||

MICROCUENCA	ÁREA (km ²)	OFERTA (m ³ /s)	OFERTA (m ³)
Río Lagunillas	32,82	0,379	11.954.343
Río Cóncavo	51,98	0,682	21.500.812
Río Corralitos	15,39	0,217	6.858.160
Río San Pablín	33,06	0,495	15.602.837
Quebrada Casas Viejas	8,84	0,117	3.687.735
Río Cardenillo	52,73	0,846	26.686.807
Río Mortiño	49,04	0,625	19.702.985
Intercuenca	30,49	0,381	116.049
Zona de estudio	274,3	3,94	124.320.157

En unidades de caudal volumétrico en la Figura 3.25 son presentados los resultados medios anuales para las diferentes zonas de análisis.



|| Figura 3.25 Oferta hídrica media anual por microcuenca (m³/s) ||

La Tabla 3.22 presenta la comparación de los resultados obtenidos con los dos modelos matemáticos hidrológicos. Debe resaltarse la consistencia de los resultados a nivel anual

para la zona de estudio, lo cual da validez a los resultados obtenidos a través del modelo HEC-HMS, permitiendo una mayor resolución temporal a escala estacional (mensual).

|| Tabla 3.22 Comparación anual de resultados con los dos tipos de modelos ||

MICROCUECNA	OFERTA BALANCE HIDROLÓGICO			OFERTA MODELO HEC-HMS		
	mm	m³/s	m³	mm	m³/s	m³
Río Lagunillas	525,4	0,547	17.243.628	359,3	0,379	11.954.343
Río Cóncavo	525,4	0,866	27.310.292	408	0,682	21.500.812
Río Corralitos	525,4	0,256	8.085.906	439,5	0,217	6.858.160
Río San Pablín	456,9	0,479	15.105.114	465,6	0,495	15.602.837
Quebrada Casas Viejas	309,8	0,087	2.738.632	411,5	0,117	3.687.735
Río Cardenillo	309,8	0,518	16.335.754	499,2	0,846	26.686.807
Río Mortiño	560,8	0,872	27.501.632	396,3	0,625	19.702.985
Intercuenca	354,6	0,0102	322.661	328,5	0,381	116.049
Zona de estudio	455,1	3,959	124.856.139	446,9	3,94	124.320.157

3.1.9.4 Oferta hídrica glaciar

Fue propuesta una metodología particular planteada para la estimación del aporte glaciar por fusión considerando los aforos realizados por IDEAM en julio de 2010 en el periglaciario y zonas de páramo de varias microcuenca (Cardenillo, Lagunillas y Playitas como afluente de San Pablín), a partir de los cuales ellos establecieron que los glaciares de la Sierra Nevada del Cocuy aportan al sistema hídrico del Río Nevado, entre el 14.9% y el 16.7% de la escorrentía superficial.

Evaluando el grado de correlación y dependencia entre diferentes variables hidroclimatológicas con el área de retroceso glaciar anual, fue posible establecer una fuerte relación con la precipitación, así como de esta última con el número de días con lluvia.

No obstante, a diferencia de una cuenca normal en la que los caudales tienen una relación directamente proporcional con la precipitación, las zonas glaciares presentan una relación inversa, es decir que la precipitación no influye en el incremento de los caudales, sino que

por el contrario influye indirectamente en su reducción.

Con base en los análisis realizados fue planteada una metodología para estimar a nivel estacional (mensual) los caudales de fusión glaciario (deshielo). Esta consiste en la aplicación de un aporte glaciario del 16% al caudal medio mensual obtenido para el mes de julio en cada microcuenca (modelación lluvia escorrentía en HEC-HMS) y multiplicado por un factor estacional asociado a la relación inversa entre

el número total de días con lluvia al mes y el caudal de fusión de nieve.

Los resultados obtenidos son presentados en la Tabla 3.23, a nivel medio mensual; y a nivel medio anual, en la Tabla 3.24. Estos representan muy bien el comportamiento estacional de los caudales generados por el derretimiento de nieve en las microcuencas involucradas, así como en toda la zona de estudio. Su representación espacial en la zona de estudio a escala de microcuenca es presentada en la Figura 3.26.

|| Tabla 3.23 Caudal medio mensual de deshielo en las microcuencas glaciares (m³/s) ||

No.	MICROCUEENCA	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SEP.	OCT.	NOV.	DIC.
1	Río Lagunillas	0,280	0,140	0,102	0,066	0,051	0,059	0,059	0,062	0,059	0,053	0,062	0,102
2	Río Cóncavo	0,513	0,257	0,187	0,121	0,093	0,108	0,108	0,114	0,108	0,098	0,114	0,187
3	Río Corralitos	0,166	0,083	0,060	0,039	0,030	0,035	0,035	0,037	0,035	0,032	0,037	0,060
4	Río San Pablín	0,351	0,175	0,128	0,083	0,064	0,074	0,074	0,078	0,074	0,067	0,078	0,128
6	Río Cardenillo	0,513	0,257	0,187	0,121	0,093	0,108	0,108	0,114	0,108	0,098	0,114	0,187
14	Zona de estudio	2,668	1,334	0,970	0,628	0,485	0,562	0,562	0,593	0,562	0,508	0,593	0,970

|| Tabla 3.24 Oferta glaciario media anual a nivel de microcuenca ||

MICROCUEENCA	OFERTA GLACIARIO	
	m ³ /s	m ³
Río Lagunillas	0,0911	2.872.938
Río Cóncavo	0,1673	5.276.179
Río Corralitos	0,0540	1.702.500
Río San Pablín	0,1143	3.605.665
Quebrada Casas Viejas	0	0
Río Cardenillo	0,1673	5.275.437
Río Mortiño	0	0
Intercuenca	0	0
Zona de estudio	0,870	27.423.612

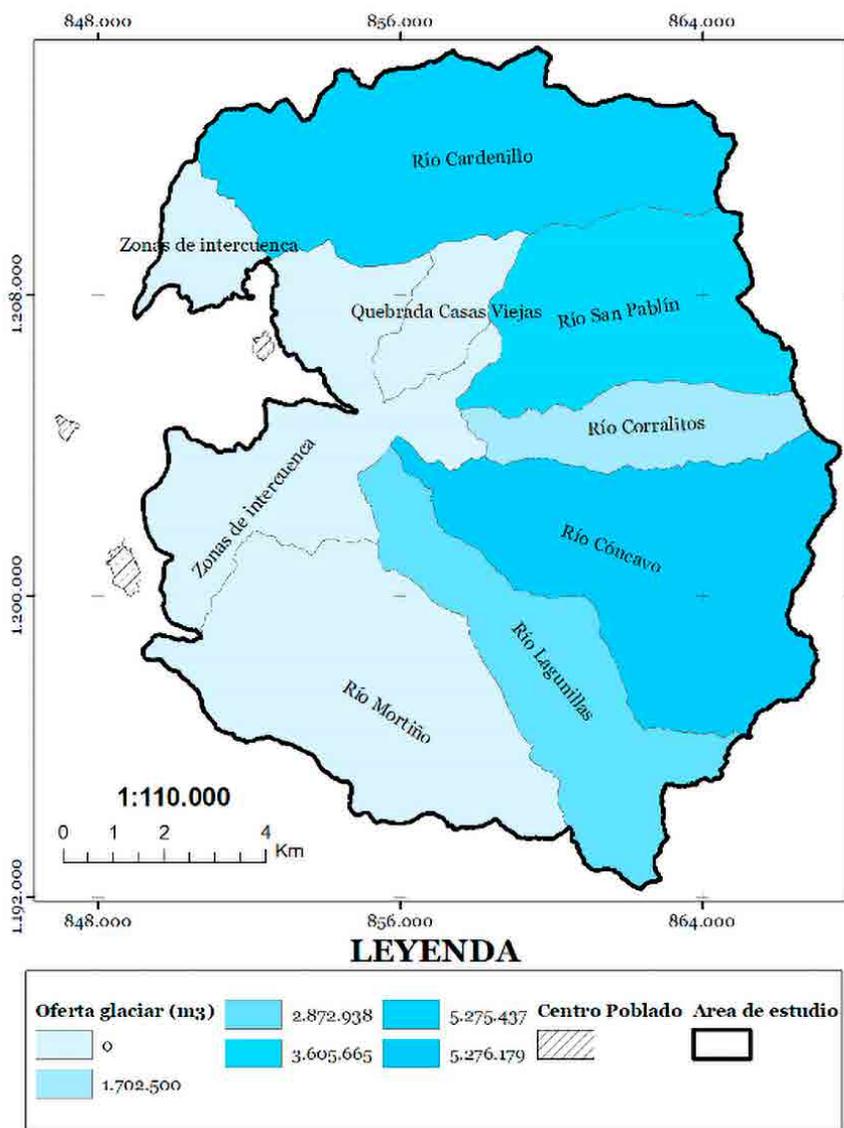


Figura 3.26 Mapa de oferta glaciaria media anual para la zona de estudio

El aporte glaciario según estas estimaciones tiene un máximo en las microcuencas de los Ríos Cóncavo y Cardenillo, seguidos por San Pablín, Lagunillas y Corralitos. Debe considerarse el gran número de variables meteorológicas y físicas de la nieve involucradas, así como también el porcentaje de área glaciaria en cada microcuenca, con el cual se tiene una gran correspondencia.

3.1.9.5 Oferta hídrica total

La oferta hídrica total fue obtenida como la suma del caudal obtenido a través del modelo

lluvia-escorrentía y el caudal de aporte glaciario. La oferta hídrica total para todas las zonas de análisis es presentada a nivel medio estacional (mensual) en la Tabla 3.26.

Como lo muestran todos los resultados de oferta hídrica a nivel superficial, el comportamiento estacional de los caudales es consistente con el efecto marcado por la variabilidad de diferentes variables climatológicas. Dicha variabilidad y su relación directa, o inversa como lo es en el caso del número de días con lluvia al mes se hace evidente con el aporte por fusión o ablación glaciaria.

|| Tabla 3.25 Oferta hídrica total mensual en las zonas de análisis (m³/s) ||

No.	MICROCUEENCA	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SEP.	OCT.	NOV.	DIC.
1	Río Lagunillas	0,282	0,210	0,361	0,604	0,795	0,490	0,386	0,415	0,505	0,763	0,615	0,217
2	Río Cóncavo	0,524	0,405	0,670	1,078	1,394	0,885	0,708	0,759	0,910	1,340	1,096	0,418
3	Río Corralitos	0,171	0,134	0,218	0,342	0,438	0,283	0,229	0,244	0,291	0,422	0,348	0,138
4	Río San Pablín	0,368	0,294	0,504	0,860	1,018	0,603	0,484	0,551	0,637	0,948	0,759	0,284
5	Quebrada Casas Viejas	0,003	0,021	0,091	0,234	0,251	0,106	0,078	0,108	0,123	0,215	0,151	0,021
6	Río Cardenillo	0,554	0,452	0,877	1,741	1,823	0,898	0,708	0,918	1,011	1,597	1,199	0,383
7	Río Mortiño	0,014	0,098	0,448	1,020	1,236	0,677	0,520	0,577	0,661	1,121	0,920	0,205
8	Zona 1	0,000	0,001	0,003	0,007	0,008	0,003	0,002	0,003	0,004	0,007	0,005	0,001
9	Zona 2	0,005	0,035	0,142	0,353	0,378	0,164	0,122	0,167	0,189	0,325	0,230	0,035
10	Zona 3	0,003	0,025	0,112	0,293	0,315	0,131	0,096	0,133	0,152	0,269	0,187	0,025
11	Zona 4	0,00000	0,00001	0,00005	0,00018	0,00020	0,00007	0,00004	0,00007	0,00008	0,00017	0,00011	0,00001
12	Zona 5	0,000	0,000	0,004	0,012	0,016	0,007	0,005	0,006	0,008	0,014	0,010	0,001
13	Zona 6	0,000	0,005	0,031	0,081	0,101	0,046	0,033	0,041	0,051	0,090	0,064	0,008
14	Nevado total	2,778	2,183	3,943	7,175	8,334	4,650	3,682	4,313	4,986	7,646	5,981	2,070

|| Tabla 3.26 Oferta hídrica (media anual) superficial total ||

MICROCUEENCA	OFERTA SUPERFICIAL SIN APOORTE GLACIAR		OFERTA SUPERFICIAL TOTAL	
	m ³ /s	m ³	m ³ /s	m ³
Río Lagunillas	0,379	11.954.343	0,470	14.827.281
Río Cóncavo	0,682	21.500.812	0,849	26.776.992
Río Corralitos	0,217	6.858.160	0,271	8.560.660
Río San Pablín	0,495	15.602.837	0,609	19.208.502
Quebrada Casas Viejas	0,117	3.687.735	0,117	3.687.735
Río Cardenillo	0,846	26.686.807	1,014	31.962.244
Río Mortiño	0,625	19.702.985	0,625	19.702.985
Intercuenca	0,381	116.049	0,060	1.892.160
Zona de estudio	3,94	124.320.157	4,812	151.743.769

Debe resaltarse que los resultados son consistentes con la información hidrométrica de la estación más cercana, aunque esta solo cubre una parte de la zona de estudio de uno de los modelos de cuenca parametrizados en HEC-HMS. Un análisis comparativo realizado entre los resultados obtenidos para el primer modelo implementado en HEC-HMS de la

Cuenca Alta del Río Nevado (sin incluir la microcuenca del Río Cardenillo) y los registros de la estación hidrométrica Güicán, permitieron conocer la consistencia de los resultados a lo largo de la mayoría de meses del año, excepto en algunos meses de la segunda temporada seca (ver Figura 3.27).

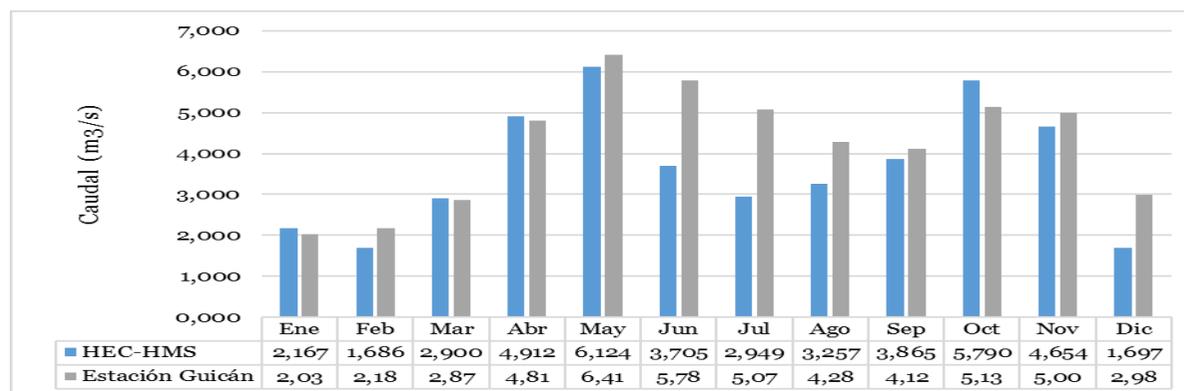


Figura 3.27 Validación de resultados obtenidos con información hidrométrica disponible

3.1.9.6 Caudal ecológico

El caudal ecológico fue estimado a través del método hidrológico establecido mediante la Resolución 865 de 2004 del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. Este método permite realizar la estimación considerando un porcentaje de descuento del 25%, adoptado también por el IDEAM como

caudal mínimo ecológico. El porcentaje es aplicado al caudal medio mensual multianual más bajo de la corriente en estudio, en este caso de cada microcuenca.

Con base en la estimación de la oferta hídrica media a nivel estacional (mensual), finalmente en la Tabla 3.27, son presentados los resultados obtenidos de caudal ecológico mediante el empleo del método hidrológico.

Tabla 3.27 Caudal ecológico estimado para las diferentes microcuencas

MICROCUECENA	CAUDAL (m³/s)	CAUDAL (l/s)	VOLUMEN ANUAL (m³)
Río Lagunillas	0,05251	52,5	1.655.944
Río Cóncavo	0,10122	101,2	3.192.054
Río Corralitos	0,03359	33,6	1.059.307
Río San Pablín	0,07111	71,1	2.242.628
Quebrada Casas Viejas	0,00066	0,7	20.704
Río Cardenillo	0,09574	95,7	3.019.275
Río Mortiño	0,00359	3,6	113.364
Zona de estudio	0,5175	517,5	16.319.058

3.1.9.7 Oferta hídrica neta

La oferta hídrica neta una vez descontado el caudal ambiental es presentada en la

Tabla 3.28. En la Figura 3.28 es representada espacialmente la oferta hídrica neta media anual a escala de microcuenca para toda la zona de estudio.

Tabla 3.28 Oferta hídrica neta.

MICROCUCENCA	OFERTA (m³/s)	OFERTA (m³)
Río Lagunillas	0,418	13.171.338
Río Cóncavo	0,748	23.584.938
Río Corralitos	0,238	7.501.353
Río San Pablín	0,538	16.965.874
Quebrada Casas Viejas	0,116	3.667.031
Río Cardenillo	0,918	28.942.969
Río Mortiño	0,621	19.589.621
Intercuenca	0,380	11.983.680
Zona de estudio	4,294	135.424.711

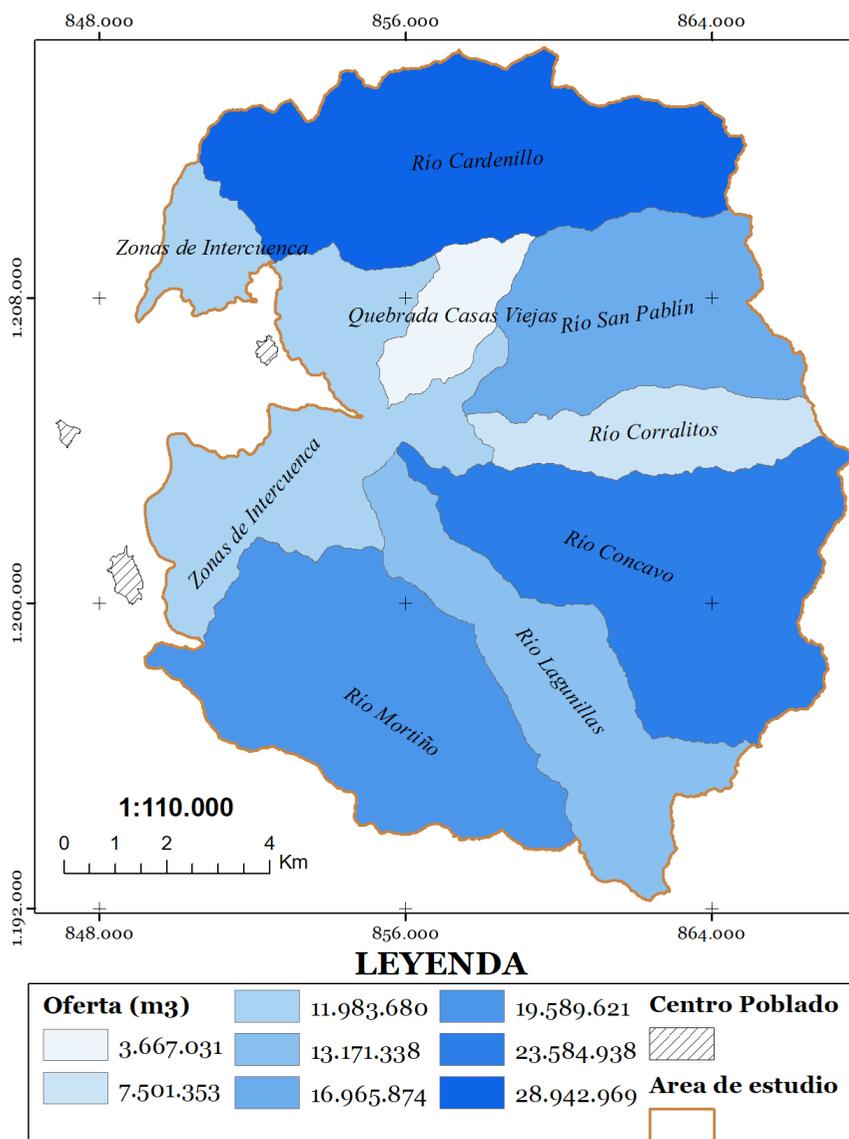


Figura 3.28 Oferta hídrica neta a escala de microcuenca en la zona de estudio

Los resultados muestran a la microcuenca del Río Cardenillo con la mayor oferta hídrica, seguida por la de los Ríos: Cóncavo, Mortiño, San Pablín, Lagunillas, zonas de intercuenca y finalmente Corralitos y la quebrada Casas Viejas. Estos resultados tienen fuertes señales de diferentes fenómenos hidroclimatológicos, especialmente de la precipitación y el derretimiento glaciar, así como de las características físicas y morfológicas de las zonas analizadas (área).

3.1.10 Estimación de demanda hídrica

Los resultados del análisis de información primaria y secundaria, la estimación de la demanda hídrica por las dos metodologías propuestas y su integración son presentados en este numeral.

La información secundaria asociada a usos de agua en la zona de estudio fue obtenida del Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (2010), Corpoboyacá, Parques Nacionales Naturales (PNN) y los Esquemas de Ordenamiento Territorial de los municipios de Güicán y Cocuy. A continuación, son presentados de forma sintética los resultados obtenidos con la consulta realizada. Los resultados mostrados a continuación hacen énfasis en la información proveniente de las fuentes de información secundaria y primaria más relevante para la estimación de la demanda hídrica.

3.1.10.1 Instituto de Hidrología Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM)

El IDEAM en 2010, presentó un inventario de fuentes de abastecimiento de agua para

consumo humano correspondientes el casco urbano y veredas de los municipios del Cocuy y Güicán. De esta manera se establecía que para consumo humano los centros urbanos de los municipios de Cocuy y Güicán situaban sus bocatombas sobre fuentes hídricas que nacen en el páramo o en lugares aguas abajo del glaciar. Con relación al consumo humano rural, evidenciaba el estudio que las comunidades ubicadas en la parte alta de la cuenca del Río Nevado, poseen sistemas de abastecimiento ofertados gracias a las corrientes naturales que se desprenden del glaciar.

3.1.10.2 Corpoboyacá

La Corporación Autónoma Regional de Boyacá (Corpoboyacá) a través de la Subdirección de Ecosistemas y Gestión, y el Grupo de Recurso Hídrico, permitió al grupo del subcomponente hidrológico realizar la consulta de información alfanumérica de importancia existente en estas dependencias, asociada con concesiones de agua existentes en la zona de estudio.

3.1.10.3 Análisis de información primaria - visita a Estructuras de Toma

Con el objetivo de recopilar información de primera mano relacionada con demanda hídrica fueron visitadas estructuras de toma de sistemas de acueducto y riego presentes en la zona de estudio. Para algunas de las estructuras estas visitas sirvieron para complementar la información secundaria obtenida de las referencias bibliográficas ya consultadas. En la Figura 3.29 se muestra la ubicación espacial de las estructuras de toma, por microcuenca y zonas de intercuenca. En la Figura 3.30 se presentan fotografías de uno de los diferentes tipos de estructuras de toma visitadas.

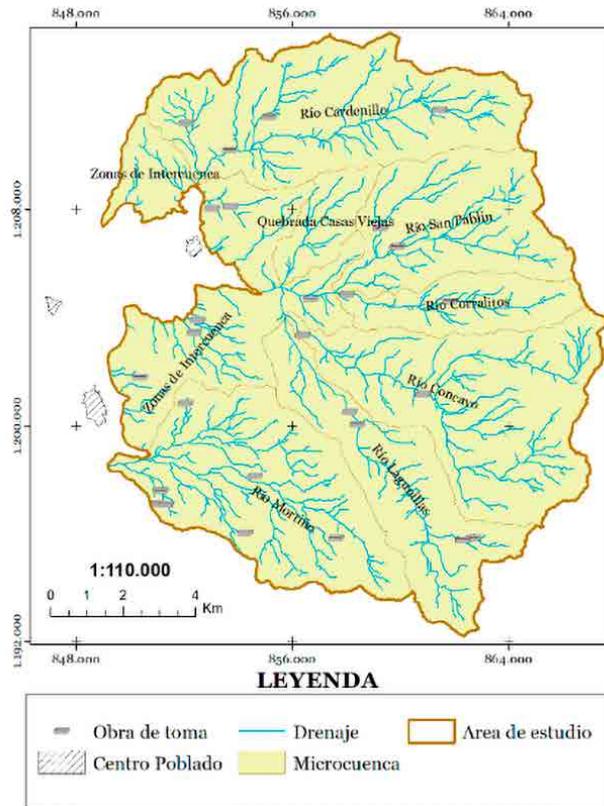


Figura 3.29 Mapa de estructuras de toma en funcionamiento y operación en la zona de estudio



Figura 3.30 Fuente de abastecimiento y estructura de captación Acueducto El Romero, Municipio de Güicán

3.1.10.4 Estimación a partir de medición de la demanda

La información secundaria y primaria plasmada finalmente en el inventario de obras de toma permitió establecer la demanda hídrica por

microcuencas, zonas de intercuenca y toda la zona de estudio (ver Figura 3.31). La magnitud de los caudales extraídos corresponde a los de las obras con o sin concesión de aguas que operan actualmente en la zona de estudio (ver Tabla 3.29 y Figura 3.32).

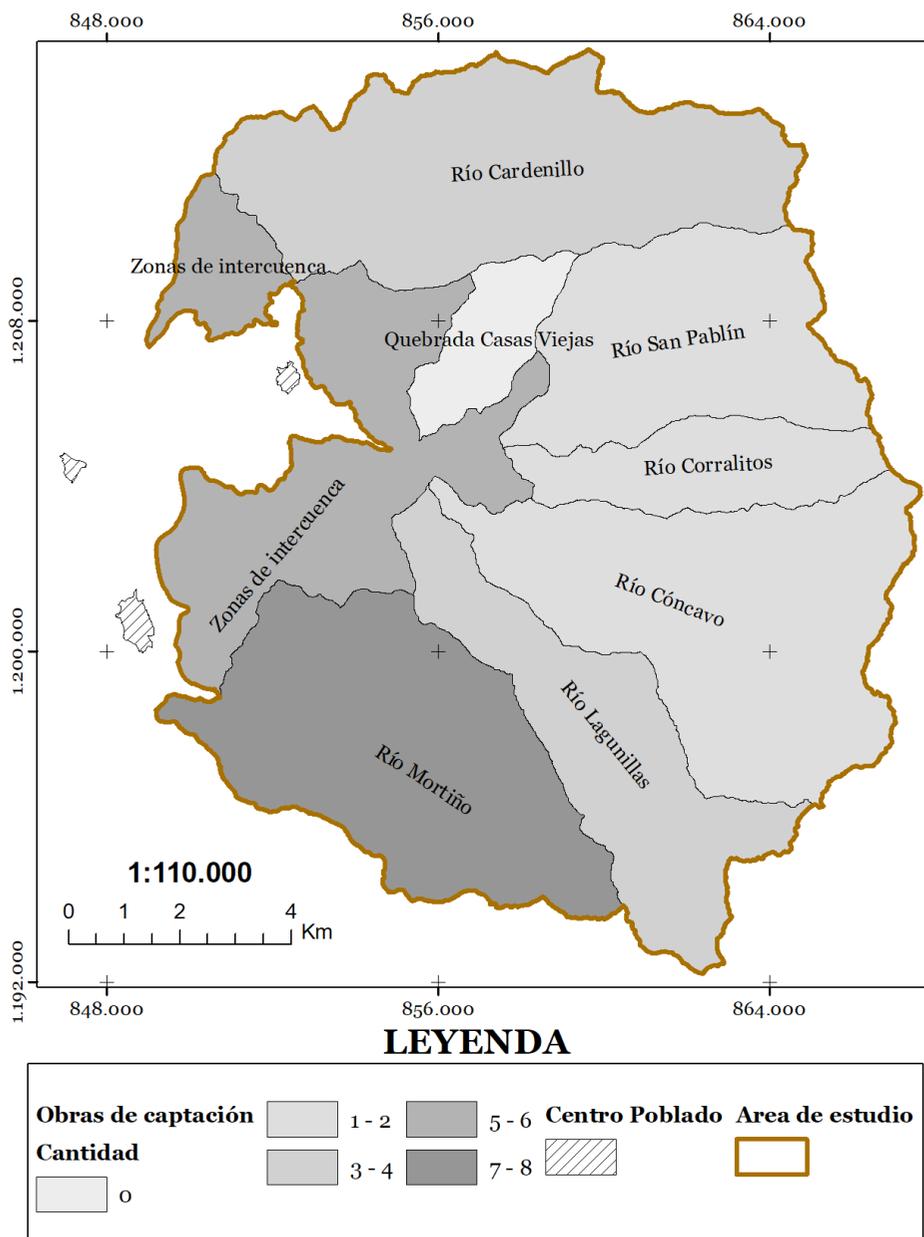


Figura 3.31 Mapa de obras de captación por microcuena

Tabla 3.29 Resultados estimación de la demanda con información de medición

MICROCUEENCA	DEMANDA (m ³)
Río Lagunillas	264.902
Río Cóncavo	4.213.210
Río Corralitos	63.703
Río San Pablín	5.984.271
Quebrada Casas Viejas	10.565
Río Cardenillo	228.636
Río Mortiño	3.938.216
Zonas de intercuencia	690.008
Zona de estudio	15.393.510

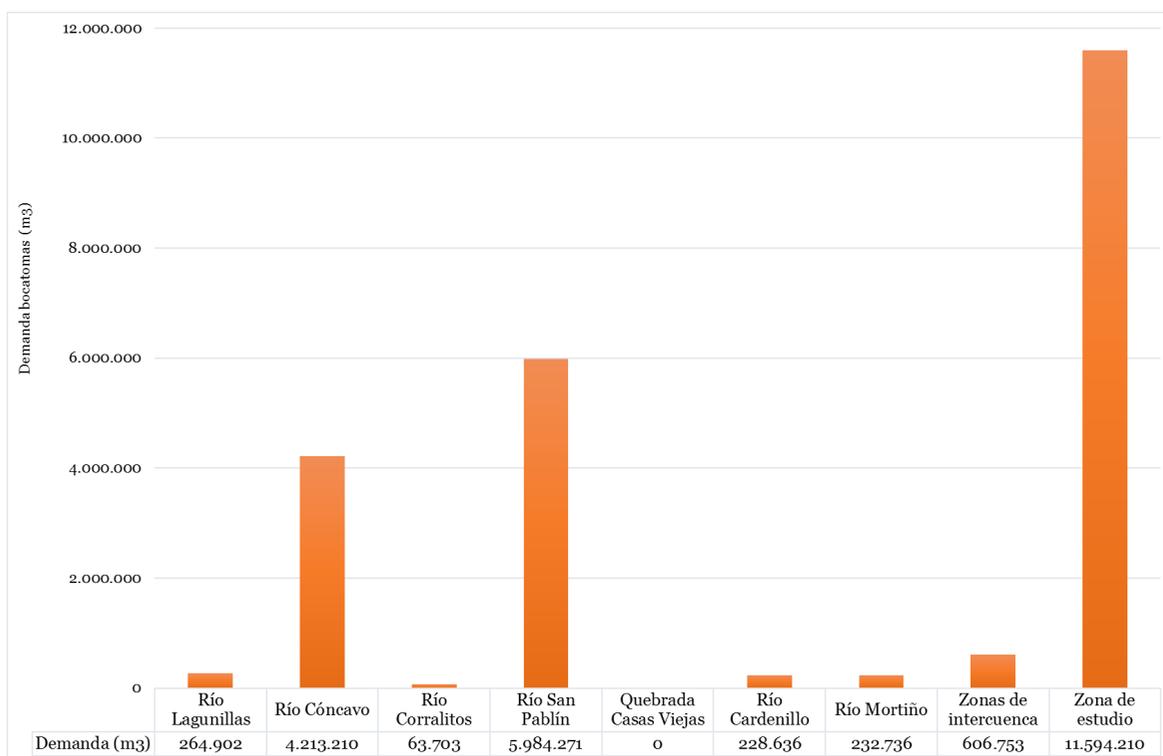


Figura 3.32 Demanda hídrica obtenida de información de obras de captación

3.1.10.5 Estimación en ausencia de información de medición

Según la Resolución 865 de 2004, del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, ante la existencia de información medida, pero insuficiente, debe aprovecharse la información medida. Por otra parte, la información inexistente debe complementarse utilizando la metodología expuesta en esta

normatividad para escenarios ante ausencia de información.

Demanda uso doméstico (DUD)

La demanda hídrica para uso doméstico en las diferentes microcuencas, zonas de intercuencia y zona de estudio (total) del proyecto es presentada en la Tabla 3.30. Son indicados los parámetros de dotación neta, pérdidas del sistema de abastecimiento (acueducto) y la dotación bruta empleada en la estimación de la demanda.

Las magnitudes evidencian una demanda máxima en la microcuenca del Río Mortiño, asociada fundamentalmente a la gran concentración de población, seguida por las zonas de intercuenca ubicadas en la parte

baja de las microcuencas y la zona de estudio. Las Microcuencas de los ríos Corralitos y San Pablín presentan las demandas más bajas, mientras que las restantes presentan valores intermedios (ver Figura 3.33).

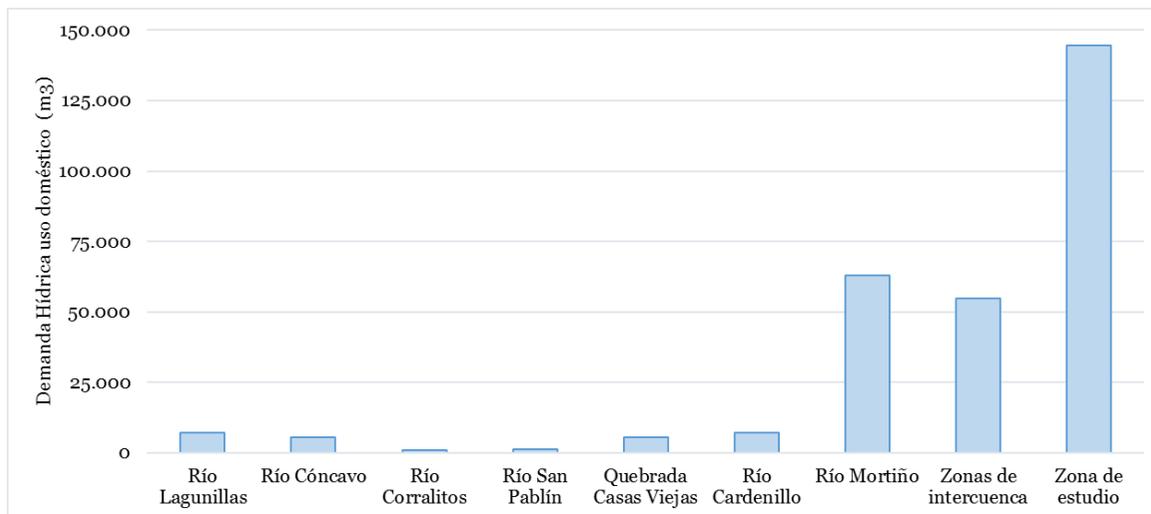


Figura 3.33 Demanda hídrica para uso doméstico

Tabla 3.30 Resultados estimación de la demanda por uso doméstico

MICROCUECENA	AREA (km ²)	POBLACIÓN (hab)	DOT. NETA (L/hab.dia)	PÉRDIDAS (%)	DOTACIÓN BRUTA	DEMANDA (m ³)
Río Lagunillas	32,82	120	120	25	160	7.008
Río Cóncavo	51,98	93	120	25	160	5.431
Río Corralitos	15,39	16	120	25	160	934
Río San Pablín	33,06	21	120	25	160	1.226
Quebrada Casas Viejas	8,84	92	120	25	160	5.373
Río Cardenillo	52,73	121	120	25	160	7.066
Río Mortiño	49,04	1076	120	25	160	62.838
Zonas de intercuenca	30,488	937	120	25	160	54.721
Zona de estudio	274,348	2476	120	25	160	144.598

Demanda uso agrícola (DUA)

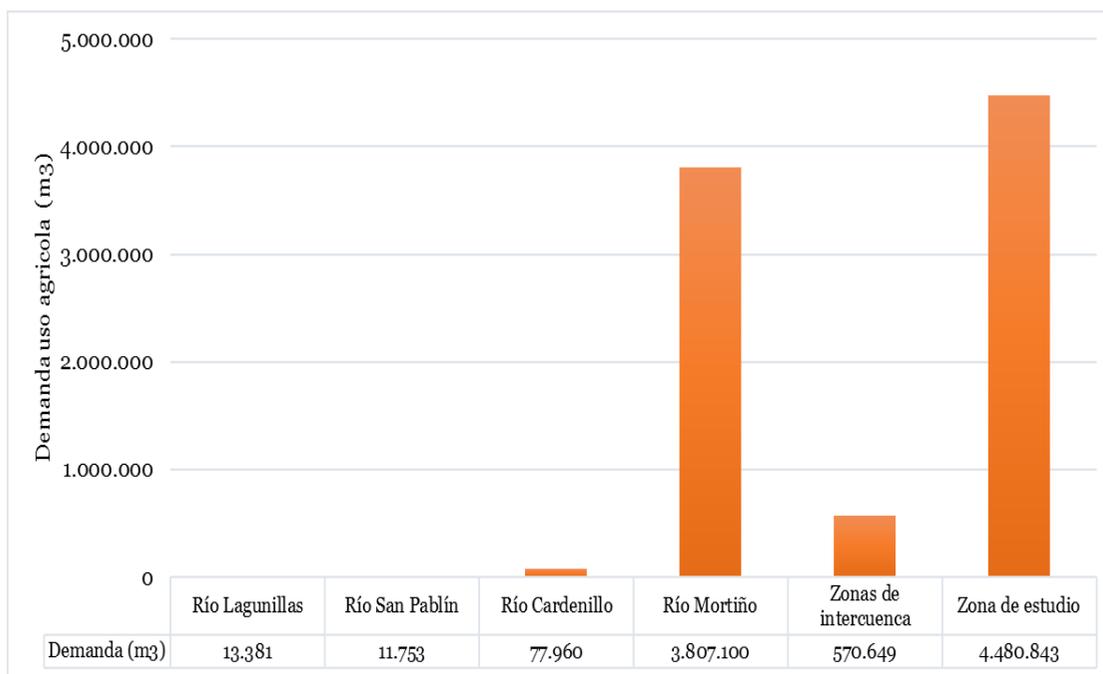
La demanda debida a este uso fue obtenida a partir de información general según el tipo de

cultivo por microcuenca y zonas de intercuenca. En la Tabla 3.31 son presentados los resultados totales por microcuenca y para la zona de estudio.

|| Tabla 3.31 DUA total de microcuencas, zonas de intercuencia y zona de estudio ||

MICROCUENCA	DUA TOTAL (m³)
Río Lagunillas	13.381
Río San Pablín	11.753
Río Cardenillo	77.960
Río Mortiño	3.807.100
Zonas de intercuencia	570.649
Zona de estudio	4.480.843

Los resultados indican una mayor de demanda hídrica para uso agrícola de la parte baja de la zona de estudio, en particular de la microcuenca del Río Mortiño y de las zonas de intercuencia (ver Figura 3.34).



|| Figura 3.34 Demanda hídrica para uso agrícola

Demanda uso pecuario (DUA)

Los resultados obtenidos de la estimación de la demanda para uso pecuario revelan un

resultado similar al de uso agrícola en cuanto a las microcuencas de mayor consumo (ver Tabla 3.32 y Figura 3.35).

Tabla 3.32 Demanda uso pecuario (DUP)

MICROCUENCAS	DEMANDA (m ³)
Río Lagunillas	6.518
Río Cóncavo	9.685
Río Corralitos	870
Río San Pablín	585
Quebrada Casas Viejas	5.188
Río Cardenillo	10.168
Río Mortiño	68.253
Zonas de intercuenca	64.605
Zona de estudio	165.873



Figura 3.35 Demanda hídrica para uso pecuario

La demanda hídrica total, entendida como la integrada por los tres usos anteriormente presentados, es mostrada en la Figura 3.36 y la

Tabla 3.33. De manera general es presentada en la Figura 3.37 la distribución porcentual de usos en la zona de estudio.

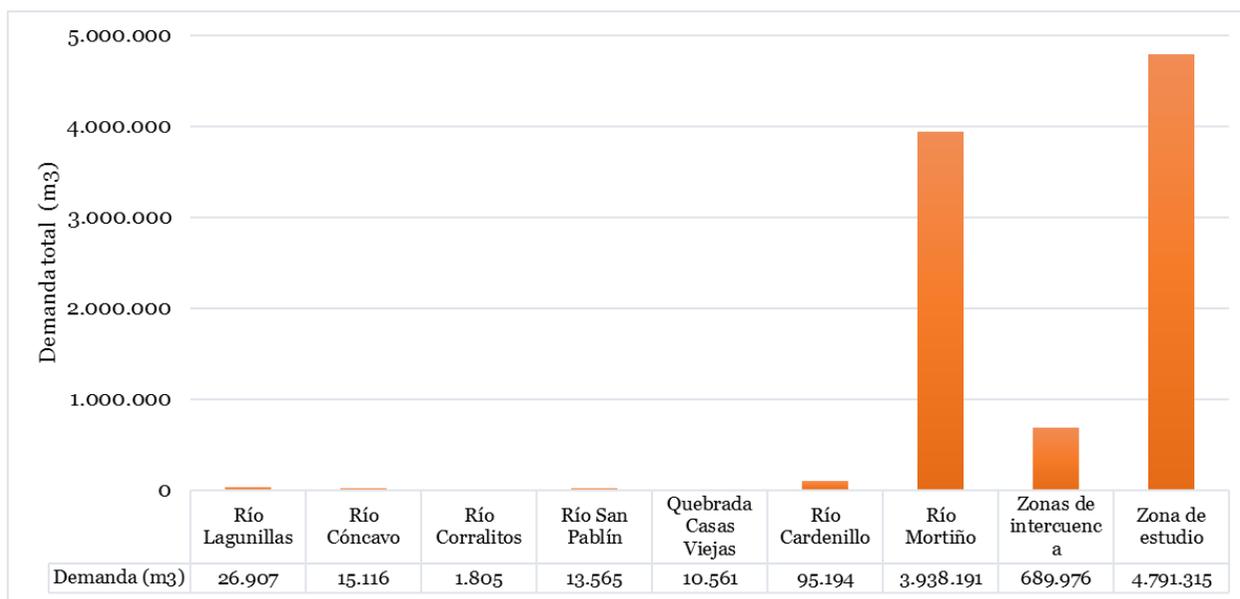


Figura 3.36 Demanda hídrica total

Tabla 3.33 Demanda hídrica total en ausencia de información de medición

MICROCUENCA	DEMANDA USO DOMÉSTICO (M³)	DEMANDA USO AGRÍCOLA (m³)	DEMANDA USO PECUARIO (m³)	DEMANDA TOTAL (m³)
Río Lagunillas	7.008	13.381	6.517,8	26.907
Río Cóncavo	5.431		9.684,5	15.116
Río Corralitos	934		870,2	1.805
Río San Pablín	1.226	11.753	585,5	13.565
Quebrada Casas Viejas	5.373		5.188,5	10.561
Río Cardenillo	7.066	77.960	10.168,2	95.194
Río Mortiño	62.838	3.807.100	68.252,8	3.938.191
Zonas de intercuenca	54.721	570.649	64.605,4	689.976
Zona de estudio	144.598	4.480.843	165.872,8	4.791.315

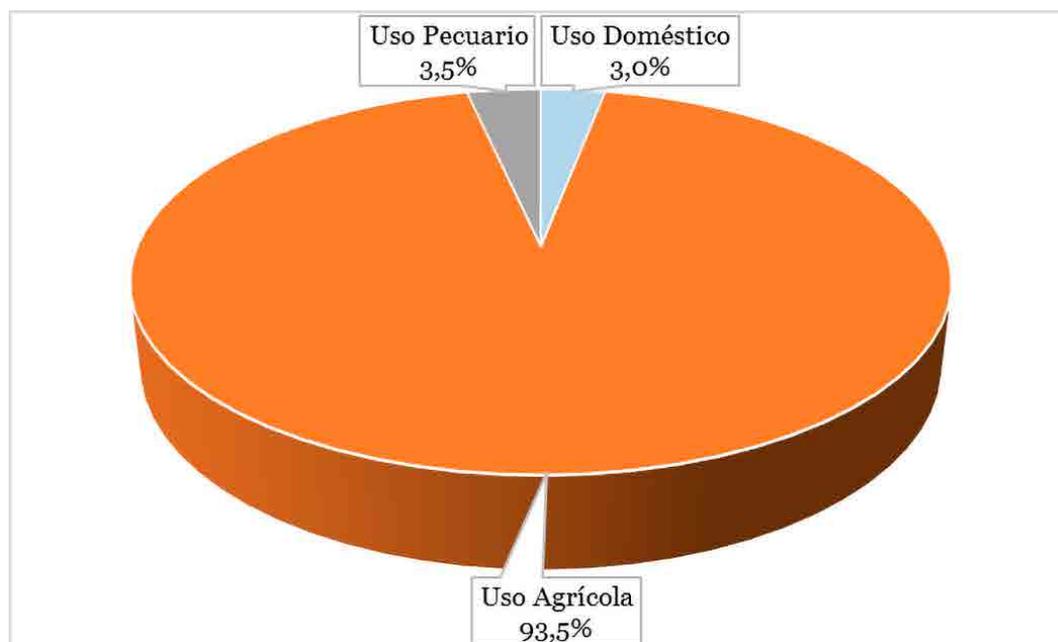


Figura 3.37 Demanda hídrica total en la zona de estudio en ausencia de información de medición

3.1.10.6 Integración de metodologías

Ambas metodologías poseen limitaciones relacionadas con la representatividad de las demandas reales.

En primer lugar, no todas las obras de toma asociadas con los diferentes usos se encuentran operando legalmente y aunque sí lo estén, no existe control riguroso de los caudales extraídos, permitiendo inferir que en la mayoría de casos existe la posibilidad de una sobre-captación, a partir de casos puntuales observados.

En segundo lugar, aunque se tiene una gran representatividad de los grandes usuarios (acueductos y distritos de riego) en la información recopilada, existen muchos aprovechamientos menores que operan y no son visibles (no existen) en las bases de datos de Corpoboyacá y las Alcaldías Municipales, haciendo que la información sea difícil de

levantar en su totalidad, como sucede en microcuencas como la del Río Mortiño.

En tercer lugar, existe un fenómeno de trasvase de agua entre cuencas, como sucede en el caso de los Ríos Lagunillas y San Pablín, en los cuales los caudales captados corresponden a demanda de gran parte de otras microcuencas, aspectos muy difíciles de detallar espacialmente.

Las anteriores razones nos permitieron proponer la integración de información de las dos metodologías (ver Tabla 3.34), de acuerdo con información general de las veredas y zonas que abastecen las obras de captación (ver Figura 3.38).

Estos resultados introducen ajustes que tienden a reducir las limitaciones individuales de las dos metodologías. En este caso las microcuencas con gran extracción de caudales evidencian una mayor demanda hídrica (ver Figura 3.39).

Tabla 3.34 Integración de metodologías y demanda estimada

MICROCUEENCA	MÉTODO 1		METODO 2	DEMANDA FINAL		
	CANTIDAD BOCTOMAS	DEMANDA BOCATOMAS (l/s)	DEMANDA USOS (l/s)	l/s	m3/s	(m ³)
Río Lagunillas	4	8,4	0,853	8,4	0,0084	264.902
Río Cóncavo	2	133,6	0,479	133,6	0,1336	4.213.210
Río Corralitos	2	2,02	0,057	2,02	0,00202	63.703
Río San Pablín	2	189,76	0,430	189,76	0,18976	5.984.271
Quebrada Casas Viejas	0	0	0,335	0,335	0,000335	10.565
Río Cardenillo	4	7,25	3,019	7,25	0,00725	228.636
Río Mortiño	8	7,38	124,878	124,88	0,12488	3.938.216
Zonas de intercuenca	6	19,24	21,878	21,88	0,02188	690.008
Zona de estudio	28	367,65	151,93	488,13	0,488125	15.393.510

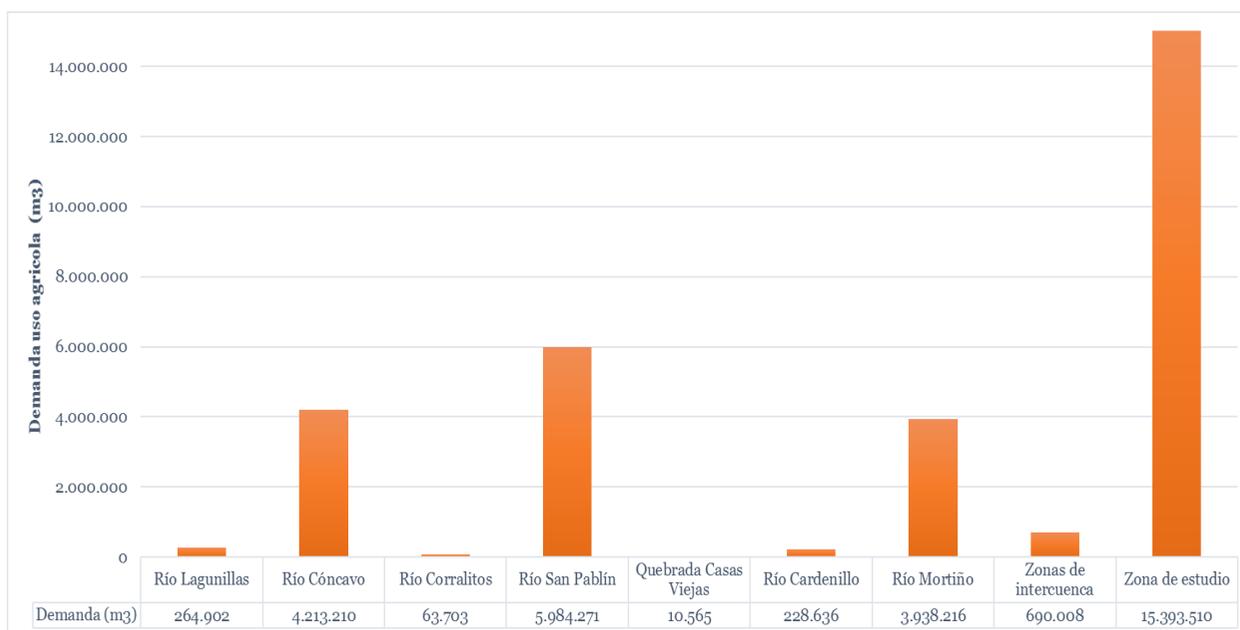


Figura 3.38 Demanda final estimada para las microcuencas y la zona de estudio

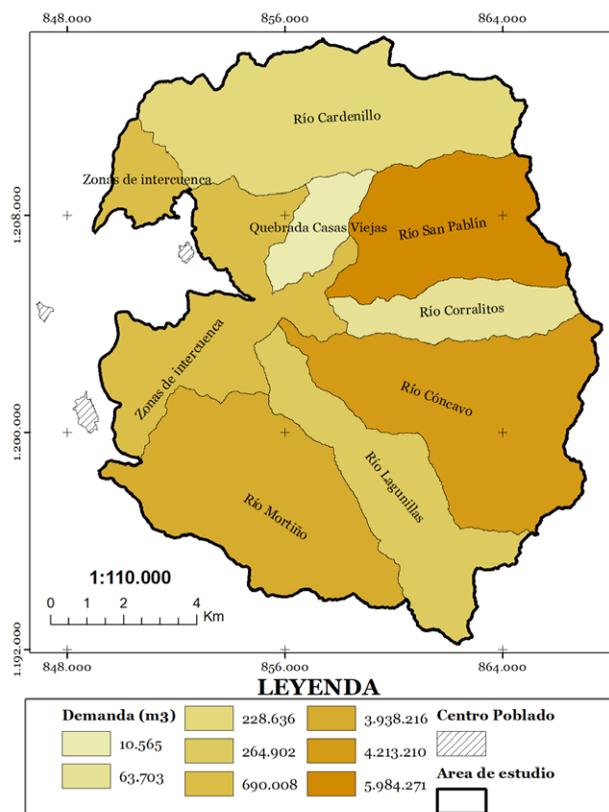


Figura 3.39 Mapa de demanda hídrica a escala de microcuenca

3.1.11 Disponibilidad hídrica

En la Tabla 3.35 y en la Figura 3.40 se presentan los resultados obtenidos para el índice de escases. Las magnitudes obtenidas indican un bajo porcentaje de la demanda utilizada, menor al 10% (ver Figura 3.41). Puede interpretarse que las microcuencas no experimentan presiones importantes sobre el recurso hídrico en términos de cantidad.

Tabla 3.35 Resultados obtenidos para el índice de escasez

MICROCUECNA	OFERTA HÍDRICA NETA (M ³)	DEMANDA HÍDRICA (M ³)	ÍNDICE DE ESCASEZ EN PORCENTAJE (Ie)
Río Lagunillas	13.171.338	264.902	0,50
Río Cóncavo	23.584.938	4.213.210	4,47
Río Corralitos	7.501.353	63.703	0,21
Río San Pablín	16.965.874	5.984.271	8,82
Quebrada Casas Viejas	3.667.031	10.565	0,07
Río Cardenillo	28.942.969	228.636	0,20
Río Mortiño	19.589.621	3.938.216	5,03
Zonas de Intercuenca	11.983.680	690.008	1,44
Zona de estudio	135.424.711	15.393.510	2,84

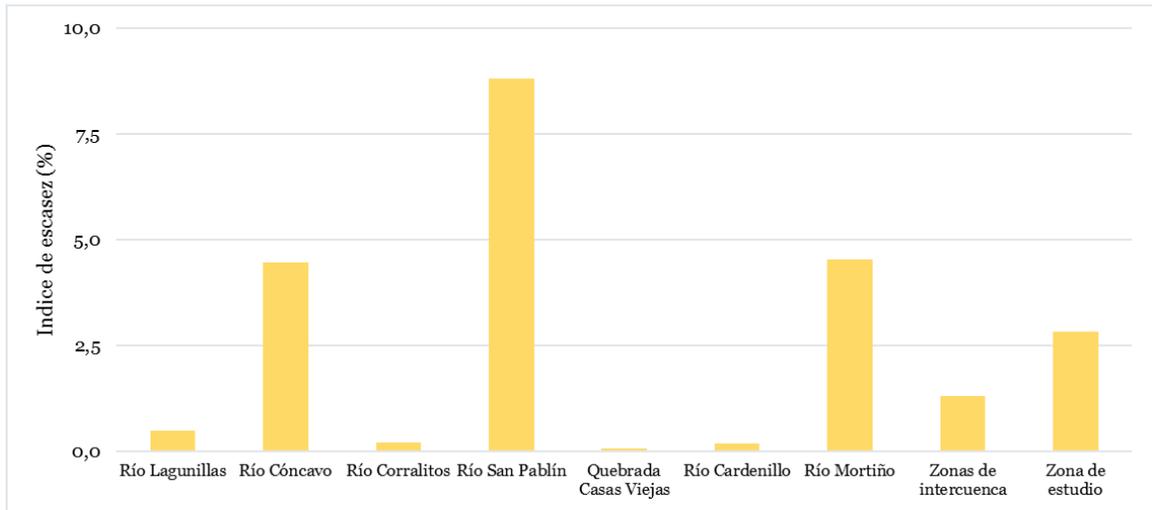


Figura 3.40 Índice de escasez de las microcuencas y la zona de estudio

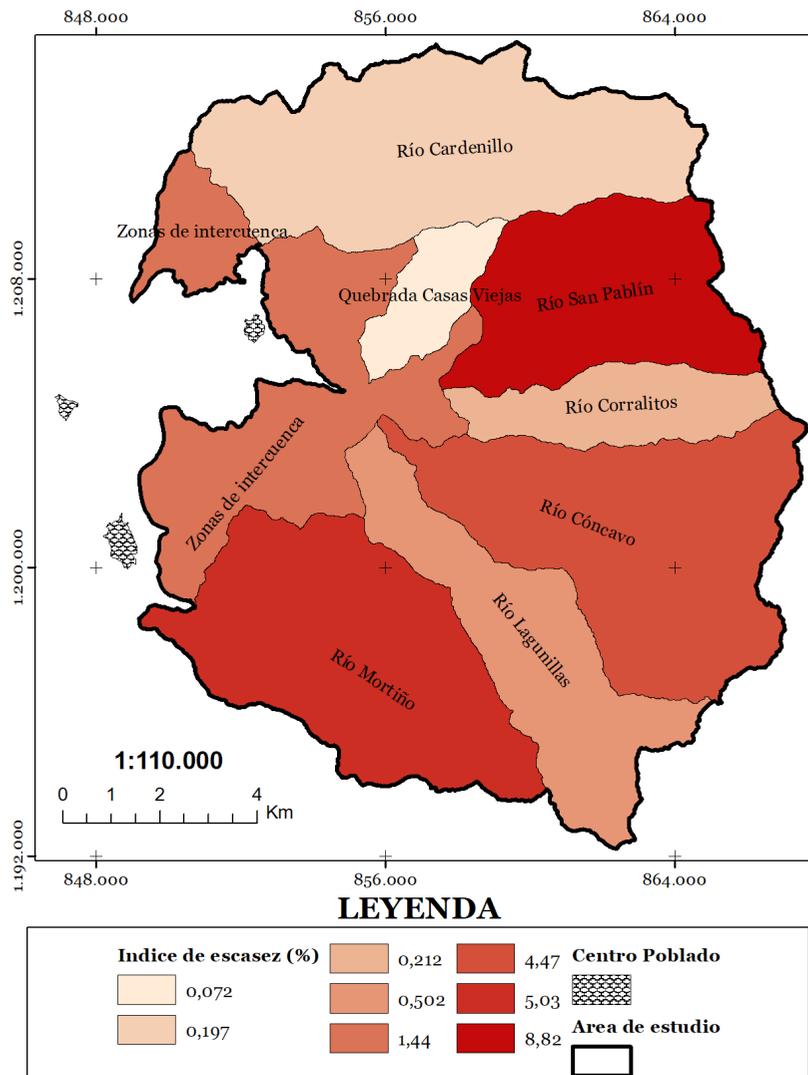


Figura 3.41 Mapa de índice de escasez a escala de microcuencia

3.2 SÍNTESIS

Las diferentes metodologías empleadas para analizar la calidad de la información hidroclimatológica fueron efectivas en la depuración de los registros. Aunque son evidentes las señales de variabilidad climática a diferentes escalas temporales en otros casos fue necesario remover registros de las series una vez verificada la confirmación de anomalías.

La homogeneidad de las series evaluada por diferentes metodologías permitió identificar series temporales que poseen problemas en sus registros. En casos específicos han existido falencias posiblemente asociadas con la captura de la información, lo cual permitió anticipar el empleo de otras series de mejor calidad, como sucedió con las estaciones de medición de caudal fuera de la zona de estudio.

Los resultados obtenidos con los variados índices y parámetros de forma indican que la mayoría de microcuencas de la zona de estudio son moderadamente susceptibles a las crecidas, excepto la microcuenca del Río San Pablín (semejante a formas circulares), con una menor capacidad de atenuación de crecientes las microcuencas de los Ríos Lagunillas y Corralitos son menos susceptibles a la concentración de crecientes, seguidas por la microcuenca de la quebrada Casas Viejas. Microcuencas como las de los Ríos Cóncavo, Cardenillo y Mortiño presentan una capacidad intermedia de concentración de crecientes.

La zona de estudio presenta dos períodos de lluvia al año, que popularmente se denominan “invierno” (período húmedo), y dos períodos de menos lluvia (períodos secos) que se conocen popularmente como verano. El primer período de lluvias, se inicia en marzo y dura todo abril y mayo; el segundo, empieza en septiembre y dura todo octubre y noviembre. Existen meses de transición entre los diferentes períodos húmedos como son los meses de marzo y septiembre, los cuales se presentan con días alternados de lluvias y tiempo seco. Los meses considerados más secos en orden ascendente de magnitud de precipitación, corresponden a

enero, febrero y diciembre; seguidos por los de mitad de año, junio, julio y agosto.

El caudal medio mensual presenta un régimen bimodal en las dos estaciones del año analizadas, indicando que los caudales poseen una mayor magnitud durante los meses de abril, mayo y junio, durante la primera temporada de lluvias del año; mientras para la segunda temporada, los máximos corresponden con los meses de julio, septiembre, octubre y noviembre. Sobresalen meses como enero y febrero con los caudales medios más bajos del año, seguidos por los de marzo, diciembre y agosto.

La oferta hídrica no glaciaria de la zona de estudio y de las diferentes microcuencas fue estimada considerando el empleo de dos modelos matemáticos hidrológicos. Los resultados de un modelo simple como lo es el balance hidrológico a nivel mensual, han permitido conocer la demanda promedio anual. Por otra parte, el empleo de un modelo más elaborado como el modelo lluvia escorrentía HEC-HMS, en conjunto con la metodología del número de curva del Servicio de Conservación de Suelos de los Estados Unidos, ha ofrecido un mayor nivel de detalle, no solo a nivel anual sino estacional (mensual).

Las microcuencas no cuentan con una buena densidad de estaciones hidrometeorológicas. En algunos casos es nula la instrumentación, por lo cual el ejercicio de modelación hidrológica es difícil de corroborar en términos hidrométricos. No obstante, la consistencia de los resultados obtenidos con el modelo más elaborado (a nivel estacional), son validados por el modelo simple (balance hidrológico) al encontrarse que a nivel medio anual son equivalentes. La anterior comparación es muy importante, considerando que los dos modelos matemáticos hidrológicos tienen parámetros de entrada muy diferentes.

Los caudales de aporte glaciario estimados consideran la variabilidad climática estacional, tomando como punto de partida la información de aforos levantada por el grupo de glaciología del IDEAM. Ante la ausencia de un gran número

de variables para analizar la fusión y ablación glaciaria en un modelo de derretimiento de nieve sofisticado, la información mencionada es muy útil al ser correlacionada con otras variables climatológicas como la precipitación y en particular el número total de días con lluvia al mes.

El caudal medio mensual incluido el aporte glaciario fue comparado con el caudal registrado en la Estación hidrométrica Güicán. Resultados consistentes fueron encontrados para los meses más lluviosos de las dos temporadas del año, así como para los meses del período seco de fin de año. Los meses de la temporada de seca de mitad de año difieren en magnitud, desconociéndose los factores reales que pueden incidir en dicho comportamiento.

La estimación del caudal ecológico a partir de los resultados obtenidos de oferta hídrica total, a nivel estacional, habilitaron el empleo del método hidrológico de estimación de caudal ecológico propuesto por la normatividad colombiana con propósitos de estimación de oferta hídrica neta. Estos resultados fueron obtenidos a escala de microcuenca y para la zona de estudio, permitiendo tener un indicador de gran importancia en la gestión integral de los recursos hídricos de la región.

La estimación de la oferta hídrica realizada por el componente hidrológico fue realizada a una escala espacial y nivel de detalle antes no

abordado en la zona de estudio, en particular teniendo en cuenta la ausencia de información espacial y temática de mayor resolución en estudios anteriores.

La demanda hídrica para uso doméstico evidencia un máximo en la microcuenca del Río Mortiño, asociada fundamentalmente a la gran concentración de población, seguida por las zonas de intercuenca ubicadas en la parte baja de las microcuencas y la zona de estudio. Las Microcuencas de los Ríos Corralitos y San Pablín presentan las demandas más bajas, mientras que las restantes presentan valores intermedios.

La demanda hídrica estimada mediante la integración de diferentes metodologías permitió obtener resultados razonables, permitiendo contrarrestar las limitaciones implícitas en su implementación.

Los resultados indican una mayor demanda hídrica para uso agrícola y pecuario en la parte baja de la zona de estudio, en particular de la microcuenca del Río Mortiño y de las zonas de intercuenca.

Los resultados obtenidos para el índice de escases indican un bajo porcentaje de la demanda utilizada, menor al 10%. Puede interpretarse que las microcuencas no experimentan presiones importantes sobre el recurso hídrico en términos de cantidad.

BIBLIOGRAFÍA

- Alcaldía del Cocuy (2010). Esquema de Ordenamiento Territorial Municipio del Cocuy.
- Alcaldía Municipal Güicán de la Sierra. (2016). Plan de Desarrollo Municipal “Construyendo Juntos Progreso y Bienestar 2016-2019.”
- Alcaldía de Güicán (2008). Esquema de Ordenamiento Territorial Municipio de Güicán.
- Corpoboyacá (2006). Plan de Saneamiento y Manejo de Vertimientos Municipio de Güicán.
- Jiménez E. Henry, Materón M. Hernán. (1986). Hidrología Básica, Tomo I. (pp.10-61) Cali: Universidad del Valle.
- Monsalve, G. (1999). Hidrología en la ingeniería. Bogotá: Escuela Colombiana de Ingeniería, Alfomega.
- Racca, J. M. G. (2007). Análisis hipsométrico, frecuencia altimétrica y pendientes medias a partir de Modelos Digitales del Terreno. Boletín del Instituto de Fisiografía y Geología, 77, 31-38.
- Schumm, SA (1963). Sinuosidad de ríos aluviales en las Grandes Llanuras. Boletín de la Sociedad Geológica de América, 74 (9), 1089-1100.
- Rosgen, D. (1996). AppliedRiverMorphology. WildlandHydrology. Pagosa Springs, Colorado, USA.
- Strahler AN. (1952). Hypsometric (area-altitude) analisis of erosional topography. Bulletinofthe Geological SocietyofAmerica, 63: 1117 – 1142
- Viboral, E. (2012). El análisis morfológico de las cuencas fluviales aplicado al estudio hidrográfico. Ingeniería del Agua, 1(2), 55-69. <https://doi.org/10.4995/ia.1994.2637>
- Yulieth, A., & Suescún, S. (2015). Identificación de Riesgos y Factores de Contaminación del Río Cardenillo a su Paso por la Sierra Nevada de El Cocuy- Güicán.

4. ECOSISTEMAS Y PAISAJES

*“Los planes para proteger el aire y el agua, lo salvaje
y la vida silvestre, son de hecho planes para proteger
al hombre”
Udall, S., (s.f.).*

Análisis e inventario de los ecosistemas y paisajes de la cuenca alta del Río Nevado, en cuanto a fragmentación y grados de afectación que permitan determinar áreas de manejo especial.



Vista panorámica cuenca media del Río Corralitos

INTRODUCCIÓN

El estudio del paisaje ha sido abordado desde distintas áreas del conocimiento que abarcan desde la resolución de problemáticas sociales hasta un fin puramente científico y académico; desde el punto de vista ecológico y ambiental el paisaje se comprende como la unidad espacial y temporal producto de las interacciones de distintos ecosistemas, especies y sustancialmente el hombre, este último cuya capacidad invasiva ha sido determinante en la modificación de la homogeneidad de los sistemas naturales (Armenteras y Vargas, 2016).

Aspecto que permite no solo la disertación alrededor del conglomerado ecosistémico, si no que favorece la valoración de distintos ecosistemas de acuerdo a sus potencialidades, atributos y características; dicha valoración se realiza por medio del estudio de especies clave, el análisis de comportamiento animal y la descripción de cambios ambientales, que en resumidas cuentas conducen a evaluar la salud ambiental de un ecosistema; igualmente, se utilizan indicadores de integridad como la medición de la diversidad biológica, el mantenimiento de la herencia paisajística y la evaluación de la fragilidad en los distintos ecosistemas (Farina, 2016).

Para la caracterización de ecosistemas y paisajes, se tiene en cuenta los estudios previos, la información secundaria disponible y paralelamente se toma referencia de los puntos de muestreo del componente hidrobiológico; lo anterior permite realizar un análisis de la vegetación aledaña a la cuenca estudiada (Figura 4.1); igualmente se ubican muestreos a lo largo de la cuenca alta, media y baja, dando importancia a hábitats estratégicos, de importancia biótica, cultural y de servicios ecosistémicos (Cuéllar, 2013).

En cuanto al análisis de la composición de especies vegetales, en cada una de las microcuencas estudiadas, se establecieron puntos de muestreo georeferenciados, teniendo en cuenta la posición a lo largo de la cuenca (alta, media, baja); en cada punto se realizaron parcelas de 10 x 10m (0,1 Ha) y transectos lineales de 100 x 2m (200m²); se efectuaron descripciones entorno a la cobertura dominante en términos de porcentaje (%) y de las especies más representativas del área estudiada por número de individuos de plantas vasculares encontradas.

En cuanto a plantas no vasculares y líquenes en cada transecto realizado en bosque, se escogieron cinco forofitos que cumplieran con las características de selección sugeridas por Wolf (1993) Gradstein et al. (1996) y Gradstein et.al. (2003), las cuales corresponden a arbustos con un DAP (diámetro a la altura del pecho) superior a 10 cm con la mayor diversidad de especies de vegetación no vascular, además, se evaluaron todos los sustratos presentes en el sotobosque del transecto (suelo y roca).

4.1 EVALUACIÓN DE LA INTEGRIDAD DEL PAISAJE Y FRAGMENTACIÓN

Las descripciones de la integridad y fragmentación del paisaje tomaron en cuenta variables que pueden generar fragilidad y son factores de cambio en los ecosistemas; estas variables se clasificaron de acuerdo a su origen y efectos sobre el paisaje, por tal motivo, se identificaron las perturbaciones intrínsecas (evidencia de incendios, inundaciones, sucesión secundaria

activa y especies introducidas y/o invasoras); perturbaciones extrínsecas (avalanchas, desprendimientos, remoción en masa); perturbaciones morfológicas causadas por el hombre (urbanización o viviendas, senderos o vías carreteables, áreas de cultivo, ganadería, aprovechamiento forestal o silvicultura, piscicultura, minería). De acuerdo al análisis de los factores que generan transformación o fragmentación y con ayuda de los sistemas de información geográfica (SIG) (Figura 4.1), se establecieron las matrices, corredores y parches de vegetación encontrados (Farina, 2016).

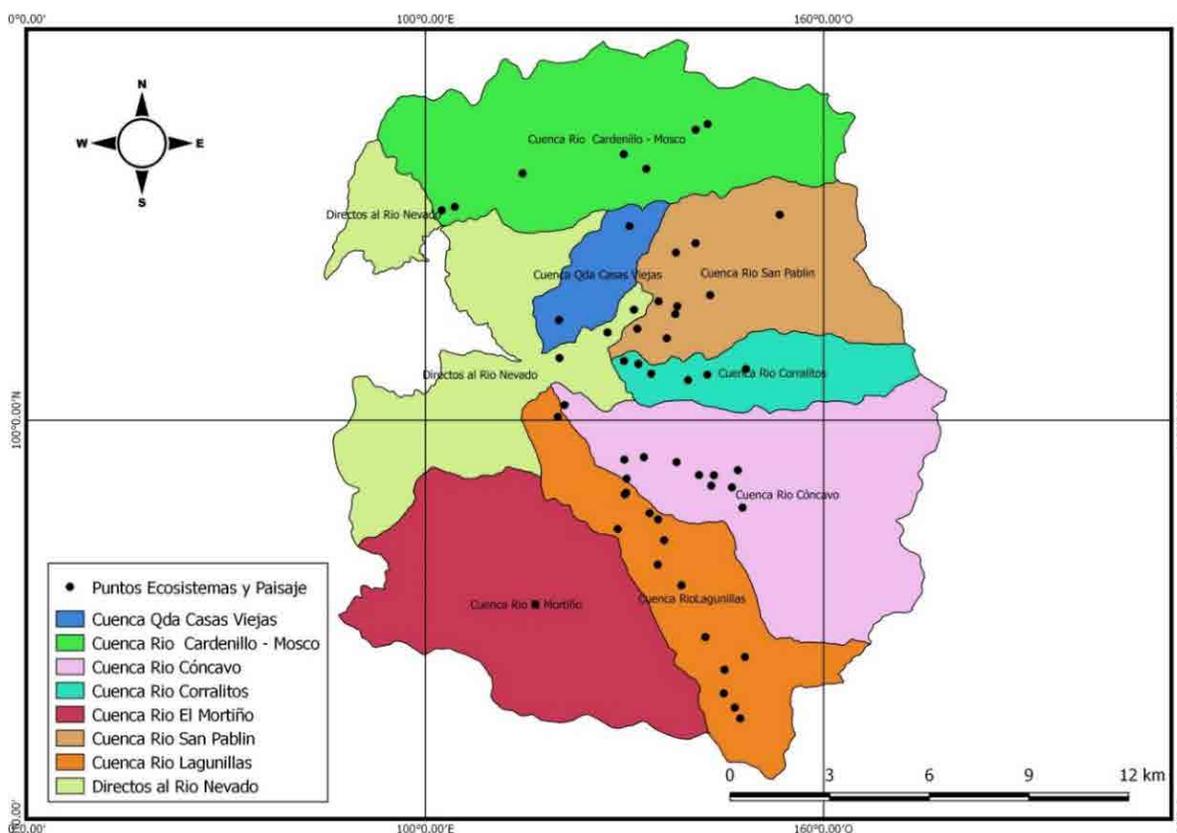


Figura 4.1 Puntos de muestreo establecidos en el componente ecosistemas y paisaje

4.2 RIQUEZA BIÓTICA

Para la cuenca alta del Río Nevado se evidenció un amplio número de especies vegetales y animales, que conforman los ecosistemas de bosque altoandino, subpáramo, páramo y superpáramo; cada una de estas asociaciones vegetales que interactúan con especies de fauna guardan una especial fragilidad y son

determinantes en el análisis de la intervención y fragmentación de los sistemas naturales.

Para analizar la riqueza biótica se realiza un reconocimiento de las especies representativas en cada nivel de la cuenca (baja, media y alta). La respectiva identificación se organiza en fichas ilustrativas con la información pertinente.

La caracterización de especies animales y vegetales, y la importancia biológica y de servicios ecosistémicos es una herramienta clave para la determinación de áreas prioritarias de conservación de la diversidad biológica.

de estudio, especificadas para cada río, organizadas por sendero donde se encuentra, familia, especie y la altitud a la que se presenta (Tablas 4.1 a 4.5).

4.2.1 Especies vegetales

4.2.1.1 Río Lagunillas

A continuación, se presenta las especies de plantas vasculares encontradas en la zona

|| Tabla 4.1 Especies de plantas vasculares Río Lagunillas ||

SENDERO O SECTOR	FAMILIA	ESPECIE	ALTITUD MEDIA (msnm)
CUENCA ALTA-CABAÑA ZISUMA	Apiaceae	<i>Eryngium humile</i>	3.974
		<i>Eryngium humboldtii</i>	
		<i>Hypochaeris taraxacoides</i>	
		<i>Pentacalia vacciniodes</i>	
		<i>Espeletia lopezii</i>	
		<i>Espeletia sp</i>	
	Asteraceae	<i>Achyrocline bogotensis</i>	
		<i>Taraxacum officinale</i>	
		<i>Senecio formosoides</i>	
		<i>Senecio sp</i>	
		<i>Diplostephium rosmarinifolium</i>	
	Bromeliaceae	<i>Puya goudotiana</i>	
	Crassulaceae	<i>Echeveria bicolor</i>	
		<i>Trifolium repens</i>	
	Fabaceae	<i>Lupinus bogotensis</i>	
		<i>Lupinus interruptus</i>	
	Hypericaceae	<i>Hypericum mexicanum</i>	
	Iridaceae	<i>Orthosanthus chimboracensis</i>	
	Lycopodiaceae	<i>Lycopodium clavatum</i>	
	Melastomataceae	<i>Miconia salicifolia</i>	
Orobanchaceae	<i>Castilleja fissifolia</i>		
Oxalidaceae	<i>Oxalis fendleri</i>		
Poaceae	<i>Poa integrifolia</i>		
	<i>Calamagrostis effusa</i>		
Polygonaceae	<i>Rumex acetosella</i>		
	<i>Acaena cylindristachya</i>		
Rosaceae	<i>Lachemilla orbiculata</i>		
	<i>Acaena elongata</i>		
	<i>Polylepis quadrijuga</i>		
Rubiaceae	<i>Galium hypocarpium</i>		
Scrophulariaceae	<i>Bartsia laniflora</i>		

SENDERO O SECTOR	FAMILIA	ESPECIE	ALTITUD MEDIA (msnm)
CUENCA MEDIA-LOS HERRERA	Asteracea	<i>Diplostephium rosmarinifolium</i>	3.815
		<i>Espeletia lopezii</i>	
		<i>Espeletia sp</i>	
		<i>Pentacalia vacciniodes</i>	
		<i>Hypochaeris taraxacoides</i>	
		<i>Hypochaeris radicata</i>	
		<i>Ageratina tinifolia</i>	
	Bromeliaceae	<i>Puya goudotiana</i>	
	Escalloniaceae	<i>Escallonia myrtilloides</i>	
	Fabaceae	<i>Lupinus bogotensis</i>	
	Hypericaceae	<i>Hypericum mexicanum</i>	
	Iridaceae	<i>Orthrosanthus chimboracensis</i>	
	Melastomataceae	<i>Miconia salicifolia</i>	
CUENCA MEDIA	Poaceae	<i>Calamagrostis effusa</i>	3.664
		<i>Holcus lanatus</i>	
	Rosaceae	<i>Cortaderia nitida</i>	
	Rosaceae	<i>Hesperomeles goudotiana</i>	
		Asteraceae	
		<i>Baccharis latifolia</i>	
	Betulaceae	<i>Alnus acuminata</i>	
	Blechnaceae	<i>Blechnum loxense</i>	
	Cunoniaceae	<i>Weinmannia tomentosa</i>	
	Elaeocarpaceae	<i>Vallea stipularis</i>	
	Escalloniaceae	<i>Escallonia myrtilloides</i>	
	Iridaceae	<i>Orthrosanthus chimboracensis</i>	
	Melastomataceae	<i>Miconia salicifolia</i>	
<i>Miconia ligustrina</i>			
<i>Miconia sp1</i>			
Poaceae	<i>Holcus lanatus</i>		
	<i>Cenchrus clandestinum</i>		
	<i>Poa integrifolia</i>		
CUENCA BAJA	Asteraceae	<i>Ageratina tinifolia</i>	3.387
		<i>Baccharis latifolia</i>	
		<i>Hypochaeris radicata</i>	
		<i>Taraxacum officinale</i>	
	Cunoniaceae	<i>Weinmannia tomentosa</i>	
	Fabaceae	<i>Trifolium repens</i>	
		<i>Trifolium pratense</i>	
	Myrtaceae	<i>Eucaliptus globulus</i>	
	Passifloraceae	<i>Passiflora mixta</i>	
	Poaceae	<i>Chusquea scadens</i>	
		<i>Holcus lanatus</i>	
		<i>Cenchrus clandestinum</i>	
		<i>Poa integrifolia</i>	
Rosaceae	<i>Polylepis quadrijuga</i>		
	<i>Rubus bogotensis</i>		

SENDERO O SECTOR	FAMILIA	ESPECIE	ALTITUD MEDIA (msnm)
VALLE DE LOS FRAILEJONES	Asteraceae	<i>Diplostegium rosmarinifolium</i>	3.821
		<i>Diplostegium eriophorum</i>	
		<i>Espeletia lopezii</i>	
		<i>Espeletia sp</i>	
		<i>Baccharis prunifolia</i>	
		<i>Espeletia cleefi</i>	
		<i>Espeletia curialensis</i>	
		<i>Pentacalia vacciniodes</i>	
	Berberidaceae	<i>Berberis sanctipetrii</i>	
	Bromeliaceae	<i>Puya goudotiana</i>	
	Crassulaceae	<i>Echeveria bicolor</i>	
	Cyperaceae	<i>Carex pichinchensis</i>	
	Elaeocarpaceae	<i>Vallea stipularis</i>	
	Ericaceae	<i>Pernettya prostrata</i>	
	Escalloniaceae	<i>Escallonia myrtilloides</i>	
	Geraniaceae	<i>Geranium multiceps</i>	
	Hypericaceae	<i>Hypericum laricifolium</i>	
	Iridaceae	<i>Orthrosanthus chimboracensis</i>	
	Juncaceae	<i>Juncus effusus</i>	
	Lycopodiaceae	<i>Lycopodium crassum</i>	
Poaceae	<i>Calamagrostis effusa</i>		
Polypodiaceae	<i>Polypodium sp1</i>		
Primulaceae	<i>Myrsine depends</i>		
Rosaceae	<i>Rubus acanthophyllos</i>		
	<i>Lachemilla orbiculata</i>		
Rubiaceae	<i>Arcytophyllum nitidum</i>		
CUENCA MEDIA-CUEVA DE LA CUCHUMBA	Asteraceae	<i>Espeletia lopezii</i>	3.627
		<i>Hypochaeris taraxacoides</i>	
		<i>Hypochaeris radicata</i>	
		<i>Baccharis trinervis</i>	
		<i>Diplostegium rosmarinifolium</i>	
		<i>Gynoxys hirsuta</i>	
		<i>Pentacalia andicola</i>	
		<i>Pentacalia vacciniodes</i>	
		<i>Achyrocline bogotensis</i>	
		<i>Pentacalia sp</i>	
Berberidaceae	<i>Berberis goudotii</i>		
Blechnaceae	<i>Blechnum loxense</i>		
Caprifoliaceae	<i>Valeriana microphyla</i>		
Crassulaceae	<i>Echeveria bicolor</i>		
Ericaceae	<i>Macleania rupestris</i>		
Escalloniaceae	<i>Escallonia myrtilloides</i>		
Fabaceae	<i>Trifolium repens</i>		
Geraniaceae	<i>Geranium multiceps</i>	3.627	
	<i>Hypericum laricifolium</i>		
Hypericaceae	<i>Hypericum mexicanum</i>		
	<i>Hypericum juniperinum</i>		
Iridaceae	<i>Orthrosanthus chimboracensis</i>		
Juncaceae	<i>Juncus effusus</i>		

SENDERO O SECTOR	FAMILIA	ESPECIE	ALTITUD MEDIA (msnm)
CUENCA MEDIA-CUEVA DE LA CUCHUMBA	Lycopodiaceae	<i>Lycopodium crassum</i>	3.627
		<i>Lycopodium clavatum</i>	
		<i>Lycopodium jussiaei</i>	
	Melastomataceae	<i>Monochaetum myrtoideum</i>	
	Orchidaceae	<i>Fernandezia</i> sp	
	Orobanchaceae	<i>Castilleja integrifolia</i>	
	Oxalidaceae	<i>Oxalis fendleri</i>	
Poaceae	<i>Calamagrostis effusa</i>		
Polygonaceae	<i>Rumex acetosella</i>		
CUENCA MEDIA-CUEVA DE LA CUCHUMBA	Polypodiaceae	<i>Polypodium</i> sp	3.400
	Primulaceae	<i>Myrsine</i> sp	
		<i>Myrsine depends</i>	
	Rosaceae	<i>Acaena elongata</i>	
		<i>Acaena cylindristachya</i>	
		<i>Hesperomeles goudotiana</i>	
	Rubiaceae	<i>Galium hypocarpium</i>	
Santalaceae	<i>Dendrophthora clavata</i>		
Solanaceae	<i>Cestrum</i> sp		
CUENCA MEDIA-BAJA	Asteraceae	<i>Baccharis latifolia</i>	3.400
		<i>Baccharis prunifolia</i>	
		<i>Baccharis macrantha</i>	
		<i>Ageratina tinifolia</i>	
		<i>Ageratina pichinchensis</i>	
		<i>Diplostephium rosmarinifolium</i>	
		<i>Gynoxys hirsuta</i>	
	<i>Taraxacum officinale</i>		
	<i>Hypochaeris radicata</i>		
	<i>Pentacalia vaccinioides</i>		
	Betulaceae	<i>Alnus acuminata</i>	
	Bromeliaceae	<i>Tillandsia</i> sp	
	Cunoniaceae	3.400	
	Cupressaceae	<i>Cupressus lusitánica</i>	
	Cyperaceae	<i>Carex pichinchensis</i>	
	Elaeocarpaceae	<i>Vallea stipularis</i>	
	Ericaceae	<i>Macleania rupestris</i>	
	Escalloniaceae	<i>Escallonia myrtilloides</i>	
	Juncaceae	<i>Juncus effusus</i>	
	Melastomataceae	<i>Miconia ligustrina</i>	
Myrtaceae	<i>Eucalyptus globulus</i>		
Orobanchaceae	<i>Castilleja integrifolia</i>		
Passifloraceae	<i>Passiflora mixta</i>		
Pinaceae	<i>Pinus patula</i>		
Poaceae	<i>Chusquea scadens</i>		
	<i>Poa integrifolia</i>		
	<i>Holcus lanatus</i>		
	<i>Cenchrus clandestinus</i>		
	<i>Cortaderia nitida</i>		
Rosaceae	<i>Rubus acanthophyllos</i>		
	<i>Rubus bogotensis</i>		
	<i>Hesperomeles goudotiana</i>		
	<i>Hesperomeles obtusifolia</i>		
Rubiaceae	<i>Arcytophyllum nitidum</i>		
Sapindaceae	<i>Dodonaea viscosa</i>		

4.2.1.2 Río Cóncavo

Tabla 4.2 Especies de plantas vasculares Río Cóncavo

SENDERO O SECTOR	FAMILIA	ESPECIE	ALTITUD MEDIA (msnm)
VALLE DE LOS FRAILEJONES	Asteraceae	<i>Diplostephium rosmarinifolium</i>	3.821
		<i>Diplostephium eriophorum</i>	
		<i>Espeletia lopezii</i>	
		<i>Espeletia sp1</i>	
		<i>Baccharis prunifolia</i>	
		<i>Espeletia cleefi</i>	
		<i>Espeletia curialensis</i>	
		<i>Pentacalia vacciniodes</i>	
	Berberidácea	<i>Berberis sanctipetri</i>	
	Bromeliaceae	<i>Puya goudotiana</i>	
	Crassulaceae	<i>Echeveria bicolor</i>	
	Cyperaceae	<i>Carex pichinchensis</i>	
	Elaeocarpaceae	<i>Vallea stipularis</i>	
	Ericaceae	<i>Pernettya prostrata</i>	
	Escalloniaceae	<i>Escallonia myrtilloides</i>	
	Geraniaceae	<i>Geranium multiceps</i>	
	Hypericaceae	<i>Hypericum laricifolium</i>	
	Iridaceae	<i>Orthrosanthus chimboracensis</i>	
	Juncaceae	<i>Juncus effusus</i>	
	Lycopodiaceae	<i>Lycopodium crassum</i>	
Poaceae	<i>Calamagrostis effusa</i>		
Polypodiaceae	<i>Polypodium sp1</i>		
Primulaceae	<i>Myrsine depends</i>		
Rosaceae	<i>Rubus acanthophyllos</i>		
	<i>Lachemilla orbiculata</i>		
Rubiaceae	<i>Arcytophyllum nitidum</i>		
CUENCA MEDIA-CUEVA DE LA CUCHUMBA	Asteraceae	<i>Espeletia lopezii</i>	3.627
		<i>Hypochaeris taraxacoides</i>	
		<i>Hypochaeris radicata</i>	
		<i>Baccharis trinervis</i>	
		<i>Diplostephium rosmarinifolium</i>	
	<i>Gynoxys hirsuta</i>		
	<i>Pentacalia andicola</i>		
	<i>Pentacalia vacciniodes</i>		
	<i>Achyrocline bogotensis</i>		
	<i>Pentacalia sp1</i>		
Berberidaceae	<i>Berberis goudotii</i>		
Blechnaceae	<i>Blechnum loxense</i>		
Caprifoliaceae	<i>Valeriana microphyla</i>		
Crassulaceae	<i>Echeveria bicolor</i>		
Ericaceae	<i>Macleania rupestris</i>		
Escalloniaceae	<i>Escallonia myrtilloides</i>		
Fabaceae	<i>Trifolium repens</i>		

SENDERO O SECTOR	FAMILIA	ESPECIE	ALTITUD MEDIA (msnm)
CUENCA MEDIA-CUEVA DE LA CUCHUMBA	Geraniaceae	<i>Geranium multiceps</i>	3.627
	Hypericaceae	<i>Hypericum laricifolium</i>	
		<i>Hypericum mexicanum</i>	
	Hypericaceae	<i>Hypericum juniperinum</i>	
		Iridaceae	
	Juncaceae	<i>Juncus effusus</i>	
	Lycopodiaceae	<i>Lycopodium crassum</i>	
		<i>Lycopodium clavatum</i>	
	Lycopodiaceae	<i>Lycopodium jussiaei</i>	
		Melastomataceae	
	Orchidaceae	<i>Fernandezia sp1</i>	
	Orobanchaceae	<i>Castilleja integrifolia</i>	
	Oxalidaceae	<i>Oxalis fendleri</i>	
	Poaceae	<i>Calamagrostis effusa</i>	
Polygonaceae	<i>Rumex acetosella</i>		
CUENCA MEDIA-CUEVA DE LA CUCHUMBA	Polypodiaceae	<i>Polypodium sp1</i>	
	Primulaceae	<i>Myrsine sp1</i>	
		<i>Myrsine depends</i>	
	Rosaceae	<i>Acaena elongata</i>	
		<i>Acaena cylindristachya</i>	
		<i>Hesperomeles goudotiana</i>	
	Rubiaceae	<i>Galium hypocarpium</i>	
	Santalaceae	<i>Dendrophthora clavata</i>	
	Solanaceae	<i>Cestrum sp1</i>	
	CUENCA MEDIA-BAJA	Asteraceae	<i>Baccharis latifolia</i>
<i>Baccharis prunifolia</i>			
<i>Baccharis macrantha</i>			
<i>Ageratina tinifolia</i>			
<i>Ageratina pichinchensis</i>			
<i>Diplostephium rosmarinifolium</i>			
<i>Gynoxys hirsuta</i>			
<i>Taraxacum officinale</i>			
<i>Hypochoeris radicata</i>			
<i>Pentacalia vacciniodes</i>			
Betulaceae	<i>Alnus acuminata</i>	3.400	
Bromeliaceae	<i>Tillandsia sp1</i>		
Cunoniaceae	<i>Weinmannia tomentosa</i>		
Cupressaceae	<i>Cupressus lusitánica</i>		
Cyperaceae	<i>Carex pichinchensis</i>		
Elaeocarpaceae	<i>Vallea stipularis</i>		
Ericaceae	<i>Macleania rupestris</i>		
Escalloniaceae	<i>Escallonia myrtilloides</i>		
Juncaceae	<i>Juncus effusus</i>		
Melastomataceae	<i>Miconia ligustrina</i>		
Myrtaceae	<i>Eucalyptus globulus</i>		
Orobanchaceae	<i>Castilleja integrifolia</i>		
Passifloraceae	<i>Passiflora mixta</i>		
Pinaceae	<i>Pinus patula</i>		

SENDERO O SECTOR	FAMILIA	ESPECIE	ALTITUD MEDIA (msnm)
CUENCA MEDIA-BAJA	Poaceae	<i>Chusquea scadens</i>	3.400
		<i>Poa integrifolia</i>	
		<i>Holcus lanatus</i>	
		<i>Cenchrus clandestinus</i>	
		<i>Cortaderia nitida</i>	
CUENCA MEDIA-BAJA	Rosaceae	<i>Rubus acanthophyllos</i>	3.400
		<i>Rubus bogotensis</i>	
	<i>Hesperomeles goudotiana</i>		
	<i>Hesperomeles obtusifolia</i>		
Rubiaceae	<i>Arcytophyllum nitidum</i>		
Sapindaceae	<i>Dodonaea viscosa</i>		

4.2.1.3 Río Corralitos

Tabla 4.3 Especies de plantas vasculares Río Corralitos

SENDERO O SECTOR	FAMILIA	ESPECIE	ALTITUD MEDIA (msnm)
CUENCA ALTA	Asteraceae	<i>Espeletia lopezii</i>	4.200
		<i>Espeletia sp1</i>	
		<i>Loricaria colombiana</i>	
		<i>Pentacalia vacciniodes</i>	
	Caprifoliaceae	<i>Valeriana sp</i>	
	Cyperaceae	<i>Cortaderia nitida</i>	
	Ericaceae	<i>Pernettya rupicola</i>	
	Hypericaceae	<i>Hypericum mexicanum</i>	
		<i>Hypericum juniperinum</i>	
	Lycopodiaceae	<i>Lycopodium clavatum</i>	
		<i>Lycopodium crassum</i>	
	Poaceae	<i>Calamagrostis effusa</i>	
	Rosaceae	<i>Acaena cylindristachya</i>	
Scrophulariaceae	<i>Bartsia laniflora</i>		
Apiaceae	<i>Eryngium humboldtii</i>		
	<i>Eryngium humile</i>		
	<i>Laestadia pinifolia</i>		
	<i>Ageratina tinifolia</i>		
CUENCA MEDIA	Asteraceae	<i>Ageratina pichinchensis</i>	3.830
		<i>Baccharis tricuneata</i>	
		<i>Senecio formosoides</i>	
		<i>Hypochaeris taraxacoides</i>	
		<i>Hypochaeris sessiliflora</i>	
	<i>Pentacalia vacciniodes</i>		
	<i>Espeletia lopezii</i>		
	<i>Diplostephium rosmarinifolium</i>		
	Berberidaceae	<i>Berberis sanctipetri</i>	
	Blechnaceae	<i>Blechnum loxense</i>	
Bromeliaceae	<i>Puya goudotiana</i>		

SENDERO O SECTOR	FAMILIA	ESPECIE	ALTITUD MEDIA (msnm)
CUENCA MEDIA	Campanulaceae	<i>Lysipomia laciniata</i>	3.830
	Caprifoliaceae	<i>Valeriana</i> sp	
		<i>Valeriana stenophylla</i>	
	Crassulaceae	<i>Echeveria bicolor</i>	
	Cunoniaceae	<i>Weinmannia tomentosa</i>	
	Cyperaceae	<i>Carex pichinchensis</i>	
		<i>Rynchospora nervosa</i>	
	Ericaceae	<i>Permettya prostrata</i>	
		<i>Vaccinium meridionalis</i>	
		<i>Gaultheria hapalotricha</i>	
	Escalloniaceae	<i>Escallonia myrtilloides</i>	
	Fabaceae	<i>Trifolium repens</i>	
	Gentianaceae	<i>Haleniasp</i>	
		<i>Geranium multiceps</i>	
	Grossulariaceae	<i>Ribes andicola</i>	
		<i>Hypericum mexicanum</i>	
	Hypericaceae	<i>Hypericum juniperinum</i>	
		<i>Hypericum loricifolium</i>	
	Iridaceae	<i>Orthrosanthus chimboracensis</i>	
	Juncaceae	<i>Juncus effusus</i>	
	Lycopodiaceae	<i>Lycopodium clavatum</i>	
		<i>Lycopodium jussiaei</i>	
	Melastomataceae	<i>Miconia cleefii</i>	
		<i>Miconia salicifolia</i>	
	Piperaceae	<i>Peperomia hartwegiana</i>	
	Plantaginaceae	<i>Plantago australis</i>	
		<i>Paspalum</i> sp	
	Poaceae	<i>Holcus lanatus</i>	
		<i>Poa integrifolia</i>	
		<i>Paspalum</i> sp	
		<i>Cortaderia nitida</i>	
		<i>Cenchrus clandestinus</i>	
		<i>Polylepis quadrijuga</i>	
<i>Acaena cylindristachya</i>			
Rosaceae	<i>Acaena elongata</i>		
	<i>Hesperomeles goudotiana</i>		
	<i>Lachemilla hispida</i>		
Rubiaceae	<i>Galium hypocarpium</i>		
Rubiaceae	<i>Nertera granadensis</i>		
Santalaceae	<i>Dendrophthora clavata</i>		
Solanaceae	<i>Cestrum</i> sp		
CUENCA BAJA	Adoxaceae	<i>Viburnum triphyllum</i>	3.502
	Araliaceae	<i>Oreopanax floribundum</i>	
		<i>Ageratina tinifolia</i>	
		<i>Munozias enecionidis</i>	
		<i>Gynoxys hirsuta</i>	
	Asteraceae	<i>Achyrocline bogotensis</i>	
		<i>Pentacalia vacciniodes</i>	
		<i>Baccharis latifolia</i>	
		<i>Taraxacum officinale</i>	
		<i>Hypochaeris radicata</i>	
Betulaceae	<i>Alnus acuminata</i>		
Blechnaceae	<i>Blechnum loxense</i>		
Bromeliaceae	<i>Tillandsia</i> sp1		
Buddlejaceae	<i>Buddleja bulata</i>		
Clethraceae	<i>Clethra fimbriata</i>		

SENDERO O SECTOR	FAMILIA	ESPECIE	ALTITUD MEDIA (msnm)
CUENCA BAJA	Coriariaceae	<i>Coriaria ruscifolia</i>	3-502
	Cunoniaceae	<i>Weinmannia tomentosa</i>	
	Cyperaceae	<i>Carex pichinchensis</i>	
	Elaeocarpaceae	<i>Vallea stipularis</i>	
	Equisetaceae	<i>Equisetum bogotense</i>	
	Ericaceae	<i>Bejaria resinosa</i>	
		<i>Macleania rupestris</i>	
		<i>Pernettya prostrata</i>	
	Escalloniaceae	<i>Escallonia myrtilloides</i>	
	Hypericaceae	<i>Hypericum laricifolium</i>	
		<i>Hypericum mexicanum</i>	
	Iridaceae	<i>Orthrosanthus chimboracensis</i>	
	Juncaceae	<i>Juncus effusus</i>	
	Melastomataceae	<i>Miconia ligustrina</i>	
<i>Monochaetum myrtoideum</i>			
Orchidaceae	<i>Fernandezia sanguinea</i>		
Oxalidaceae	<i>Oxalis fendleri</i>		
Poaceae	<i>Holcus lanatus</i>		
CUENCA BAJA	Poaceae	<i>Poa integrifolia</i>	3-502
		<i>Paspalum sp</i>	
	Poaceae	<i>Cenchrus clandestinus</i>	
		<i>Cortaderia nitida</i>	
	Polygalaceae	<i>Polygala dalmasiana</i>	
		<i>Monnina salicifolia</i>	
	Polygonaceae	<i>Rumex acetosella</i>	
		<i>Rumex obtusifolius</i>	
	Polypodiaceae	<i>Polypodium sp</i>	
		<i>Hesperomeles goudotiana</i>	
	Rosaceae	<i>Polylepis quadrijuga</i>	
		<i>Acaena cylindristachya</i>	
		<i>Acaena elongata</i>	
		<i>Rubus acanthophyllos</i>	
	<i>Rubus brasiliensis</i>		
	<i>Lachemilla orbiculata</i>		
Rubiaceae	<i>Nertera granadensis</i>		
Sapindaceae	<i>Dodonaea viscosa</i>		
Smilacaceae	<i>Smilax tomentosa</i>		

4.2.1.4 Río San Pablín

Tabla 4.4 Listado de especies de plantas vasculares Río San Pablín

SENDERO O SECTOR	FAMILIA	ESPECIE	ALTITUD MEDIA (msnm)
CUENCA ALTA	Asteraceae	<i>Espeletia lopezii</i>	3.856
		<i>Espeletia sp</i>	
		<i>Hypochaeris taraxacoides</i>	
	Ericaceae	<i>Pernettya rupicola</i>	
	Escalloniaceae	<i>Escallonia myrtilloides</i>	
	Hypericaceae	<i>Hypericum laricifolium</i>	
	Hypericaceae	<i>Hypericum mexicanum</i>	
	Iridaceae	<i>Orthrosanthus chimboracensis</i>	
	Poaceae	<i>Calamagrostis effusa</i>	
		<i>Cortaderia nitida</i>	
	Rosaceae	<i>Acaena cylindristachya</i>	
	Adoxaceae	<i>Viburnum triphyllum</i>	
	Alstroemeriaceae	<i>Bomarea sp</i>	
	Apiaceae	<i>Eryngium humboldtii</i>	
UNIÓN QUEBRADA PLAYITAS	Asteraceae	<i>Ageratina pichinchensis</i>	3.856
		<i>Baccharis macrantha</i>	
		<i>Baccharis latifolia</i>	
		<i>Diplostephium cinerascens</i>	
		<i>Diplostephium eriophorum</i>	
		<i>Diplostephium rosmarinifolium</i>	
		<i>Pentacalia abietina</i>	
		<i>Pentacalia vacciniodes</i>	
		<i>Munoziasenecionidis</i>	
		<i>Taraxacum officinale</i>	
	<i>Hypochaeris radicata</i>		
	Bromeliaceae	<i>Puya satosii</i>	
		<i>Puya goudotiana</i>	
	Buddlejaceae	<i>Buddleja bulata</i>	
	Cunoniaceae	<i>Weinmannia tomentosa</i>	
	Cyperaceae	<i>Carex pichinchensis</i>	
		<i>Gaultheria sclerophylla</i>	
	Ericaceae	<i>Pernettya prostrata</i>	
		<i>Pernettya rupicola</i>	
	Escalloniaceae	<i>Escallonia myrtilloides</i>	
Fabaceae	<i>Lupinus bogotensis</i>		
	<i>Trifolium repens</i>		
Hypericaceae	<i>Trifolium pratense</i>		
	<i>Hypericum mexicanum</i>		
Hypericaceae	<i>Hypericum juniperinum</i>		
	<i>Hypericum laricifolium</i>		
Lamiaceae	<i>Salvia palifolia</i>		
Melastomataceae	<i>Miconia ligustrina</i>		
	<i>Miconia salicifolia</i>		
Oxalidaceae	<i>Oxalis fendleri</i>		
Poaceae	<i>Cortaderia nitida</i>		
	<i>Cenchrus clandestinus</i>		
	<i>Poa integrifolia</i>		
Rosaceae	<i>Holcus lanatus</i>		
	<i>Rubus acanthophyllos</i>		
	<i>Acaena cylindristachya</i>		
Rubiaceae	<i>Polylepis quadrijuga</i>		
	<i>Arcytophyllum nitidum</i>		
Santalaceae	<i>Dendrophthora clavata</i>		
Solanaceae	<i>Cestrum sp1</i>		
	<i>Solanum oblongifolium</i>		

Grupos Investigación UPTC; VTS - UDESA - GICA - BC

SENDERO O SECTOR	FAMILIA	ESPECIE	ALTITUD MEDIA (msnm)
SENDERO RITACUBAS-RÍO PLAYITAS	Apiaceae	<i>Eryngium humile</i>	4.024 hasta los 4.786
		<i>Espeletia lopezii</i>	
		<i>Espeletia sp</i>	
		<i>Diplostephium rosmarinifolium</i>	
		<i>Diplostephium cinerascens</i>	
	Asteraceae	<i>Pentacalia vacciniodes</i>	
		<i>Pentacalia andicola</i>	
		<i>Laestadia muscicola</i>	
		<i>Senecio niveooreus</i>	
		<i>Senecio formosoides</i>	
	<i>Senecio cocuyanus</i>		
SENDERO RITACUBAS-RÍO PLAYITAS	Asteraceae	<i>Hypochaeris sessiliflora</i>	4.024 hasta los 4.786
		<i>Achyrocline bogotensis</i>	
		<i>Senecio formosoides</i>	
		<i>Gynoxys hirsuta</i>	
	Caprifoliaceae	<i>Valeriana pilosa</i>	
		<i>Valeriana stenophylla</i>	
	Ericaceae	<i>Pernettya rupicola</i>	
	Hypericaceae	<i>Hypericum laricifolium</i>	
		<i>Hypericum mexicanum</i>	
	Iridaceae	<i>Orthrosanthus chimboracensis</i>	
	Lycopodiaceae	<i>Lycopodium clavatum</i>	
		<i>Lycopodium crassum</i>	
	Melastomataceae	<i>Miconia salicifolia</i>	
		<i>Cortaderia nitida</i>	
	Poaceae	<i>Paspalum sp</i>	
	<i>Calamagrostis effusa</i>		
Rosaceae	<i>Lachemilla orbiculata</i>	4.024 hasta los 4.786	
	<i>Acaena cylindristachya</i>		
Rubiaceae	<i>Arcytophyllum nitidum</i>		
	<i>Arcytophyllum muticum</i>		
Scrophulariaceae	<i>Bartsia laniflora</i>		
Araliaceae	<i>Oreopanax floribundum</i>		
Apiaceae	<i>Eryngium humboldtii</i>		
	<i>Baccharis latifolia</i>		
	<i>Baccharis macrantha</i>		
	<i>Munozia senecionidis</i>		
Asteraceae	<i>Ageratina tinifolia</i>		
	<i>Gynoxys hirsuta</i>		
	<i>Hypochaeris radicata</i>		
Betulaceae	<i>Alnus acuminata</i>		
Blechnaceae	<i>Blechnum sp</i>		
Bromeliaceae	<i>Puya goudotiana</i>		
Cupressaceae	<i>Cupressus lusitanica</i>	3.146	
Escalloniaceae	<i>Escallonia myrtilloides</i>		
Fabaceae	<i>Lupinus interruptus</i>		
	<i>Trifolium repens</i>		
Fagaceae	<i>Quercus humboldtii</i>		
Juncaceae	<i>Juncus effusus</i>		
Myrtaceae	<i>Eucalyptus globulus</i>		
	<i>Cortaderia nitida</i>		
	<i>Calamagrostis effusa</i>		
Poaceae	<i>Cenchrus clandestinus</i>		
	<i>Poa integrifolia</i>		
	<i>Holcus lanatus</i>		
Primulaceae	<i>Myrsine depends</i>		
Sapindaceae	<i>Dodonaea viscosa</i>		

SENDERO O SECTOR	FAMILIA	ESPECIE	ALTITUD MEDIA (msnm)
LAGUNA DE SAN PABLÍN	Asteraceae	<i>Espeletia lopezii</i>	3.819
		<i>Espeletia sp</i>	
		<i>Paramiflos glandulosus</i>	
	Bromeliaceae	<i>Puya goudotiana</i>	
	Cyperaceae	<i>Carex pichinchensis</i>	
	Ericaceae	<i>Pernettya rupicola</i>	
	Escalloniaceae	<i>Escallonia myrtilloides</i>	
	Hypericaceae	<i>Hypericum laricifolium</i>	
		<i>Hypericum mexicanum</i>	
	Poaceae	<i>Cortaderia nitida</i>	
	Polygonaceae	<i>Rumex acetosella</i>	
	Rosaceae	<i>Acaena cylindristachya</i>	
Solanaceae	<i>Cestrum sp</i>		

4.2.1.5 Río Cardenillo

|| Tabla 4.5 Especies de plantas vasculares Río Cardenillo ||

SENDERO O SECTOR	FAMILIA	ESPECIE	ALTITUD MEDIA (msnm)
CUENCA ALTA CAMINO DESDE PARADA DE ROMERO	Asteraceae	<i>Espeletia lopezii</i>	4.124
		<i>Espeletia sp</i>	
		<i>Diplostephium sp</i>	
		<i>Diplostephium rosmarinifolium</i>	
		<i>Loricaria colombiana</i>	
	Berberidaceae	<i>Berberis sanctipetri</i>	
	Blechnaceae	<i>Blechnum loxense</i>	
	Bromeliaceae	<i>Puya goudotiana</i>	
	Bromeliaceae	<i>Puya colombiana</i>	
	Ericaceae	<i>Pernettya rupicola</i>	
	Eriocaulaceae	<i>Paepalanthus dendroides</i>	
		<i>Paepalanthus lodiculoides</i>	
	Hypericaceae	<i>Hypericum mexicanum</i>	
		<i>Hypericum laricifolium</i>	
		<i>Hypericum juniperinum</i>	
	Lycopodiaceae	<i>Lycopodium clavatum</i>	
		<i>Lycopodium crassum</i>	
	Melastomataceae	<i>Miconia salicifolia</i>	
	Plantaginaceae	<i>Plantago rigida</i>	
	Poaceae	<i>Calamagrostis effusa</i>	
<i>Cortaderia nitida</i>			
Polypodiaceae	<i>Polypodium sp1</i>		
Rubiaceae	<i>Arcytophyllum nitidum</i>		

SENDERO O SECTOR	FAMILIA	ESPECIE	ALTITUD MEDIA (msnm)
CUENCA MEDIA	Apiaceae	<i>Eryngium humboldtii</i>	3.875
		<i>Ageratina pichinchensis</i>	
	Asteraceae	<i>Baccharis prunifolia</i>	
		<i>Senecio formosoides</i>	
		<i>Ageratina pichinchensis</i>	
		<i>Baccharis prunifolia</i>	
		<i>Gynoxys hirsuta</i>	
		<i>Diplostephium rosmarinifolium</i>	
	Blechnaceae	<i>Blechnum loxense</i>	
	Bromeliaceae	<i>Tillandsia sp</i>	
Clusiaceae	<i>Clusia multiflora</i>		
Cunoniaceae	<i>Weinmannia tomentosa</i>		
CUENCA MEDIA	Cyperaceae	<i>Carex pichinchensis</i>	3.875
	Ericaceae	<i>Macleania rupestris</i>	
	Hypericaceae	<i>Hypericum juniperinum</i>	
		<i>Hypericum mexicanum</i>	
CUENCA MEDIA	Melastomataceae	<i>Bucquetia glutinosa</i>	3.426
		<i>Monochaetum myrtoideum</i>	
	Orchidaceae	<i>Miconia ligustrina</i>	
		<i>Fernandezia sanguinea</i>	
	Orobanchaceae	<i>Castilleja integrifolia</i>	
	Poaceae	<i>Calamagrostis effusa</i>	
		<i>Cenchrus clandestinus</i>	
		<i>Holcus lanatus</i>	
		<i>Poa integrifolia</i>	
		<i>Paspalum sp</i>	
		<i>Cortaderia nitida</i>	
		<i>Calamagrostis effusa</i>	
		<i>Cenchrus clandestinus</i>	
	<i>Chusquea sp</i>		
Polygonaceae	<i>Rumex obtusifolius</i>		
	<i>Rumex acetosella</i>		
Primulaceae	<i>Myrsine depends</i>		
	<i>Hesperomeles goudotiana</i>		
Rosaceae	<i>Polylepis quadrijuga</i>		
	<i>Rubus acanthophyllos</i>		
	<i>Rubus robustus</i>		
Sapindaceae	<i>Dodonaea viscosa</i>		
CUENCA BAJA- QUEBRADA CHORRO COLORADO	Araliaceae	<i>Oreopanax floribundum</i>	3.096
	Asteraceae	<i>Ageratina pichinchensis</i>	
		<i>Baccharis prunifolia</i>	
		<i>Ageratina tinifolia</i>	
	Betulaceae	<i>Alnus acuminata</i>	
	Blechnaceae	<i>Blechnum loxense</i>	
	Bromeliaceae	<i>Tillandsia sp</i>	
	Clusiaceae	<i>Clusia multiflora</i>	
	Elaeocarpaceae	<i>Vallea stipularis</i>	

SENDERO O SECTOR	FAMILIA	ESPECIE	ALTITUD MEDIA (msnm)
CUENCA BAJA- QUEBRADA CHORRO COLORADO	Ericaceae	<i>Macleania rupestris</i>	3.096
	Escalloniaceae	<i>Escallonia myrtilloides</i>	
	Fabaceae	<i>Trifolium pratense</i>	
		<i>Trifolium repens</i>	
	Melastomataceae	<i>Miconia</i> sp	
	Myrtaceae	<i>Eucalyptus globulus</i>	
	Orobanchaceae	<i>Castilleja integrifolia</i>	
	Passifloraceae	<i>Passiflora mixta</i>	
		<i>Cenchrus clandestinus</i>	
	Poaceae	<i>Holcus lanatus</i>	
		<i>Poa integrifolia</i>	
		<i>Paspalum</i> sp	
		<i>Cortaderia nitida</i>	

4.2.1.6 Fichas ilustrativas para plantas vasculares

Las fichas ilustrativas de las especies vegetales permiten el reconocimiento y la descripción de cada una de las especies encontradas en la cuenca alta del Río Nevado. En estas se incluye el hábito de crecimiento, los datos taxonómicos de la especie, los nombres comunes generalizados y locales, la ubicación geográfica donde es frecuente encontrar cada especie a lo largo de cada microcuenca y el respectivo rango de distribución altitudinal observado.

FAMILIA: Apiaceae
 ESPECIE: *Eryngium humile*
 AUTOR: Cav
 NOMBRE COMÚN: yerba gorda.
 HÁBITO DE CRECIMIENTO: Roseta acaule.

Común en la cuenca media-alta de los ríos Corralitos, Cóncavo, Cardenillo, San Pablín y Lagunillas.

DISTRIBUCION ALTITUDINAL: en el área e estudio se ha observado desde los 3.500 hasta los 4.500 m.s.n.m.

ESTADO DE CONSERVACIÓN: Preocupación menor (LC).

IMPORTANCIA: pionera en la sucesión vegetal.



FAMILIA: Asteraceae
 ESPECIE: *Espeletia lopezii*
 AUTOR: Cuatrec.
 NOMBRE COMÚN: Frailejón
 HÁBITO DE CRECIMIENTO: Roseta caulescente

En la cuenca alta de los ríos Corralitos, Cóncavo (valle de los frailejones), Cardenillo (Sector parada de romero), San Pablín, sendero Ritacubas y Lagunillas, se observan altas densidades de esta especie.

DISTRIBUCION ALTITUDINAL: en el área de estudio se encuentra desde los 3.500 hasta los de 4.600 m.s.n.m.

ESTADO DE CONSERVACIÓN: Preocupación menor (LC) (IUCN).

IMPORTANCIA: Sus flores proveen alimento a los insectos que viven en zonas de páramo, contribuyen a la formación de suelo e igualmente sirven de alimento para algunos mamíferos terrestres. Sus estructuras foliares hacen favorable la disponibilidad del agua en estado líquido; provee aceites esenciales. Estas especies son emblemáticas de los páramos y sus ecosistemas conexos.



FAMILIA: Asteraceae
 ESPECIE: *Loricaria colombiana*
 AUTOR: Cuatrec.
 NOMBRE COMÚN: abanico
 HÁBITO DE CRECIMIENTO: Arbusto

Común en la cuenca alta de los ríos Corralitos, Cóncavo, Cardenillo, San Pablín y Lagunillas.

DISTRIBUCION ALTITUDINAL: en el área de estudio se encuentra desde los 3.800 hasta los 4.500 m.s.n.m.

ESTADO DE CONSERVACIÓN: no reportado

IMPORTANCIA: Al igual que otras asteráceas, esta especie contribuye en gran medida a la formación del sustrato y suelo paramuno y sus flores son alimento de invertebrados.



FAMILIA: Asteraceae
 ESPECIE: *Mutisia clematis*
 AUTOR: L. f.
 NOMBRE COMÚN: Clavellino
 HÁBITO DE CRECIMIENTO: Arbusto

Frecuente en relictos de bosque y bordes de camino en la cuenca media de los ríos Corralitos, Cóncavo, Cardenillo, San Pablín y Lagunillas.
 DISTRIBUCION ALTITUDINAL: en el área e estudio se observa desde los 3.100 hasta los 3.800 m.s.n.m.

ESTADO DE CONSERVACIÓN: no reportado

IMPORTANCIA: es una planta que produce abundante néctar lo que atrae especies de colibrí, e insectos como las abejas; también la planta cuenta con látex aunque es escaso se encuentra en los filarios de los capítulos inmaduros.



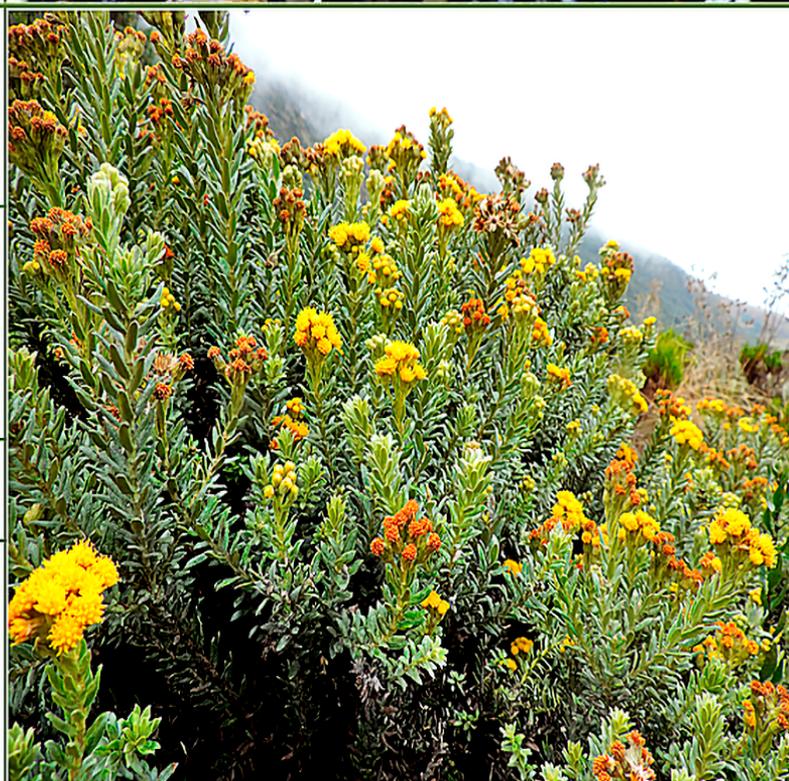
FAMILIA: Asteraceae
 ESPECIE: *Pentacalia cf. vaccinioides*
 AUTOR: (Kunth) Cuatrec.
 NOMBRE COMÚN: Chitón, pentacalias.
 HÁBITO DE CRECIMIENTO: Arbusto.

Común en la cuenca media-alta de los ríos Corralitos, Cóncavo, Cardenillo, San Pablín y Lagunillas.

DISTRIBUCION ALTITUDINAL: en el área e estudio se ha observado desde los 3.700 hasta los 4.500 m.s.n.m.

ESTADO DE CONSERVACIÓN: no reportado

IMPORTANCIA: estas especies proveen alimento a insectos e invertebrados de zonas de alta montaña; ocupan grandes espacios en los procesos de sucesión vegetal



<p>FAMILIA: Berberidaceae ESPECIE: <i>Berberis goudotii</i> AUTOR: Triana & Planch. ex Wedd. NOMBRE COMÚN: Tachuelo, uña de gato HÁBITO DE CRECIMIENTO: Arbusto.</p>	
<p>Común en la cuenca media de los ríos Corralitos, Cóncavo, Cardenillo, San Pablín y Lagunillas.</p>	
<p>DISTRIBUCION ALTITUDINAL: en el área e estudio se ha observado desde los 3.300 hasta los 4.000 m.s.n.m.</p>	
<p>ESTADO DE CONSERVACIÓN: no reportado</p>	
<p>IMPORTANCIA: Esta especie proporciona alimento para insectos y es muy apreciada como cerca viva dadas sus características espinosas.</p>	
<p>FAMILIA: Blechnaceae ESPECIE: <i>Blechnum loxense</i> AUTOR: (Kunth) Hook. ex Salomon NOMBRE COMÚN: Helecho frailejón. HÁBITO DE CRECIMIENTO: Roseta caulecente</p>	
<p>Común en la cuenca media-alta de los ríos Corralitos, Cóncavo, Cardenillo, San Pablín y Lagunillas. DISTRIBUCION ALTITUDINAL: en el área e estudio se ha observado desde los 3.700 hasta los 4.500 m.s.n.m.</p>	
<p>ESTADO DE CONSERVACIÓN: no reportado</p>	
<p>IMPORTANCIA: Suelen ser plantas terrestres y erguidas o escandentes, epífitas, litofíticas y reofíticas, adaptadas a vivir en áreas tropicales y subtropicales, en selvas húmedas, bajas o montanas, en bordes de bosques, en matorrales, en sabanas, áreas perturbadas, en humedales o zonas inundables sirviendo de refugio para la especies de fauna.</p>	

FAMILIA: Bromeliaceae
 ESPECIE: *Puya goudotiana*
 AUTOR: Mez
 NOMBRE COMÚN: Puya o cardón
 HÁBITO DE CRECIMIENTO: Roseta.

Común en la cuenca media-alta de los ríos Corralitos, Cóncavo, Cardenillo, San Pablín y Lagunillas.
 DISTRIBUCION ALTITUDINAL: en el área de estudio se observa desde los 3.700 hasta los 4.300 m.s.n.m.

ESTADO DE CONSERVACIÓN: Casi amenazado (NT) (IUCN).

IMPORTANCIA: De sus flores se alimentan colibríes e insectos melíferos; de esta planta se alimenta el oso de anteojos (*Tremarctos ornatus*), constituyen la estructura vegetal del páramo propiamente dicho, sus hojas sirven de refugio y lugares de reproducción de algunos anfibios. De este genero de plantas se extrae gran cantidad de gomas; se puede utilizar para alinderrar potreros o como cerca viva.



FAMILIA: Elaeocarpaceae
 ESPECIE: *Vallea stipularis*
 AUTOR: L. f.
 NOMBRE COMÚN: Raque
 HÁBITO DE CRECIMIENTO: Árbol

Común en la cuenca media de los ríos Corralitos, Cóncavo, Cardenillo, San Pablín y Lagunillas.
 DISTRIBUCION ALTITUDINAL: se encuentra desde los 3.000 hasta los 4.000 m.s.n.m.

ESTADO DE CONSERVACIÓN: no reportado

IMPORTANCIA: Gracias a que esta planta produce una alta cantidad de flores sirve de alimento para la fauna nectarívora, principalmente de áreas donde la cobertura vegetal arbórea esta muy degradada. Se ha utilizado como recurso maderero gracias a su resistencia y manejabilidad, debido a que presenta resinas es una especie apetecida como combustible; también se ha empleado como cercas vivas y para restauración ecológica. En la farmacopea tradicional se le atribuyen propiedades cicatrizantes y analgésicas.



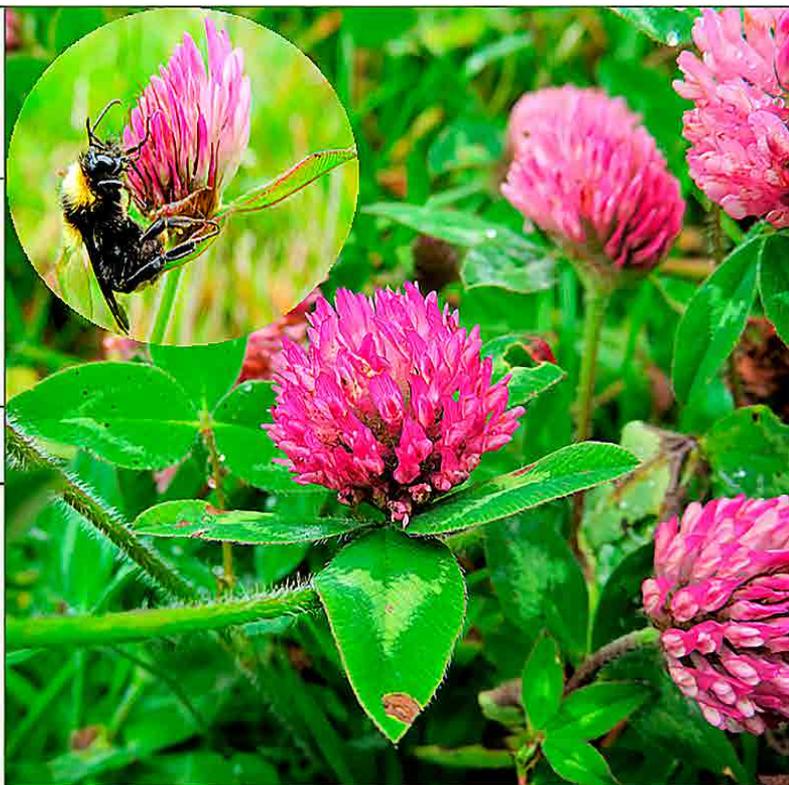
<p>FAMILIA: Ericaceae ESPECIE: <i>Bejaria resinosa</i> AUTOR: Mutis ex L.f. NOMBRE COMÚN: Pegamosco, matamosca, pegapega. HÁBITO DE CRECIMIENTO: Arbusto</p>	
<p>Se observaron individuos en las cuencas de los ríos Corralitos, Cóncavo, Cardenillo (inicio del camino real hacia la parada de Romero), San Pablín y Lagunillas. DISTRIBUCION ALTITUDINAL: se encuentra desde los 3.000 hasta los 3.700 m.s.n.m.</p>	
<p>ESTADO DE CONSERVACIÓN: No reportado.</p>	
<p>IMPORTANCIA: Sus flores y primordios foliares su resina sirve como atrapamoscas lo que se deriva su nombre común, también sirven para aliviar la tos y de alimento para las aves nectarívoras, insectos, entre otros; igualmente sus frutos sirven de alimento para animales silvestres.</p>	
<p>FAMILIA: Escalloniaceae ESPECIE: <i>Escallonia myrtilloides</i> AUTOR: L. f. NOMBRE COMÚN: tobo, rodamonte o pagoda HÁBITO DE CRECIMIENTO: Árbol</p>	
<p>Común en la cuenca media de los ríos Corralitos, Cóncavo, Cardenillo, San Pablín y Lagunillas. DISTRIBUCION ALTITUDINAL: crece desde los 3.000 hasta los 3.500 m.s.n.m.</p>	
<p>ESTADO DE CONSERVACIÓN: No reportado.</p>	
<p>IMPORTANCIA: especie llamativa de la flora altoandina y de la zona de páramo, en su copa suelen anidar y refugiarse un sinnúmero de especies de aves. Es muy utilizado como recurso maderero por su durabilidad y manejabilidad; actualmente se emplea en procesos de restauración ecológica, cercas vivas, rondas de cuerpos de agua y jardinería como especie ornamental.</p>	

FAMILIA: Fabaceae
 ESPECIE: *Trifolium pratense*
 AUTOR: L.
 NOMBRE COMÚN: Carretón violeta.
 HÁBITO DE CRECIMIENTO: Hierba

Común en pastizales y rastrojos de la cuenca media de los ríos Corralitos, Cóncavo, Cardenillo, San Pablín y Lagunillas.
 DISTRIBUCION ALTITUDINAL: en el área e estudio se ha observado desde los 3.000 hasta los 3.800 m.s.n.m.

ESTADO DE CONSERVACIÓN: no reportado

IMPORTANCIA: en la medicina se ha usado para tratar los síntomas de la menopausia, no apta en el consumo para embarazadas y lactantes, también para el tratamiento de llagas, bronquitis, eczema, úlceras y heridas entre otras también para tratar problemas cancerígenos. También es empleado para el forraje de ganado.



FAMILIA: Juncaceae
 ESPECIE: *Juncus effusus*
 AUTOR: L.
 NOMBRE COMÚN: Junco
 HÁBITO DE CRECIMIENTO: Hierba.

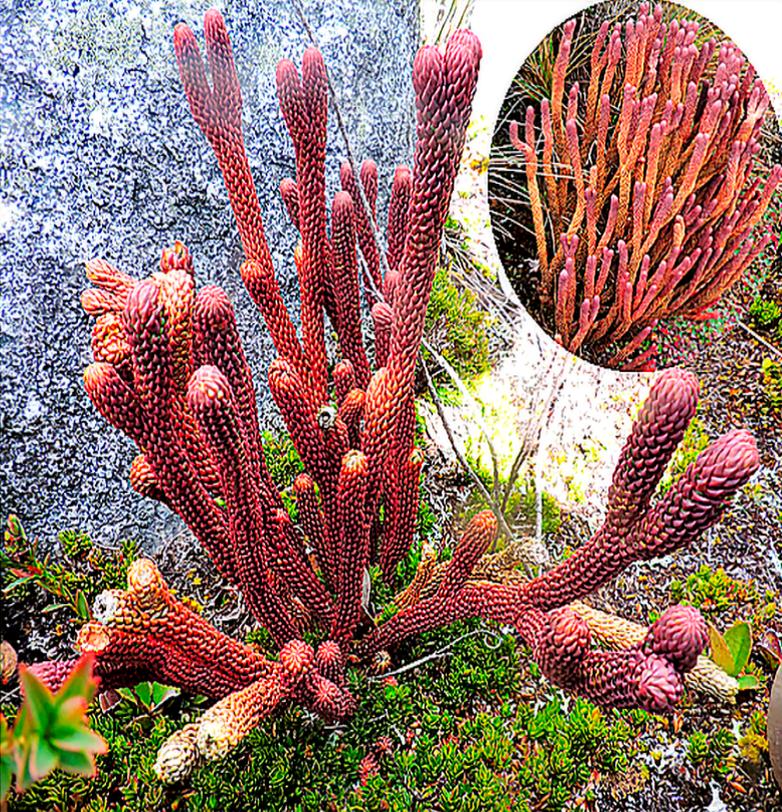
Común en la cuenca media-alta y en áreas de humedal de los ríos Corralitos, Cóncavo, Cardenillo, San Pablín y Lagunillas.

DISTRIBUCION ALTITUDINAL: en el área e estudio se ha observado desde los 3.300 hasta los 4.200 m.s.n.m.

ESTADO DE CONSERVACIÓN: no reportado

IMPORTANCIA: especie utilizada para la fabricación de artesanías, utensilios para el hogar; en sus raíces vive gran cantidad de invertebrados que sirven de alimento para algunas aves acuáticas y otros animales.



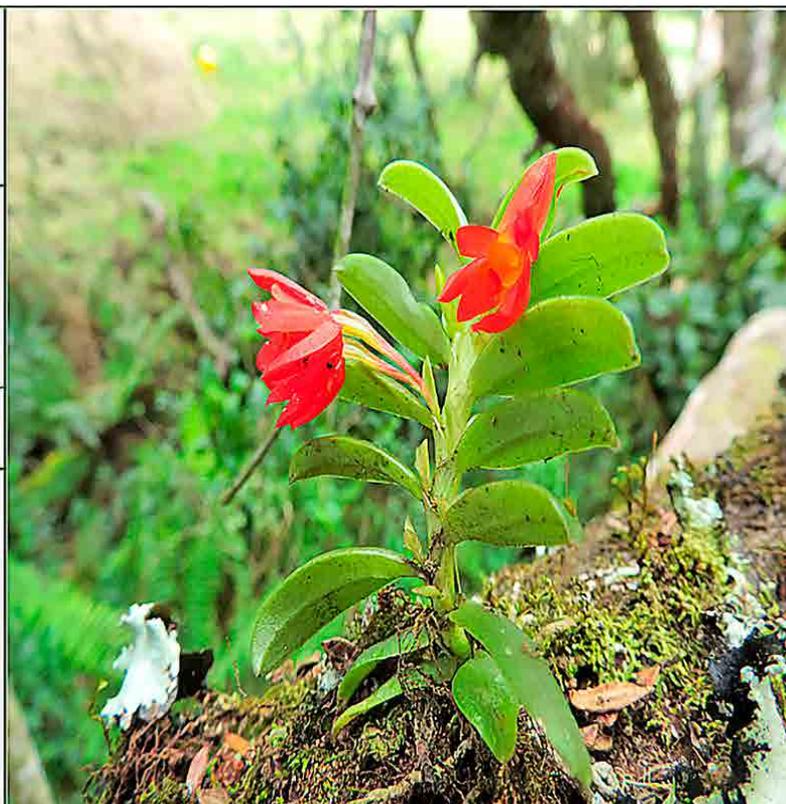
<p>FAMILIA: Lycopodiaceae ESPECIE: <i>Lycopodium crassum</i> AUTOR: Humboldt & Bonpland NOMBRE COMÚN: Cacho de venado, Gateadera, colchón de pobre. HÁBITO DE CRECIMIENTO: Hierba</p>	
<p>Frecuente en áreas abiertas de la cuenca alta de los ríos Corralitos, Cóncavo, Cardenillo, San Pablín y Lagunillas. DISTRIBUCION ALTITUDINAL: en el área e estudio se ha observado desde los 3.600 hasta los 4.500 m.s.n.m.</p>	
<p>ESTADO DE CONSERVACIÓN: no reportado</p>	
<p>IMPORTANCIA: el nombre licopodio se deriva de describir el polvo amarillento de las esporas, fue usado en los fuegos artificiales para pinturas, como cubiertas de píldoras, para explosivos. En experimentos de física el polvo se usa para hacer ondas sonoras visibles en el aire para observación y medición</p>	
<p>FAMILIA: Melastomataceae ESPECIE: <i>Monochaetum myrtoideum</i> AUTOR: (Bonpl.) Naudin NOMBRE COMÚN: Angelito, saltón. HÁBITO DE CRECIMIENTO: Arbusto</p>	
<p>Común en la cuenca media de los ríos Corralitos, Cóncavo, Cardenillo, San Pablín y Lagunillas. DISTRIBUCION ALTITUDINAL: en el área e estudio se ha observado desde los 3.200 hasta los 4.200 m.s.n.m.</p>	
<p>ESTADO DE CONSERVACIÓN: no reportado</p>	
<p>IMPORTANCIA: el establecimiento de esta especie y su amplia cobertura arbustiva, aumenta la visita de aves dispersoras de semillas. Esta planta se adapta a condiciones de poca precipitación y alta radiación por lo tanto se considera una especie generadora de vida en condiciones adversas</p>	

FAMILIA: Orchidaceae
 ESPECIE: *Fernandezia sanguinea*
 AUTOR: (Lindl.) Garay & Dunst.
 NOMBRE COMÚN: Orquídea
 HÁBITO DE CRECIMIENTO: hierba epífita

Se encuentra en los relictos de bosque de la cuenca media de los ríos Corralitos, Cóncavo, Cardenillo, San Pablín y Lagunillas.
 DISTRIBUCION ALTITUDINAL: se encuentran desde los 3.000 hasta los 3.600 m.s.n.m .

ESTADO DE CONSERVACIÓN: comercio restringido (II) (CITES).

IMPORTANCIA: Estas especies son importantes en los procesos de polinización y especiación, su alta sensibilidad a disturbios permiten indicar la salud de un ecosistema o parche de vegetación. Estas especies son eventualmente comercializadas por su belleza y complejidad floral, sin embargo se deben diseñar estrategias muy claras y que sean sostenibles tanto comercialmente como su dependencia del medio natural.



FAMILIA: Passifloraceae
 ESPECIE: *Passiflora mixta*
 AUTOR: L. f.
 NOMBRE COMÚN: Curubo de monte
 HÁBITO DE CRECIMIENTO: Bejuco

Común encontrarla enredada en relictos de bosque de la cuenca media de los ríos Corralitos, Cóncavo, Cardenillo, San Pablín y Lagunillas.
 DISTRIBUCION ALTITUDINAL: en el área de estudio se observaron desde los 3.000 hasta los 3.800 m.s.n.m

ESTADO DE CONSERVACIÓN: Preocupación menor (LC).

IMPORTANCIA: Sus flores son muy apetecidas por aves nectarívoras e insectos, cada flor provee abundante néctar y polen, lo que la convierte en una especie importante para las interacciones planta-animal de los ecosistemas altoandinos; de igual forma sus frutos son consumidos por otros vertebrados incluido el ser humano, algunas especies de pasifloras silvestres han sido utilizadas en jardinería dados los atributos florales.



<p>FAMILIA: Rosaceae ESPECIE: <i>Hesperomeles goudotiana</i> AUTOR: (Decne.) Killip NOMBRE COMÚN: Mortiño HÁBITO DE CRECIMIENTO: Arbusto</p>	
<p>Se observa en relictos de bosques sobre la cuenca media de los ríos Corralitos, Cóncono, Cardenillo, San Pablín, Lagunillas. DISTRIBUCION ALTITUDINAL: se encuentra desde los 3.000 hasta los 3.700 m.s.n.m.</p>	
<p>ESTADO DE CONSERVACIÓN: no reportado</p>	
<p>IMPORTANCIA: Sus flores alimentan especies de insectos, mientras que sus frutos llamativos sirven de alimento para la avifauna local; este proceso contribuye a la regeneración natural de los bosques y la dinámica en la dispersión de las semillas de otras especies de plantas. Se utiliza en jardinería, restauración ecológica, cercas vivas o como especie ornamental.</p>	

4.2.2 Especies de plantas no vasculares (Briofitos) y hongos Liquenizados

En la Tabla 4.6 se indica el listado de las especies de briofitos halladas en la cuenca alta del Río Nevado, organizada por grupo, familia, género y especie, el sendero en el que se encontró y la altitud a la que fue hallada cada una de las especies.

Tabla 4.6 Lista de géneros briófitos y líquenes reportados en la cuenca alta del Río nevado del Parque Nacional Natural El Cocuy

GRUPO	FAMILIA	GÉNERO	SENDERO/CUENCA/ AREA	ALTITUD msnm
MUSGOS	Andreaceae	<i>Andreaea</i> J. Hedw., 1801	Sendero Ritacuba Blanco y cuenca media de la quebrada Playitas	3.959
	Bartramiaceae	<i>Breutelia</i> (Bruch & Schimp.) Schimp., 1856.	Senderos Lagunillas, Laguna grande de la Sierra y en la cueva la Cuchumba, en la Laguna La Cuadrada	3.621-4.054
	Bryaceae	<i>Bryum</i> Hedw., 1801	En cercanías a la unión del Río San Pablín y la quebrada Playitas	3.710
		<i>Pohlia</i> Hedwig, 1801	Cuenca media-baja del Río Cardenillo	3.458
		<i>Rhodobryum</i> (Schimp.) Limpr., 1892	Cuenca baja del Río Corralitos, entre el río San Pablín y la quebrada Playitas, la Laguna San Pablín y en los senderos laguna Grande de la Sierra y Lagunillas	3.500-3.900
	Callicostaceae	<i>Crum</i> , 1899.	Sendero Parada Romero	4.124
	Catagoniaceae	<i>Catagonium</i> Mull. Hal. Ex Broth., 1908	Sendero Parada Romero	4.124
	Dicranaceae	<i>Campylopus</i> Bridel, 1818.	Cuenca baja de los Ríos Corralitos y Mortiño, cuenca media del Río Cardenillo, en cercanía a la unión del Río San Pablín y la quebrada Playitas; en la Laguna San Pablín y los senderos Ritacuba Blanco y Laguna Grande de la Sierra	3.500 -4.077
	Dicranaceae	<i>Dicranum</i> Hedw., 1801	Cuenca media de los Ríos Cardenillo y Corralitos y en el Sendero Parada Romero	3.800-4.124
	Fissidentaceae	<i>Fissidens</i> Hedwig, 1801.	Cuenca baja del Río Mortiño, en el Sendero Laguna grande de la Sierra y en la cueva la Cuchumba	3.041-3.621
	Funariaceae	<i>Funaria</i> Hedwig, 1801	Cuenca baja del Río Mortiño	3.041
	Fontinalaceae	<i>Fontinalisbogotensis</i> Hampe, 1865	Cuenca media-baja del Río Cardenillo	3.458
	Grimmiaceae	<i>Grimia</i> Hedw., 1801.	Cuenca media-baja del Río Corralitos, en cercanías a la unión del Río San Pablín y la quebrada Playitas y en el sendero Lagunillas y Ritacuba Blanco	3.500-3.950
		<i>Racomitrium</i> Bridel, 1819.	Cuenca media-baja del Río Corralitos y en el sendero hacia la cueva de la Cuchumba y Ritacuba Blanco	3.500-3.950
Hypnaceae	<i>Hypnum</i> Hedw., 1801	Cuenca media-baja del Río Cardenillo y en los senderos Lagunillas, Ritacuba Blanco y hacia la cueva de la Cuchumba	3.458-3.959	
Meteoraceae	<i>Kindb.</i> , 1897	Cuenca media de Río Cardenillo	4.077	
MUSGOS	Neckeraceae	<i>Neckera</i> Hedwig, 1801	Cuenca de los Ríos Mortiño, Corralitos y en cercanía a la unión de la quebrada Playitas y el río San Pablín y en los senderos hacia la Laguna San Pablín y Laguna Grande de la Sierra	3.041-3.800
	Polytrichaceae	<i>Polytrichum</i> Hedwig, 1801	Cuenca de los Ríos Cardenillo, Corralitos y en cercanías a la unión de la quebrada Playitas y el río San Pablín y en los senderos hacia la Laguna San Pablín, Laguna Grande de la Sierra, Ritacuba Blanco y Lagunillas	3.500- 3.960
		Schimper, 1855	Senderos Lagunillas y Laguna Grande de la Sierra	3.041-3.800
Pottiaceae	<i>Leptodontium</i> (Müll.Hal.) Lindb., 1864.	Se reportó en la cuenca media-baja del río Corralitos, en cercanías a la unión de la quebrada Playitas y el Río San Pablín y en los senderos Lagunillas y hacia la cueva de la Cuchumba	3.621-3.900	
Rhacocarpaceae	<i>Rhacocarpus purpurascens</i> Paris, 1900	Cuenca media- baja del Río Corralitos, en los Senderos Parada Romero y Ritacuba Blanco	3.830-4.124	
Sphagnaceae	<i>Sphagnum</i> Linnaeus, 1753	Senderos Parada Romero y Ritacuba Blanco	3.041	
Thuidiaceae	<i>Thuidium</i> Bruch & Schimp., 1852	Cuenca baja del Río Mortiño	3.041	

GRUPO	FAMILIA	GÉNERO	SENDERO/CUENCA/ AREA	ALTITUD msnm	
HEPÁTICAS	Anastrophyllaceae	<i>Anastrophyllum</i> (Spruce) Stephani, 1893.	Cuenca media-baja del Río Cardenillo, cuenca media Corralitos y cuenca baja del río Mortiño	3.041-4.077	
	Aneuraceae	<i>Riccardia</i> :S.F.Gray, 1821.	Cuenca media-baja del Río Cardenillo, en la cuenca media y baja del Río Corralitos, en cercanía a la unión del río San Pablín y la quebrada Playitas; en laguna San Pablín y en el sendero Ritacuba Blanco	3.458-4.077	
	Calypogeiaceae	<i>Calypogeia</i> Raddi, 1893	Cuenca baja del Río Mortiño	3.041	
	Frullaniaceae	<i>Frullania</i> Raddi, 1818.	Cuenca media del Río Cardenillo, en la cuenca baja de los Ríos Corralitos y Mortiño, en cercanía a la unión del Río San Pablín y la quebrada Playitas; en las lagunas San Pablín y la Cuadrada; en los senderos Ritacuba Blanco, Parada Romero, Lagunillas y Laguna Grande de la Sierra	3.041-4.000	
	Marchantiaceae	<i>Marchantia</i> Linnaeus, 1753.	Reportado en la Cuenca baja de los Ríos Corralitos y Mortiño, en cercanía a la unión del Río San Pablín y la quebrada Playitas; en el sendero Laguna Grande de la Sierra	3.041- 3.710	
	Metzgeriaceae	<i>Metzgeria</i> Raddi, 1818.	Cuenca media-baja del Río Cardenillo, cuenca baja del Río Mortiño y el sendero Laguna Grande de la Sierra	3.041-3.621	
	Pallaviciniaceae	<i>Jensenia</i> Lindb., 1867	Cuenca media del Río Cardenillo y en el sendero Parada Romero	4.077-4.124	
	Pelliaceae	<i>Noterochlada</i> Taylor ex Hook. & Wilson, 1844	Cuenca media-baja del Río Corralitos, Cuenca media de la quebrada Playitas, Sendero Ritacuba Blanco y en la laguna La Cuadrada	3.500- 4.054	
	Plagiochilaceae	<i>Plagiochila</i> (Dumort.) Dumort., 1835.	Cuenca media-baja de los Ríos Cardenillo y Corralitos y en la cuenca baja del Río el Mortiño	3.041-3.795	
	Pleuroziaceae	<i>Pleurozia</i> Dumort., 1835	Cercanías a la laguna La Cuadrada	4.054	
	Targioniaceae	<i>Targioniahypophylla</i> Linnaeus, 1753	Unión de la quebrada Playitas y el Río San Pablín	3.710	
	LÍQUENES	Caliciaceae	<i>Buellia</i> De Notaris, 1846.	Cuenca baja del Río Mortiño	3.041
		Cladoniaceae	<i>Cladia</i> Nylander, 1870.	Reportado en la cuenca media del Río Cardenillo y en la cuenca media-baja del Río Corralitos	3.500 -4.124
		Cladoniaceae	<i>Cladonia</i> P. Browne, 1756	Cuenca media del Río Corralitos	3.959
Chrysothricaceae		<i>Chrysothrix</i> Montagne, 1852	Cuenca baja del Río Mortiño y en la cueva de la Cuchumba	3.41 y 3.621	
Collemataceae		<i>Leptogium</i> (Acharius) Gray, 1821	Cuenca baja del Río Mortiño y en la cueva de la Cuchumba	3.041 y 3.621	
Hygrophoraceae		<i>Cora</i> Fries, 1825.	Cuenca baja del Río Mortiño y en la cueva de la Cuchumba	3041 y 3621 m.	
Parmeliaceae		<i>Hypotrachyna</i> (Vainio) Hale, 1974.	Cuenca baja del Río Mortiño y en la cueva de la Cuchumba	3.041 y 3.621	
Lobariaceae		<i>Lobariella</i> Yoshim., 2002.	Cuenca baja del río Mortiño y en la cueva de la Cuchumba	3.041 y 3.621	
Lobariaceae		<i>Sticta</i> (Schreber) Acharius, 1803.	Cuenca media- baja del Río Corralitos y en la cuenca del río Cardenillo	3.500 - 4.124	
Parmeliaceae		<i>Everniastrum</i> Hale ex Sipman, 1986.	Cuenca media- baja del río Corralitos y en la cuenca del Río Cardenillo	3.500 - 4.124	
Parmeliaceae		<i>Parmotrema</i> A. Massal., 1860.	Cuenca media- baja del Río Corralitos y en la cuenca del Río Cardenillo	3.500 - 4.124	
Parmeliaceae		<i>Usnea</i> Dillenius ex Adanson, 1763.	Cuenca media- baja del río Corralitos y en la cuenca del río Cardenillo	3.500 - 4.124	
Peltigeraceae		<i>Peltigera</i> Willd., 1787	Cercanías a la cuenca del Río Corralitos	3.830	
Rhizocarpaceae		<i>Rhizocarpon</i> Ramond ex DC., 1805	Cuenca del Río Corralitos y del Sendero de Lagunillas	3.500- 4.200	
Ramalinaceae		<i>Ramalina</i> Acharius, 1810	Cuenca baja del Río Mortiño	3.041	
Teloschistaceae		<i>Caloplaca</i> Th. Fries, 1860.	Cuenca baja del Río Mortiño	3.041	
Teloschistaceae		<i>Teloschistes</i> Norman, 1853.	Cuenca baja del Río Mortiño	3.041	
Thelotremataceae		<i>Diploschistes</i> Norman, 1853.	En cercanías a la cuenca media del Río Corralitos	3.800	
Verrucariaceae	<i>Agonimia</i> Zahlbruckner, 1909	Cuenca baja del río Mortiño, Cuenca media del río Cardenillo y del Río Corralitos, en el Sendero de la cueva de la Cuchumba y de Lagunillas	3.621- 4.077		

4.2.3 Fichas ilustrativas para plantas no vasculares (Briófitos) y Hongos Líquenizados

A continuación se presentan las fichas ilustrativas para briófitos y líquenes encontrados en la zona de estudio.

<p>FAMILIA: Funariaceae ESPECIE: <i>Funaria sp</i> AUTOR: Hedwig, 1801. ORGANISMO: MUSGO. HÁBITO DE CRECIMIENTO: tepe corto</p>	
<p>Reportado en la cuenca baja del río Mortiño, en el área de estudio se reporta sobre un colchón en ambientes expuestos a la luz. DISTRIBUCION ALTITUDINAL: en el área e estudio se ha observado a los 3.041 m.s.n.m.</p>	
<p>ESTADO DE CONSERVACIÓN: no reportado</p>	
<p>IMPORTANCIA: Algunas de sus especies se consideran bioindicadoras de buena saturación de bases en el suelo</p>	
<p>FAMILIA: Neckeraceae ESPECIE: <i>Neckera sp.</i> AUTOR: Hedwig, 1801 ORGANISMO: MUSGO. HÁBITO DE CRECIMIENTO: Abanico</p>	
<p>Se reportó en la cuenca de los ríos Mortiño, Corralitos y en cercanía a la unión de la quebrada Playitas y el río San Pablín y en los senderos hacia la Laguna San Pablín y Laguna Grande de la Sierra; este género crece sobre corteza de arbustos y árboles, en ambientes expuestos a la luz. DISTRIBUCION ALTITUDINAL: en el área e estudio se ha observado desde los 3.041 hasta los 3.800 m.s.n.m.</p>	
<p>ESTADO DE CONSERVACIÓN: no reportado</p>	
<p>IMPORTANCIA: Algunas de sus especies son usadas para hacer jardines de musgos, para impermeabilizar botes, como repelente de insectos, especies pertenecientes a esta familia presentan actividad antitumoral.</p>	

FAMILIA: Polytrichaceae
 ESPECIE: *Polytrichum* sp.
 AUTOR: Hedwig, 1801
 ORGANISMO: MUSGO.
 HÁBITO DE CRECIMIENTO: Tapete alto.

Común en la cuenca de los ríos Cardenillo, Corralitos y en cercanía a la unión de la quebrada Playitas y el río San Pablin y en los senderos hacia la Laguna San Pablin, Laguna Grande de la Sierra, Rítacuba Blanco y Lagunillas; Este género crece sobre suelo y roca en ambientes expuestos a la luz.
 DISTRIBUCION ALTITUDINAL: en el área e estudio se ha observado desde los 3.500 hasta los 3.960 m.s.n.m.

ESTADO DE CONSERVACIÓN: no reportado

IMPORTANCIA: Algunas de sus especies presentan actividad antibacteriana



FAMILIA: Thelotremataceae
 ESPECIE: *Diploschistes* sp.
 AUTOR: Norman, 1853.
 ORGANISMO: LÍQUEN.
 HÁBITO DE CRECIMIENTO: talo crustáceo

Reportado en cercanías a la cuenca media del río Corralitos, este género crece sobre rocas, en ambientes expuestos a la luz.
 DISTRIBUCION ALTITUDINAL: en el área de estudio se ha observado a los 3.800 m.s.n.m.

ESTADO DE CONSERVACIÓN: no reportado

IMPORTANCIA: consideradas bioindicadores de contaminación atmosférica; usadas también en Liquenometría



4.3 ESPECIES DE FAUNA

La diversidad faunística del Parque Nacional Natural El Cocuy y de la Sierra Nevada del Güicán constituye una prueba y un indicador de su estado de conservación general (Tabla 4.7). Fue posible encontrar especies muy sensibles a cualquier cambio ecosistémico a tal punto que un deterioro ambiental significaría su desaparición de la zona, situaciones como el retroceso del glaciar que se ha venido presentando paulatinamente en los últimos años cambian la dinámica del ecosistema en diferentes factores, obligando a la fauna presente a adaptarse a un ritmo elevado.

Por otra parte, es posible encontrar animales que han conquistado los diferentes hábitats del parque gracias a la presencia del ser humano, en parte por ser animales domésticos y así mismo, por estar asociados a la actividad humana (como ratones, moscas, parásitos y comensales en general) (Salaman et. al. 2009), identificar cómo pueden estos animales foráneos afectar la fauna local, se necesita de estudios detallados pero se puede saber de antemano que las funciones ancestrales de ciertas especies dentro de un ecosistema no pueden ser fácilmente reemplazadas; un ejemplo claro de esto es la polinización, circunstancia que permite el mantenimiento, y proliferación de especies vegetales y es llevada a cabo principalmente por aves e insectos, sin estos animales que cumplen dicha función es

evidente que la cobertura vegetal disminuiría en un mediano plazo, y allí radica la importancia de su conservación para aves se tuvo presente el libro guía de aves (Hilty & Brown, 1986).

Al tener presente la singularidad de los ecosistemas y el número de endemismos de flora y fauna que se reportan en el área de estudio, se incluye en cada una de las fichas siguientes las categorías de amenaza propuestas por la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN), donde describe criterios cualitativos del nivel de amenaza de las especies tanto florísticas como faunísticas, de una manera resumida se describen estos niveles como son Extinción (EX), Extinto en estado silvestre (EW), en Peligro Crítico (CR), En Peligro (EN), Vulnerable (VU), Casi amenazado (NT), Preocupación menor (LC), Datos Insuficientes (DD) y No Evaluado (NE) y los criterios de la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestre (CITES) (Roda, 2001).

Igualmente, en las fichas se menciona la importancia ecosistémica, cultural y de usos para cada especie observada; lo cual complementa los análisis etnobiológicos de los recursos naturales y proporciona un mejor conocimiento de las riquezas bióticas presentes en la zona de estudio. Del mismo modo, con la información secundaria se complementa la caracterización de especies animales para cada microcuenca objeto de estudio (Morales et al., 2007).

Tabla 4.7 Listado de especies animales observadas en la Cuenca alta del Río Nevado

CLASE	FAMILIA	ESPECIE	NOMBRE COMÚN
Arácnidos	Lycosidae	<i>Alopecosa sp.</i>	Araña de pastizal
Arácnidos	Lycosidae	<i>Arctosa sp.</i>	Araña escabadora
Aves	Trochilidae	<i>Eriocnemis vestitus</i>	Paramero esmeraldino
Aves	Turdidae	<i>Turdus fuscater</i>	Mirla patinaranja
Aves	Accipitridae	<i>Geranoaetus melanoleucus</i>	Águila paramuna
Ortópteros	Acrididae	<i>Chorthippus sp.</i>	Saltamontes común
Aves	Anatidae	<i>Anasandium</i>	Pato andino o pato de páramo
Insectos	Apidae	<i>Apis mellifera</i>	Abeja común europea
Aves	Apodidae	<i>Streptoprocnezonaris</i>	Vencejo de collar
Aves	Apodidae	<i>Chaetura pelágica</i>	Vencejo espinoso o vencejo de chimenea
Mamíferos	Bovidae	<i>Bos primigenius Taurus</i>	Vaca y toro domésticos
Mamíferos	Bovidae	<i>Ovis orientalis aries</i>	Oveja doméstica
Mamíferos	Bovidae	<i>Capra aegagrus hircus</i>	Cabra doméstica
Mamíferos	Canidae	<i>Canis lupus familiaris</i>	Perro doméstico
Mamíferos	Canidae	<i>Cerdocyonthus sp.</i>	Zorro de montaña
Aves	Caprimulgidae	<i>Chordeiles minor</i>	Chotacabras migratorio
Aves	Cardinalidae	<i>Pheucticus aureoventris</i>	Picogordo pechinegro
Aves	Cathartidae	<i>Vultur gryphus</i>	Cóndor de los andes
Aves	Cathartidae	<i>Coragyps atratus</i>	Gallinazo o chulo
Mamíferos	Cervidae	<i>Odocoileus virginianus</i>	Venado de cola blanca
Aves	Columbidae	<i>Torcaza collaraja</i>	Torcaza collaraja
Aves	Cracidae	<i>Aburria aburri</i>	Pava negra
Aves	Cracidae	<i>Penelope purpurascens</i>	Pava andina
Aves	Cracidae	<i>Penelope argyrotis</i>	Pava canosa
Aves	Cuculidae	<i>Crotophaga ani</i>	Garrapatero común
Mamíferos	Cuniculidae	<i>Cuniculustacazowskii</i>	Paca de montaña
Aves	Emberizidae	<i>Zonotrichia capensis</i>	Copetón
Mamíferos	Equidae	<i>Equus ferus caballus</i>	Caballo doméstico
Aves	Falconidae	<i>Falco sparverius</i>	Cernícalo
Aves	Falconidae	<i>Falco columbarius</i>	Esmerejón
Aves	Fringillidae	<i>Carduelis spinescens</i>	Lúgano iberoamericano andino
Aves	Fringillidae	<i>Carduelis palmarum</i>	Jilguero aliblanco
Aves	Furnariidae	<i>Cinclodes fuscus</i>	Remolinera común
Aves	Furnariidae	<i>Leptasthen uraandicola</i>	Coludito frailejónero
Aves	Hirundinidae	<i>Orochelidon flavipes</i>	Golondrina paramuna
Aves	Hirundinidae	<i>Notiochelidon flavipes</i>	Golondrina paramuna
Anfibios	Hylidae	<i>Dendropsophus labialis</i>	Rana andina
Aves	Icteridae	<i>Sturnella magna</i>	Chirlobirlo
Aves	Icteridae	<i>Molothrus bonariensis</i>	Chamón común
Aves	Odontophoridae	<i>Odontophorus atrifrons</i>	Corcovado carinegro o perdiz frentinegra
Aves	Passerellidae	<i>Atlapetes pallidinucha</i>	Gorrión montés cabeciblanco
Aves	Phasianidae	<i>Gallus gallus domesticus</i>	Gallina doméstica
Aves	Picidae	<i>Veniliornis nigriceps</i>	Carpintero paramuno
Peces	Salmonidae	<i>Oncorhynchus mykiss</i>	Trucha arcoíris
Aves	Strigidae	<i>Megascops choliba</i>	Currucutú común
Aves	Strigidae	<i>Glaucidium jardinii</i>	Buhito andino
Insectos	Tabanidae	<i>Tabanus sp.</i>	Tábano
Arácnidos	Tetragnathidae	<i>Leucauge</i>	Araña tejedora

CLASE	FAMILIA	ESPECIE	NOMBRE COMÚN
Aves	Thraupidae	<i>Catamenia homochroa</i>	Semillero paramuno
Aves	Thraupidae	<i>Catamenia inornata</i>	Semillero andino
Aves	Thraupidae	<i>Phrygilus</i>	Gorrión paramuno
Aves	Thraupidae	<i>Catamenia analis</i>	Semillero coliblanco
Aves	Thraupidae	<i>Anisognathus igniventris</i>	Tángaraventriescarlata, clarinero
Aves	Thraupidae	<i>Diglossa humeralis</i>	Pinchaflores negro
Aves	Trochilidae	<i>Doryfera ludovicae</i>	Pico de lanza frentiverde
Aves	Trochilidae	<i>Campylopterus curvipennis</i>	Ala de sable violeta
Aves	Trochilidae	<i>Colibrithalassinus</i>	Colibrí oreja violeta o colibrí orejiazul
Aves	Trochilidae	<i>Colibricoruscans</i>	Chillón común o colibrí rutilante
Aves	Trochilidae	<i>Chlorostilbon stenurus</i>	Esmeralda colifina
Aves	Trochilidae	<i>Chlorostilbon poortmani</i>	Esmeralda colicorta
Aves	Trochilidae	<i>Adelomyia melanogenys</i>	Colibrí jaspeado
Aves	Trochilidae	<i>Heliodoxa jacula</i>	Brillante coroniverde
Aves	Trochilidae	<i>Aglaeactis cupripennis</i>	Colibrí paramuno
Aves	Trochilidae	<i>Lesbia victoriae</i>	Cometa colinegro
Aves	Trochilidae	<i>Oxygongymeris</i>	Barbudito, chivito paramuno
Aves	Trochilidae	<i>Agelaiocercus kingi</i>	Silfo coliverde
Aves	Troglodytidae	<i>Troglodytes aedon</i>	Cucarachero montaraz
Reptiles	Tropiduridae	<i>Stenocercus lache</i>	Lagarto collarajo
Aves	Turdidae	<i>Myadestes alpestris</i>	Solitario andino
Aves	Turdidae	<i>Catharus fuscescens</i>	Zorzal sombrío
Aves	Turdidae	<i>Catharus ustulatus</i>	Zorzal de swainson
Aves	Turdidae	<i>Turdus serranus</i>	Mirla serrana
Aves	Tyrannidae	<i>Phyllomyias nigrocapillus</i>	Tiranuelo capinegro
Aves	Tyrannidae	<i>Elaenia frantzii</i>	Elaenia montañera
Aves	Tyrannidae	<i>Mecocerculus leucophrys</i>	Tiranuelo gorgiblanco
Aves	Tyrannidae	<i>Serpophaga cinerea</i>	Tiranuelo saltarroyo
Aves	Tyrannidae	<i>Poecilatriccus ruficeps</i>	Tiranuelo capirrufo
Aves	Tyrannidae	<i>Hemitriccus granadensis</i>	Picochato carinegro
Aves	Tyrannidae	<i>Myiophobus flavicans</i>	Atrapamoscas amarillento
Aves	Tyrannidae	<i>Pyrrhomyias cinnamomeus</i>	Birro chico
Aves	Tyrannidae	<i>Myiotheretes fumigatus</i>	Birro ahumado
Aves	Tyrannidae	<i>Phyllomyias nigrocapillus</i>	Tiranuelo cabecinegro
Aves	Tytonidae	<i>Tyto alba</i>	Lechuza común

4.3.1 Fichas ilustrativas para fauna presente en la zona de estudio

<p>FAMILIA: Trochilidae ESPECIE: <i>Aglaeactis cupripennis</i> NOMBRE COMÚN: colibrí paramuno</p>	
<p>Común en la cuenca media de los ríos Corralitos, Cóncavo, Cardenillo, San Pablín y Lagunillas.</p>	
<p>DISTRIBUCION ALTITUDINAL: en el área de estudio se ha observado desde los 3.000 hasta los 4.200 m.s.n.m.</p>	
<p>ESTADO DE CONSERVACIÓN: no reportado</p>	
<p>IMPORTANCIA: polinización, Aviturismo y contemplación.</p>	

<p>FAMILIA: Icteridae ESPECIE: <i>Sturnella magna</i> NOMBRE COMÚN: Chirlobirlo, jaqueco</p>	
<p>Común en la cuenca media de los ríos Corralitos, Cóncavo, Cardenillo, San Pablín y Lagunillas.</p>	
<p>DISTRIBUCION ALTITUDINAL: en el área de estudio se ha observado desde los 3.000 hasta los 3.800 m.s.n.m.</p>	
<p>ESTADO DE CONSERVACIÓN: no reportado</p>	
<p>IMPORTANCIA: dispersor de semillas y controlador de poblaciones de insectos</p>	

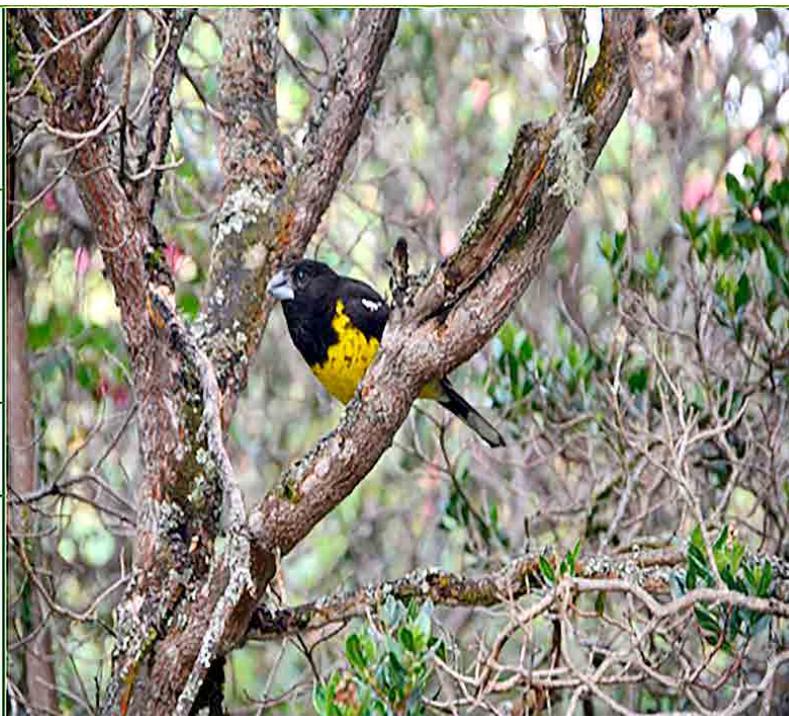
FAMILIA: Cardinalidae
 ESPECIE: *Pheucticus aureoventris*
 NOMBRE COMÚN: alverjero, Picogor-
 do pechinegro .

Común en la cuenca media de los ríos Corralitos, Cóncavo, Cardenillo, San Pablín y Lagunillas.

DISTRIBUCION ALTITUDINAL: en el área de estudio se ha observado desde los 3.000 hasta los 3.700 m.s.n.m.

ESTADO DE CONSERVACIÓN: no reportado

IMPORTANCIA: Aviturismo, dispersor de semillas, controlador de plagas de insectos.



FAMILIA Cervidae
 ESPECIE *Odocoileus virginianus*
 NOMBRE COMÚN: venado coliblanco

Se reportaron avistamientos en la cuenca alta del río Lagunillas, sector cabaña Zizuma.

DISTRIBUCION ALTITUDINAL: en el área de estudio se ha observado desde los 3.950 m.s.n.m.

ESTADO DE CONSERVACIÓN: (LC) preocupación menor

IMPORTANCIA: constituye el herbívoro por excelencia de las zonas altas de montaña, sirve de fuente de alimento para felinos depredadores. En algunos lugares aun se constituye como la base de la dieta cárnica de comunidades.



FAMILIA Tropiduridae
 ESPECIE *Stenocercus lache*
 NOMBRE COMÚN lagarto collarajo

Común en la cuenca alta de los ríos Corralitos, Cóncavo, Cardenillo y Lagunillas.

DISTRIBUCION ALTITUDINAL: en el área de estudio se ha observado desde los 3.700 hasta los 4.300 m.s.n.m.

ESTADO DE CONSERVACIÓN: se reporta un continuo deterioro del hábitat

IMPORTANCIA: controlador de poblaciones de insectos, lombrices y otros invertebrados. Esta especie es endémica del PNN El Cocuy, lo cual demanda acciones de manejo y conservación.



FAMILIA Hylidae
 ESPECIE *Dendropsophus labialis*
 NOMBRE COMÚN rana sabanera o rana andina

Común en la cuenca de los ríos Corralitos, Cóncavo, Cardenillo, San Pablín y Lagunillas.

DISTRIBUCION ALTITUDINAL: en el área de estudio se ha observado desde los 3.000 hasta los 4.200 m.s.n.m.

ESTADO DE CONSERVACIÓN: no reportado

IMPORTANCIA: son indicadoras de calidad de hábitat, especialmente de ecosistemas acuáticos; se alimentan de invertebrados controlando las poblaciones de plagas e insectos.



4.4 PAISAJES

Se realiza la descripción paisajística de las cuencas hídricas con el grado de afectación, para proponer planes de conservación y protección de los

diferentes ecosistemas. Se utiliza la clasificación de cobertura vegetal de Corine Land Cover adaptada para Colombia (2010), homologándose las coberturas con los ecosistemas de la clasificación propuesta por Cuatrecasas, 1968y Torres-Muñoz, 1998) (Tabla 4.8).

|| Tabla 4.8 Clasificación de cobertura vegetal de Corine LandCover ||

ECOSISTEMA	LAGUNILLAS	CÓNCAVO	CORRALITOS	SAN PABLÍN-PLAYITAS	CARDENILLO
BOSQUE ALTOANDINO Incluye coberturas de Arbustales densos, áreas de bosque y algunos fragmentos de vegetación riparia	Sobre la cuenca media se observan algunos relictos enmoderado estado de conservación	Se observan algunos parches cerca de la cueva de la Cuchumba	Se conserva un fragmento en buen estado de conservación	Se conservan algunos parches, sin embargo, han sido reemplazados por plantaciones de pino y áreas de pastoreo	Se observa una matriz de bosque bien conservada donde se desarrollan actividades de avistamiento de cóndores
SUBPÁRAMO Incluye vegetación arbustiva y algunos frailejones hasta el límite inferior del páramo propiamente dicho	Comprende un fragmento de cobertura en la cuenca media, sector del portón del sendero Lagunillas, sin embargo, se observa ganadería en áreas adyacentes	Cerca de la cueva de la Cuchumba se observa un fragmento en moderado estado de conservación	Sobre la cuenca media se encuentran algunas formaciones en buen estado de conservación, sin embargo, se evidencia ganadería bovina, ovina y caprina	Se conservan algunos relictos pequeños cerca de la laguna de San Pablín y como bosques de galería sobre la cuenca media.	En esta cuenca este ecosistema ha sido fuertemente transformado en áreas de pastizales de pastoreo se conservan unos relictos muy restringidos
PÁRAMO Comprende coberturas de frailejonales-arbustales y pajonales, incluida vegetación de turberas y humedales de montaña	En el valle de esta cuenca que se extiende hasta el sector de la cabaña Zisuma se conserva un fragmento en muy buen estado de conservación	En el valle de los frailejones se encuentra un fragmento de este ecosistema con presencia de turberas y humedales propios de alta montaña	En la cuenca media forma una planicie aluvial con vegetación característica, humedales y turberas, requieren medidas urgentes de conservación	En la cuenca media y alta se observa cerca de la planicie aluvial una porción de este ecosistema en moderado estado de conservación que requiere medidas de conservación adecuadas	Las porciones de este ecosistema están ubicadas cerca de planicies formando turberas y humedales, sin embargo, es muy notoria la intervención con ganaderiabovina, ovina y caprina
SUPERPÁRAMO Se incluyen coberturas de frailejonales-pajonales y herbazales-pajonales que en algunos casos están inmersos en coberturas de roca desnuda o en sucesión	Comprende la mayor parte de las áreas del Parque Nacional Natural El Cocuy, presenta un buen estado de conservación sin embargo se sugiere el mejoramiento de los senderos de acceso	Comprende la mayor parte de las áreas del Parque Nacional Natural El Cocuy, presenta un buen estado de conservación, sin embargo, sugiere el mejoramiento de los senderos de acceso	Comprende la mayor parte de las áreas del Parque Nacional Natural El Cocuy, presenta un buen estado de conservación sin embargo se sugiere la conservación de áreas aledañas	Comprende la mayor parte de las áreas del Parque Nacional Natural El Cocuy, presenta un buen estado de conservación, sin embargo se sugiere el mejoramiento de los senderos de acceso a Ritacuba y la conservación de áreas aledañas en la cuenca alta	Comprende la mayor parte de las áreas del Parque Nacional Natural el Cocuy, presenta un buen estado de conservación, sin embargo se sugiere el mejoramiento de los senderos de acceso

4.4.1 Río Lagunillas-Sendero Pulpito

Esta cuenca hídrica posee una vasta extensión de páramo y superpáramo que comienza aproximadamente desde los 3.800 msnm, y se extiende en un valle hasta más de los 4.500 msnm; sobre la cuenca alta se destacan las formaciones vegetales compuestas por *Espeletia lopezii*, *Pentacalia guicanensis*, *Diplostephium* sp, que comparten espacio con *Calamagrostis effusa*,

Cortaderia nitida entre otras especies de pajonales y herbazales rasantes.

En las márgenes de las lagunas La Pintada, La Cuadrada, La Atravesada, La Parada y de forma conexas en la laguna de La Tablonera, las coberturas vegetales incluyen las anteriormente mencionadas junto a especies como *Juncus* sp, *Carex* sp, *Chusquea tessellata*, briofitos como *Sphagnum* spentre otros, formando complejas turberas características de los humedales de alta montaña.

Entre los 3.600 y 3.800 msnm, se encuentran parches de bosque altoandino como *Polylepis quadrijuga*, *Escallonia myrtilloides*, *Weinmannia tomentosa*, entre otras, que se combinan con especies de arbustales como *Pentacalia* sp, *Diplostegium* sp, *Hypericum* sp Ericáceas y otras que permiten detallar los atributos del subpáramo. Este fragmento de vegetación le otorga conectividad a la cuenca media y alta del Río Lagunillas, permite el establecimiento de poblaciones animales como mamíferos, reptiles, aves y anfibios, contribuye como área de amortiguación del Parque Natural; igualmente, en estas áreas se encontraron algunas zonas de turberas y fangos con presencia de *Juncus effusus*, *Cortaderia nitida*, *Carex pichinchensis*, en asociación con colchones de briofitos que otorgan una regulación hídrica de la cuenca (Figura 4.2).

La cuenca baja esta notablemente transformada debido a las actividades de potrerización con fines agrícolas o pecuarios principalmente. De forma

general esta cuenca hídrica presenta un buen grado de conservación teniendo en cuenta los procesos ecológicos actuales y su cobertura vegetal (Tabla 4.9); es importante mencionar que sobre esta cuenca es el lugar donde se reportó un mayor número de avistamientos de mamíferos como el venado de cola blanca (*Odocoileus virginianus*) e históricamente de oso de anteojos (*Tremarctos ornatus*), lo cual deduce un hábitat idóneo para la fauna local.

Vale la pena destacar los procesos de conservación y restauración ejercidos por las autoridades sobre esta cuenca, lo cual se ve reflejado en la integralidad de los ecosistemas de montaña; sin embargo, es necesario implementar un proceso de regeneración asistida en los senderos que por sus características físicas presentan deterioro por uso o por erosión natural, lo cual permite garantizar un recorrido seguro para el visitante y que sea poco agresivo con el frágil ecosistema paramuno.

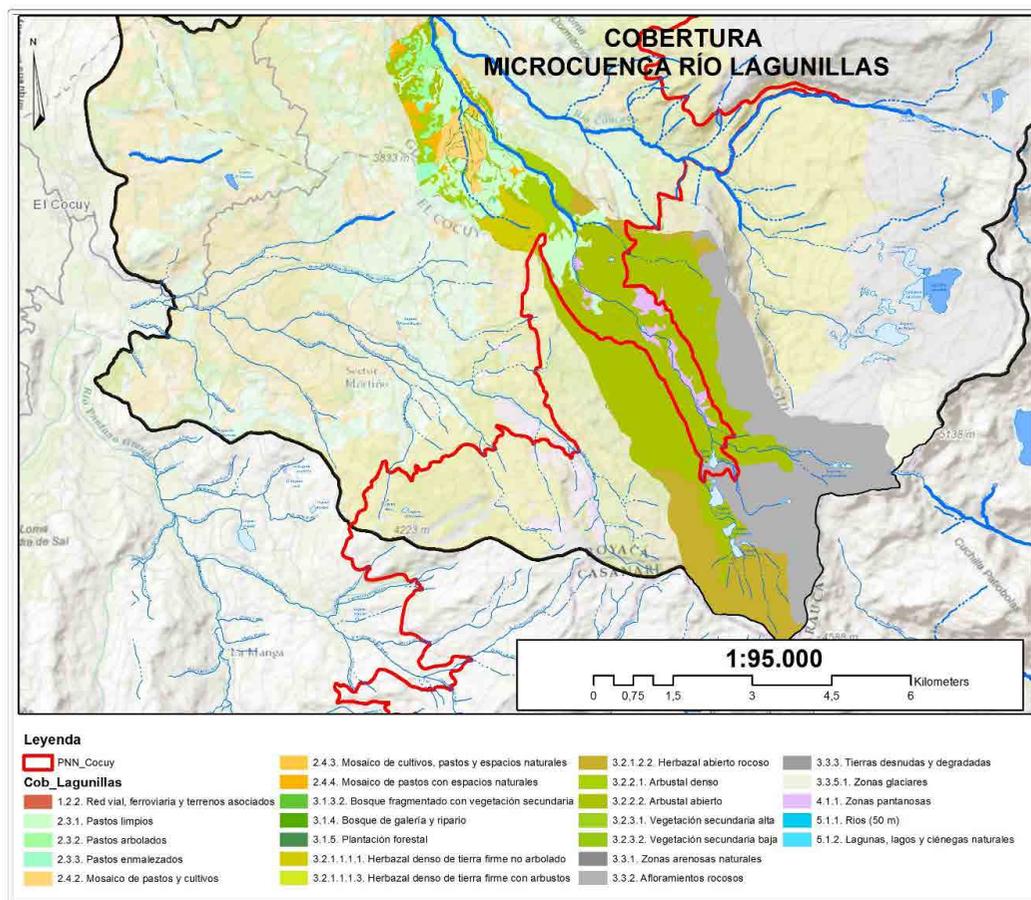


Figura 4.2 Coberturas vegetales microcuenca del Río Lagunillas

Tabla 4.9 Variables analizadas en la integridad paisajística de la cuenca del Río Lagunillas

C (N)	C. (W)	ALTITUD (msnm)	NOMBRE CUENCA	POSICIÓN CUENCA	ESPECIES INTRODUCIDAS	CULTIVOS	GANADERÍA	AP. F.
6°20,973´	72°19,007´	4.074	Laguna La Parada	Alta	NO	NO	NO	NO
6°27,172´	72°20,866´	4.053	Laguna La Cuadrada	Alta	NO	NO	NO	NO
6°21,969´	72°19,841´	4.038	Chorro Agua Bendita	Alta	NO	NO	NO	NO
6°23,494´	72°21,145´	3.811	Río Lagunillas	Media Alta	Pastos de forraje para ganado	NO	Ovinos y Caprinos	NO
6°23,494´	72°21,145´	3.812	Río Lagunillas	Media Alta	Pastos de forraje para ganado	NO	Ovinos y Caprinos	NO
6°24,670´	72°21,660´	3.665	Río Lagunillas	Media	Pastos de forraje para ganado	NO	Bovinos, ovinos, caprinos, equinos	SI
6°24,670´	72°21,660´	3.664	Río Lagunillas	Media	Pastos de forraje para ganado	NO	Ovinos y Caprinos	NO
6°25,919´	72°22,772´	3.387	Río Lagunillas	Baja	Pastos de forraje para ganado	NO	Bovinos, ovinos, caprinos, equinos	SI

C (N): Coordenada norte; C. (W): Coordenada oeste; AP. F.: Aprovechamiento forestal

4.4.2 Río Cóncavo-Sendero Laguna Grande de la Sierra, Valle de los Frailejones

Esta cuenca posee una composición paisajística determinada por las condiciones de inclinación del terreno; en la parte alta, en la ribera de los Ríos Cóncavo y Concavito se encuentran parches de vegetación de páramo propiamente dicho. Tal es el caso del Valle de los Frailejones, el cual ofrece un espectáculo paisajístico para los visitantes del sendero, compuesto en su mayoría por frailejonales (*Espeletia* sp, *E. lopezii*), arbustales de *Pentacali* sp, romerito de páramo (*Diplostephium* sp), guardarocío (*Hypericum goyanesii*, *H. mexicanum*), puyas y cardones (*Puya goudotiana*, *Eryngium humboldtii*), árboles de pagodas o tobos (*Escallonia myrtilloides*) y pajonales-herbazales de *Cortaderia nitida*, *Calamagrostis effusa*, entre otros (Figura 4-3).

El valle de los frailejones conforma una corta planicie aluvial que permite la formación de turberas o humedales a lado y lado de la cuenca, la amplia diversidad de Briofitos como *Sphagnum* sp, *Noteroclada* sp, entre otros, ofrece una singular atracción y adicionalmente se convierte en un lugar estratégico para el sostenimiento de la cuenca, debido a que este humedal actúa como una esponja que amortigua los altos caudales de agua en épocas lluviosas y

mantiene un caudal constante durante el año. Igualmente, este micro-ecosistema sirve de refugio y alimento para la fauna local.

Estos ecosistemas se encuentran rodeados de vegetación propia del superpáramo, dominada por pajonales, herbazales y una menor proporción de frailejonales; esta composición está asociada a zonas con pendientes pronunciadas y rocas desnudas en proceso de sucesión y colonización vegetal.

Igualmente, se encuentra una porción de subpáramo ubicado desde los 3.800 msnm, conformado por arbustales (*Diplostephium* sp., *Hypericum* sp., *Pentacalia* sp., *Ageratina* sp., *Baccharis* sp., *Berberis* sp., entre otras), árboles de colorado (*Polylepis quadrijuga*), tobo (*Escallonia myrtilloides*), aliso (*Alnus acuminata*), *Vallea stipularis*, uva camarona (*Macleania rupestris* y otras ericáceas), entre otras, que sirven de amortiguación a los ecosistemas paramunos adyacentes, permiten una continuidad de la matriz vegetal para el tránsito de fauna silvestre. Adicionalmente, este ecosistema rodea la cueva de la Cuchumba, lugar de interés turístico y religioso, al cual se sugiere dar un mejor aprovechamiento y regulación turística.

Por otra parte, desde los 3.700 msnm, aguas abajo las condiciones de paisaje se transforman

para dar lugar a una matriz de pastos, cultivos y una menor proporción de áreas naturales, se observa un cambio en el tipo de vegetación dominante para dar paso a pastos introducidos como el kikuyo (*Cenchrus clandestinus*) y otras gramíneas utilizadas para la alimentación de animales domésticos (Figuras 4.3; Tabla 4.10). Es frecuente encontrar áreas de pastoreo con presencia de individuos de colorado (*Polylepis quarijuga*), aliso (*Alnus acuminata*) que forman un mosaico de pastos arbolados y en algunos casos solo permanecen algunos

relictos de la vegetación nativa como bosques de galería o ripario.

Esta cuenca se observa intervenida en buena parte de su cauce para lo cual se sugieren diseñar programas de revegetalización parcial que permita la conectividad entre parches. Se recomienda seguir con los procesos de mejoramiento de los senderos ecoturísticos, para que la llegada de la época lluviosa no imposibilite el acceso a los atractivos del Parque Natural.

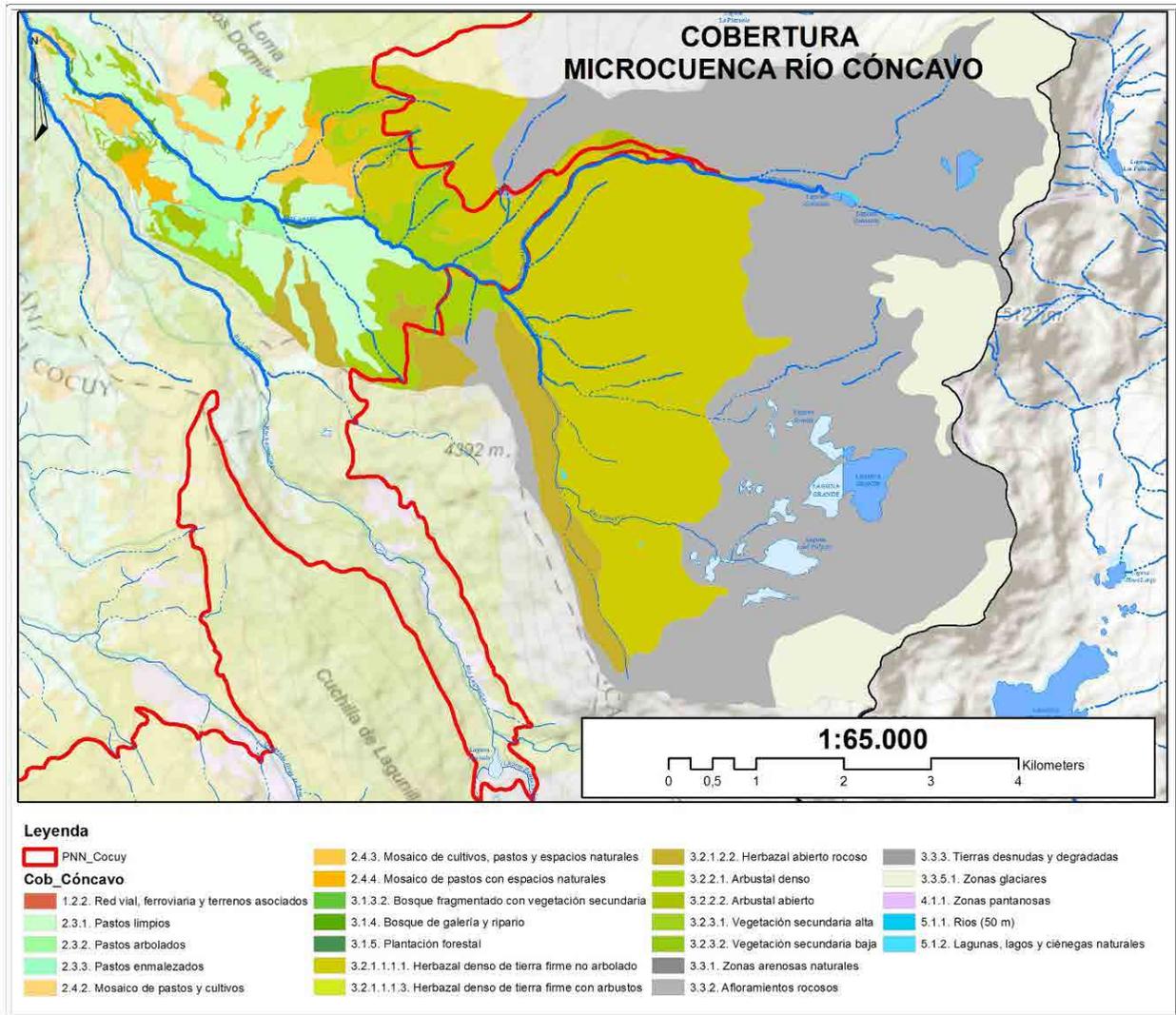


Figura 4.3 Cobertura vegetales, cuenca del Río Cóncavo

Tabla 4.10 Variables analizadas en la integridad paisajística de la cuenca del Río Cóncavo

C (N)	C. (W)	ALTITUD (msnm)	NOMBRE CUENCA	POSICIÓN CUENCA	ESPECIES INTRODUCIDAS	CULTIVOS	GANADERÍA	AP. F.
6°24,422'	72°19,761'	3.821	Río Cóncavo	Alta	NO	NO	NO	NO
6°25,062'	72°19,841'	3.867	Río Concavito	Baja	NO	NO	NO	NO
6°24,952'	72°20,484'	3.627	Río Cóncavo	Media Alta	NO	NO	Ovinos y Caprinos	NO
6°24,952'	72°20,484'	3.628	Río Cóncavo	Media Alta	Pastos de forraje para ganado	Papa	Bovinos, ovinos, caprinos, equinos	NO
6°25,257'	72°21,375'	3.523	Río Cóncavo	Media	Especies maderables y pastos	NO	Bovinos, ovinos, caprinos, equinos	SÍ
6°25,257'	72°21,375'	3.524	Río Cóncavo	Media	Especies maderables y pastos	NO	Bovinos, ovinos, caprinos, equinos	SÍ
6°26,110'	72°22,660'	3.348	Río Cóncavo	Baja	Pastos de forraje para ganado	NO	Bovinos, equinos y ovinos	SÍ

C (N): Coordenada norte; C. (W): Coordenada oeste; AP. F.: Aprovechamiento forestal

4.4.3 Río Corralitos

Esta cuenca posee la singularidad de guardar en cierta medida la integralidad de los ecosistemas montañosos andinos, desde la intersección con la vía al sector de la Capilla entre los 3.500 y 3.600 msnm hasta más de los 4.500 msnm, los ecosistemas se encuentran en moderada intervención. El superpáramo abarca una proporción considerable sobre el margen derecho, con algunos parches de colorado desde los 3.800 msnm, cubre la parte alta del “Chorrerón del río Corralitos” y en sucesión con la cobertura circundante de la Laguna de San Pablín, sin embargo, en los predios por debajo de la jurisdicción de Parques Nacionales Naturales la intervención es persistente con ganadería bovina, equina, ovina y caprina (Figuras 4.6)

En el margen izquierdo se observa una proporción de bosque de colorado (*Polylepis quadrijuga*) y otras especies que integran

el bosque altoandino y el subpáramo; esta porción de bosque se extiende en casi toda la cuenca media, permitiendo la conectividad e integralidad de los ecosistemas. Este río forma una planicie aluvial sobre los 3.800 msnm, con turberas de briófitos (*Sphagnum* sp.) y frailejonales-arbustales y pajonales propios del páramo propiamente dicho (Figuras 4.4 y 4.5).

De forma general, esta cuenca presenta un alto potencial para conservación de los ecosistemas de páramo, la regulación y oferta hídrica, debido a que aún presenta coberturas vegetales nativas interconectadas entre sí, sin embargo, es claro precisar que se deben acentuar los esfuerzos en la compra de predios para los fines descritos y evitar que la ganadería siga afectando la composición e integralidad de la cuenca. De igual forma, este lugar puede ser objeto de turismo científico y de contemplación gracias a los atractivos del “Chorrerón” del Río Corralitos.



Figura 4.4 Cuenca media-alta del Río Corralitos, nótese las particularidades en los ecosistemas a la derecha e izquierda del cauce



Figura 4.5 Frailejonales-pajonales en áreas de superpáramo sobre el Río Corralitos

Tabla 4.11 Variables analizadas en la integridad paisajística de la cuenca del Río Corralitos

C (N)	C. (W)	ALTITUD (msnm)	NOMBRE CUENCA	POSICIÓN CUENCA	ESPECIES INTRODUCIDAS	CULTIVOS	GANADERÍA	AP. F.
6°26,690´	72°19,683´	4.200	Río Corralitos	Alta	NO	NO	NO	NO
6°26,508´	72°20,312´	3.838	Río Corralitos	Media Alta	NO	NO	Ovinos, caprinos	NO
6°26,36´	72°20,190´	3.837	Río Corralitos	Media Alta	Pastos de forraje para ganado	NO	Ovinos, caprinos	NO
6°26,615´	72°21,243´	3.670	Río Corralitos	Media	NO	NO	Bovinos, ovinos, caprinos, equinos	NO
6°26,615´	72°21,243´	3.670	Río Corralitos	Media	Pastos de forraje para ganado	NO	Bovinos, ovinos, caprinos,	NO
6°26,834´	72°21,693´	3.502	Río Corralitos	Baja	Pastos de forraje para ganado	NO	Bovinos y Ovinos	NO
6°26,834´	72°21,693´	3.500	Río Corralitos	Baja	Pastos de forraje para ganado	NO	Bovinos, ovinos, caprinos,	NO

C (N): Coordenada norte; C. (W): Coordenada oeste; AP. F.: Aprovechamiento forestal

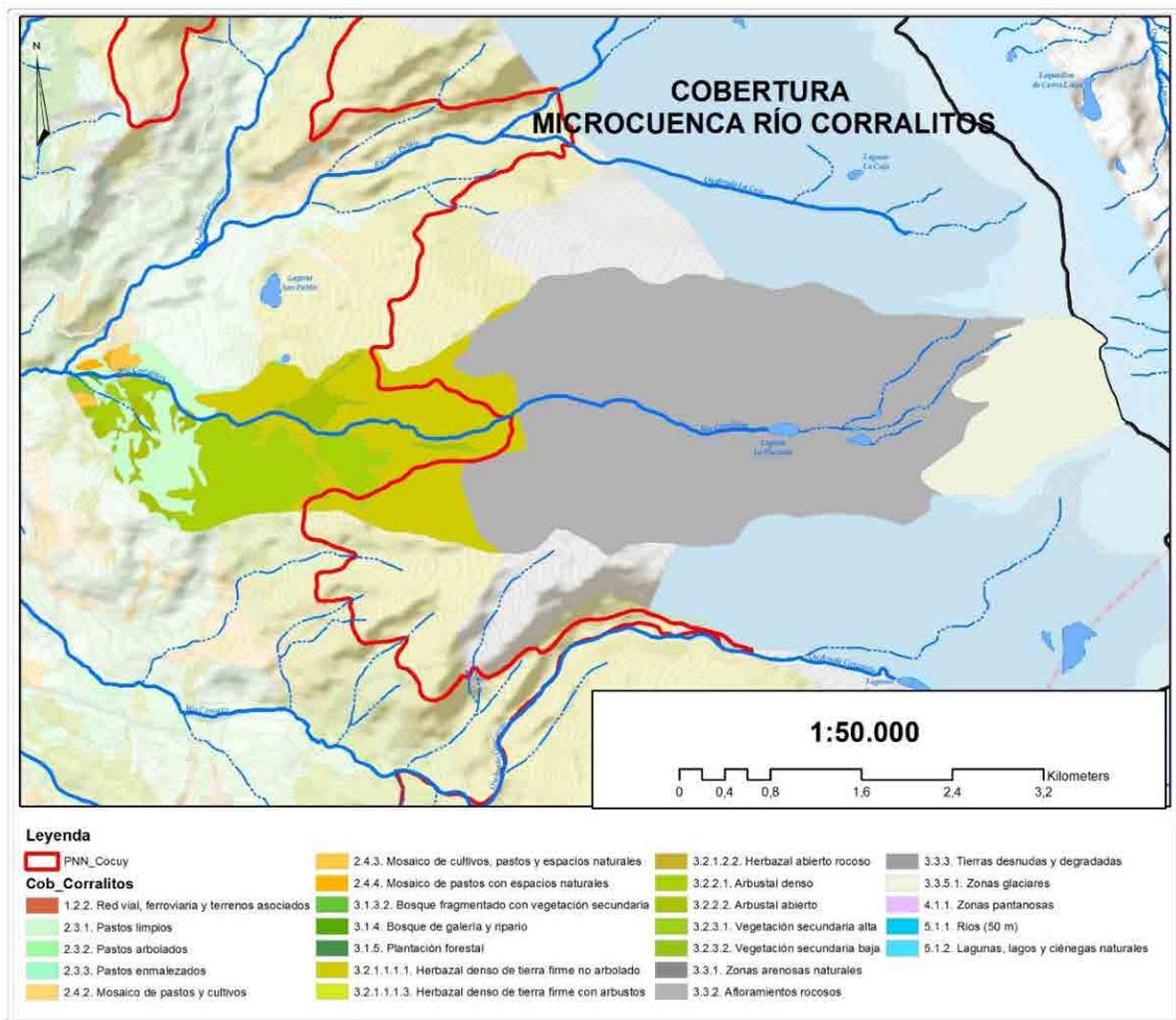


Figura 4.6 Mapa de cobertura vegetal encontradas en la cuenca del río Corralitos

4.4.4 Río San Pablín-Playitas, Sendero Ritacubas

En las partes altas se observan grandes extensiones de superpáramo combinadas con pequeñas formaciones de páramo en pequeñas planicies aluviales. La sucesión vegetal a lo largo de la roca descubierta de hielo se puede observar durante el recorrido del sendero Ritacubas, donde los briófitos y líquenes colonizan la roca desnuda para darle paso a los senecios (*Senecio* sp), Lítamos (*Drabba* sp), pajonales (*Calamagrostis effusa*) y herbazales característicos. Es importante mencionar que, debido a las características específicas de estos suelos, los antiguos recorridos a caballo y el tránsito de visitantes han hecho que se generen derivaciones al sendero establecido generando afectaciones a la cobertura vegetal nativa, por ende, se sugiere realizar inversiones en infraestructura que mejore los senderos y permita reactivar la regeneración vegetal. Por su parte la cuenca alta del río San Pablín presenta una gran abundancia de vegetación de páramo propiamente dicho (Figura 4.7), sin embargo, la ganadería está afectando la composición del ecosistema introduciendo involuntariamente especies invasoras como el kikuyo (*Cenchrus clandestinus*).

La cuenca media está compuesta por áreas de pastoreo combinadas con espacios naturales

como arbustales y matorrales propios del subpáramo. El paisaje general está compuesto por vegetación de porte bajo como chilcos (*Ageratina* sp, *Baccharis* sp), romeros de montaña (*Diplostephium* sp), chites o guardarocio (*Hypericum* sp), pentacolias (*Pentacalia* sp), con presencia de relictos frailejonales dejados tras el proceso de paramización original, igualmente se observan individuos de colorado, tobo o pagoda, aliso en asociación con bosques de galería o ripario.

Esta cuenca presenta una planicie aluvial entre los 3.600 y los 3.700 msnm, con presencia de puyas y cardones (*Puya goudotiana*, *Eryngium humboldtii*), colchones de briófitos como *Sphagnum* sp, *Marchantia* sp y plantagináceas como *Plantago rigida*, con arbustos y frailejones; sin embargo, desde esta altitud y aguas abajo las condiciones de vegetación se han transformado para dar paso a potreros de producción pecuaria ovina, caprina y bovina principalmente. En la cuenca media y baja en algunos casos la cobertura vegetal original ha sido reemplazada por plantaciones de producción forestal como el pino (*Pinus patula*), el eucalipto (*Eucalyptus globulus*), sobre la quebrada Casas Viejas son pocos los relictos de vegetación altoandina que aún persisten entre la matriz de pastos observada (Tabla 4.12 y Figura 4.8).

Tabla 4.12 Variables analizadas en la integridad paisajística de la cuenca del Río San Pablín

C (N)	C. (W)	ALTITUD (msnm)	NOMBRE CUENCA	POSICIÓN CUENCA	ESPECIES INTRODUCIDAS	CULTIVOS	GANADERÍA	AP. F.
6°27,172´	72°20,866´	3.819	Laguna de San Pablín	Alta	NO	NO	Ovinos, caprinos, equinos	NO
6°27,909´	72°20,273´	3.856	Río San Pablín	Alta	NO	NO	Bovinos, ovinos, caprinos,	NO
6°27,909´	72°20,273´	3.857	Río San Pablín	Alta	NO	NO	Bovinos, ovinos, caprinos,	NO
6°27,572´	72°20,848´	3.684	Río San Pablín	Media	Pastos de forraje para ganado	NO	Bovinos, ovinos, caprinos, equinos	NO
6°27,572´	72°20,848´	3.685	Río San Pablín	Media	Pastos de forraje para ganado	NO	Bovinos, ovinos, caprinos, equinos	NO
6°28,749´	72°20,511´	4.023	Río Playitas	Alta	NO	NO	Caprinos	NO
6°28,760´	72°20,511´	4.024	Río Playitas	Alta	NO	NO	Caprinos	NO
6°27,803´	72°21,118´	3.725	Río Playitas	Baja	Pastos de forraje para ganado	NO	Bovinos, equinos y ovinos	SI
6°27,803´	72°21,118´	3.726	Río Playitas	Baja	Pastos de forraje para ganado	NO	Bovinos, equinos y ovinos	SI
6°27,356´	72°21,470´	3.618	Río San Pablín	Media Baja	Pastos de forraje para ganado	NO	Bovinos, ovinos, caprinos, equinos	SI
6°27,356´	72°21,470´	3.619	Río San Pablín	Media Baja	NO	NO	Ovinos y Caprinos	NO
6°26,879´	72°22,740´	3.146	Río San Pablín	Baja	Especies maderables y pastos	NO	Bovinos, ovinos, caprinos, equinos	SI
6°26,879´	72°22,740´	3147	Río San Pablín	Baja	Especies maderables y pastos	NO	Bovinos, ovinos, caprinos, equinos	SI
6°27,499´	72°22,747´	3328	Quebrada casas viejas	Baja	Especies maderables y pastos	NO	Bovinos, ovinos, caprinos, equinos	SI

C (N): Coordenada norte; C. (W): Coordenada oeste; AP. F.: Aprovechamiento forestal



Figura 4.7 Cuenca media-alta del Río San Pablín, detalle del subpáramo, páramo y planicie aluvial al fondo

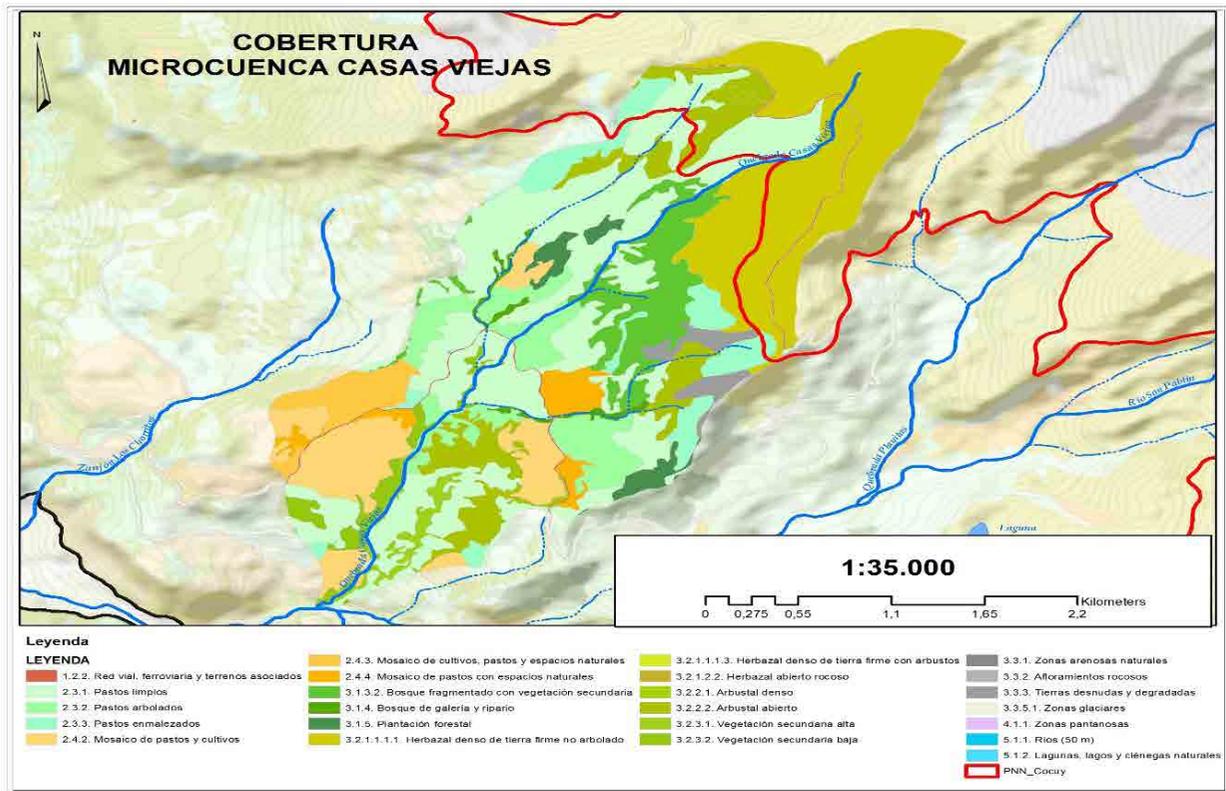


Figura 4.8 Coberturas vegetales cuenca del Río San Pablín-Playitas y quebrada Casas Viejas

4.4.5 Río Cardenillo

La cuenca alta está conformada por vegetación de páramo en el valle y superpáramo a los costados donde la inclinación del terreno es notablemente mayor. En las partes más altas hacia el sector de La vía hacia el resguardo de Bachira se observa una gran variedad de geo-formas compuestas por rocas desnudas con pajonales-herbazales seguidos de potreros de cría de ganado ovino, bovino y caprino. Por otro lado, desde la parada El Romero y en sentido nororiental se conserva una gran proporción de frailejonales, arbustales combinados con pajonales de páramo; en este sector se registran mamíferos que se alimentan de invertebrados que viven en el subsuelo como el armadillo o el borugo de montaña (*Agouti taczanowskii*), adicionalmente posee una amplia dominancia de arbustos que sirven de alimento a las aves e insectos. Sobre esta altura se encuentra una fuerte producción pecuaria que ha afectado la integridad del paisaje y ha fragmentado la continuidad entre el bosque altoandino y los páramos.

Sobre la cuenca media, se encuentra un relicto de bosque altoandino compuestos en su mayoría

por colorados (*Polylepis quadrijuga*), aliso (*Alnus acuminata*), Tunos (*Miconia* sp), raque (*Vallea stipularis*), entre otras, en asociación con arbustales y matorrales propios del subpáramo; dentro de este ecosistema se encuentran asociadas plantas epífitas propias de bosques maduros tales como orquídeas, piperáceas, bromélias, musgos, hepáticas y líquenes (Tabla 4.13). Estos últimos conforman unas asociaciones naturales muy particulares que permiten la retención de humedad y nutrientes en el ambiente, igualmente permiten deducir la calidad en la cual se encuentra el ecosistema estudiado (Figura 4.9).

Es necesario sugerir que esta fracción de bosque altoandino y subpáramo debe ser conservada y procurar adquirir algunos predios que están generando parches de pastos para ganadería, estas asociaciones boscosas se convierten en refugio y corredor para la fauna local, sin embargo y a pesar de su buen estado de conservación se encuentra muy restringida y aislada, por ende, debería procurarse la conexión con los ecosistemas paramunos hacia el sector de la parada de Romero.

Tabla 4.13 Variables analizadas en la integridad paisajística de las cuencas del Río Cardenillo

C (N)	C. (W)	ALTITUD (msnm)	NOMBRE CUENCA	POSICIÓN CUENCA	ESPECIES INTRODUCIDAS	CULTIVOS	GANADERÍA	AP. F.
6°30,704'	72°20,293'	4.124	Río Cardenillo	Alta	NO	NO	Bovinos, ovinos, caprinos, equinos	NO
6°30,690'	72°20,286'	4.125	Río Cardenillo	Alta	NO	NO	Bovinos, ovinos, caprinos, equinos	NO
6°30,217'	72°21,680'	3.875	Río Cardenillo	Media Alta	Pastos de forraje para ganado	Cebolla, papa, maíz	Bovinos, ovinos, caprinos, equinos, Porcinos	NO
6°30,217'	72°21,680'	3.76	Río Cardenillo	Media Alta	Pastos de forraje para ganado	NO	Bovinos, ovinos, caprinos, equinos	NO
6°29,900'	72°23,330'	3.425	Río Cardenillo	Media Baja	Pastos de forraje para ganado	NO	Bovinos, ovinos, caprinos, equinos	SÍ
6°29,900'	72°23,330'	3.426	Río Cardenillo	Media Baja	NO	NO	NO	NO
6°29,350'	72°24,450'	3.096	Río Cardenillo	Baja	Especies maderables y pastos	NO	Bovinos, ovinos, caprinos, equinos	SÍ

C (N): Coordenada norte; C. (W): Coordenada oeste; AP. F.: Aprovechamiento forestal

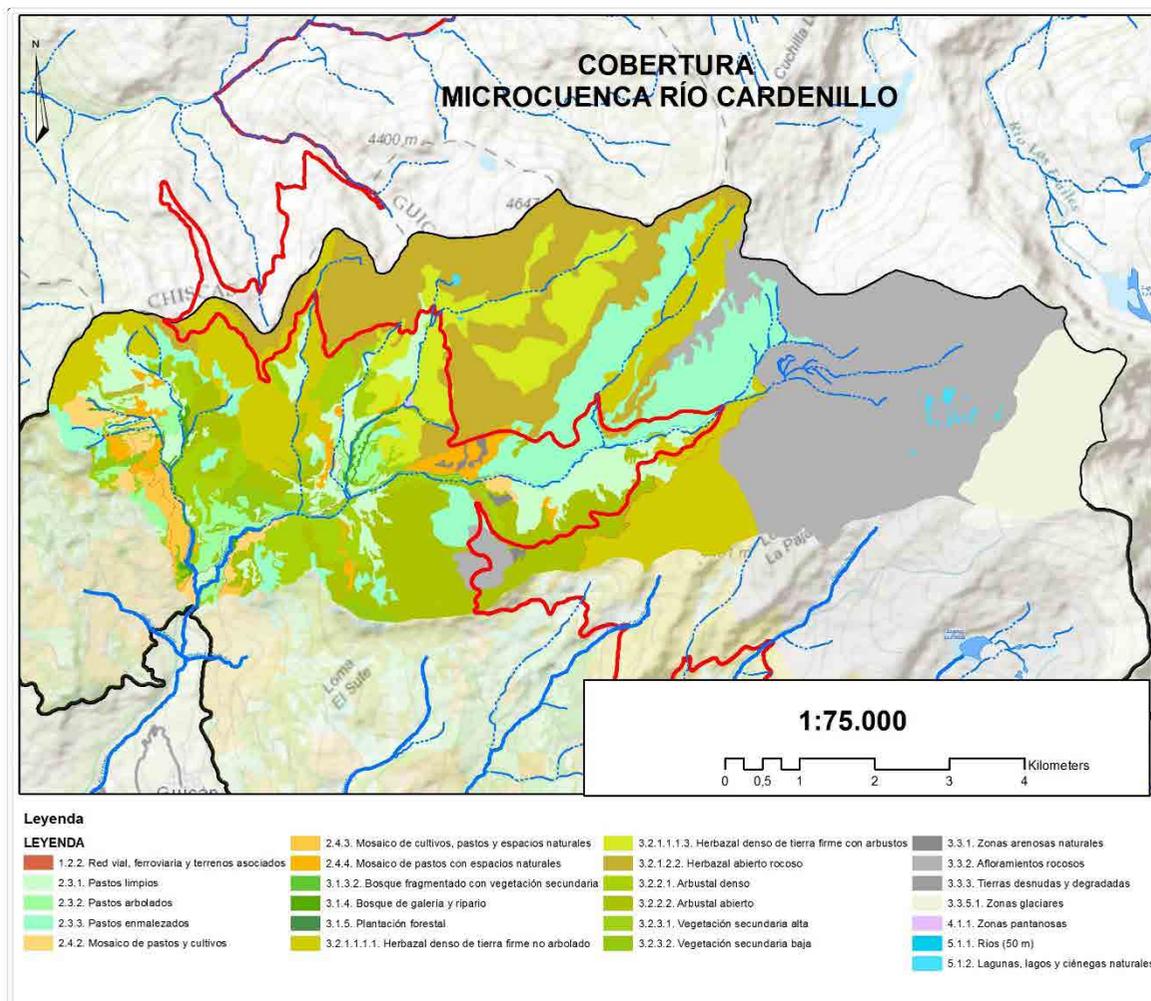


Figura 4.9 Mapa de las coberturas vegetales encontradas en la cuenca del río Cardenillo

En la Tabla 4.14 se resumen los aspectos más relevantes para cada una de las micro cuencas, centrado en las amenazas a las que están sometidos los ecosistemas, y en la que se indica el tipo

de cuenca o sendero, junto con una fotografía relevante, los ecosistemas de mayor trascendencia y las amenazas fuertes a las que están sometidas.

|| Tabla 4.14 Generalidades de las cuencas centrado en amenazas ||

MICRO CUENCA O SENDERO	FOTOGRAFÍA	ECOSISTEMAS RELEVANTES	AMENAZAS
LAGUNILLAS		Superpáramo, páramo, subpáramo, zonas nivales	Ganadería en la cuenca media, remoción en masa, incendios, compactación por senderismo, pérdida de vegetación por intervención antrópica
CÓNCAVO		Córdon de Ericaceae-bosque altoandino, páramo, subpáramo y superpáramo	Ganadería, potrerización, erosión por senderismo, remoción en masa, incendios
CORRALITOS		Cuenca con mayor potencial de conectividad entre el bosque altoandino y el superpáramo	Pérdida de cobertura vegetal por ganadería, senderismo no establecido, remoción en masa y crecientes del río

MICRO CUENCA O SENDERO	FOTOGRAFÍA	ECOSISTEMAS RELEVANTES	AMENAZAS
SAN PABLÍN		Ecosistemas de superpáramo, páramo, subpáramo y bosque alto-andino con fuerte intervención	Fuerte transformación por ganadería, pérdida de cobertura vegetal por erosión, senderismo inadecuado y falta de infraestructura adecuada
CARDENILLO		Se destaca un fragmento de bosque altoandino y subpáramo muy intervenidos, páramo y superpáramo	La ganadería intensiva ha generado fuerte fragmentación y pérdida de conectividad, remoción en masa, erosión y pérdida de cobertura vegetal

4.5 ÁREAS ESPECIALES

Identificación y definición de áreas de importancia cultural, conservación y protección en relación con la supervivencia física y cultural.

Se reconocieron sitios que, por su riqueza histórica, ecosistémica y de servicios son de importancia para las comunidades aledañas al área de estudio. La cueva de la Cuchumba representa un sitio de carácter religioso muy importante para algunos creyentes, allí también se destaca una belleza paisajística muy notoria que la conforman formaciones vegetales de subpáramo y bosque altoandino junto a un afloramiento rocoso en el cauce del Río Cóncavo. La Peña de los Muertos o de la Gloria presenta las connotaciones antropológicas y culturales del pueblo U'wa sobre la cuenca baja del Río San Pablín. Igualmente, las áreas de glaciar son de gran importancia ecosistémica para el mantenimiento de las cuencas hídricas adyacentes, lugares de contemplación y para la tradición cultural sobre estos sitios y sus áreas

conexas reposan la memoria y recuerdos de antepasados (Villegas, 2006).

4.6 FRAGMENTACIÓN DEL PAISAJE

El análisis de la fragmentación del paisaje incluidos las causas sociales y efectos sobre la biodiversidad y la conectividad del ecosistema. En este sentido, se puede describir, la conectividad e integridad de los ecosistemas en las distintas cuencas se evidencia que han sufrido un deterioro muy notorio a nivel de la cuenca media y baja; dado que la integridad permite determinar la interacción entre los distintos ecosistemas altoandinos, esta condición ha sido transformada por la ganadería bovina, ovina, caprina y algunos cultivos. Igualmente, en algunos senderos y cuencas la infraestructura de servicios turísticos históricamente también ha generado este tipo de fragmentación. La pérdida de conectividad entre los ecosistemas genera una disminución del flujo de materia y energía entre los mismos, crea espacios de depredación para especies vulnerables y

cambia totalmente las condiciones ambientales para todo tipo de organismos; para la fauna, se pierden los medios para el establecimiento de las poblaciones, lo cual intrínsecamente

induce a una pérdida de la diversidad biológica y una afectación directa sobre los servicios ecosistémicos (Figura 4.10).

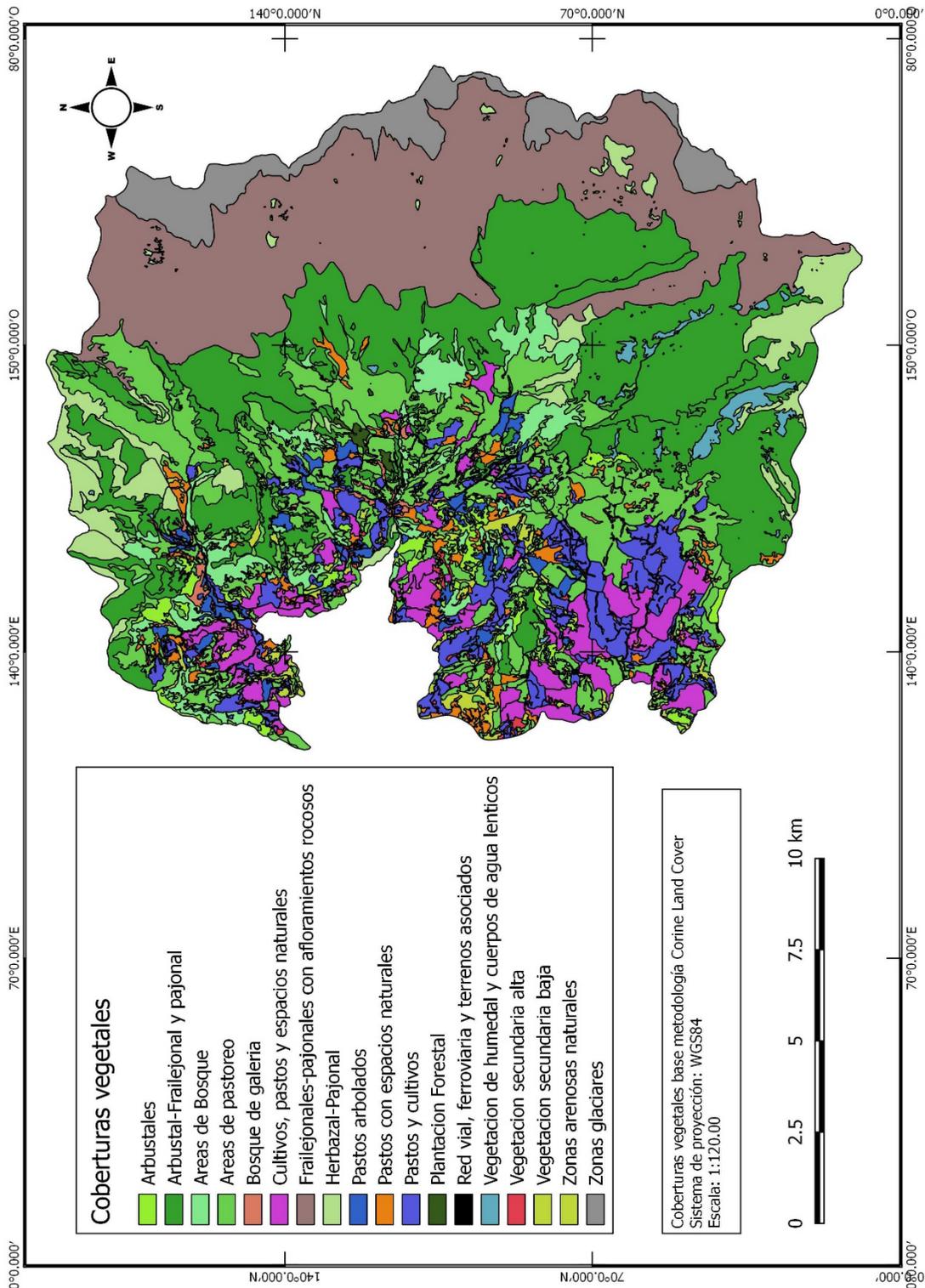


Figura 4.10 Mapa de cobertura del suelo

4.6.1 Análisis de conectividad y fragmentación

El mapa de cobertura del suelo es un buen indicador de la fragmentación presente en la cuenca alta del Río Nevado, junto con el predial (cobertura de la tierra). Para el análisis respectivo se tienen en cuenta distintas métricas específicas aplicadas a cada micro-cuenca. Las tablas de resultados emiten los valores de área de la cobertura (CA) expresada en hectáreas de cada una de las categorías analizadas, (PLAND) porcentaje del valor de cada cobertura respecto del total del paisaje estudiado, (NP) indica el número de parches observados para cada una de las categorías estudiadas, (LPI) corresponde a una variable adimensional que indica el valor de parche más grande y finalmente (CONNECT) el cual indica el coeficiente de conectividad de una cobertura valorado a una escala de 100 m.

4.6.1.1 Río Lagunillas

En esta unidad geomorfológica se identificaron 12 tipos de coberturas, aquellas con mayor extensión en la micro-cuenca son las asociaciones de arbustal-frailejónal y pajonal, la roca desnuda con vegetación de superpáramo, las áreas de producción agropecuaria, herbazales-pajonales y las áreas de bosque. Esta a su vez, presenta los parches con mayor área y que determina la mayor conectividad en la micro cuenca del total de parches identificados (31) que pertenecen a las áreas de producción agropecuaria, la cual ocupa el segundo lugar en mayor cantidad de parches (Tabla 4.15). En general, las áreas conservadas con mayor conectividad que aquellas que han sufrido procesos de transformación. Aunque no se descarta que las actividades pecuarias son muy intensas en lugares específicos y este factor puede ser tensionante con áreas que conservan la cobertura vegetal original.

|| Tabla 4.15 Análisis de métrica de paisaje para Río Lagunillas ||

TIPO DE COBERTURA	CA	PLAND	NP	LPI	CONNECT
Bosque de galería	36	1	12	0.4824	20
Áreas de producción agropecuaria	429	13	31	4	13
Arbustales	53	2	15	0.4204	17
Áreas de producción agropecuaria con relictos de vegetación	37	1	10	0.3926	2
Red vial y terrenos asociados	8	0.2641	5	0.1428	30
Áreas de bosque	142	4	24	3	8
Arbustal frailejónal y pajonal	1,254	38	8	35	18
Herbazal Pajonal	381	12	11	10	5
Vegetación de humedal y cuerpos de agua lénticos	89	3	49	0.7437	1
Roca desnuda y vegetación de superpáramo	809	25	1	25	0
Zonas glaciares	49	1	1	1	0
Lagunas de alta montaña	2	0.0724	3	0.039	33

4.6.1.2 Río Cóncavo

Para esta micro-cuenca se identificaron 12 unidades de cobertura, aquellas con mayor extensión corresponden a roca desnuda con vegetación de superpáramo, las asociaciones arbustal-frailejónal y pajonal, así como las áreas de producción agropecuaria y zonas glaciares; las áreas de producción agropecuaria están conformadas por 21 parches con

conectividades hasta del 17 % al igual que esta área con presencia de relictos de vegetación. Por el contrario, el bosque de galería presenta conectividades hasta del 50 % aunque su extensión no supera las 19 hectáreas; las zonas glaciares y la roca desnuda con vegetación de superpáramo presentan tres y dos parches respectivamente con conectividad nula, esto indica que su ubicación se encuentra con distancias superiores a 100 m (Tabla 4.16).

|| Tabla 4.16 Métrica y análisis de paisaje para Río Cóncavo ||

TIPO DE COBERTURA	CA	PLAND	NP	LPI	CONNECT
Zonas glaciares	464	9	3	3	0
Áreas de producción agropecuaria	499	10	21	5	17
Roca desnuda y vegetación de superpáramo	2,088	40	2	39	0
Bosque de galería	19	0.3641	1	0.2569	50
Áreas de bosque	296	6	8	4	14
Arbustal Frailejonal y pajonal	1,560	30	10	29	7
Red vial y terrenos asociados	6	0.111	1	0.111	0
Áreas de producción agropecuaria con relictos de vegetación	98	2	8	0.8384	14
Lagunas de alta montaña	98	2	33	0.9628	3
Plantación forestal	3	0.0612	1	0.0612	0
Herbazal Pajonal	93	2	8	0.9439	11
Vegetación de humedal y cuerpos de agua lénticos	0.9263	0.0177	4	0.0106	0

4.6.1.3 Río Corralitos

En esta unidad geomorfológica se identifican 11 coberturas, las representativas en área son aquellas de roca desnuda con vegetación de superpáramo, las asociaciones de arbustales-frailejonaes y pajonales, las zonas glaciares, las áreas de bosque y las áreas de producción agropecuaria. Aunque estas últimas no son

representativas en área pero son las que mayor conectividad presentan asimismo, los bosques de galería aunque solo hay cuatro hectáreas con dos parches y están muy conectados (Tabla 4.17). En términos de paisaje de las cuencas evaluadas en aspectos de fragmentación y conectividad aquella que mejores condiciones presentan para la conservación de la fauna y la flora es el Río Corralitos.

|| Tabla 4.17 Análisis métrica de paisaje para Río Corralitos ||

TIPO DE COBERTURA	CA	PLAND	NP	LPI	CONNECT
Roca desnuda y vegetación de superpáramo	884	57	1	57	0
Arbustal frailejonal y pajonal	275	18	9	16	19
Zonas glaciares	166	11	1	11	0
Áreas de producción agropecuaria	75	5	15	4	27
Áreas de producción agropecuaria con relictos de vegetación	9	0.6002	4	0.3363	50
Red vial y terrenos asociados	0.5651	0.0367	1	0.0367	0
Vegetación de humedal y cuerpos de agua lénticos	0.1515	0.0098	1	0.0098	0
Ríos y cuerpos de agua lénticos	0.4506	0.0292	1	0.0292	0
Bosque de galería	4	0.2354	2	0.1641	100
Áreas de bosque	122	8	4	6	33
Lagunas de alta montaña	4	0.2643	5	0.1503	10

4.6.1.4 Río San Pablín

Para esta unidad geomorfológica se identificaron 13 unidades de paisaje, aquellas con mayor extensión son las rocas desnudas con vegetación de superpáramo, la asociación de arbustal-frailejonal y pajonal, las áreas de

producción agropecuaria y las zonas glaciares; no obstante, la cobertura de roca desnuda, las zonas glaciares y los arbustales-frailejonaes y pajonales presentan mayor número de parches lo que indica mayor índice de parche más grande y mayor conectividad (Tabla 4.18).

|| Tabla 4.18 Métrica de análisis paisaje para río San Pablín ||

TIPO DE COBERTURA	CA	PLAND	NP	LPI	CONNECT
Roca desnuda y vegetación de superpáramo	1,720	42	3	42	33
Zonas glaciares	333	8	1	8	0
Arbustal frailejonal y pajonal	1,073	26	9	23	11
Áreas de producción agropecuaria	678	17	22	5	10
Red vial y terrenos asociados	7	0.1806	4	0.0745	33
Lagunas de alta montaña	14	0.3398	12	0.1952	5
Áreas de bosque	77	2	14	1	8
Plantación forestal	16	0.405	8	0.1592	18
Bosque de galería	37	0.9219	11	0.2867	15
Herbazal pajonal	14	0.3383	2	0.1863	0
Áreas de producción agropecuaria con relictos de vegetación	81	2	8	0.7154	7
Vegetación de humedal y cuerpos de agua lénticos	5	0.1199	5	0.1036	0
Ríos y cuerpos de agua lóticos	0.1362	0.0034	1	0.0034	0

Por el contrario, las áreas de producción agropecuaria presentan el mayor número de parches dentro de la unidad geológica, y aunque el índice de parche más grande no sea equiparable con las anteriores coberturas, la conectividad indica que puede existir flujo de materia y energía entre estas unidades cartográficas, de esa forma todo aquello asociado con áreas naturales inmersas en esta conectividad puede verse afectado e incluso amenazado en desaparecer. Caso particular son las plantaciones forestales y las áreas de producción agropecuaria con relictos de vegetación. A escala de paisaje el bosque de galería es quizá la única cobertura que presenta muy poca extensión pero que actualmente, se encuentra conectada.

4.6.1.5 Río Cardenillo

De forma general, en esta micro cuenca se identificaron 14 tipos de coberturas de las cuales

las que mayor área cobijan son las asociaciones de arbustales-frailejionales y pajonales; las áreas de producción agropecuaria y las rocas desnudas con vegetación de superpáramo (Tabla 4.19). Los valores de índice de parche más grande (LPI), determinan que aquellas coberturas con mayor extensión son aquellas que presentan parches aislados de mayor área. De igual forma, la conectividad es nula en coberturas de herbazal-pajonal, roca desnuda con vegetación de superpáramo y de áreas glaciares, debido a que sus áreas son amplias y no están aisladas entre sí, por el contrario, los arbustales, los bosques de galería y los arbustales-frailejionales y pajonales, presentan conectividades inferiores al 10 %, debido a las distancias superiores a 300 m entre cada parche y su relación con la geomorfología.

|| Tabla 4.19 Tabla de métrica de paisaje para Río Cardenillo ||

TIPO DE COBERTURA	CA	PLAND	LPI	CONNECT
Herbazal pajonal	758	14	12	0
Arbustal frailejónal y pajonal	1,385	26	7	9
Áreas de producción agropecuaria	1,064	20	8	6
Roca desnuda y vegetación de superpáramo	1,116	21	21	0
Vegetación de humedal y cuerpos de agua lénticos	4	0.067	0.0283	2
Zonas glaciares	302	6	6	0
Áreas de bosque	265	5	2	6
Lagunas de alta montaña	10	0.1879	0.1095	11
Arbustales	101	2	0.7959	14
Áreas de producción agropecuaria con relictos de vegetación	133	3	0.6809	5
Red vial y terrenos asociados	9	0.1643	0.0667	17
Bosque de galería	96	2	0.6595	10
Ríos y cuerpos de agua lóxicos	8	0.1577	0.1348	100
Zonas arenosas naturales	14	0.2581	0.0832	20

4.6.1.6 Río Mortiño

En esta unidad geomorfológica se identificaron 10 unidades de cobertura, del total aquellas que presentan mayor extensión son las áreas de producción agropecuaria con y sin relictos de vegetación y las áreas de arbustal-frailejónal y pajonal; actualmente los factores tensionantes

en la micro-cuenca son la ganadería y la producción agrícola intensiva, evidenciado en 75 parches con áreas superiores a 10 hectáreas. La conectividad en estas unidades es baja, ya que cada parche de uso agropecuaria presenta distancias superiores a 100 m entre ellos (Tabla 4.20).

|| Tabla 4.20 Análisis de métrica de paisaje para Río Mortiño ||

TIPO DE COBERTURA	CA	PLAND	NP	LPI	CONNECT
Áreas de producción agropecuaria	1,986	39	75	10	5
Áreas de producción agropecuaria con relictos de vegetación	675	13	40	2	4
Arbustal frailejónal y pajonal	1,665	33	7	31	14
Red vial y terrenos asociados	31	0.618	6	0.5908	7
Áreas de bosque	112	2	46	0.3769	2
Arbustales	102	2	15	0.5129	4
Vegetación de humedal y cuerpos de agua lénticos	186	4	60	3	0.791
Bosque de galería	132	3	58	0.2026	2
Plantación forestal	1	0.0264	3	0.013	33
Herbazal pajonal	205	4	9	2	6

4.6.1.7 Ríos directos al Río Nevado

En la unidad geomorfológica se identificaron 12 coberturas vegetales, aquellas con mayor extensión, son las áreas de producción agropecuaria con y sin relictos de vegetación, seguida de la cobertura de bosques; estas a su vez, presentan el mayor número de parches. Las conectividades en general son inferiores al 6 % lo que indica que las distancias entre los

polígonos respectivos son superiores a 100m. En general de las cuencas analizadas esta es la de mayor condición de fragmentación presentada, debido a las tensiones causadas por la producción agropecuaria el aislamiento de parches de vegetación original asociados a la pérdida de área evidenciado en valores inferiores de índice de parche grande (Tabla 4.21).

|| Tabla 4.21 Métrica de paisaje para ríos directos al Río Nevado ||

TIPO DE COBERTURA	CA	PLAND	NP	LPI	CONNECT
Áreas de producción agropecuaria	1,960	44	181	4	2
Arbustales	212	5	25	1	4
Áreas de bosque	842	19	102	2	2
Áreas de producción agropecuaria con relictos de vegetación	987	22	66	2	2
Bosque de galería	67	1	24	0.3338	3
Red vial y terrenos asociados	41	0.9074	8	0.2749	4
Arbustal frailejonal y pajonal	295	7	23	3	6
Zonas arenosas naturales	6	0.1337	2	0.0766	0
Vegetación de humedal y cuerpos de agua lénticos	0.6569	0.0147	7	0.0056	0
Herbazal pajonal	31	0.6894	3	0.4982	0
Plantación forestal	30	0.6656	2	0.3615	100
Ríos y cuerpos de agua lóticos	8	0.1725	1	0.1725	0

4.7 ETNOBIOLOGÍA

Desde el punto de vista etnobiológico y en particular en el medio rural, considerado como referente empírico para el estudio de una parte de la realidad, no puede abordarse haciendo abstracción de lo ecológico o de lo social, más aún si tiene en cuenta que la apropiación de la naturaleza tiene un carácter esencialmente multidimensional.

En este contexto la etnología y la biología, da origen a la etnobiología para estudiar la manera cómo los indígenas y campesinos se apropian de la naturaleza, donde se integran los aspectos ecológicos con la dimensión cultural para explicar el aprovechamiento de los recursos naturales, así como la estructura

y funcionamiento de los agroecosistemas. De esta manera, se tiene presente la diversidad ecológica y cultural que caracteriza el país en particular.

Al tener presente la etnobiología como una herramienta indispensable al momento de abordar temáticas que busquen conservar tanto los recursos biológicos como saberes populares, se busca generar alternativas que ayuden a enfocar y centrar adecuadamente cada uno de los conceptos y conocimientos que requieren atención tanto en la transmisión de generación en generación como el análisis al percibir su propia cosmovisión en cada una de las comunidades estudiadas ya sea campesinos o etnias específicas (Chaves, 2010). En este estudio se indica el uso de 205 especies tanto

de plantas, hongos y animales que presentan o expresan algún tipo de mención de uso, ya sea como alimento, dendroenergéticas, etnofarmacológicas, utensilios, mágico religiosos, usos dados por los pobladores de la zona de estudio (Tabla 4.22).

Resultados que desde el punto de vista etnobotánico concuerda con lo mencionado por Alacantaré et al. (2018), indicando el uso de 168 etnoespecies donde muestran que las familias botánicas más importantes para estas comunidades son Asteraceae, Lamiaceae, Rosaceae, Apiaceae y Poaceae, que son usadas como medicina, comida, madera y otras finalidades domésticas e incluso espirituales.

Las plantas medicinales son utilizadas para tratar enfermedades comunes como la gripa y problemas digestivos, pero también, para heridas y aflicciones mayores como las cardíacas, las relacionadas con la artritis y hasta problemas en la fertilidad y labores de parto.

Se indica el uso de algunos animales ya sea para medicina o como organismos propios en el desarrollo de actividades agrícolas como es el caso de la adecuación de terreno para cultivo (Figura 4.11). Así mismo, el uso de pieles en la elaboración de utensilios o elementos como sillas para usar en monturas de caballos

|| Tabla 4.22 Algunas especies de uso etnobiológico en la zona de estudio ||

ESPECIE	NOMBRE VERNÁCULO	DOLENCIA	FORMA DE PREPARACIÓN	PARTE USADA
<i>Calamagrostis efussa</i>	Esparto, espartillo	Dolor de cabeza	Infusión	Hoja
<i>Calendula officinalis</i>	Caléndula	Cicatrizante	Cataplasma	Hojas y flores
<i>Croton lecheri</i>	Sangregado, Sangre de drago	Analgésico	Infusión	Hojas y corteza
<i>Dipsacus fullonum</i>	Cardón	Artritis	Infusión	Hoja e inflorescencia, raíz
<i>Espeletia lopezzi</i>	Frailejón	Dolor de cabeza y artritis	Infusión y cataplasma	Hojas, tricomas
<i>Huperzia crassa</i>	Cacho de venado	Dolor de huesos	Cataplasma	Planta completa
<i>Ocimum basilicum</i>	Albahaca	Dolor de estómago	Infusión	Hojas
<i>Pentacalia guicanensis</i>	Chilca	Respiratorio	Infusión	Hojas, flores
<i>Pinus patula</i>	Pino candelabro	Respiratorios	Infusión, vaporización	Hoja y corteza
<i>Senecio wedglacialis</i>	Árnica	Hematomas, golpes	Cataplasma	Toda la planta
Animales				
<i>Dasyppus abanicola</i>	Cachicamo	Dolor en articulaciones	Ungüento	Grasa de caparazón
<i>Coragyps atratus</i>	Chulo	Anticancerígeno	Bebida	Sangre
Hongos				
<i>Amanita muscaria</i>	Matamoscas	Ornamental	Micorriza de <i>Pinus</i>	Todo el carpóforo
<i>Ramari astricta</i>	Pericoca	Alimento	Preparación con huevos	Todo el carpóforo



Figura 4.11 Uso de animales (bueyes) para desarrollar actividades agrícolas

4.8 SÍNTESIS GENERAL

La zona de la Sierra Nevada de Güicán y Parque Nacional Natural El Cocuy, es una zona que sin duda tiene un atractivo turístico importante para la región, que junto con los ecosistemas de páramo, subpáramo, bosque nativo, que merecen que se generen planes donde se permita su conservación, al igual poder implementar estrategias que ayuden a mantener la cobertura propia de estos ecosistemas, que mantener en gran medida el banco de semillas propio de esta región. Del mismo modo, involucrar a la comunidad, para que ellos como poseedores del terreno velen por la conservación de los recursos que ofrece la zona.

En cuanto a fragmentación se puede mencionar que una de las principales causas que la están gerando son la ampliación de la frontera agrícola, la proterización de zonas con relictos de vegetación nativa de la zona; sin embargo dentro de las microcuencas la zona que está

mejor conservada es la que posee relictos de bosque altoandino, al igual que especies de *Espeletia*, que albergan un gran número de organismos como insectos y aves que contribuyen con la polinización y dispersión de semillas.

Así mismo, se puede establecer que desde el análisis de fragmentación, las cuencas que presentan un mejor estado de conservación en términos de cobertura vegetal corresponden a los Ríos Lagunillas y Corralitos, esto debido a que los ecosistemas más importantes se encuentran conectados en una mejor proporción respecto de las demás cuencas, por lo tanto las asociaciones de Arbustal-Frailejonal y pajonal, las áreas de bosque altoandino y bosque de galería, zonas de roca desnuda con vegetación de superpáramo indican entre sí una alta conectividad e integridad del paisaje. Empero, es importante mencionar que en aquellas áreas de producción agropecuaria la conectividad es alta, indicando que se está ejerciendo presión

muy intensa sobre los ecosistemas aledaños a estas zonas.

Por otro lado, la cuenca del Río San Pablín, presenta un área de producción agropecuaria muy conectada entre sí, esto hace que los parches de vegetación nativa, ya sea de bosque altoandino o áreas de páramo queden inmersos como islas que sufren una continua presión con tendencia a desaparecer; igualmente, sobre esta cuenca se encuentran plantaciones forestales de especies maderables como pino candelabro (*Pinus patula*), con alta conectividad entre parches que a su vez cumplen una función tensionante sobre los hábitats nativos. La fuerte intervención de la ganadería bovina y ovina incide directamente sobre la pérdida de

la cobertura vegetal generando aislamientos y aumentando el número de parches observados.

Al tener presente la etnobiología como una herramienta indispensable al momento de abordar temáticas que busquen conservar tanto los recursos biológicos como saberes populares, se pueden generar alternativas que ayuden a enfocar y centrar adecuadamente cada uno de los conceptos y conocimientos que requieren atención y que permitan mantener la transmisión de generación en generación. Así mismo, propiciar la forma de como el análisis de percibir su propia cosmovisión en cada una de las comunidades estudiadas ya sea campesinos o etnias específicas.

BIBLIOGRAFÍA

Alcántara, R.M.; Angueyra A.; Andel T. & Cleef A.M. (2017). *Etnobotany of the Sierra Nevada del Cocuy-Güicán (Colombia Andes) Towards Conservation Strategies*. London University.

Armenteras, D. & Vargas, O. (2016). Patrones del paisaje y escenarios de restauración: acercando escalas. *Acta biológica colombiana*, 21 (1Supl), 229-239.

Chaves, P. (2010). *Inventario florístico preliminar de plantas angiospermas presentes en el ecosistema de Páramo del Parque Nacional Natural El Cocuy, Boyacá*. Pontificia Universidad Javeriana.

Gradstein, S. R.; P. Hietz; R. Lucking; A. Lucking; H. J. M. Sipman; H. F. M. Vester; J. H. D. Wolf & E. Gardette. (1996). How to sample the epiphytic diversity of tropical rain forests. *Ecotrópica*. 2:59–72 pp.

Gradstein, S. R., N. M. Nadkarni; T. Kromer & N. Holz. (2003). A protocol for rapid and representative sampling of vascular and non-vascular epiphyte diversity of tropical rain forests. *Selbyana*. 24:105–111 pp.

Cuellar, R. (2013). *Relación entre la composición y estructura de la vegetación presente por encima de los 4.500 msnm y el fenómeno del retroceso glaciar en dos lugares de la parte sur de la Sierra Nevada de Güicán, Cocuy y Chita en Boyacá, Colombia*. Pontificia Universidad Javeriana.

Farina, A. (2016). *Ecología del paisaje*. Universidad de Alicante.

Hilty S. L., & Brown W. L. (1986) *A Guide to the birds of Colombia*. Princeton University Press, Princeton, 836pp. Nueva Jersey

Morales M., Otero J., Van der Hammen T., Torres A., Cadena C., Pedraza C., Rodríguez N., Franco C., Betancourth J.C., Olaya E., Posada E. & Cárdenas L. (2007). *Atlas de páramos de Colombia*. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá, D. C. 208 p.

Numpaque L. M. (2011). *Plan de ordenamiento ecoturístico para la Sierra Nevada del Cocuy, Güicán y Chita-Parque Nacional Natural El Cocuy*. (Documento final). Boyacá - Colombia.

Parques Nacionales Naturales de Colombia. (2009). *Plan de manejo Parque Nacional Natural El Cocuy*. (Documento final). El Cocuy-Sacama-Tame.

Roda, J. (2001). *CITES. Manual de Identificación CITES de Aves de Colombia*. Instituto de investigación de Recursos Biológicos AvH: 352 p. Bogotá, D.C.

Salaman, P.; Thomas D. & Caro D. (2009). *Listado de Aves de Colombia (2009)*. *Conservación Colombiana* 8: 1-89. Bogotá: Fundación Pro Aves.

Torres-Muñoz, M. (1998). *Zonificación Ambiental de una Cuenca Hidrográfica*. Ministerio del Medio Ambiente & Sena. Santafé de Bogotá.

Villegas B. (2006). *Colombia Parques Nacionales Naturales*. Villegas Editores. Bogotá, Colombia.

Wolf, J. H. D. (1993). Diversity patterns and biomass of epiphytic bryophytes and lichens along an altitudinal gradient in the northern Andes. *Ann. Missouri Bot. Gard.* 80: 928-960 pp.

5. SOCIOECONOMÍA

“El crecimiento económico y protección del medio ambiente no son compatibles. Son los lados opuestos de la misma moneda si buscas prosperidad a largo plazo”

Paulson, H., (s.f.).

Análisis de actividades y sistemas de producción (privados, comunitarios y tradicionales) y usos del territorio, desarrollados por los agentes sociales e institucionales relevantes en la Cuenca Alta del Río Nevado.



Grupos Investigación UPTC: VTS - UDESA - GICA - BC

Mirador de la cueva, cuenca alta Río Lagunillas

INTRODUCCIÓN

Dentro del análisis para el establecimiento de las presiones antrópicas y naturales en el Parque Nacional Natural El Cocuy en la cuenca alta del Río Nevado, la caracterización socioeconómica resulta fundamental para establecer la forma en que se desarrollan todas las actividades humanas en el proceso de construcción territorial dentro del área de estudio.

Aspectos como el uso del espacio, las condiciones de vida, las formas de organización productiva, el uso de los recursos y las relaciones que se establecen entre los diferentes actores y el medio físico en que estas se desarrollan, permiten definir un panorama más amplio y detallado acerca de los procesos de transformación del espacio y de los saldos que dejan esas transformaciones.

Al considerar que el objetivo principal del componente es el análisis de la situación socioeconómica de los habitantes del territorio y sus formas de organización y producción, a través de sus principales determinantes, la primera actividad desarrollada consistió en la identificación de las dimensiones o categorías a través de las cuales se adelantaría dicho análisis, a manera de ruta de trabajo, en la cual se organizan las demás actividades y de la cual depende el tipo de información a recoger y procesar tanto de las fuentes primarias como secundarias.

En este sentido, se definieron 3 dimensiones principales, donde cada uno de los productos del componente socioeconómico corresponderá un proceso descriptivo y correlacional entre las categorías y las variables incluidas en cada una de ellas, aplicando instrumentos de trabajo como las entrevistas semiestructuradas y consulta de fuentes primarias; observación participante, el desarrollo de mesas de trabajo, identificación y consulta de fuentes de información secundaria y la construcción de herramientas cuantitativas de análisis a partir de la recolección, organización y sistematización de la información.

5.1 METODOLOGÍA

De manera general, el capítulo socioeconómico se compone de tres dimensiones relacionadas en la Figura 5.1. A partir de estas, se desglosan los determinantes que describen la dinámica

territorial en materia económica y social. Cada una de las dimensiones están estructuradas alrededor de unos temas fundamentales y se desarrollan a través de una metodología específica en función de los datos y la información primaria y secundaria disponible.

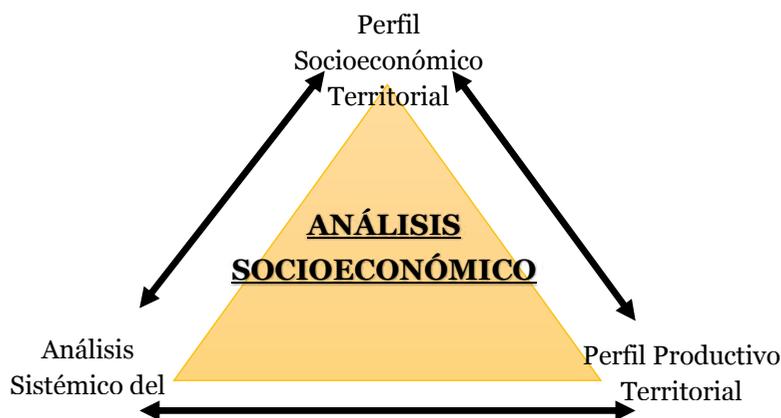


Figura 5.1 Dimensiones de análisis del componente socioeconómico

5.1.1 Perfil socioeconómico territorial

Este perfil busca dar cuenta de las condiciones sociales, económicas y de bienestar general de la población ubicada en el área de estudio, para

entender su contexto y para tomar como base de análisis las principales necesidades, oportunidades y amenazas que enfrentan dichas comunidades. Las variables que hacen parte de esta dimensión son (Figura 5.2):

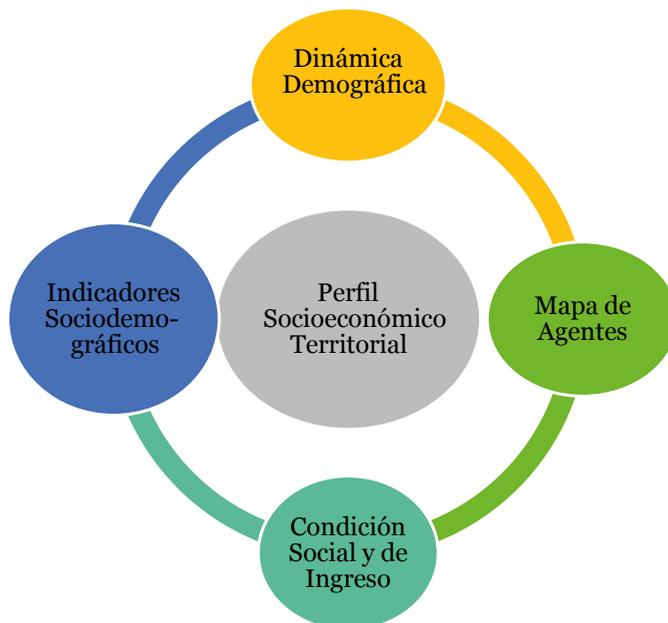


Figura 5.2 Perfil socioeconómico territorial

5.1.2 Perfil productivo territorial

El objetivo de construir un perfil productivo territorial es establecer las características principales bajo las cuales se desarrollan las actividades productivas en el territorio. Se trata de un acercamiento a las presiones antrópicas que se generan a partir de la realización de actividades económicas, partiendo del entendimiento de la estructura con la cual se desarrollan dichas actividades, la participación de cada uno de los agentes dentro del proceso, las posibilidades de transformación o adaptación, las posibles tensiones generadas entre las actividades desarrolladas y las vocaciones productivas del territorio, el entendimiento de las formas de uso y ocupación del territorio, y cómo se han estructurado históricamente las cadenas de valor y la transformación y uso de los recursos naturales. Las variables que hacen parte de esta dimensión se identifican en la Figura 5.3:

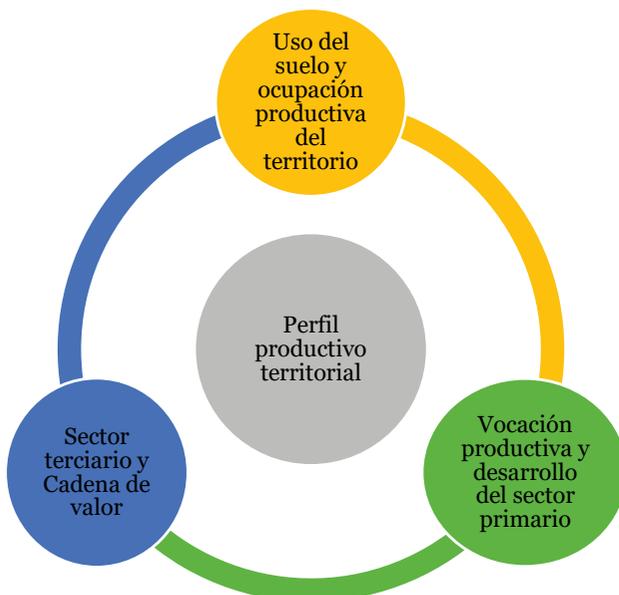


Figura 5.3 Perfil productivo territorial

5.1.3 Análisis multisectorial

La última dimensión trata del análisis sistémico del territorio. Esta busca reunir en un mismo escenario las temáticas incorporadas en las otras dos dimensiones, con el fin de interpretar

las relaciones entre las actividades sociales, económicas y culturales, sus implicaciones y afectaciones en la disponibilidad y calidad de los recursos naturales y en particular del agua dentro del contexto del ecosistema de páramo en lo que es el área de estudio dentro del parque natural de El Cocuy. Las variables que hacen parte de esta dimensión son (Figura 5.4):

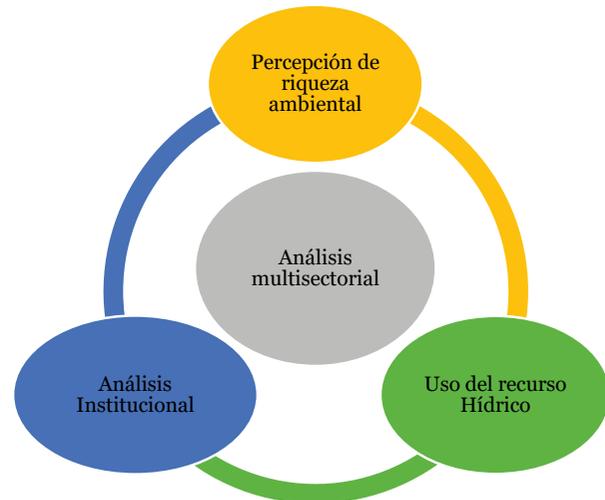


Figura 5.4 Análisis multisectorial

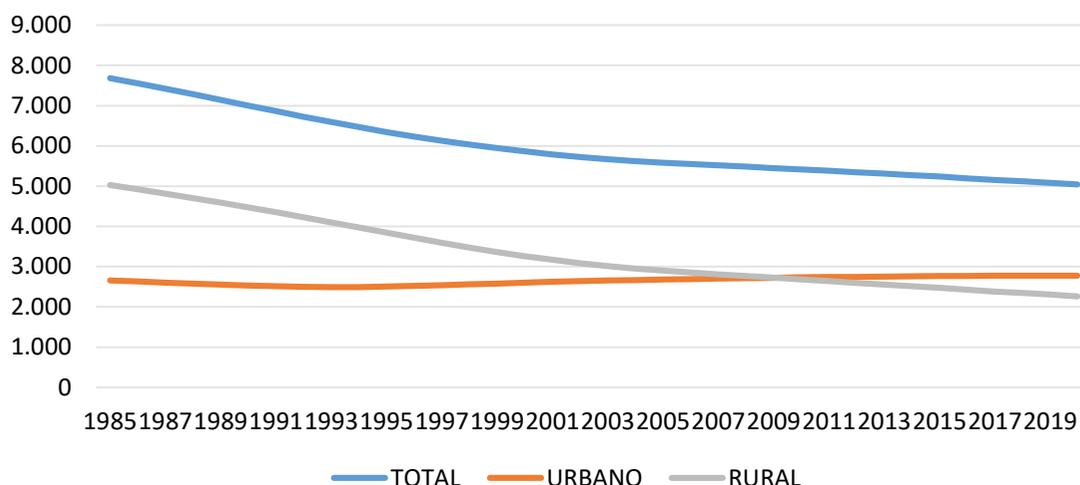
5.2 PERFIL SOCIOECONÓMICO TERRITORIAL

5.2.1 Dinámica demográfica

A partir de los datos de los censos realizados por el DANE en 1985, 1993 y 2005, y de la información de las proyecciones poblacionales hasta el año 2020, se establecieron las siguientes tendencias respecto de la evolución poblacional en los municipios de El Cocuy y Güicán, considerando la localización de la población tanto en el área urbana o cabecera y el área rural. Una tendencia demográfica e histórica en la mayor parte de los municipios de naturaleza rural y agraria en Boyacá y en general en el país, y que también es evidente de acuerdo con los datos presentados para el municipio de El Cocuy es la significativa disminución general de la población desde 1885 hasta el presente.

En el municipio de El Cocuy, como muestra la Figura 5.5, las estimaciones poblacionales muestran una reducción de 7.682 personas en 1985 a 5.041 proyectadas para 2020, lo que supone una disminución del 34% para el

periodo señalado. Para el caso del área rural la disminución es mucho mayor, pues pasa de 5024 personas en 1985 a 2.263 en la proyección a 2020, lo que representa una reducción del 55% de la población en este sector.

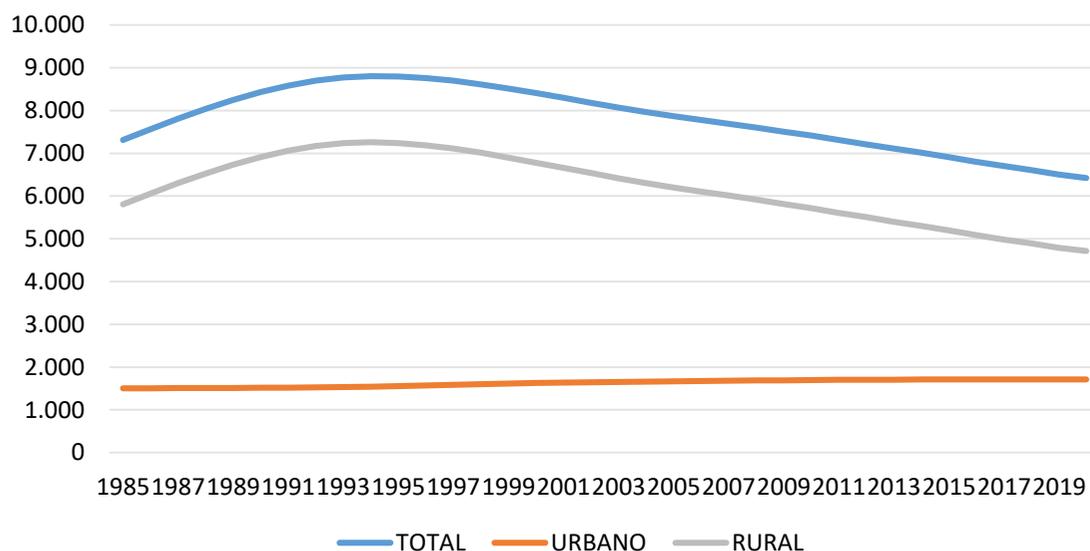


Fuente: Cifras ajustadas a partir de información DANE. Censo 2005

Figura 5.5 Evolución poblacional El Cocuy 1985 - 2020

Este hecho se puede traducir de dos maneras fundamentales, en primer lugar, en términos de la tasa vegetativa de crecimiento poblacional, representaría que la tasa de mortalidad es más alta que la de natalidad, por lo que el reemplazo de la población deja saldos negativos, fenómeno que no es tan cierto como se podrá ver más adelante. Por otro lado, el fenómeno tiene una explicación más ajustada a la realidad, relacionada con que en términos netos se ha estado presentando un fenómeno migratorio en los últimos 30 años en el municipio de El Cocuy.

Al igual que los datos de tendencia poblacionales de El Cocuy, en el caso del municipio de Güicán, se muestra una fuerte tendencia de disminución en términos absolutos de la población total, explicada en su mayoría por la fuerte disminución de la población rural, con una población urbana que presenta un tímido crecimiento explicado por una fracción de los habitantes rurales que se quedan habitando la cabecera municipal, tal y como muestra la Figura 5.6.



Fuente: Cifras ajustadas a partir de información DANE.

Figura 5.6 Evolución poblacional Güicán 1985 – 2020

Un hecho derivado de los datos poblacionales por localización en los dos municipios analizados es la composición rural-urbana de la población, que muestra un resultado proporcional para el caso de El Cocuy, en donde el 53,77% de la población es urbana mientras que el restante 46,23% es rural; contrastando con la ruralidad del municipio de Güicán, en donde el 74,42% de la población se ubica en este sector frente a solo el 25,58% que se ubica en el área urbana, en promedio algo menos de 3.000 personas en El Cocuy.

5.2.1.1 Estructura poblacional por microcuena

Para analizar la composición y estructura poblacional particular para el área de estudio y para cada una de las microcuenas que la componen, se presentan en la Tabla 5.1 los resultados del censo poblacional realizado por unidades de producción en el tercer Censo Nacional Agropecuario, elaborado por el DANE en el año 2013.

Tabla 5.1 Distribución poblacional por género y microcuena

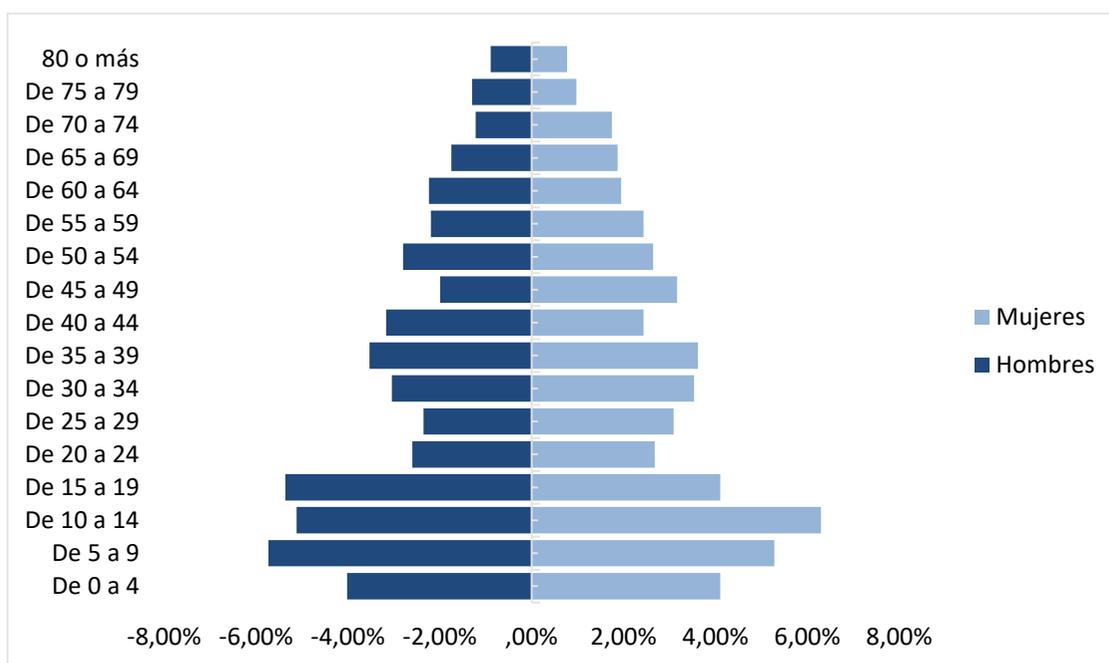
MICROCUENA	PERSONAS	PORCENTAJE	NÚMERO POR GÉNERO		PORCENTAJE POR GÉNERO	
			Hombres	Mujeres	Hombres	Mujeres
TOTAL	2.462	100,0%	1.214	1.248	49,3%	50,7%
QUEBRADA CASAS VIEJAS	92	3,7%	39	53	42,4%	57,6%
RÍO CORRALITOS	16	0,6%	12	4	75,0%	25,0%
RÍO CÓNCAVO	93	3,8%	45	48	48,4%	51,6%
RÍO EL MORTIÑO	1.076	43,7%	553	523	51,4%	48,6%
RÍO LAGUNILLAS	120	4,9%	57	63	47,5%	52,5%
RÍO CARDENILLO	121	4,9%	59	62	48,8%	51,2%
DIRECTOS AL RÍO NEVADO	937	38,1%	448	489	47,8%	52,2%
RÍO SAN PABLÍN	21	0,9%	10	11	47,6%	52,4%

Fuente: Cifras ajustadas a partir de información DANE - 3er. CNA.

Los resultados muestran que, para el total de la cuenca alta del Río Nevado, dentro del área delimitada como el objeto de estudio, se encuentran localizadas un total de 2.462 personas, de las cuales el 50,7%, es decir 1.248, corresponde a hombres, y el restante 49,3%, es decir 1.214, corresponde a mujeres.

De esta población, aproximadamente el 82% se encuentra localizada en las microcuencas del Río Mortiño, y en la zona de intercuenca denominada para el caso de estudio como directos al Río Nevado; y la menor cantidad

presentada está en la microcuenca del Río Corralitos, que tiene apenas 16 personas registradas. De manera general, esta composición guarda cierto grado de correspondencia frente a las pirámides poblacionales que muestran la estructura poblacional a nivel municipal; sin embargo, es posible observar una diferencia fundamental y específica, relacionada con la cantidad de personas en el rango etario entre los 20 y los 30 años, que para el caso del área de estudio resulta significativamente menor que para el caso de los totales municipales.



Fuente: Cifras ajustadas a partir de información DANE - 3er. CNA.

Figura 5.7 Pirámide poblacional total cuenca alta río Nevado

Los cambios en la composición poblacional desde 1993 hasta 2017, indican que las políticas y esfuerzos públicos seguramente deberán concentrarse en temas como el mercado laboral, la vivienda, la cualificación de mano de obra, la formación de capital humano, y otras que fortalezcan la capacidad de la población especialmente en edad de trabajar, en la que se concentra la mayor parte de la población del territorio.

5.2.2 Mapa de agentes

El territorio es construido por una variedad de agentes que interactúan de manera permanente en torno al desarrollo económico y la importancia ambiental que representa el ecosistema de páramo en donde desarrollan gran parte de sus actividades. Estos agentes se pueden clasificar de manera básica en tres grandes grupos: las comunidades, las instituciones y otros agentes, como se presenta en la Figura 5.8.



Figura 5.8 Agentes del territorio

5.2.3 Indicadores sociodemográficos

La información de las variables analizadas para el área de estudio se ha fortalecido y acompañado por datos calculados para el total municipal o en algunos casos correspondientes a la zona rural, que finalmente es la que hace parte directa de las microcuencas que forman la cuenca alta del Río Nevado.

5.2.3.1 Educación

Según los datos oficiales de matrícula del SIMAT, se puede observar un fenómeno particular respecto de la estructura proporcional de la matrícula de acuerdo a su localización. Mientras que para el caso del Cocuy la matrí-

cula urbana representa el 55,14% del total de la matrícula y la rural el restante 44,86%, en coherencia con la proporción entre la población total urbana y rural; para el caso de Güicán, que concentra la mayor parte del área de estudio, la proporción de la matrícula muestra que el 67,49% es urbana mientras que apenas el 32,51% rural, en contraste con la predominancia del 74,42% de población rural respecto de la población total. Lo que muestra este hecho es que, si bien la mayoría de la población del municipio se ubica en las veredas, los cupos educativos se ofrecen en el centro, lo que supone dificultades logísticas y de otro tipo para los jóvenes rurales que buscan acceder al servicio educativo, hecho que puede incidir en las tasas de deserción, cobertura y retención.

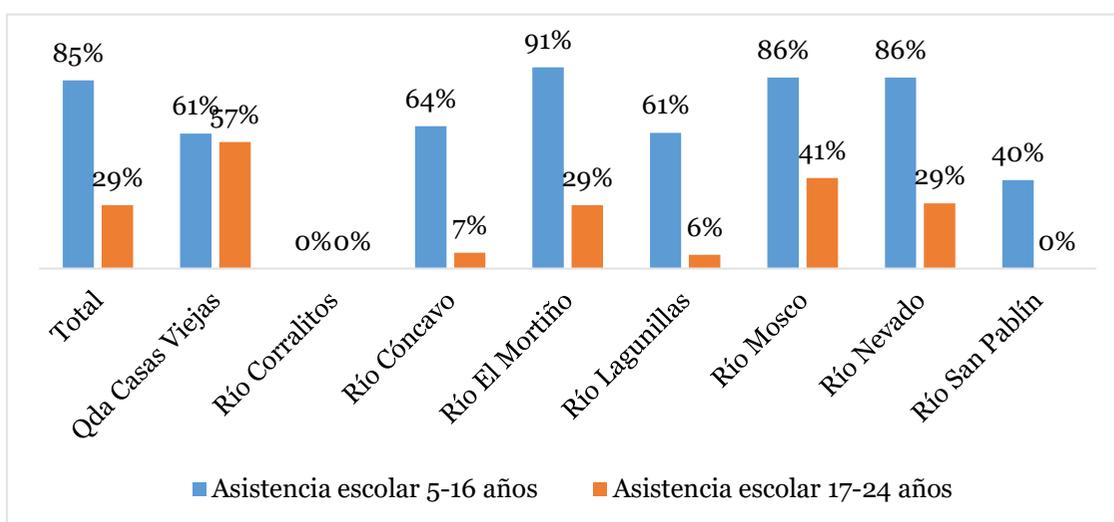
Tabla 5.2 Nivel educativo por microcuenca

MICROCUENCA	Preescolar	Básica primaria	Básica secundaria y media	Técnico	Universitario y Postgrado	Ninguno	Sin información
Quebrada Casas Viejas	0,0%	0,0%	4,2%	0,0%	0,0%	70,8%	25,0%
Río Corralitos	0,0%	0,0%	14,3%	0,0%	0,0%	57,1%	28,6%
Río Cóncavo	0,0%	0,0%	2,2%	0,0%	0,0%	65,2%	32,6%
Río El Mortiño	0,2%	56,4%	15,2%	0,3%	0,0%	21,3%	6,5%
Río Lagunillas	0,0%	12,3%	3,1%	0,0%	0,0%	61,5%	23,1%
Río Cardenillo	0,0%	21,4%	14,3%	0,0%	0,0%	42,9%	21,4%
Río Nevado	0,0%	24,5%	7,9%	0,2%	0,6%	48,5%	18,3%
Río San Pablín	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	50,0%	50,0%
TOTAL	0,1%	35,8%	10,8%	0,2%	0,2%	38,4%	14,5%

Fuente: Cifras ajustadas a partir de información DANE - 3er. CNA.

La distribución expresada en la (Figura 5.9), muestra que las tasas de participación, medidas mediante la asistencia de las personas en un determinado rango de edad sobre el cosmos total de personas en ese rango de edad, son significativamente mayores para las personas

entre 5 y 16 años, frente al grupo entre 17 y 24 años de edad; lo cual se traduce en una escasa tasa de cualificación y formación de capital humano especializado que encuentra un cuello de botella al finalizar la formación media.



Fuente: Cifras ajustadas a partir de información DANE - 3er. CNA.

Figura 5.9 Tasa de participación asistencia escolar, varios años por microcuenca

De igual manera, las diferencias en la tasa de participación de las personas entre 5 y 16 años entre las diferentes microcuencas, se explica porque las microcuencas de Mortiño y la zona de intercuenca de los afluentes directos al Río Nevado se encuentran próximas a las cabeceras municipales de los dos municipios de influencia, y es allí donde se localizan las instituciones educativas que tienen la oferta escolar de la básica secundaria y media, a diferencia de

las escuelas rurales que no suelen ofrecer estos grados educativos.

5.2.3.2 Salud

La Tabla 5.3 ilustra los datos de afiliación de una muestra de la población encuestada en el área de estudio durante la toma de información del tercer CNA. Los resultados evidencian que para el total del área el 81,7% de las personas

encuestadas se encuentran afiliadas al sistema subsidiado, mientras que el 12,3% lo hace en el régimen contributivo, lo que significa una tasa de dependencia de 1 a 7.

|| Tabla 5.3 Régimen de afiliación por microcuenca ||

MICROCUEENCA	AFILIACIÓN EN SALUD				
	Régimen contributivo (EPS)	Régimen especial	Régimen subsidiado (EPS)	No está afiliado	Sin Información
Quebrada Casas Viejas	1,1%	0,0%	91,3%	4,3%	3,3%
Río Corralitos	25,0%	0,0%	75,0%	0,0%	0,0%
Río Cóncavo	8,6%	1,1%	90,3%	0,0%	0,0%
Río El Mortiño	14,6%	0,0%	79,4%	4,8%	1,2%
Río Lagunillas	5,8%	0,0%	91,7%	0,0%	2,5%
Río Cardenillo	3,3%	0,0%	90,9%	5,8%	0,0%
Río Nevado	13,2%	1,5%	79,8%	3,0%	2,5%
Río San Pablín	0,0%	0,0%	100,0%	0,0%	0,0%
TOTAL	12,3%	0,6%	81,7%	3,7%	1,7%

Fuente: Cifras ajustadas a partir de información DANE - 3er. CNA.

5.2.4 Condición social y de ingreso

5.2.4.1 *Componente hídrico como soporte de actividades de bienestar humano y funciones económicas*

En el caso del agua potable para consumo humano, el principal abastecedor lo representan los acueductos veredales. Esta oferta cubre las necesidades de la población sin restricciones específicas sobre ninguna microcuenca, lo que permitiría una apreciación favorable en el acceso al servicio. De esta manera, es posible identificar que no existe rivalidad del

consumo humano en cuanto a otras funciones ni un riesgo de escasez o desabastecimiento que desestabilice el bienestar de la población en cuanto al acceso al recurso. Dado que existe históricamente un fenómeno de éxodo rural, el consumo per cápita mínimo está asegurado teniendo en cuenta que la tendencia muestra que serán menos habitantes los que residan en las microcuencas. La huella hídrica de la agricultura es uno de los elementos determinantes al momento de estimar la demanda. Toda vez que la papa es el cultivo predominante en el área de estudio se utilizará como punto de referencia en la medición, los cálculos de la huella hídrica del tubérculo (Tabla 5.4).

Tabla 5.4 Huella hídrica del cultivo de papa

MICROCUCENCA	TONELADAS	KILOGRAMOS	HUELLA HÍDRICA EN LITROS	HUELLA HÍDRICA (m ³)
MORTIÑO	2.505	2.505.000	726.450.000	726.450
LAGUNILLAS	9	9.000	2.610.000	2.610
CARDENILLO	167	167.000	48.430.000	48.430
NEVADO	591	591.000	171.390.000	171.390
CASAS VIEJAS	253	253.000	73.370.000	73.370
SAN PABLÍN	2	2.000	580.000	580
TOTAL	3.527	3.527.000	1.022.830.000	1.022.830

Fuente: Datos ajustados a partir de información DANE

Respecto al agua utilizada para fines productivos, agricultura y ganadería la situación es combinada. Se identifican tres actividades productivas con una relación directa de dependencia del recurso hídrico; agricultura, ganadería y piscicultura. Estas actividades se dan por separado o combinadas dependiendo de la tenencia del suelo y la accesibilidad vial. Al margen de la actividad del autoconsumo los agricultores utilizan el agua en grado mayor a la ganadería y en segunda instancia a la agricultura. La piscicultura no representa una demanda relevante del recurso hídrico y tampoco una fuente relevante de generación de ingresos, ya que se calcula en una participación aproximada del 4% según la información suministrada por los encuestados.

Aunque en las microcuencas analizadas se identifican algunos predios latifundistas como Río Cóncavo con 23, significando el 21% del número de propiedades en su área, San Pablín 14 predios (52%) y Lagunillas con 10 predios de los 28 presentes en su jurisdicción, no todos tienen una función productiva. Los lugares donde existen extensiones considerables de suelos dedicados a actividades agrícolas y pecuarias se encuentran distribuidos

en la mayoría de las microcuencas, donde por cada unidad de medida (microcuenca) hacen presencia dos ganaderos o productores agrícolas de especial relevancia, es decir, que cuya actividad genera empleos y márgenes de ganancia que los destacan del resto de habitantes de la zona.

5.3 PERFIL PRODUCTIVO TERRITORIAL

En primer lugar, se realiza una descripción del espacio a través de la estructura de tenencia y propiedad analizada a partir de la información predial catastral de la zona de estudio. De igual manera, con la información del 3er. Censo Nacional Agropecuario (3er.-CNA)¹, utilizando la georreferenciación² de los formularios, se procesaron los datos espaciales que permitieron seleccionar las encuestas que corresponden al área de influencia de las microcuencas que forman parte de la cuenca alta del Río Nevado para analizar y caracterizar los resultados, que tienen como unidad de recolección de información las denominadas Unidades de Producción³ (UP) definidas como unidad de análisis dentro de la metodología diseñada por el tercer

1 Esta investigación estadística se aplicó desde noviembre del año 2013 hasta noviembre del año 2014, recopilando información de todas las Unidades Productoras -UP- existentes en la zona rural dispersa del territorio nacional, a fin de determinar su ubicación y características, así como las características sociodemográficas de los residentes en las Unidades Productivas UP. (DANE-CNA, 2016).

2 El 3er. CNA, bajo un protocolo de confidencialidad, asignó a cada una de las encuestas una coordenada geográfica para el centroide de las Unidades de Producción (DANE-CNA, 2016). En el análisis se dejaron aquellas encuestas cuyas coordenadas del centroide de la UP se encontraban dentro de la delimitación espacial de las microcuencas de análisis.

3 La unidad de producción -UP- es la unidad de análisis de los resultados del 3er. CNA. Esta puede estar formada por una parte de un predio, un predio completo, un conjunto de predios o partes de predios continuos o separados en uno o más municipios; independientemente del tamaño, la tenencia de la tierra y el número de predios que la integran. En la UP se pueden llevar a cabo actividades agropecuarias y no agropecuarias, como las vinculadas con industria, el comercio y servicios (DANE-CNA, 2016. p.9).

Censo Nacional Agropecuario; sin embargo, la unidad básica de observación del presente proyecto continúa siendo las cuencas hidrográficas contenidas dentro de la zona de estudio ya enumeradas anteriormente.

5.3.1 Estructura de la propiedad

5.3.1.1 Clasificación por microcuencas

Según la metodología diseñada se utilizaron criterios analíticos y deductivos para el análisis de la información catastral en el área definida, de esta manera se contemplan una dimensión definida por la extensión de las microcuencas; con el fin de realizar una descripción detallada de los flujos productivos de las comunidades en términos de división política y unidades de

función ecosistémica determinadas por la topografía y los cursos de agua, para esto se parte de la distinción que realiza el Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC), en cuanto a rangos de propiedad como se muestra a continuación (Tabla 5.5 y Figura 5.10):

Tabla 5.5 Clasificación de tenencia de la tierra

CLASIFICACIÓN DE PROPIEDAD	RANGOS EN HECTÁREAS
MICROFUNDIOS	<3
MINIFUNDIOS	3 a 10
PEQUEÑA PROPIEDAD	10 a 20
MEDIANA PROPIEDAD	20 a 200
GRAN PROPIEDAD	>200

Fuente: Instituto Geográfico Agustín Codazzi, IGAC.

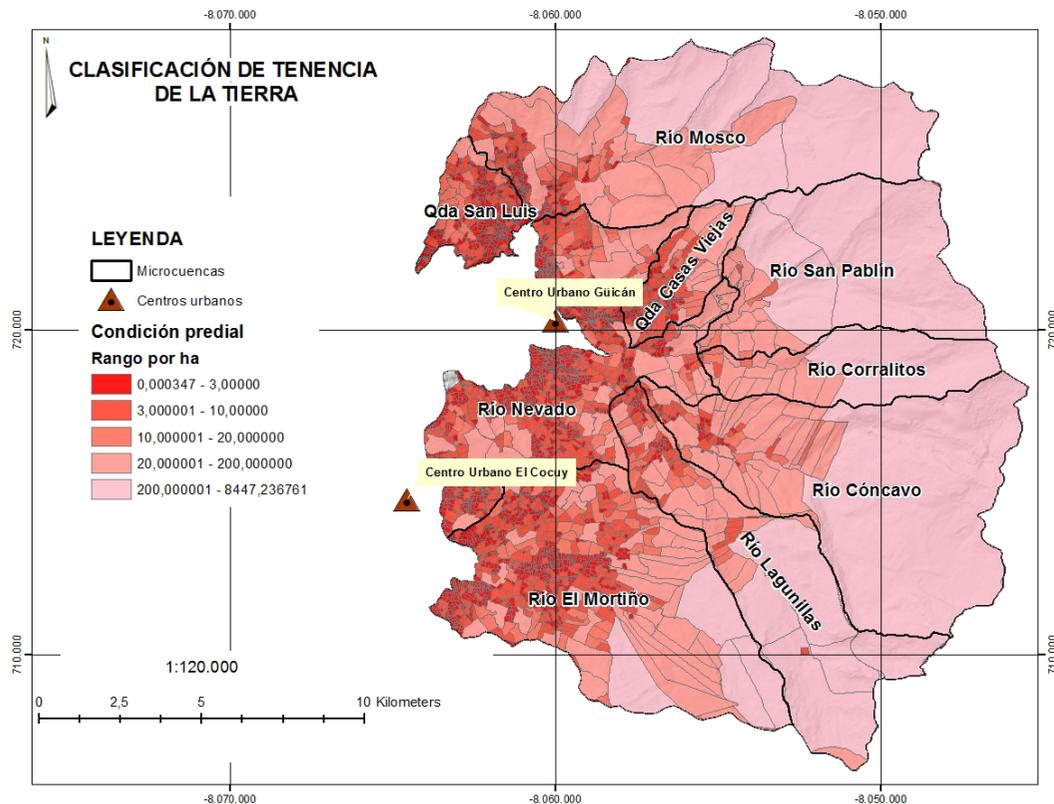


Figura 5.10 Clasificación predial en el área de estudio

Al tomar como referencia el perímetro general definido para el análisis se evidencia una disparidad en dos variables que explican la tenencia de la tierra; por una parte, la cantidad

de predios y su proporción, y por otra, el tamaño que da origen a la clasificación arriba referenciada. Bajo esta condición se estima que el 73,4% de los microfundios (2.374 predios)

corresponden al 8,66% de la superficie total del área de estudio, lo que define la fragmentación del suelo, tal como se muestra en la Tabla 5.6. De manera inversa, los predios latifundistas

clasificados como gran propiedad porcentualmente representan el 0,46% del total de los predios y por área equivalen al 47,8% (13.829,6 ha.), casi la mitad de la superficie analizada.

|| Tabla 5.6 Condición catastral en el perímetro de estudio ||

CLASIFICACIÓN PROPIEDAD	NÚMERO PREDIOS	PROPORCIÓN PREDIOS (%)	HECTÁREAS POR CLASIFICACIÓN	PROPORCIÓN ÁREA PREDIO (%)
MICROFUNDIOS	2.374	73,45	2.504,61	8,66
MINIFUNDIOS	569	17,61	2.953,63	10,20
PEQUEÑA PROPIEDAD	125	3,87	1.727,33	5,97
MEDIANA PROPIEDAD	149	4,61	7.921,46	27,38
GRAN PROPIEDAD	15	0,46	13.829,60	47,80
TOTAL	3.232	100,00	28.941,63	100,00

Fuente: Cifras ajustadas a partir de información catastral.

De manera gráfica, la división hecha por microcuencas muestra la identidad orográfica del terreno. Es así como se pueden diferenciar las cadenas montañosas que atraviesan esta zona particularmente quebrada, hecho que deriva en las conductas de asentamiento humano donde la lógica lleva a los pobladores a concurrir cerca de las fuentes hídricas; adyacentes a los terrenos con aptitudes para promover acciones productivas agrícolas, pecuarias o turísticas. En consecuencia, las principales parcelaciones se ubican colindando las zonas con baja elevación, que a su vez concurren con los centros poblados tanto de Güicán como de El Cocuy.

De manera opuesta, las grandes extensiones de tierra, definidas en tamaños superiores a 200 ha., con único propietario, se encuentran cercanas al glaciar, es decir a las zonas de mayor elevación, donde los ecosistemas presentan un grado mayor de complejidad y fragilidad. A partir de los 3.500 msnm aún se presentan prácticas productivas usadas por tradición para fines como la agricultura, practicada de manera insostenible.

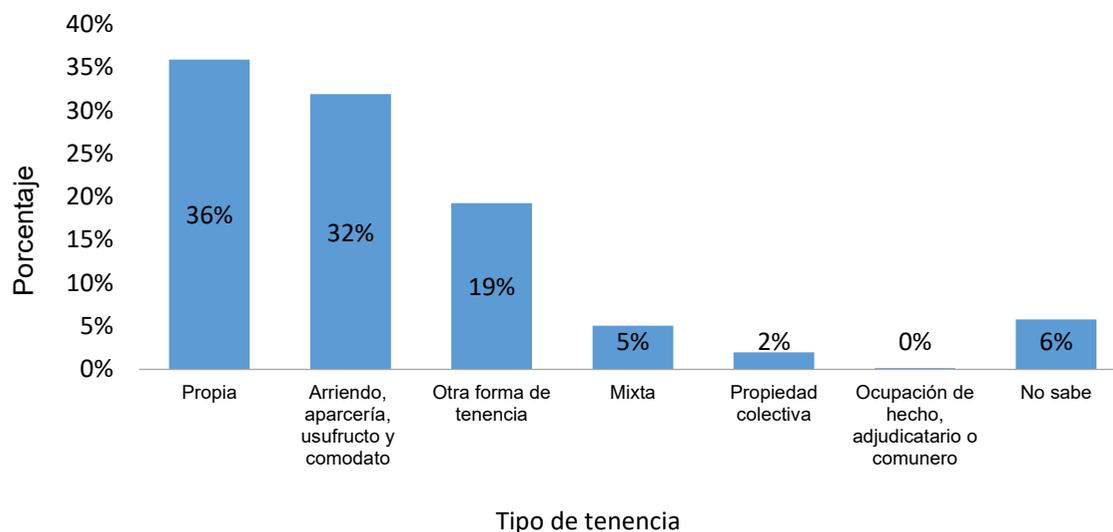
Condiciones de monocultivos, empleo de fertilizantes, plaguicidas y demás insumos químicos sumado a la progresión de la ganadería mayor y menor son potencialmente perjudiciales en todas las esferas biológicas.

Se aborda la tenencia en el uso del suelo, en tanto que este componente se convierte en el principal determinante en la caracterización económica del territorio. Existe una relación directa entre la extensión del predio y la condición socioeconómica de sus habitantes o propietarios. La relación inversa entre extensión territorial y la unidad familiar, identifica un determinante de la pobreza o condición de precariedad de los habitantes. Entre mayor sea la proporción de microfundios y minifundios respecto del número total de unidades de tenencia, mayor probabilidad de incidencia de los determinantes relacionados con la pobreza. De conformidad con la brecha existente entre el número de predios micro y minifundistas y los latifundistas, mayor asimetría en los otros componentes económicos.

5.3.1.2 Condición de tenencia y distribución de unidades productivas

Dentro del área de estudio, se encontraron en conjunto, 2.817 unidades productoras que ocupan un área total de 40.516 hectáreas. Como se evidencia en la Figura 5.11, al analizar las condiciones de tenencia de

estas UP, se observa que un 35,9% del total declararon estar en condición de propiedad, seguido de tenencia mediante contratos como arriendo, aparcería, usufructo y comodato que representan un 31,9% del total de las UP; lo que muestra un porcentaje relativamente bajo de propietarios respecto del número total de unidades de producción presentes en el área de estudio.



Fuente: Cifras ajustadas a partir de información DANE - 3er. CNA.

Figura 5.11 Porcentaje de UP por tipo de tenencia

Respecto a la distribución espacial de la totalidad de las unidades de producción de la zona, se encontró que cerca del 84,1% del total de UP se encuentran localizadas en la microcuenca del río El Mortiño y en la zona de intercuenca denominada Directos al Río Nevado, lo que equivale a un total de 2.368 de las 2.817 UP

localizadas allí. De igual manera, al analizar la extensión en área de dichas unidades, dichas microcuencas ocupan 9.320 hectáreas, correspondientes al 42,8% del área total ocupada por dichas UP. Los resultados compilados del total de unidades de producción y sus respectivas áreas agregadas se presentan en la Tabla 5.7.

|| Tabla 5.7 Número de unidades de producción (UP) y área en las microcuencas. 2014 ||

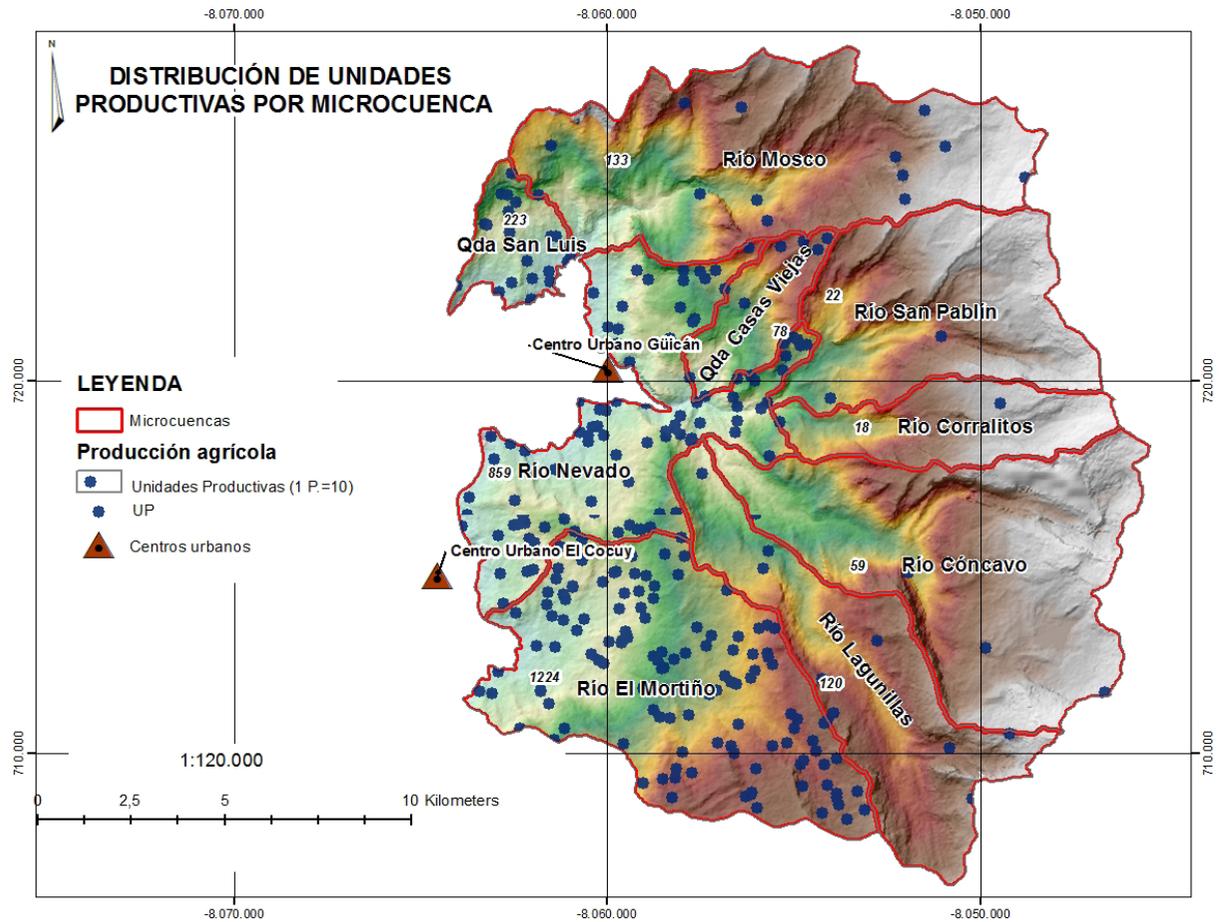
MICROCUENCAS	UNIDADES (NÚMERO)	PARTICIPACIÓN PORCENTUAL	ÁREA (HECTÁREAS)	PARTICIPACIÓN PORCENTUAL
QUEBRADA CASAS VIEJAS	79	2,8%	565	2,6%
RÍO CORRALITOS	18	0,6%	1.650	7,6%
RÍO CÓNCAVO	70	2,5%	2.982	13,7%
RÍO EL MORTIÑO	1.270	45,1%	6.183	28,4%
RÍO LAGUNILLAS	126	4,5%	2.588	11,9%
RÍO CARDENILLO – CARDENILLO	134	4,8%	3.546	16,3%
DIRECTOS AL RÍO NEVADO	1.098	39,0%	3.137	14,4%
RÍO SAN PABLÍN	22	0,8%	1.105	5,1%
TOTAL (INCLUYENDO ÉTNICOS)	2.817	100,0%	21.756	100,0%

Fuente: Cifras ajustadas a partir de información DANE - 3er. CNA.

Se puede observar que existe una alta concentración de las actividades en dos microcuencas principales (Mortiño y Directos al Nevado), lo que generaría mayores presiones antrópicas por actividades económicas en estos dos lugares relacionadas con fenómenos como: generación de desechos orgánicos y no orgánicos, disposición de desechos, contaminación por productos químicos, terraceo y erosión, contaminación por vertimientos, etc. La relación espacial de localización y concentración de las UP y su asociación con aspectos como la fragmentación de la propiedad de acuerdo a los registros prediales indica puntos importantes de análisis a partir de la determinación de estos puntos de

alta intensidad en el desarrollo de actividades que involucran el uso de recursos y la generación de residuos. La Figura 5.12 muestra la distribución de las UP por las microcuencas del área de estudio.

Se identificó la inclusión de territorios correspondientes a grupos étnicos en las Cuencas de los Ríos Corralitos y Directos al Río Nevado, que corresponden a 3 UP y ocupan un área de 13.061 ha., lo que representa, frente al total analizado, del 0,1% de las UP y el 33,6% del área total. Es importante tener en cuenta, que las cuencas que incluyen los territorios de grupos étnicos, corresponden a territorios colectivos.



Fuente: Cifras ajustadas a partir de información DANE - 3er. CNA.

Figura 5.12 Distribución de unidades productivas por microcuenca

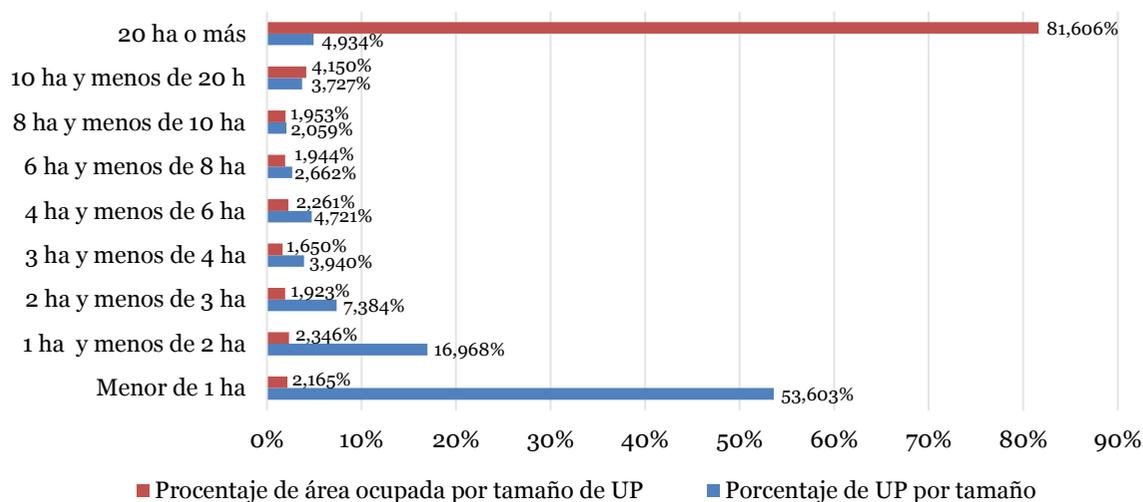
Clasificando la información por rangos, como se puede apreciar en la Tabla 5.8 y la Figura 5.13, del total de las UP (2.817) y del área censada (21.756 ha.), el 53,6% de las UP tiene un tamaño menor a 1 ha., ocupando 1,5% del total del área, seguido por un 17,0% de las UP que tienen entre 1 y menos de 2 ha., ocupando el 1,7% del área. Por otro lado, el 4,9% de las UP (138) tienen 20 o más Ha y ocupan el 86,8% del área total, se trata, como se mencionó anteriormente, de las UP localizadas en las cuencas de los Ríos Corralitos y Directo al Nevado.

Tabla 5.8 Porcentaje de UP y de área por rangos de tamaño de propiedad

TAMAÑO (HA.)	UNIDADES (NÚMERO)	PARTICIPACIÓN PORCENTUAL	ÁREA (HECTÁREAS)	PARTICIPACIÓN PORCENTUAL
MENOR DE 1 HA	1.510	53,6%	471	2,16%
1 HA Y MENOS DE 2 HA	478	17,0%	510	2,35%
2 HA Y MENOS DE 3 HA	208	7,4%	418	1,92%
3 HA Y MENOS DE 4 HA	111	3,9%	359	1,65%
4 HA Y MENOS DE 6 HA	133	4,7%	492	2,26%
6 HA Y MENOS DE 8 HA	75	2,7%	423	1,94%
8 HA Y MENOS DE 10 HA	58	2,1%	425	1,95%
10 HA Y MENOS DE 20 H	105	3,7%	903	4,15%
20 HA O MÁS	139	4,9%	17.755	81,61%
TOTAL UP (UNIDADES Y ÁREA)	2.817	2.817	21.757	100%

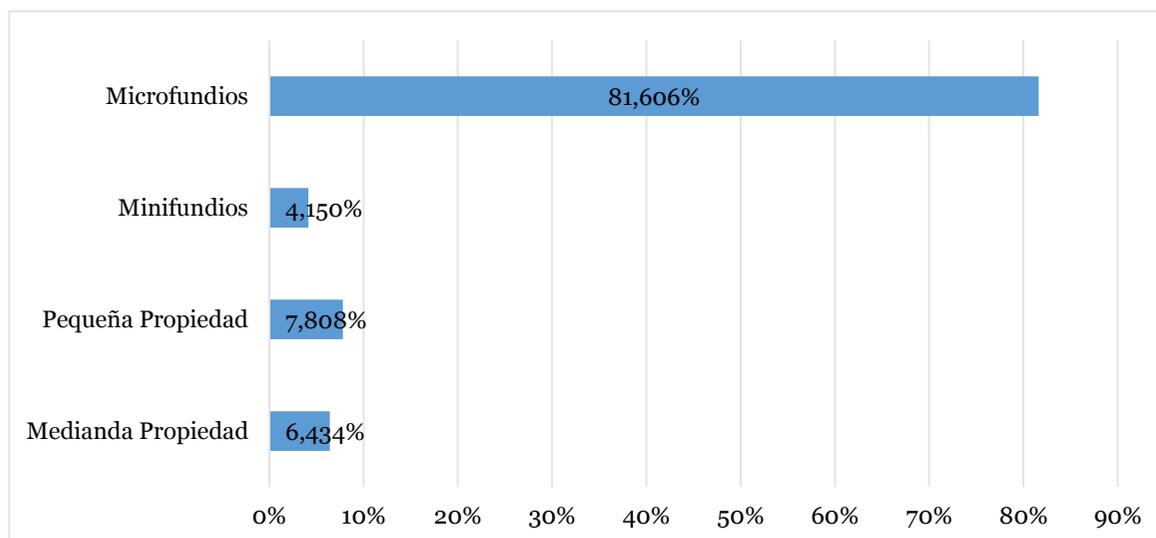
Fuente: Cifras ajustadas a partir de información DANE - 3er. CNA.

Esto muestra que, desde el punto de vista de las unidades productivas localizadas dentro del área de estudio, existe un alto nivel de concentración en términos de extensión por área ocupada, es decir, que pocas UP concentran la mayor parte del área total ocupada por las UP.



Fuente: Cifras ajustadas a partir de información DANE - 3er. CNA.

Figura 5.13 Distribución porcentual de unidades productivas por tamaño y área



Fuente: Cifras ajustadas a partir de información DANE - 3er. CNA.

Figura 5.14 Porcentaje de área ocupada por rangos de propiedad

Desde el punto de vista de la clasificación de rangos de propiedad definidos por el IGAC, del total de las 2.817 unidades de producción presentes en el área de estudio, el 78% corresponden a microfundios (menos de 3 ha) y ocupan el 6,43% del área censada, el 13,4% son minifundios (de 3 a menos de 10 ha) y ocupan el 7,8% del área; el 3,7% son pequeña propiedad (de 10 a menos de 20 ha) y ocupan el 4,2%, y el 4,9% restante corresponde a mediana propiedad (de 20 a menos de 200 ha) ocupando el 81,6% del área censada.

5.3.1.3 Distribución de las unidades productivas por actividad

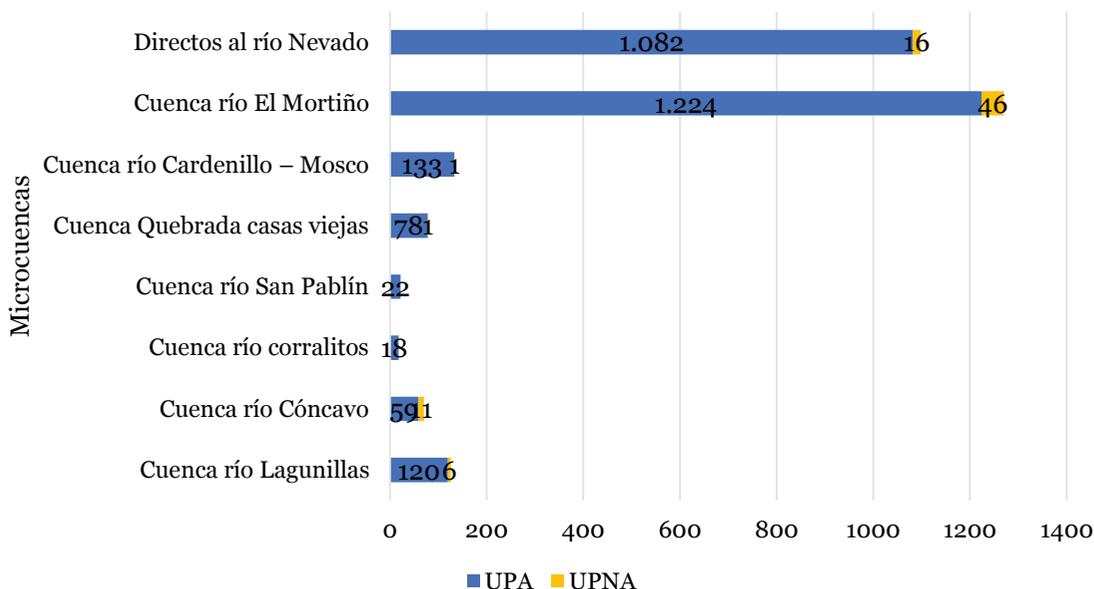
Las UP también presentan diferentes características y hacen referencia a la existencia de diversas y muy diferenciadas actividades en el desarrollo de un sector productivo particular. Es así que, en un primer nivel de desagregación, se tiene que las UP pueden dividirse entre Unidades Productoras Agropecuarias –UPA⁴ y Unidades Productoras No Agropecuarias –UPNA⁵, de acuerdo a la naturaleza de las actividades económicas que predominan en cada una de ellas⁶. A partir de esta división se

-
- 4 Es una unidad económica de producción agropecuaria bajo gerencia única, que comprende todo tipo de especie pecuaria mantenida en ella con fines de autoconsumo y/o comercialización y toda la tierra dedicada total o parcialmente a fines agropecuarios, independientemente del título, forma jurídica o tamaño. La gerencia única puede ser ejercida por una persona, por un hogar, por dos o más personas u hogares conjuntamente, por un resguardo o comunidad indígena o afrodescendiente, o por una persona jurídica como una empresa, una colectividad agropecuaria, una cooperativa o un organismo oficial. Las tierras de la explotación agropecuaria pueden constar de una o más parcelas o predios rurales, situadas en una o más áreas separadas en una o más divisiones territoriales o administrativas, siempre que todos los predios compartan los mismos medios de producción, como mano de obra, construcciones maquinarias o animales de tiro utilizados para la explotación agropecuaria (DANE-CNA, 2016: 16).
 - 5 Es una unidad económica de producción en la que se desarrollan actividades no agropecuarias, es decir, aquellas no relacionadas con el cultivo de especies vegetales, ni con la cría de animales. Incluye actividades dentro de unidades que cuentan con hidroeléctricas, termoeléctricas, etc., que no tengan ningún tipo de plantación forestal. Pueden ser actividades como: industria, transformación de productos agropecuarios, elaboración de artesanías, minería, turismo, comercio, servicios, etc. (DANE-CNA, 2014) presentación.
 - 6 En las Unidades Productoras Agropecuarias es posible encontrar el desarrollo de algunas actividades

pueden desagregar las UPA y UPNA de acuerdo al tipo específico de actividad que desarrolla, categorías que se presentarán más adelante.

En la Figura 5.15, se muestra la distribución entre UPA y UPNA al interior de cada una de las microcuencas que conforman la totalidad del área de estudio. Como se mencionó para

la totalidad del área, predomina la poca existencia de unidades con desarrollos diferentes a los agropecuarios, y aquellas presentes en el área están concentradas en las cuencas de los Ríos Mortiño, Cóncavo y en la de los Directos al Río Nevado, y en conjunto solo representan el 2,24 % del total de las UP.



Fuente: Cifras ajustadas a partir de información DANE - 3er. CNA.

Figura 5.15 Distribución entre UPA y UPNA en las microcuencas

Como resultado de la escasa existencia de UPNA, la distribución de las UPA en cada cuenca es muy similar a la analizada para la totalidad de las UP, concentrándose en su mayoría en las cuencas de los ríos Mortiño y Directos al Nevado, que contienen en conjunto el 84,28% del total de las UPA presentes en el área.

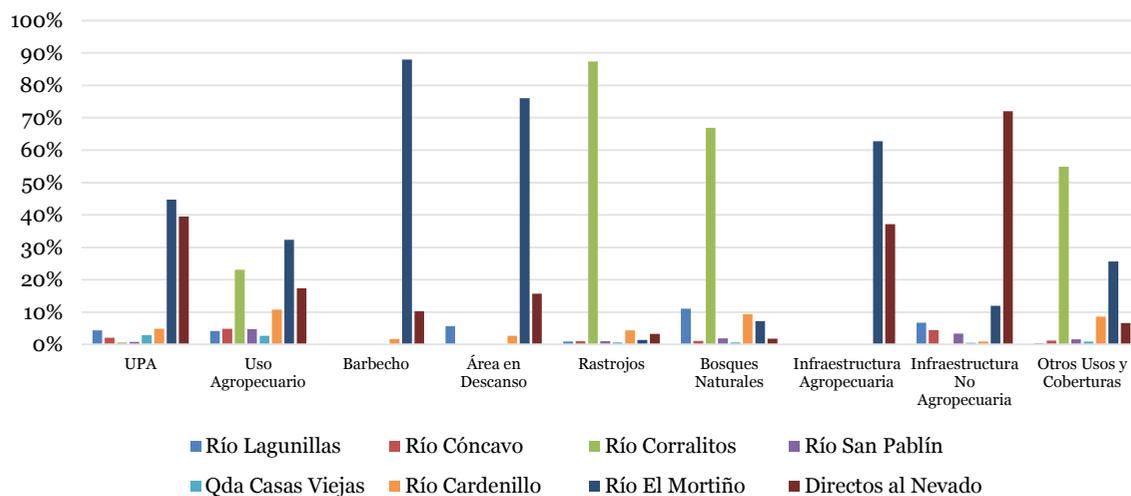
5.3.1.4 Usos y cobertura del suelo

Para el total del área de estudio, predomina la existencia de bosques naturales con un 41,97% del total del área censada, seguida de cerca por el uso agropecuario que abarca el 35,67% del área y los rastrojos que representan el 21,44%, coincidiendo con los principales usos y cober-

turas observadas en el promedio nacional. Al evaluar los tipos de uso y cobertura para ver dónde se presenta la mayor concentración espacial de cada uno de ellos, se obtienen los resultados presentados en la Figura 6.16.

Si bien la mayor parte de las UPA se encuentran localizadas en las cuencas de los Ríos Mortiño y Directos al Nevado, la distribución de los usos y coberturas difiere en cada uno de los casos. El área dedicada al uso agropecuario, que ocupa el 35,67% del área total del área de estudio, se encuentra concentrada en las cuencas de los Ríos Mortiño, Corralitos y Directos al Nevado, que en conjunto contienen el 72,7% de toda el área dedicada a actividades agropecuarias en la cuenca alta del río Nevado.

productivas no agropecuarias y viceversa.



Fuente: Cifras ajustadas a partir de información DANE - 3er. CNA.

Figura 5.16 Participación de cada cuenca por usos y coberturas identificados

Por su parte, el área dedicada a bosques naturales se concentra en la microcuenca del Río Corralitos, que contienen el 67% del área total de este uso dentro del área de estudio.

5.3.2 Vocación productiva y desarrollo del Sector primario

A partir del análisis de las UP se puede definir desde el uso económico cuáles son las acti-

vidades predominantes dentro del área de estudio en el renglón primario de la economía, es decir, en el sector agropecuario. Primero se presentan los datos generales de las actividades más representativas para luego desagregar cada una de ellas de acuerdo a los sectores productivos respectivos. La Tabla 5.9 presenta la proporción de UP de acuerdo a la actividad predominante desarrollada allí.

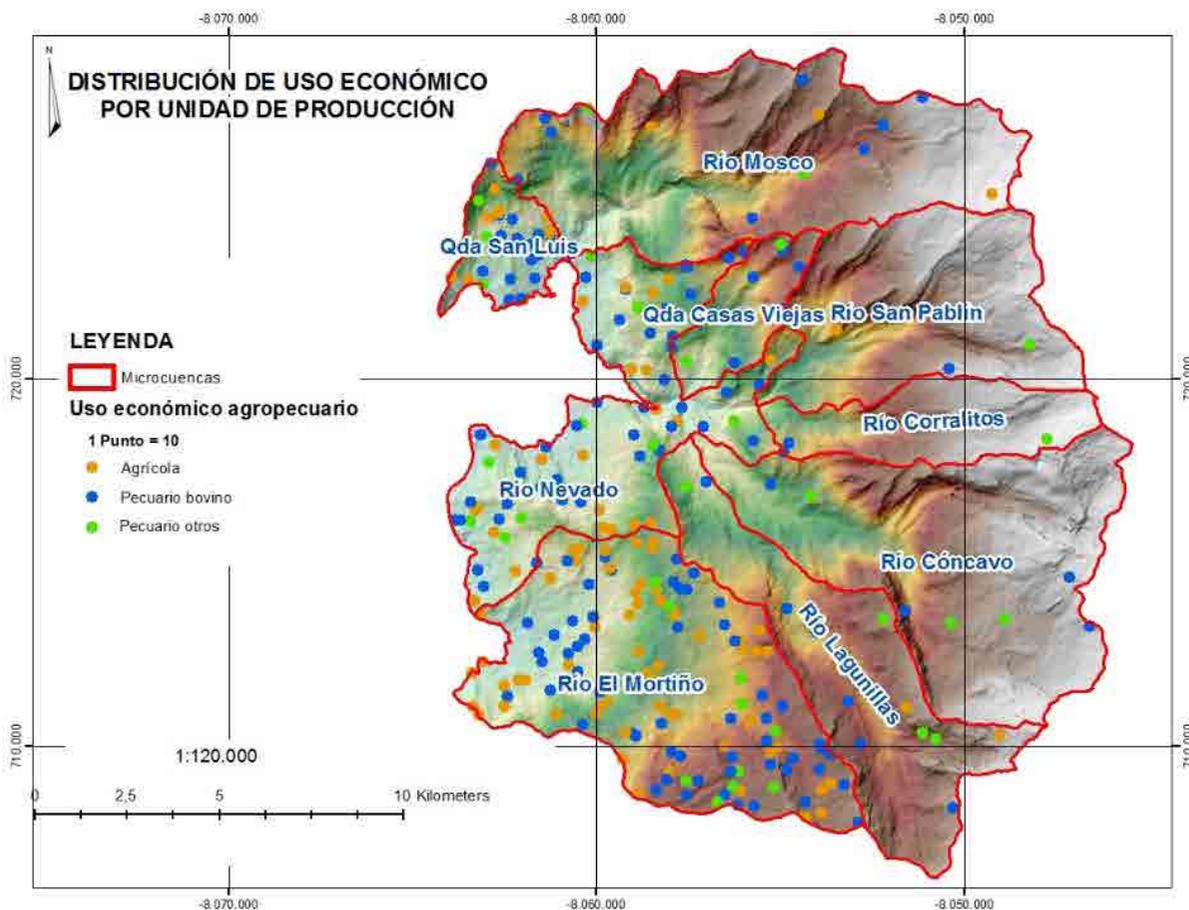
Tabla 5.9 Proporción de UPA por actividad predominante

MICROCUENCAS	AGRICOLA	PECUARIO	
		BOVINO	OTROS
QUEBRADA CASAS VIEJAS	0,00%	64,29%	35,71%
RÍO CORRALITOS	0,00%	55,56%	44,44%
RÍO CÓNCAVO	0,00%	57,38%	42,62%
RÍO EL MORTIÑO	46,40%	45,59%	8,01%
RÍO LAGUNILLAS	15,12%	55,81%	29,07%
RÍO CARDENILLO	33,72%	49,42%	16,86%
RÍO NEVADO	32,94%	54,91%	12,15%
RÍO SAN PABLÍN	30,00%	30,00%	40,00%
TOTAL CUENCA	37,59%	50,45%	11,96%

Fuente: Cifras ajustadas a partir de información DANE - 3er. CNA.

Los resultados muestran que a nivel general para el área de estudio la actividad predominante es la explotación pecuaria de ganado bovino, pues está presente de forma dominante

en el 50,45% de las UP, seguida por la actividad agrícola en un 37,59% y por último otros tipos de explotación pecuaria con el 11,96%. Como lo muestra la Figura 5.17.



Fuente: Cifras ajustadas a partir de información DANE - 3er. CNA.

Figura 5.17 Distribución de uso económico de acuerdo a actividades predominantes en las UP

5.3.2.1 Sector agrícola

A partir de los datos recogidos se establecieron las áreas cosechadas, sembradas y la magnitud de la producción en el desarrollo de las actividades agrícolas a nivel de cada una de las cuencas que conforman el área de estudio, tal y como se muestra en la Tabla 5.10. De las 2.736

UPA que existen en el área de estudio, 1.301 (47,55%) tienen áreas dedicadas a cultivos. De estas UPA con actividad agrícola, el 94,3% se encuentran localizadas en las cuencas de los Ríos Mortiño y Directos al río Nevado, y el 5,7% restante se encuentra ubicado en Lagunillas, Cardenillo y San Pablín.

Tabla 5.10 Presencia de cultivos, área sembrada, cosechada y producción

MICROCUENCAS	PRESENCIA DE CULTIVOS		ÁREA SEMBRADA	
	Número de UPA	Participación	Hectárea	Participación
RÍO EL MORTIÑO	747	57,4%	739	62,8%
RÍO LAGUNILLAS	13	1,0%	4	0,4%
RÍO CARDENILLO	58	4,5%	52	4,4%
RÍO NEVADO	480	36,9%	382	32,4%
RÍO SAN PABLÍN	3	0,2%	0	0,0%
TOTAL CUENCA	1.301	100,0%	1.177	100,0%

MICROCUENCAS	ÁREA COSECHADA		PRODUCCIÓN	
	Hectárea	Participación	Tonelada	Participación
RÍO EL MORTIÑO	449	67,0%	4.817	71,0%
RÍO LAGUNILLAS	2	0,2%	18	0,3%
RÍO CARDENILLO	22	3,4%	321	4,7%
RÍO NEVADO	194	28,9%	1.622	23,9%
RÍO SAN PABLÍN	3	0,5%	3	0,0%
TOTAL CUENCA	670	100,0%	6.781	100,0%

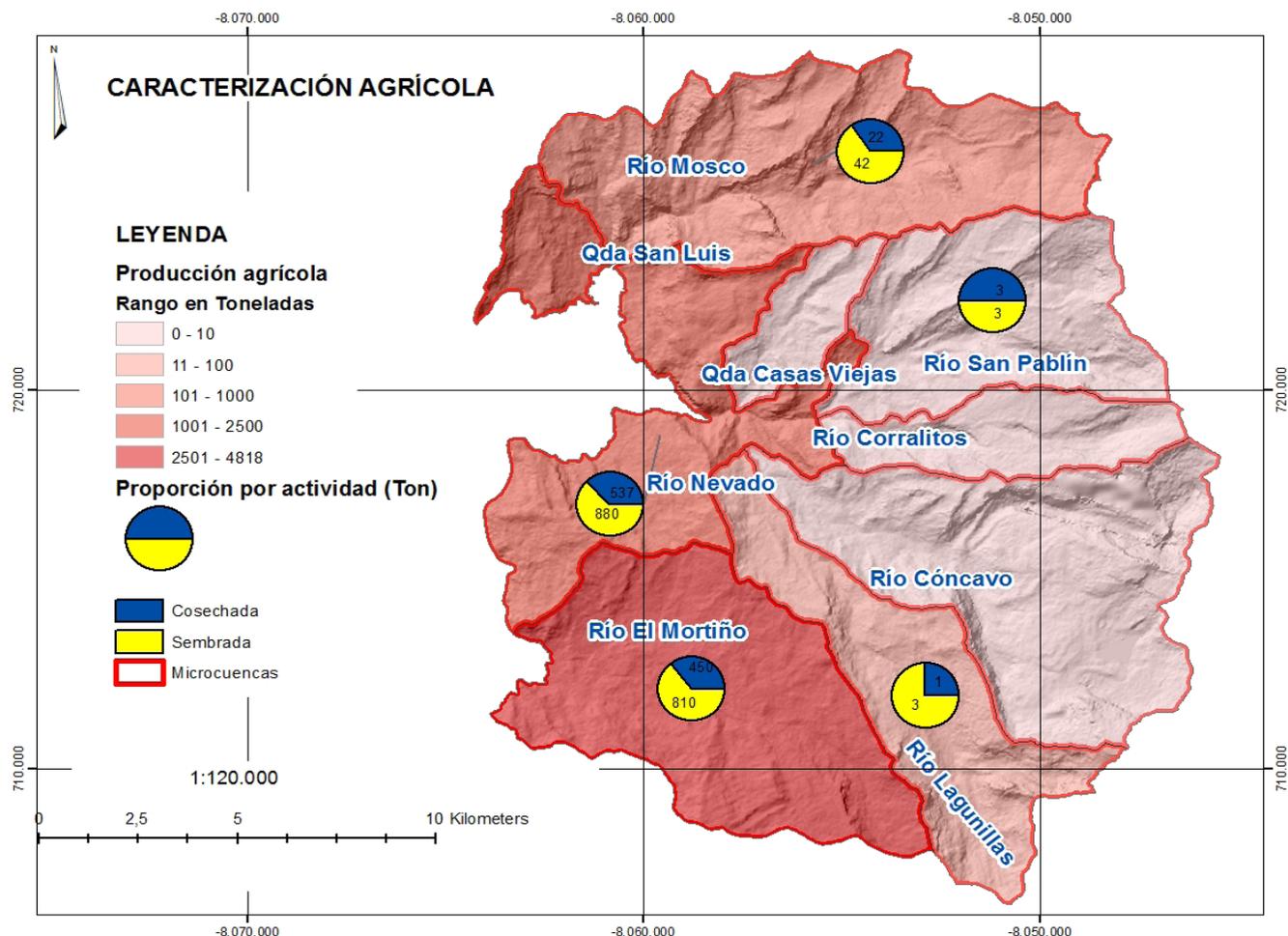
Fuente: Cifras ajustadas a partir de información DANE - 3er. CNA.

En concordancia con lo anterior, el 95,25% del área sembrada y el 95,9% del área cosechada dentro de la zona de estudio, que corresponde a 1.121 y 643 hectáreas respectivamente, se encuentra localizada en las cuencas de los Ríos Mortiño y Directos al Nevado. Para el caso de la producción, para el periodo de referencia de toma de la información, se alcanzó una producción equivalente a las 6.781 toneladas, que igualmente fueron producto de la actividad agrícola desarrollada en las cuencas Mortiño y Directos al Nevado.

El área total sembrada en la zona de influencia de las microcuencas equivale a 1.189 ha. El tipo de cultivo sembrado, cosechado y producido de manera predominante es la papa, que alcanza unas 384 hectáreas sembradas, equivalentes al 32,3% del total sembrado; un área cosechada es

de 296 ha, el 44,1% del total, y una producción equivalente a 3.536 toneladas, que son aproximadamente el 52,1% del total de la producción agrícola del área de estudio.

Entre los tipos de cultivo que tienen mayores efectos económicos en términos de producción sobre la economía de la zona, teniendo en cuenta el área sembrada y la producción resaltan el tomate con 54 hectáreas y una producción de 213 toneladas, luego la cebolla larga con 34 hectáreas y 717 toneladas, la cebolla cabezona con 31 ha y 490 toneladas, la arveja verde con 22 ha y una producción de 117 toneladas; la producción total por tipo de cultivo llega a ser de 6.781 toneladas en esta parte del territorio; en general se encuentra que el promedio de producción por cada hectárea de área sembrada es de 5 toneladas.

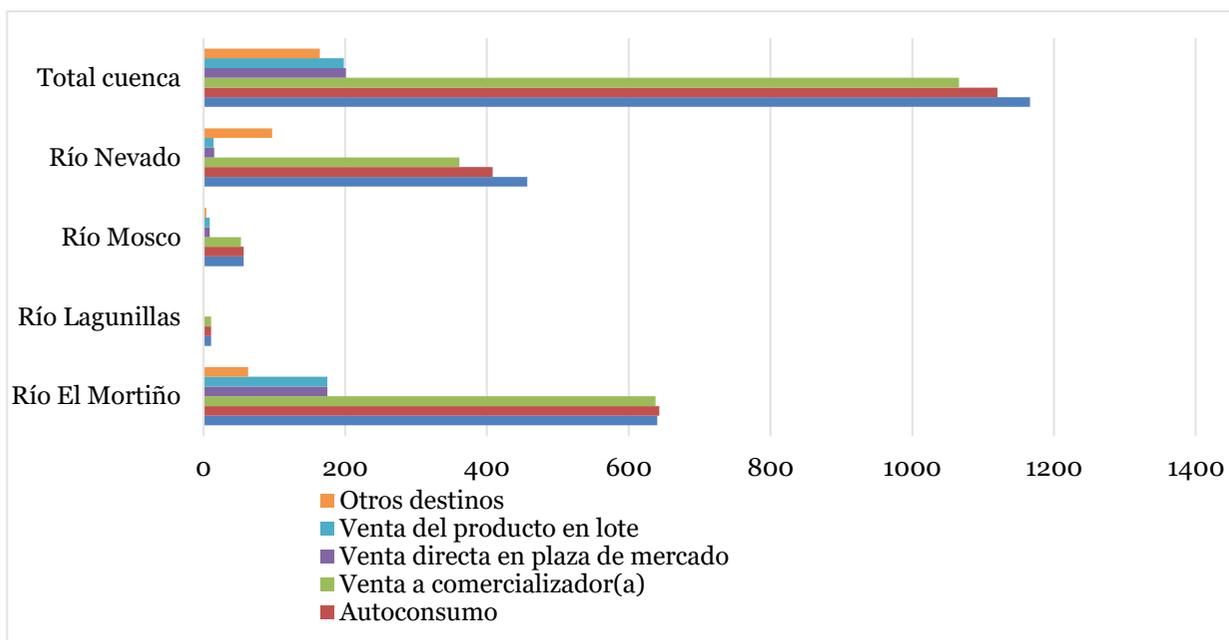


Fuente: Cifras ajustadas a partir de información DANE - 3er. CNA.

Figura 5.18 Área sembrada, cosechada y producción total por microcuenca

Al analizar los datos del destino de la producción agrícola que se presentan en la Figura 5.19, se observa la predominancia del autoconsumo (27,7%), la venta a tiendas (28,8%) y la venta a comercializadores (26,4%) como destinos

principales de la producción agrícola de toda el área de estudio, respecto de la respuesta dada por los productores censados en el marco del desarrollo metodológico del tercer CNA.



Fuente: Cifras ajustadas a partir de información DANE - 3er. CNA.

Figura 5.19 Destino de la producción agrícola por microcuenca y total

Los resultados muestran, como se había anticipado, que la existencia de altos niveles de producción para autoconsumo se refleja en aspectos como la seguridad alimentaria y la incidencia de factores asociados con la determinación de líneas de pobreza. Lo que muestra esto es que parte significativa de la producción y de la actividad agrícola no consigue la generación de excedentes económicos, sino que se utiliza para asegurar los mínimos básicos de subsistencia respecto al consumo de alimentos; este hecho se refuerza al determinar que el destino de la producción agrícola para usos que podrían generar algún tipo de rentas o valor agregado, como la venta a cooperativas, centrales de abastos, en plazas de mercado, mercados internacionales o al sector industrial no supera el 10% del total producido.

5.3.2.2 Sector pecuario

En la cuenca alta del Río Nevado se ha venido presentando un fenómeno de sustitución de las actividades productivas dentro del mismo renglón del sector primario, con un paulatino reemplazo de las actividades agrícolas por la

explotación pecuaria, tal y como se pudo constatar por el testimonio de los pobladores del territorio mediante la encuesta de percepción aplicada, a falta de datos históricos confiables acerca del volumen de producción y explotación agropecuaria. Respecto de los datos recogidos del sector pecuario, se destaca la presencia predominante de 4 especies de animales: ganado bovino, caballo, ovino y caprino.

5.3.3 Sector terciario y cadena de valor

5.3.3.1 Turismo

Los determinantes del turismo en su dimensión socioeconómica en el nevado de El Cocuy se definen con un conjunto de variables específicas. A través de los cálculos económicos y sus metodologías, la economía ambiental ha avanzado en el proceso de estimación económica de la valoración del medio ambiente y sus implicaciones cuando se habla de la condición de ecosistemas estratégicos, como el caso de la presente investigación asociada a las actividades productivas y los determinantes que la definen.

|| Tabla 5.11 Número de créditos o financiación aprobados por destino ||

MICROCUCENCA	DESTINO DE LOS CRÉDITOS O FINANCIACIONES APROBADAS							
	Pago de mano de obra	Compra de insumos	Compra de animales	Instalación del cultivo	Compra de tierras	Pago de alquiler y otros servicios agropecuarios	Procesos poscosecha	Otro destino
QUEBRADA CASAS VIEJAS			1					1
RÍO CORRALITOS			1					
RÍO CÓNCAVO			4	1			1	
RÍO EL MORTIÑO		8	35	2	2	1		
RÍO LAGUNILLAS			5		1			
RÍO CARDENILLO			12					
RÍO NEVADO	4	1	53	2	1		2	2
RÍO SAN PABLÍN								
TOTAL MICROCUCENCA	4	9	111	5	4	1	3	3

Fuente: Cifras ajustadas a partir de información DANE - 3er. CNA

La ilustración de la función de producción identifica la capacidad que tienen los agentes económicos, en este caso el turismo, la agricultura y la ganadería, quienes disfrutan de los beneficios directos e indirectos del territorio que compromete el área de estudio. Bajo estas condiciones, se identifican los determinantes por actividad económica que de manera agregada permiten saber la relación directa entre las actividades productivas y la renta que generan cada una de ellas, y su impacto asociado al medio ambiente.

5.3.3.2 Descriptiva de los determinantes del turismo

En las externalidades positivas se incluyen el ecoturismo comunitario, la investigación, la transferencia de conocimiento, las evidencias científicas de la riqueza in situ, el fortalecimiento de las relaciones sociales entre actores: Estado, comunidad indígena U'wa, turistas y campesinos de la región.

Con respecto al cálculo de las actividades descritas en la tabla 5.12, fue realizado un sondeo en la zona de influencia del área de estudio recopilando el agregado de precios y compradores de los servicios para obtener el ingreso estimado para el año 2017, en este sentido se encontró que existen dos piscinas termales ubicadas a las afueras del casco urbano del municipio de Güicán, los ingresos de las actividades de bares, cafeterías y artesanías se determinaron a partir de diálogo directo con habitantes de la zona y propietarios de los establecimientos; en cuanto al transporte in situ se estableció una tarifa promedio del costo de movilidad desde los cascos urbanos hasta las veredas donde inician los senderos habilitados por PNN correspondiente a \$ 90.000 por ida o regreso, se aclara que en la zona no existe transporte público, por lo que es necesario hacerlo mediante vehículos particulares con la modalidad de expreso. El cálculo económico asociado al turismo se estima por medio de los siguientes parámetros:

|| Tabla 5.12 Recaudo total por conceptos directos e indirectos asociados al turismo ||

ACTIVIDAD ECONÓMICA	VALOR RECOLECTADO
BOLETO DE ENTRADA AL PARQUE	\$ 186.950.500
HOSPEDAJE	\$ 274.931.900
RESTAURANTES	\$ 186.150.000
SERVICIO DE GUIANZA	\$ 264.820.436
SEGURO DE ASCENSO	\$ 61.327.000
CAFETERÍAS	\$ 72.000.000
BARES	\$ 72.000.000
PISCINAS	\$ 59.408.000
ARTESANÍAS	\$ 23.000.000
TRANSPORTE IN SITU	\$ 525.600.000
TOTAL	\$ 1.726.187.836

Fuente: Información primaria y encuestas.

El cálculo de la función de producción para el turismo en el año 2017, incluyendo sus determinantes directos e indirectos, evidencia ingresos de especial relevancia, el transporte entre veredas en función del turismo es la actividad que según el estimado puede representar una alternativa de ingresos en caso de establecerse una organización que preste este servicio generando empleos directos e indirectos. El hospedaje es la segunda actividad que más recibe ingresos según los cálculos estimados, seguido del servicio de los guías.

5.4 ANÁLISIS MULTISECTORIAL

5.4.1 Percepción de los habitantes de las microcuencas sobre el ecoturismo local

De conformidad con la información primaria recogida en la investigación, la percepción de los lugareños sobre la actividad ecoturística no es favorable. Se evidencia por parte de los habitantes una condición de exclusión económica en la actividad. Según los pobladores, el ecoturismo no genera ninguna renta directa para ellos o si lo hace, es en una mínima proporción. La percepción permite interpretar que los beneficios económicos no se asocian a los pobladores y que los daños ambientales se están generando sobre sus territorios de manera directa. El saldo real

para los habitantes es un desestímulo económico no participativo del ecoturismo y unos daños ambientales locales significativos asociados a malas prácticas de los visitantes como agentes generadores de basura, contaminantes de fuentes hídricas, daños al paisaje e impactos directos negativos. Adicionalmente a ello, el grado de favorabilidad sobre la gestión pública de los entes territoriales, de la autoridad ambiental y de Parques Nacionales es baja. Los niveles de socialización y divulgación de las políticas y prácticas institucionales se perciben como actividades poco o mal ejecutadas, siendo uno de los detonantes para la visión negativa en algunos casos con que cuentan las autoridades presentes en el área.

5.4.2 Uso del recurso hídrico

La disponibilidad del recurso hídrico como factor determinante en el análisis de fenómenos como la pobreza, el desarrollo de actividades productivas y la calidad de vida de una población debe ser analizado desde esta perspectiva multivariada en la que no solo significa el aseguramiento de un requerimiento mínimo vital, sino que está asociada al desarrollo mismo de otras capacidades y necesidades como la vivienda, la educación, la nutrición, etc.

La Tabla 5.13, muestra el número y porcentaje de UPA que cuentan con acceso a agua en el

área de estudio y al interior de cada una de las microcuencas. En general, el 89,3% de las UPA cuentan con puntos de acceso al agua, lo que es

explicado por la naturaleza misma del ecosistema predominante, caracterizado por su función de producción y retención del líquido.

|| Tabla 5.13 Número y porcentaje de UPA con acceso a agua ||

CUENCA	UPA	UPA CON ACCESO AL AGUA	PORCENTAJE	UPA SIN ACCESO AL AGUA	PORCENTAJE
QUEBRADA CASAS VIEJAS	78	74	94,9%	4	5,1%
RÍO CORRALITOS	18	17	94,4%	1	5,6%
RÍO CÓNCAVO	59	59	100,0%	0	0,0%
RÍO EL MORTIÑO	1.224	1.094	89,4%	130	10,6%
RÍO LAGUNILLAS	120	98	81,7%	22	18,3%
RÍO CARDENILLO	133	125	94,0%	8	6,0%
RÍO NEVADO	1.082	954	88,2%	128	11,8%
RÍO SAN PABLÍN	22	22	100,0%	0	0,0%
TOTAL MICROCUENCA	2.736	2.443	89,3%	293	10,7%

Fuente: Cifras ajustadas a partir de información DANE - 3er. CNA.

En el caso de las microcuencas, todas presentan niveles por encima del 80%, pero se destacan las del Río Cóncavo y San Pablín que alcanzan un 100% de acceso al agua. Respecto de las fuentes de abastecimiento, como muestra la Tabla 5.14, a nivel de la cuenca alta del Río Nevado, la principal fuente de abastecimiento son los ríos quebradas,

caños y manantiales que abastecen al 54,4% de las UPA. Dentro de las dos microcuencas que presentaron mayores niveles de actividad productiva, resalta que el 25% del abastecimiento de agua de la zona de intercuenca de directos al Río Nevado se realiza por el acueducto.

|| Tabla 5. 14 Porcentaje de UPA por fuente de acceso al agua en cada microcuenca ||

CUENCA	FUENTES DE AGUA PARA ACTIVIDADES AGROPECUARIAS								
	Río; quebrada; caño o manantial	Acueducto	Agua Lluvia	Pozos; aljibes; reservorios; estanque	Distrito de riego	Fuente natural con sistema de captación; almacenamiento	Lago o laguna	Ciénaga o humedal	Carro tanque, Embalse o represa
QUEBRADA CASAS VIEJAS	68,6%	18,6%	0,0%	1,4%	7,1%	2,9%	1,4%	0,0%	0,0%
RÍO CORRALITOS	64,7%	0,0%	0,0%	0,0%	11,8%	0,0%	5,9%	17,6%	0,0%
RÍO CÓNCAVO	82,0%	6,0%	0,0%	2,0%	10,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
RÍO EL MORTIÑO	63,7%	11,9%	9,6%	12,4%	0,4%	0,4%	1,3%	0,1%	0,2%
RÍO LAGUNILLAS	68,4%	9,2%	13,2%	1,3%	5,3%	0,0%	1,3%	1,3%	0,0%
RÍO CARDENILLO	64,7%	9,2%	1,7%	2,5%	0,8%	17,6%	0,0%	3,4%	0,0%
RÍO NEVADO	41,0%	25,0%	9,7%	1,7%	12,4%	7,0%	1,7%	1,4%	0,1%
RÍO SAN PABLÍN	55,6%	0,0%	0,0%	5,6%	0,0%	5,6%	22,2%	11,1%	0,0%
TOTAL CUENCA	54,4%	17,3%	8,8%	6,3%	6,2%	4,1%	1,6%	1,0%	0,1%

Fuente: Cifras ajustadas a partir de información DANE - 3er. CNA.

Por último, al indagar acerca de las dificultades para acceder al recurso hídrico, como muestra la Tabla 5.15, la principal razón está relacionada

con el fenómeno de las sequías que representa el 41% de las dificultades en acceso.

|| Tabla 5.15 Porcentaje de UPA por dificultades de acceso al agua en cada microcuenca ||

DIFICULTADES PARA EL USO DEL AGUA EN ACTIVIDADES AGROPECUARIAS								
CUENCA	Por sequía	No hay infraestructura	Restricción por parte de Instituciones o personas particulares	Daño o pérdida de infraestructura (bocatoma; canal; tubería)	Contaminación	Presencia de lodos; tierra o piedras	Fenómenos naturales (derrumbes; exceso lluvia)	No ha dejado de utilizar el agua
QUEBRADA CASAS VIEJAS	31,6%	2,6%	2,6%	9,2%	0,0%	1,3%	3,9%	48,7%
RÍO CORRALITOS	14,3%	7,1%	0,0%	7,1%	0,0%	0,0%	0,0%	71,4%
RÍO CÓNCAVO	27,5%	2,0%	3,0%	2,0%	2,0%	0,0%	0,0%	62,7%
RÍO EL MORTIÑO	43,1%	22,5%	3,2%	0,3%	0,6%	0,4%	0,1%	29,7%
RÍO LAGUNILLAS	16,3%	24,5%	2,0%	4,1%	1,0%	0,0%	0,0%	52,0%
RÍO CARDENILLO	27,9%	8,1%	6,6%	0,7%	0,7%	0,7%	2,2%	52,9%
RÍO NEVADO	44,0%	3,7%	9,5%	4,9%	2,0%	0,6%	1,2%	34,1%
RÍO SAN PABLÍN	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	100,0%
TOTAL MICROCUENCA	41,0%	12,7%	6,0%	2,8%	1,3%	0,5%	0,8%	35,0%

Fuente: Cifras ajustadas a partir de información DANE - 3er. CNA.

5.5 SÍNTESIS

El componente económico del área de estudio muestra múltiples asimetrías en un territorio que combina diferentes determinantes desde lo económico, social, espacial, productivo y estratégico y territorial. La condición económica es diversa, aunque se puede agrupar en tres líneas de la producción bien definidas: por una parte, el sector primario que compromete lo agrícola y lo pecuario y por otra parte el sector terciario que está definido por el ecoturismo.

El territorio compromete la división política en dos municipios El Cocuy y Güicán. Cuando se analiza su condición demográfica, los municipios presentan características similares las cuales se identifican históricamente desde hace décadas, la tendencia es una estabilización de la población que vive en cabecera municipal. El Güicán con una población urbana que se aproxima a los 3.000 habitantes y el Cocuy a los 1.900; sin embargo, la condición de la población rural es bastante diferente, debido a que

existe una tendencia marcada a la migración y a través de los años la población se merma con rapidez; y en el caso particular de Güicán, en la actualidad existe más población urbana que rural. Para el caso de la pirámide poblacional existe casi una igualdad entre géneros, levemente superada por los hombres.

En términos generales, es evidente que la población infantil es la que tiene una mayor participación; en gran parte de las microcuencas analizadas, y la tendencia a la población de adulto mayor es baja; y la población en edad de trabajar en especial la mano de obra disponible es reducida, lo que permite interpretar que las personas en estos rangos medios de edad migran buscando otras opciones laborales o de asentamientos por fines familiares, económicos o de migración natural. Para el caso de su ubicación, las personas que viven en las microcuencas de Mortiño y directo río Nevado son las de mayor participación, representando más de un 80%, y los menores aportes se dan

en las microcuencas San Pablín y quebrada Casas Viejas.

Para describir la situación de educación de la población analizada se encontró que las personas que habitan las microcuencas acceden a educación primaria tan solo en un 35,8 %, y los que llegan a un nivel básico secundario y media es del 10,8%, la formación técnica es casi imperceptible. El nivel de personas que no presenta formación educativa es del 38,4%. Estos datos evidencian en nivel básico o ausente de formación en educación. El nivel de formación en términos generales es bajo.

Los términos como se evalúa la pobreza tienen diferentes alternativas. No obstante, para este caso de estudio se utiliza el indicador multidimensional de la pobreza que se estima en un 16,73% de la población; su tendencia ha sido a reducirse en forma baja y gradual a través del tiempo. Este indicador que permite identificar que los niveles de este referente son similares a los de la región y en términos generales a los del departamento. Hay que considerar que la percepción de la pobreza hace parte de una estructura nacional del gobierno y que sus elementos están definidos por las políticas en el orden macroeconómico y que las regiones en términos generales son solo una consecuencia de ello.

En el caso del suelo y su caracterización, se encuentran fenómenos claramente diferenciados por microcuena. Al tomar como referencia el perímetro definido para el análisis, se evidencia una disparidad en dos variables que explican la tenencia de la tierra; por una parte, la cantidad de predios y su proporción, y por otra, el tamaño que da origen a la clasificación suministrada por el IGAC. La microcuena que cuenta con mayor número de unidades productivas es Río Mortiño con 1.270 representando 45,1% del total, y Río Nevado con 1.098 unidades registra un 39%, y de forma opuesta Corralitos con solo 18 unidades solo alcanza el 0,6% de la participación.

Así, las diferencias se tornan espaciales y de conformidad con la geografía identificada. Si se evalúa la tenencia del suelo por unidad productiva, se encuentra que principalmente el suelo

es de propiedad de sus habitantes con un 36%, en arrendamiento, comodato o aparcería un 32%, que caracterizan en prioridad esta condición.

Las UP tienden a ser muy definidas en relación al tamaño de la propiedad. Es lógico identificar que existe un alto nivel de mini y microfundio y que más del 53% de las unidades, que ascienden a 1.510, y que tienen una extensión menor a una hectárea, lo que se asocia claramente a un modelo básico de economía campesina, sin mayores niveles de ingreso o de sistemas productivos a escala. Pero sumados todos ellos, solo tienen una participación del total en un valor discreto del 2,16%.

En forma contraria las unidades que poseen 20 hectáreas o más, tan solo son 139, pero registran un área porcentual del 81,61. Lo anterior reafirma una vez más, la condición asimétrica del área de estudio. En forma complementaria se identifica que los microfundios se hacen recurrentes cuando se aproximan a las cabeceras municipales y los latifundios en alturas mayores. Las variedades de la producción agrícola están asociadas al cultivo de la papa que abarca casi la mitad de la producción, seguido de otras pequeñas participaciones de productos básicos cultivables en suelos de altura.

Para complementar la descriptiva, se encuentra que la participación tecnológica y productiva del sector es baja. No se encuentra un uso marcado o definido de maquinarias, o formación de capital en el sector, lo que reafirma el sistema campesino tradicional poco financiado o apalancado desde la inversión. Los mínimos créditos identificados se orientan en una mayor medida a la compra de ganado. Así mismo, el uso del agua y el sistema de riego se caracteriza por sistemas básicos y tradicionales.

En una percepción general no se encuentra la presencia del sector secundario de la economía, no hay industria y no se identifica una tendencia a industrializarse la producción en un ningún nivel presente ni futuro.

En forma progresiva, el sector terciario se hace presente a través del ecoturismo. Desde allí, puede haber de una cadena de valor y de un

efecto multiplicador de la actividad turística asociado al Nevado El Cocuy. La prestación de los servicios ambientales se identifica como una forma combinada de existencia entre estos y las actividades campesinas agropecuarias. Las funciones del ecoturismo se identifican estructuralmente, pero que no generan un beneficio económico directo al campesino; por lo que este, pese a que podría ser incorporado en la cadena de valor del sector productivo, casi nunca lo logra.

Existe un plan de ordenamiento ecoturístico del parque, lo que representa una institucionalidad del sistema ordenamiento normado, una presencia del Estado, una directriz clara, concreta y aplicada a las actividades en el territorio, unas temporadas altas y medias de visitantes. Así mismo, se encuentran definidos los senderos, la capacidad de carga de cada uno de ellos, los costos directos e indirectos que se asocian a la función ecoturística prestada.

El efecto multiplicador se vuelve exponencial para el territorio como un determinante económico clave y primordial para los dos municipios analizados. Variables tales como: ingresos por visitantes según tarifa, guías e intérpretes ambientales, alquiler de equipos, ingresos por operadores, transportadores, hospedajes, artesanos, alquiler de cabañas, comercio, restaurantes, entre otros, se ven directa o indirectamente beneficiadas económicamente de las actividades del ecoturismo en el parque.

El ciclo del turismo ha sido creciente desde hace ya décadas, sin embargo, el cierre del parque en el año 2016 deja en evidencia sus impactos en los sectores ilustrados anteriormente. Sin embargo, una vez el parque vuelve a abrir sus puertas, el número de visitantes se incrementa y sus perspectivas son que podrán ser mayores con el paso del tiempo. El límite de los visitantes en forma técnica lo determina la capacidad de carga. Aún así, si se suma el número total de visitantes por año, dista mucho de una saturación por número de personas. Ya que, hasta el momento en forma agregada anualmente, tan solo se ha alcanzado un número máximo de visitantes de menos del 20% del total que podría darse, si se cubriera una oferta total por capacidad de carga.

La percepción de riqueza ambiental es generalizada, tanto por el tesoro natural in situ del territorio como por parte de sus habitantes. Pero se hace una claridad de que esta no se percibe como un componente individual que reduzca la pobreza, sino como un beneficio colectivo heredado con múltiples atributos, pero que no modifica su condición de ingreso, de renta o de bienestar particular, como sí lo hacen los determinantes económicos que se incluyen en la cualificación de la pobreza.

Por último, dada la condición fiscal de los dos municipios de sexta categoría, su grado de dependencia del gobierno central es fuerte, lo que deja ver que las rentas propias municipales no son de mayor impacto. Impuestos como el predial, industria y comercio y sobretasa a la gasolina registran porcentajes de ingresos bajos para las administraciones locales.

En términos generales, se puede afirmar que las condiciones socioeconómicas del área de estudio, se encuentran en una combinación entre las formas, estructuras e históricas del sector primario de la economía, que tiende en los últimos años a concentrarse en la ganadería menor y en un impacto de menos proporción en la agricultura.

El fenómeno del turismo se convierte en una tercerización de la economía, que se identifica en convivencia simultánea con el sector campesino tradicional. Las condiciones de migración y de diferentes características de pobreza se entrecruzan con una riqueza ambiental inmensa, que matiza las situaciones socioeconómicas del territorio. Por otro lado, el fenómeno tiene una explicación más ajustada a la realidad, relacionada con que en términos netos se ha estado presentando una condición migratoria en los últimos 30 años en el municipio de El Cocuy, pues, si bien parte de la población rural que abandona el sector se queda en el área urbana, otra parte abandona el límite del municipio de manera definitiva.

BIBLIOGRAFÍA

Barzev, R. (2002). “Valoración económica integral de los bienes y servicios ambientales de la reserva del hombre y la biosfera de Río Plátano”. Proyecto Manejo Reserva del Hombre y la Biosfera de Río Plátano. Corredor Biológico Mesoamericano.

CEPAL (2018). Agenda 2030 y los Objetivos de Desarrollo Sostenible, una Oportunidad para América Latina y el Caribe. Naciones Unidas. Santiago de Chile.

DANE. (2005). Censo Nacional de Hogares.

DANE. (2014). Tercer Censo Nacional Agropecuario. Resultados por unidades de producción.

Ministerio de Educación Nacional, MEN. (2006). Visión 2019, Educación Propuesta para Discusión. Primera Edición.

Múnera, M. (2007) Resignificar el Desarrollo. Universidad Nacional de Colombia. L. Vieco e Hijas LTDA. Editores. Medellín.

Sen, A. (1979). Sobre la desigualdad económica. Editorial Crítica. ISBN 978-84-7423-107-6.

Zúñiga, A. (2015). Análisis de la investigación y desarrollo turístico en Colombia. Espacios, Vol. 36 (Nº 18), 9-26.

6. INTEGRACIÓN TERRITORIAL

“No se puede pasar un solo día sin tener un impacto en el mundo que nos rodea. Lo que hacemos marca la diferencia, y tenemos que decidir qué tipo de diferencia queremos hacer”

Goodall, j. (s. f.)

Síntesis e integración de resultados de la información en Unidades de Planificación Ambiental y Social (UPAS), a partir del estado de afectación y conservación actual, su distribución espacial, la interacción con la actividad turística, la cobertura, el uso tradicional del suelo y su influencia en el territorio.



Río Concavito

6 UNIDADES PARA LA PLANIFICACIÓN AMBIENTAL Y SOCIAL

La cuenca hidrográfica alta del Río Nevado, constituye una unidad adecuada para la planificación ambiental del territorio, dado que sus límites fisiográficos se mantienen en un tiempo considerablemente mayor a otras unidades de análisis.

Las Unidades para la Planificación Ambiental y Social (UPAS), propuestas, orientan el proceso de ordenación y manejo de la cuenca con la participación de los actores que influyen en sus condiciones ambientales, “de manera que se mantenga o restablezca un adecuado equilibrio entre el aprovechamiento social y económico de tales recursos y la conservación de la estructura y la función físico biótica de la cuenca” (Guía Técnica para la Formulación de los Planes de Ordenación y Manejo de Cuencas Hidrográficas, 2014).

Son instrumentos propicios para que tanto en su formulación como en su implementación, se construyan escenarios que permitan el desarrollo de la gobernanza del agua, donde se reflejen los acuerdos y compromisos entre el poder público, la sociedad civil, las comunidades étnicas y los sectores económicos. Estas deben partir de ejercicios como el presente, donde las unidades diagnósticas homogéneas permiten la gobernanza en medio de la diversidad y la diferencia dentro de un objetivo común.

Las UPAS integran como caracterización la parte ambiental en cuanto a información sobre geología, pendientes, suelo, cobertura, fragmentación, calidad, oferta y demanda de agua, susceptibilidad a la erosión y precipitación. Igualmente, en la parte socioeconómica, unidades productivas, captación de agua y población, para establecer oportunidades, limitantes y problemas.

Sin embargo, estas deben revisarse junto con los lugareños o usuarios en una segunda fase, es decir, la planificación final debe liar los acuerdos *in situ*; “la protección de los recursos naturales queda ligada a la obligación constitucional de reconocer, respetar y tener en cuenta a las comunidades que tradicionalmente han derivado su sustento y desarrollado sus proyectos de vida a partir de su interacción con la naturaleza, para lo cual se debe evitar poner en riesgo las condiciones de vida digna, el derecho mínimo vital y el derecho a la alimentación” (Consejo de Estado, 2014).

Para establecer las UPAS, inicialmente se toman las zonas de intercuenca estudiadas a través de cada uno de los componentes explicados en los capítulos anteriores, ocho (8): microcuenca de los drenajes directos al Río Nevado, Casas Viejas, San Pablín, Cardenillo, Corralitos, Cóncavo, Lagunillas, El Mortiño (Figura 6.1), a las cuales se integran los resultados del subcomponente de hidrobiología, en razón a su escala, por tratarse de datos puntuales (Figura 6.2).

Con el propósito de aportar elementos para la caracterización de las UPAS propuestas, la información de descripción de los sitios, las limitaciones, problemas y oportunidades identificadas desde los componentes, se discrimina en una tabla asociada, para permitir su superposición y consulta en un sistema de información geográfica. Así mismo, estas características se asignaron a las distintas unidades propuestas, con el fin de brindar elementos que, evaluados en conjunto entre los componentes, conduzcan a la toma de decisiones y planteamiento de estrategias de manejo de las microcuencas evaluadas.

En el presente capítulo se presenta someramente, a manera de ejemplo las UPAS, por lo que se pide al lector o investigador interesado, consultar los documentos, matrices, mapas y leyendas en la jurisdicción de Parques Nacionales Naturales – El Cocuy.

La descripción de diferentes atributos relacionados con las características físico-químicas, bacteriológicas y de las comunidades acuáticas evaluadas (Figura 6.2, anterior), si bien expresan condiciones que tienen un carácter relativamente local, a la vez reflejan distintos procesos ecológicos y ambientales que se dan a diferentes escalas en la cuenca y principalmente en el área próxima a los diferentes tramos estudiados.

Se utilizaron los resultados del muestreo de marzo, considerada la época más crítica respecto a la calidad del agua. Se calificó cumplimiento de las variables medidas según normatividad específica, por ejemplo, la Resolución 3382 de 2015 por medio de la cual se adoptan los criterios de calidad del recurso hídrico dentro de la jurisdicción de Corpoboyacá en lo referido a preservación fauna y flora, así como con los criterios establecidos en el Reglamento Técnico de Agua Potable y Saneamiento (RAS,

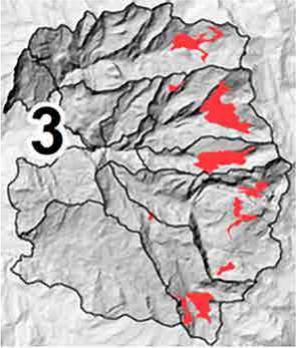
2010), que permiten interpretar la calidad de las fuentes de agua factibles de ser usadas para potabilizar. Se incluyeron también las categorías de calificación de los distintos índices aplicados (ICAs e ICOs, QBR-And e IHF), todo lo anterior, con el objetivo de identificar indicios de alteración o deterioro en la condición general de los distintos lugares que permita a las instituciones la priorización de actividades de manejo, en conjunto con la información de los otros componentes.

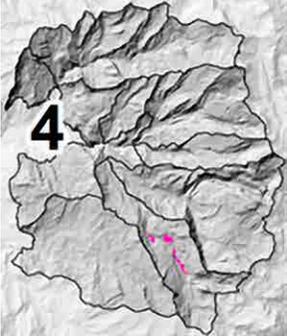
A continuación se presenta el mapa de las Unidades de Planificación Ambiental y Social (UPAS) (Figura 6.3) y su leyenda simplificada (Tabla 1); posteriormente, por cada unidad se presenta una ventana con las UPAS por microcuenca (Figuras 6.4 a 6.11), caracterización hidrobiológica (Tablas 2 a 8), y el mapa base en lengua U'wa (Figura 6.12).

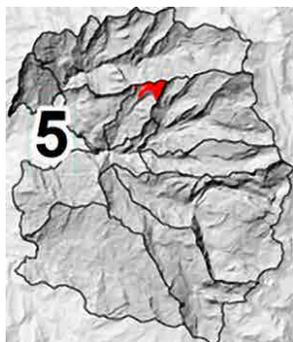
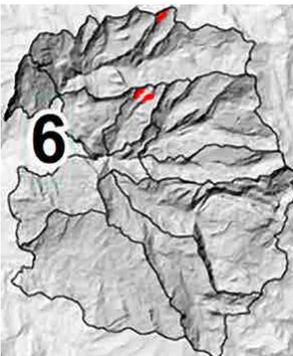
Los temas de caracterización de las microcuencas por componentes y su integración, ilustraciones de los paisajes más representativos, el estado de los suelos, al igual que las oportunidades, limitantes y problemas por UPAS y del agua, no se tratarán en el presente capítulo por restricciones en la edición.

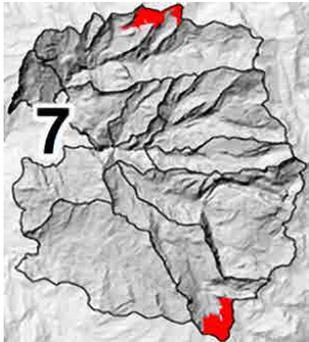
Tabla 6.1 Leyenda simplificada de las Unidades de Planificación Ambiental y Social - Cuenca alta del Río Nevado

SÍMBOLO	ATRIBUTO GEOFORMA - COBERTURA	ÁREA (Ha) (%)	DESCRIPCIÓN DE LA UNIDAD	ESPACIALIZACIÓN
1	Campo de morrenas-arbustal-frailejonal y pajonal	2.919 ha. 10,04 %	<p>Esta unidad forma parte de una microcuenca con forma más parecida a la circular, con una menor capacidad de atenuación de crecientes. La microcuenca se encuentra en estado de equilibrio y en fase de madurez, caracterizándose por tener una corriente no muy lenta, con una pendiente del cauce principal muy alta (12,6%) y relieve moderadamente escarpado. La unidad corresponde a una microcuenca con una densidad de drenaje moderada y un canal principal con baja sinuosidad. La precipitación media anual de la zona es de 977,2 milímetros y posee un índice de escasez de recurso hídrico que indica una demanda muy baja. Depósitos de till dispuestos en formas de morrenas recientes y antiguas (depósitos clasto soportados, heterométricos provenientes de las areniscas de la Formación Aguardiente). Presenta una superficie ondulada con pendientes del 20-25% con eventuales sectores de pendientes mayores al 50%. La tasa de pérdida de suelos hacia la parte alta y media está entre 10-50 Ton/Ha*año, mientras que la parte baja y debido a la intervención pecuaria presenta valores entre 50-100 Ton/Ha*año. La susceptibilidad al desarrollo de FRM es baja. Áreas dominadas por <i>Espeletia</i> sp, pajonales de <i>Calamagrostis</i> sp, arbustos de bajo porte como <i>Hypericum</i> sp, <i>Pentacalia</i> sp, <i>Diplostephium</i> sp, con presencia de hierbas nativas, entre otras especies de páramo; igualmente se destaca la presencia del lagarto collarejo, anfibios de alta montaña, insectos. En esta UPA fue realizado un aforo de caudal a la salida de la microcuenca.</p>	
2	Campo de morrenas-áreas de Bosque	201,7 ha. 0,69 %	<p>Esta unidad hace parte de una microcuenca con forma similar a una circunferencia, con capacidad intermedia de concentración de crecientes. La microcuenca se encuentra en estado de equilibrio y en fase de madurez, caracterizándose por tener una corriente no muy lenta, con alta pendiente del cauce principal (8,6%) y relieve moderadamente escarpado. La unidad corresponde a una microcuenca con una densidad de drenaje moderada y un canal principal con sinuosidad media. La precipitación media anual de la zona es de 924,6 milímetros y posee un índice de escasez de recurso hídrico que indica una demanda muy baja. En la cuenca del Río Lagunillas se encuentran tres obras de toma. La primera llamada El Romero para uso doméstico y otros, con un caudal otorgado de 6,4 lt/s para 270 usuarios, en jurisdicción de Corpoboyacá. La segunda, llamada Asosierra y Aguablanca para uso doméstico y riego con un caudal otorgado de 111 lt/s para 336 usuarios en jurisdicción de Parques Nacionales Naturales (actualmente fuera de operación). Y la tercera llamada Acueducto Llano Grande, Agua Blanca, Laureles y Zanjón, para uso doméstico, con un caudal otorgado de 5,48 lt/s en jurisdicción de Parques Nacionales Naturales. Esta unidad hace parte de una microcuenca con forma alargada, con menor susceptibilidad a la concentración de crecientes. La microcuenca se encuentra en estado de equilibrio y en fase de madurez, caracterizándose por tener una corriente no muy lenta, con alta pendiente del cauce principal del 7,5% y relieve moderadamente escarpado.</p>	

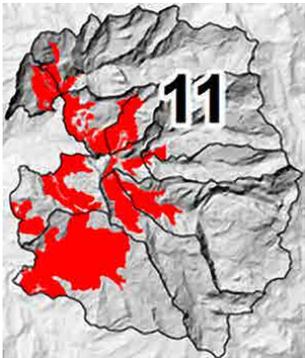
SÍMBOLO	ATRIBUTO GEOFORMA - COBERTURA	ÁREA (Ha) (%)	DESCRIPCIÓN DE LA UNIDAD	ESPACIALIZACIÓN
2	Campo de morrenas-áreas de Bosque		<p>La unidad corresponde a una microcuenca con una densidad de drenaje moderada y un canal principal con baja sinuosidad. La precipitación media anual de la zona es de 924,6 milímetros y posee un índice de escasez de recurso hídrico que indica una demanda muy baja. Las morrenas de fondo son las caracterizadoras morfológicas y litológicas de esta unidad. Presenta pendientes de 50-75%, tasas de pérdida de suelos de 50-100 Ton/Ha*año y susceptibilidad media al desarrollo de FRM. En las áreas aledañas a los cuerpos de agua lénticos se desarrollan asociaciones vegetales propias de humedales como turberas o esfagnales cubiertas de briófitos Puyas, tobos (<i>Escallonia</i> sp), paja de montaña (<i>Cortaderia</i> sp), cortadera (<i>Carex</i> sp), entre otras que integran un hábitat propicio para aves acuáticas como el pato andino (<i>Anas</i> sp) y sitios de refugio y alimentación de mamíferos como el oso de anteojos y el venado de cola blanca.</p>	
3	Campo de morrenas-herbazal-pajonal	1.424,4 ha. 4,90 %	<p>En esta unidad en el Río San Pablín se encuentra una obra de captación para uso doméstico, riego y abrevadero a nombre de Sergio Alfonso Ibáñez Arangón y otros, con un caudal otorgado de 0,76 lt/s, en jurisdicción de Corpoboyacá. Adicionalmente, se encuentra la obra de captación Canal de Riego la Realidad para riego, con un caudal de 189 lt/s, para 180 usuarios en jurisdicción de Corpoboyacá. Esta unidad forma parte de una microcuenca con forma más parecida a la circular, con una menor capacidad de atenuación de crecientes. La microcuenca se encuentra en estado de equilibrio y en fase de madurez, caracterizándose por tener una corriente no muy lenta, con una pendiente del cauce principal muy alta (12,6%) y relieve moderadamente escarpado. La unidad corresponde a una microcuenca con una densidad de drenaje moderada y un canal principal con baja sinuosidad. La precipitación media anual de la zona es de 977,2 milímetros y posee un índice de escasez de recurso hídrico que indica una demanda muy baja. En el río Cóncavo se encuentra una obra de captación para uso doméstico llamada Asociación de suscriptores del Acueducto Cóncavo y Coveñas, la cual se encuentra operando sin concesión. Cuenta con autorización sanitaria favorable para concesión de agua para consumo humano, en jurisdicción de Parques Nacionales Naturales, con un número de usuarios de 32. Esta unidad hace parte de una microcuenca con forma alargada, con menor susceptibilidad a la concentración de crecientes. La microcuenca se encuentra en estado de equilibrio y en fase de madurez, caracterizándose por tener una corriente no muy lenta, con una pendiente del cauce principal muy alta del 16% y relieve moderadamente escarpado. La unidad corresponde a una microcuenca con una densidad de drenaje moderada y un canal principal con baja sinuosidad. La precipitación media anual de la zona es de 924,6 milímetros y posee un índice de escasez de recurso hídrico que indica una demanda muy baja. En el río Cóncavo esta unidad hace parte de una microcuenca con forma similar a una circunferencia, con capacidad intermedia de concentración de crecientes.</p>	

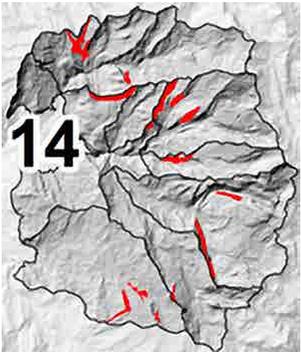
SÍMBOLO	ATRIBUTO GEOFORMA - COBERTURA	ÁREA (Ha) (%)	DESCRIPCIÓN DE LA UNIDAD	ESPACIALIZACIÓN
3	Campo de morrenas-herbazal-pajonal	1.424,4 ha. 4,90 %	<p>La microcuenca se encuentra en estado de equilibrio y en fase de madurez, caracterizándose por tener una corriente no muy lenta, con alta pendiente del cauce principal (8,6%) y relieve moderadamente escarpado. La unidad corresponde a una microcuenca con una densidad de drenaje moderada y un canal principal con sinuosidad media. La precipitación media anual de la zona es de 924,6 milímetros y posee un índice de escasez de recurso hídrico que indica una demanda muy baja. En la microcuenca del Lagunillas, esta unidad hace parte de una microcuenca con forma alargada, con menor susceptibilidad a la concentración de crecientes. La microcuenca se encuentra en estado de equilibrio y en fase de madurez, caracterizándose por tener una corriente no muy lenta, con alta pendiente del cauce principal del 7,5% y relieve moderadamente escarpado. La unidad corresponde a una microcuenca con una densidad de drenaje moderada y un canal principal con baja sinuosidad. La precipitación media anual de la zona es de 924,6 milímetros y posee un índice de escasez de recurso hídrico que indica una demanda muy baja. Unidad localizada en la parte baja de la microcuenca en depósitos morrénicos antiguos con pendientes mayores a 50%, con susceptibilidad media al desarrollo de FRM y alta pérdida de suelos (mayor a 100 Ton/Ha*año). Por su parte en la cuenca del río Corralitos presenta depósitos morrénicos subactuales, aun no colonizados por vegetación, en la zona baja, por su parte se presenta una incipiente colonización de pajonales - frailejonales, las pendientes oscilan entre el 12 y el 25%, con una susceptibilidad muy baja al desarrollo de FRM. al tener pocos suelos y poca intervención, la pérdida de suelos es menor a 10 Ton/Ha*año. Áreas dominadas por asociaciones vegetales de <i>Calamagrostis effusa</i>, <i>Orthrosanthus</i> sp, hierbas de sucesión temprana como <i>Acaena</i> sp, <i>Hypericum mexicanum</i>, algunas especies de Briófitos y Líquenes, entre otras hierbas, combinadas con afloramientos rocosos; igualmente se encuentran poblaciones de lagarto collarajo, insectos, arácnidos y constituyen áreas de alimentación para algunos mamíferos como el venado de cola blanca.</p>	
4	Campo de morrenas-vegetación de humedal y cuerpos de agua lénticos	57,3 ha. 0,20%	<p>Esta unidad hace parte de una microcuenca con forma alargada, con menor susceptibilidad a la concentración de crecientes. La microcuenca se encuentra en estado de equilibrio y en fase de madurez, caracterizándose por tener una corriente no muy lenta, con alta pendiente del cauce principal del 7,5% y relieve moderadamente escarpado. La unidad corresponde a una microcuenca con una densidad de drenaje moderada y un canal principal con baja sinuosidad. La precipitación media anual de la zona es de 924,6 milímetros y posee un índice de escasez de recurso hídrico que indica una demanda muy baja. Esta unidad se encuentra sobre las morrenas de fondo del valle del río Lagunillas, con pendientes entre el 7-25%, con susceptibilidad muy baja al desarrollo de FRM y pérdida de suelos estimada entre 10-50 Ton/Ha*año.</p>	

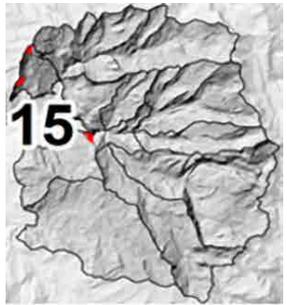
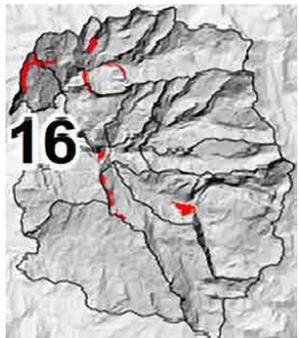
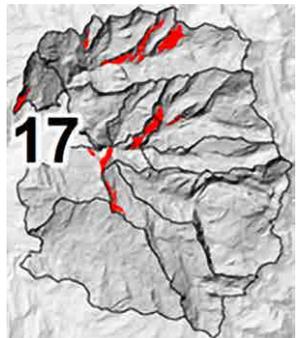
SÍMBOLO	ATRIBUTO GEOFORMA - COBERTURA	ÁREA (Ha) (%)	DESCRIPCIÓN DE LA UNIDAD	ESPACIALIZACIÓN
4	Campo de morrenas-vegetación de humedal y cuerpos de agua lénticos	57,3 ha. 0,20%	Áreas dominadas por asociaciones vegetales de <i>Calamagrostis effusa</i> , <i>Orthrosanthus</i> sp, hierbas de sucesión temprana como <i>Acaena</i> sp, <i>Hypericum mexicanum</i> , algunas especies de Briófitos y Líquenes, entre otras hierbas, combinadas con afloramientos rocosos; igualmente se encuentran poblaciones de lagarto collarero, insectos, arácnidos y constituyen áreas de alimentación para algunos mamíferos como el venado de cola blanca.	
5	Circo glacial-arbustal-frailejónal y pajonal	123,5 ha. 0,42 %	Esta unidad hace parte de una microcuenca con forma alargada, siendo moderadamente susceptible a las crecidas. La microcuenca se encuentra en estado de equilibrio y en fase de madurez, caracterizándose por tener una corriente no muy lenta, con una pendiente del cauce principal muy alta de 19% y relieve moderadamente escarpado. La unidad corresponde a una microcuenca con una densidad de drenaje moderada y un canal principal con baja sinuosidad. La precipitación media anual de la zona es de 1089,3 milímetros y posee un índice de escasez de recurso hídrico que indica una demanda muy baja. Circo glacial desarrollado sobre rocas de las formaciones Lutítico-calc-áreas como capacho, La Luna y Colón mito Juan, presenta pendientes de un orden mayor a 50%. Presenta una susceptibilidad baja al desarrollo de fenómenos de remoción en masa. El costado noroccidental presenta pérdidas de suelos mayores a 100 ton/Ha*año. Áreas dominadas por <i>Espeletia</i> sp, pajonales de <i>Calamagrostis</i> sp, arbustos de bajo porte como <i>Hypericum</i> sp, <i>Pentalia</i> sp, <i>Diplostephium</i> sp, con presencia de hierbas nativas, entre otras especies de páramo; igualmente se destaca la presencia del lagarto collarero, anfibios de alta montaña, insectos.	
6	Circo glacial-áreas de producción agropecuaria	79,5 ha. 0,27 %	Esta unidad hace parte de una microcuenca con forma alargada, siendo moderadamente susceptible a las crecidas. La microcuenca se encuentra en estado de equilibrio y en fase de madurez, caracterizándose por tener una corriente no muy lenta, con una pendiente del cauce principal muy alta de 19% y relieve moderadamente escarpado. La unidad corresponde a una microcuenca con una densidad de drenaje moderada y un canal principal con baja sinuosidad. La precipitación media anual de la zona es de 1.089,3 milímetros y posee un índice de escasez de recurso hídrico que indica una demanda muy baja. En algunos sectores forma escarpes de considerable longitud sobre rocas de la formación La Luna, las zonas bajas que presentan recubrimientos cuaternarios, presentan desarrollo de actividades productivas, por lo cual la pérdida de suelos es significativa, superior a 100 ton/Ha*año, y hacia las partes altas los valores oscilan entre a 50-100 ton/Ha*año. Dadas sus pendientes presenta susceptibilidad media a alta al desarrollo de FRM. Los polígonos de esta unidad en la microcuenca del río Cardenillo presentan calvas de erosión exponiendo las lutitas oscuras de las Formaciones La Luna y Colon Mito-Juan, con pendientes mayores al 50%, una susceptibilidad media al desarrollo de FRM. El polígono oriental presenta pérdida de suelos menores a 10 Ton/Ha*año, mientras que el polígono occidental presenta pérdida de suelos mayores a 100 Ton/Ha*año.	

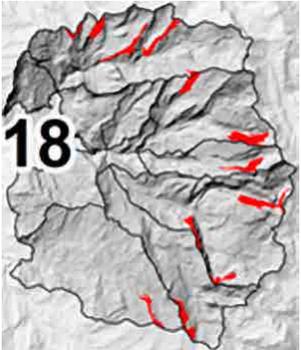
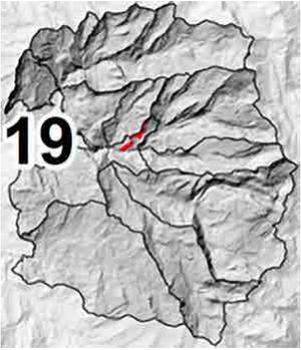
SÍMBOLO	ATRIBUTO GEOFORMA - COBERTURA	ÁREA (Ha) (%)	DESCRIPCIÓN DE LA UNIDAD	ESPACIALIZACIÓN
6	Circo glacial- áreas de producción agropecuaria	79,5 ha. 0,27 %	<p>Áreas de producción agropecuaria con presencia de especies introducidas como <i>Chenurus clandestinum</i>, especies maderables y especies de cultivo local, en algunos casos se observa relictos de vegetación nativa o cercas vivas; la fauna está integrada por animales domésticos, poblaciones de insectos y especies de arácnidos; rana andina común y algunas otras especies adaptadas a zonas transformadas. Algunas áreas son dominadas por asociaciones vegetales de <i>Calamagrostis effusa</i>, <i>Orthrosanthus</i> sp, hierbas de sucesión temprana como <i>Acaena</i> sp, <i>Hypericum mexicanum</i>, algunas especies de Briófitos y Líquenes, entre otras hierbas; igualmente se encuentran poblaciones de lagarto collarajo, insectos, arácnidos y constituyen áreas de alimentación para algunos mamíferos como el venado de cola blanca. Esta cobertura se encuentra establecida en dos zonas distantes de la microcuenca, una de estas en inmediaciones del parque nacional indicando que los predios que contiene tienen áreas superiores a las 200 hectáreas y la otra se encuentra más bajo en altitud donde los predios están fragmentados entre minifundios, microfundios y pequeñas propiedades.</p>	
7	Circo glacial-Herba- zal-Pajonal	573,9 ha. 1,97 %	<p>Esta unidad forma parte de una microcuenca con forma alargada, siendo moderadamente susceptible a las crecidas. La microcuenca se encuentra en estado de equilibrio y en fase de madurez, caracterizándose por tener una corriente no muy lenta, con alta pendiente del cauce principal (mayor al 40%) y relieve moderadamente escarpado. La unidad corresponde a una microcuenca con una densidad de drenaje moderada y un canal principal con baja sinuosidad. La precipitación media anual de la zona es de 1089,3 milímetros y posee un índice de escasez de recurso hídrico que indica una demanda muy baja. Por su parte en la microcuenca alargada del Lagunillas, con menor susceptibilidad a la concentración de crecientes. La microcuenca se encuentra en estado de equilibrio y en fase de madurez, caracterizándose por tener una corriente no muy lenta, con alta pendiente del cauce principal del 7,5% y relieve moderadamente escarpado. La unidad corresponde a una microcuenca con una densidad de drenaje moderada y un canal principal con baja sinuosidad. La precipitación media anual de la zona es de 924,6 milímetros y posee un índice de escasez de recurso hídrico que indica una demanda muy baja. Los polígonos de esta unidad presentan calvas de erosión exponiendo las lutitas oscuras de las Formaciones La Luna y Colón Mito-Juan, con pendientes mayores al 50%, una susceptibilidad media al desarrollo de FRM. El polígono oriental presenta pérdida de suelos menores a 10 Ton/Ha* año, mientras que el polígono occidental presenta pérdida de suelos mayores a 100 Ton/Ha* año. Esta unidad en la cuenca del Lagunillas fue labrada sobre las areniscas de la Formación Aguardiente, por lo que es posible observar la estratificación de las areniscas; presenta pendientes entre el 12-25%, poca vegetación (rupícola) y no hay desarrollo de suelos. La susceptibilidad al desarrollo de FRM es muy baja. Áreas dominadas por asociaciones vegetales de <i>Calamagrostis effusa</i>, <i>Orthrosanthus</i> sp, hierbas de sucesión temprana como <i>Acaena</i> sp, <i>Hypericum mexicanum</i>, algunas especies de Briófitos y Líquenes, entre otras hierbas, combinadas con afloramientos rocosos; igualmente se encuentran poblaciones de lagarto collarajo, insectos, arácnidos y constituyen áreas de alimentación para algunos mamíferos como el venado de cola blanca.</p>	

SÍMBOLO	ATRIBUTO GEOFORMA - COBERTURA	ÁREA (Ha) (%)	DESCRIPCIÓN DE LA UNIDAD	ESPACIALIZACIÓN
8	Conos glaciofluviales-arbustal-frailejonal y pajonal	144,1 ha. 0,50 %	<p>Unidades con fuertes pendientes comprendidas entre el 50 y el 75%. Litológicamente se encuentra sobre depósitos, aunque algunas áreas con afloramientos muestran rocas de la Formación Colón Mito-Juan, cuya litología está representada por lutitas limosas con intercalaciones de areniscas y bancos de calizas fosilíferas. Presenta una alta pérdida de suelos superior a 100 ton/Ha*año y una susceptibilidad media a alta al desarrollo de FRM. La precipitación media anual de la zona es de 1.055,9 milímetros y posee un índice de escasez de recurso hídrico que indica una demanda muy baja.</p>	
9	Conos glaciofluviales-arbustales	42,3 ha. 0,15 %	<p>Esta unidad hace parte de una microcuenca con forma alargada, con menor susceptibilidad a la concentración de crecientes. La microcuenca se encuentra en estado de equilibrio y en fase de madurez, caracterizándose por tener una corriente no muy lenta, con alta pendiente del cauce principal del 7,5% y relieve moderadamente escarpado. La unidad corresponde a una microcuenca con una densidad de drenaje moderada y un canal principal con baja sinuosidad. La precipitación media anual de la zona es de 924,6 milímetros y posee un índice de escasez de recurso hídrico que indica una demanda muy baja. La unidad que hace parte de la microcuenca El Mortiño, al tener una forma similar a una circunferencia, con capacidad intermedia de concentración de crecientes. La microcuenca se encuentra en estado de equilibrio y en fase de madurez, caracterizándose por tener una corriente no muy lenta, con una pendiente del cauce principal muy alta (12,7%) y relieve muy inclinado. La unidad corresponde a una microcuenca con una densidad de drenaje moderada y un canal principal con sinuosidad baja. La precipitación media anual de la zona es de 960 milímetros y posee un índice de escasez de recurso hídrico que indica una demanda muy baja. Áreas dominadas por <i>Espeletia</i> sp, pajonales de <i>Calamagrostis</i> sp, arbustos de bajo porte como <i>Hypericum</i> sp, <i>Pentacalia</i> sp, <i>Diplostephium</i> sp, con presencia de hierbas nativas, entre otras especies de páramo; igualmente se destaca la presencia del lagarto collarero, anfibios de alta montaña, insectos.</p>	
10	Conos glaciofluviales-áreas de bosque	367,1 ha. 1,26 %	<p>Esta unidad forma parte de una microcuenca con forma alargada, siendo moderadamente susceptible a las crecidas. La microcuenca se encuentra en estado de equilibrio y en fase de madurez, caracterizándose por tener una corriente no muy lenta, con alta pendiente del cauce principal (mayor al 40%) y relieve moderadamente escarpado. La unidad corresponde a una microcuenca con una densidad de drenaje moderada y un canal principal con baja sinuosidad. La precipitación media anual de la zona es de 1089,3 milímetros y posee un índice de escasez de recurso hídrico que indica una demanda muy baja. Dada la cobertura de esta unidad y al localizarse sobre depósitos fluvioglaciares adquiere una importancia en la recarga de acuíferos, con algunas excepciones de polígonos situados sobre la Formación Aguardiente, Capacho y Barco, estos últimos polígonos forman lomeríos estructurales en inmediaciones del límite inferior. Tiene pendientes fuertes mayores al 50% y una susceptibilidad media a baja al desarrollo de FRM; por la intervención antrópica presenta alta pérdida de suelos mayor a 100 Ton/Ha*año. Constituyen relictos de bosque con presencia de <i>Polylepis</i> sp, <i>Weinmannia</i> sp, <i>Alnus</i> sp, <i>Vallea stipularis</i>, arbustales de <i>Baccharis</i> sp, <i>Ageratina</i> sp, especies maderables introducidas como rondas de ríos, en algunos casos se encuentran especies maderables introducidas funcionando como bosque protector-productor; sirven de refugio para la fauna adaptada a condiciones transformadas y especies migratorias.</p>	

SÍMBOLO	ATRIBUTO GEOFORMA - COBERTURA	ÁREA (Ha) (%)	DESCRIPCIÓN DE LA UNIDAD	ESPACIALIZACIÓN
11	Conos glaciofluviales-áreas de producción agropecuaria	5.475,1 ha. 18,83 %	<p>En esta UPA se encuentran todas las obras de tomas (seis), presentes en las zonas de intercuenca, las cuales se describen a continuación. La primera, una obra de captación para uso pecuario y riego a nombre de Elizabeth Torres Bernal- Concepción Sandoval Tallez, con un caudal otorgado de 0,193 lt/s, en jurisdicción de Corpoboyacá. La segunda se encuentra a nombres de Ángel María Alvarado, con un caudal otorgado de 0,34 lt/s para uso de riego y abrevadero en jurisdicción de Corpoboyacá. La tercera se encuentra también a nombre de Ángel María Alvarado Barrera para uso agrícola y pecuario en jurisdicción de Corpoboyacá. La cuarta se encuentra a nombre de José Eduardo Sepúlveda, en la vereda la Cueva para uso doméstico, en jurisdicción de Corpoboyacá. La quinta, El Amarillal con un caudal captado de 5,6 lt/s para 62 usuarios con uso doméstico en jurisdicción de Corpoboyacá. La última captación es El ojito con caudal otorgado de 5,61 lt/s para 720 usuarios con uso doméstico en jurisdicción de Corpoboyacá. La precipitación media anual de la zona es de 1055,9 milímetros y posee un índice de escasez de recurso hídrico que indica una demanda muy baja. La presencia de los depósitos de abanicos fluvioacustres, genera pendientes que oscilan entre el 12-25%, con desarrollo de suelos fértiles, por lo que han sido apropiadas para el desarrollo de actividades agropecuarias, que han conllevado a altas tasas de pérdida de suelos, mayor a 100 Ton/Ha*año. Es poco susceptible al desarrollo de FRM, excepto en las zonas con pendientes pronunciadas. En cuanto a su dimensión socio-económica, esta cobertura representa la mayor área dentro de los directos al Río Nevado con 1.881 Ha. La clasificación predial está distribuida en su mayoría entre microfundios y minifundios con una insipiente presencia de predios de pequeña y mediana propiedad. De los senderos presentes solo el de Bachira entra en contacto con estos conos glaciofluviales. Un limitante relacionado es que no existen modalidades de asociación campesina y sus pobladores poseen recursos económicos. Es una cobertura con una clara fragmentación predial donde la mayoría de sus predios corresponden a microfundios seguidos por minifundios y una pequeña porción de una mediana propiedad que entra a formar parte de la cobertura.</p>	
12	Conos glaciofluviales-bosque de galería	48,1 ha. 0,17 %	<p>Esta unidad forma parte de una microcuenca con forma alargada, siendo moderadamente susceptible a las crecidas. La microcuenca se encuentra en estado de equilibrio y en fase de madurez, caracterizándose por tener una corriente no muy lenta, con alta pendiente del cauce principal (mayor al 40%) y relieve moderadamente escarpado. La unidad corresponde a una microcuenca con una densidad de drenaje moderada y un canal principal con baja sinuosidad. La precipitación media anual de la zona es de 1089,3 milímetros y posee un índice de escasez de recurso hídrico que indica una demanda muy baja. Los polígonos de esta unidad se localizan sobre las areniscas de la Formación Mirador principalmente, con pendientes mayores al 50%, una susceptibilidad media al desarrollo de FRM y una alta tasa de pérdida de suelos mayor a 100 Ton/Ha*año. Constituyen relictos de bosque con presencia de <i>Polylepis</i> sp, <i>Weinmannia</i> sp, <i>Alnus</i> sp, <i>Vallea stipularis</i>, arbustales de <i>Baccharis</i> sp, <i>Ageratina</i> sp, especies maderables introducidas como rondas de ríos.</p>	

SÍMBOLO	ATRIBUTO GEOFORMA - COBERTURA	ÁREA (Ha) (%)	DESCRIPCIÓN DE LA UNIDAD	ESPACIALIZACIÓN
13	Conos glacio-fluviales-herbazal-pajonal	22,3 ha. 0,08 %	<p>La precipitación media anual de la zona es de 1055,9 milímetros y posee un índice de escasez de recurso hídrico que indica una demanda muy baja. El sector oriental de esta unidad se ha desarrollado sobre los depósitos fluvio-glaciares mientras que el sector occidental sobre las Formaciones Aguardiente y Capacho, con pendientes mayores al 75% y alta susceptibilidad al desarrollo de FRM y una alta pérdida de suelos. Áreas dominadas por asociaciones vegetales de <i>Calamagrostis effusa</i>, <i>Orthrosanthus</i> sp, hierbas de sucesión temprana como <i>Acaena</i> sp, <i>Hypericum mexicanum</i>, algunas especies de Briófitos y Líquenes, entre otras hierbas, combinadas con afloramientos rocosos; igualmente se encuentran poblaciones de lagarto collarero, insectos, arácnidos y constituyen áreas de alimentación para algunos mamíferas como el venado de cola blanca.</p>	
14	Lad Contrapen sierra homoclinal glaciada-arbustal-frailejona y pajonal	766,2 ha. 2,64 %	<p>Estas unidades presentan diversas situaciones biofísicas, como litología y algunos aspectos hidrológicos que se describirán a continuación. Río Cardenillo: Esta unidad forma parte de una microcuenca con forma alargada, siendo moderadamente susceptible a las crecidas. La microcuenca se encuentra en estado de equilibrio y en fase de madurez, caracterizándose por tener una corriente no muy lenta, con alta pendiente del cauce principal (mayor al 40%) y relieve moderadamente escarpado. La unidad corresponde a una microcuenca con una densidad de drenaje moderada y un canal principal con baja sinuosidad. La precipitación media anual de la zona es de 1089,3 milímetros y posee un índice de escasez de recurso hídrico que indica una demanda muy baja. La mayor parte de los polígonos de esta unidad se localizan sobre los conos de gelifractos y frentes estructurales de la Formación Barco, por lo que sus pendientes son mayores al 75% con una susceptibilidad alta al desarrollo de FRM y altas tasas de pérdida de suelos mayores a 100 Ton/Ha*año. En el río San Pablín esta unidad forma parte de una microcuenca con forma más parecida a la circular, con una menor capacidad de atenuación de crecientes. La microcuenca se encuentra en estado de equilibrio y en fase de madurez, caracterizándose por tener una corriente no muy lenta, con una pendiente del cauce principal muy alta (12,6%) y relieve moderadamente escarpado. La unidad corresponde a una microcuenca con una densidad de drenaje moderada y un canal principal con baja sinuosidad. La precipitación media anual de la zona es de 977,2 milímetros y posee un índice de escasez de recurso hídrico que indica una demanda muy baja. Unidad desarrollada sobre los escarpes de las areniscas de la formación Aguardiente, con pendientes mayores al 50% condición que favorece el desarrollo de pérdida de suelos en tasas de 50 a 100 Ton/Ha*año y aún mayores en los sectores bajos. La condición de sus pendientes y posición geomorfológica hace que la susceptibilidad al desarrollo de FRM sea media a alta. Áreas dominadas por <i>Espeletia</i> sp, pajonales de <i>Calamagrostis</i> sp, arbustos de bajo porte como <i>Hypericum</i> sp, <i>Pentacalia</i> sp, <i>Diplostephium</i> sp, con presencia de hierbas nativas, entre otras especies de páramo; igualmente se destaca la presencia del lagarto collarero, anfibios de alta montaña, insectos.</p>	

SÍMBOLO	ATRIBUTO GEOFORMA - COBERTURA	ÁREA (Ha) (%)	DESCRIPCIÓN DE LA UNIDAD	ESPACIALIZACIÓN
15	Lad Contrapen sierra homoclinal glaciada-arbustales	88 ha. 0,3 %	<p>La precipitación media anual de la zona es de 1.055,9 milímetros y posee un índice de escasez de recurso hídrico que indica una demanda muy baja. La mayor parte de los polígonos de esta unidad exhibe una expresión morfológica contrastante, con pendientes superiores al 75% en rocas de la Formación La Luna y Aguardiente, con susceptibilidad muy alta a FRM y altas tasas de pérdida de suelos, superior a 100 Ton/Ha*año. Áreas dominadas por especies como <i>Ageratina</i> sp, <i>Baccharis</i> sp, <i>Pentacalia</i> sp, <i>Hypericum</i> sp, especies arbóreas nativas como <i>Escallonia</i> sp, <i>Vallea</i> sp, y asociaciones de Poaceas combinadas con herbazales, con presencia de fauna típica de sotobosque.</p>	
16	Lad Contrapen sierra homoclinal glaciada-áreas de bosque	344,4 ha. 1,18 %	<p>Esta unidad presenta varios polígonos a lo largo de la cuenca alta, sin embargo, predominan aquellos que con una precipitación media anual de la zona es de 1.055,9 milímetros y posee un índice de escasez de recurso hídrico que indica una demanda muy baja. En la cuenca del Río Cardenillo forma parte de una microcuenca con forma alargada, siendo moderadamente susceptible a las crecidas. La microcuenca se encuentra en estado de equilibrio y en fase de madurez, caracterizándose por tener una corriente no muy lenta, con alta pendiente del cauce principal (mayor al 40%) y relieve moderadamente escarpado. La unidad corresponde a una microcuenca con una densidad de drenaje moderada y un canal principal con baja sinuosidad. La mayor parte de los polígonos de esta unidad exhibe una expresión morfológica contrastante, con pendientes superiores al 75% en rocas de la Formación La Luna, Capacho y Aguardiente, con susceptibilidad muy alta a FRM y altas tasas de pérdida de suelos, superior a 100 Ton/Ha*año. En la cuenca del río Cóncavo Unidad dispuesta sobre depósitos fluvio-glaciares con pendientes del 3-7%, con muy bajas pérdida de suelos (menor a 10 Ton/Ha*año) y muy baja susceptibilidad al desarrollo de FRM.</p>	
17	Lad Contrapen sierra homoclinal glaciada-áreas de producción agropecuaria	654,6 ha. 2,25 %	<p>La litología predominante de esta unidad es de areniscas, aunque por el proceso de generalización se incluyen algunos depósitos fluvio-glaciares; las pendientes generalmente son mayores al 50% con susceptibilidad baja al desarrollo de FRM y una alta pérdida de suelos con tasas mayores a 100 Ton/Ha*año, excepto para la zona de depósitos cuya tasa de pérdida de suelos es menor a 50 Ton/Ha*año. La precipitación media anual de la zona es de 1.055,9 milímetros y posee un índice de escasez de recurso hídrico que indica una demanda muy baja. Estas unidades se caracterizan por la presencia de microfundios y minifundios principalmente, presentan una alta fragmentación predial lo cual afecta la calidad de los suelos objeto del estudio, por actividad agrícolas y pecuarias intensivas. Por la cercanía al parque esta zona puede albergar proyectos productivos de pagos por servicios ambientales o ecoturismo como una gran oportunidad sin embargo solo sería posible llevar a cabo solo algunos tipos de producción por estar ubicado en o cerca de ecosistemas de interés de las autoridades ambientales.</p>	

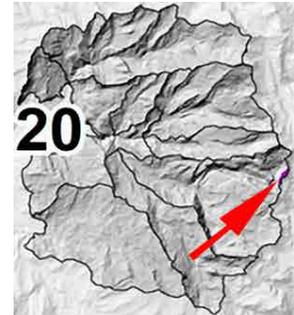
SÍMBOLO	ATRIBUTO GEOFORMA - COBERTURA	ÁREA (Ha) (%)	DESCRIPCIÓN DE LA UNIDAD	ESPACIALIZACIÓN
18	Lad Contrapen sierra homoclinal glaciada-herbazal-pajonal	919,1 ha. 3,16 %	<p>Esta unidad presenta 13 polígonos en la parte alta de la cuenca, se desarrolla sobre diversas litologías, pero principalmente sobre la formación Aguardiente y eventuales recubrimientos de depósitos glaciares. Con pendientes del 25-75% con una susceptibilidad muy baja al desarrollo de FRM y tasas de pérdida de suelos de 10-50 Ton/Ha*año donde hay suelos, muchas de estas unidades no poseen recubrimiento de suelos. Las unidades del río Cardenillo forma parte de una microcuenca con forma alargada, siendo moderadamente susceptible a las crecidas. La microcuenca se encuentra en estado de equilibrio y en fase de madurez, caracterizándose por tener una corriente no muy lenta, con alta pendiente del cauce principal (mayor al 40%) y relieve moderadamente escarpado. La unidad corresponde a una microcuenca con una densidad de drenaje moderada y un canal principal con baja sinuosidad. La precipitación media anual de la zona es de 1089,3 milímetros y posee un índice de escasez de recurso hídrico que indica una demanda muy baja. Para el río Cóncavo En estas UPA's fue realizado aforo de caudal a la salida de la microcuenca. Adicionalmente se encuentra una obra de captación para uso doméstico llamada Acueducto Regional Cóncavo, con un caudal de 7,6 lt/s para 217 usuarios, en jurisdicción de Corpoboyacá. Esta unidad hace parte de una microcuenca con forma similar a una circunferencia, con capacidad intermedia de concentración de crecientes. La microcuenca se encuentra en estado de equilibrio y en fase de madurez, caracterizándose por tener una corriente no muy lenta, con alta pendiente del cauce principal (8,6%) y relieve moderadamente escarpado. La unidad corresponde a una microcuenca con una densidad de drenaje moderada y un canal principal con sinuosidad media. La precipitación media anual de la zona es de 924,6 milímetros y posee un índice de escasez de recurso hídrico que indica una demanda muy baja. Áreas dominadas por asociaciones vegetales de <i>Calamagrostis effusa</i>, <i>Orthrosanthus</i> sp, hierbas de sucesión temprana como <i>Acaena</i> sp, <i>Hypericum mexicanum</i>, algunas especies de Briófitos y Líquenes, entre otras hierbas, combinadas con afloramientos rocosos; igualmente se encuentran poblaciones de lagarto collarero, insectos, arácnidos y constituyen áreas de alimentación para algunos mamíferos como el venado de cola blanca.</p>	
19	Lad Contrapen sierra homoclinal glaciada-plantación forestal	44,6 ha. 0,15 %	<p>La unidad se encuentra compuesta por rocas de la Formación Capacho y La Luna, con predominio de lutitas y shale carbonoso, con pendientes entre el 50-75% y en la zona baja pendientes mayores al 75%; presenta susceptibilidad media al desarrollo de FRM y altas tasas de pérdida de suelos, mayor a 100 Ton/Ha*año. Se trata de tres pequeñas coberturas donde dos de estas se encuentran dentro de un solo predio clasificado como gran propiedad junto al cual pasa el sendero denominado Bachira, dentro de la restante cobertura se aprecian dos microfundios, un minifundio y parte de una mediana propiedad. Oportunidades: Se podría aumentar el área cultivada y además sembrar plantas endémicas del territorio en la búsqueda de reducir el uso de coníferas en la zona. Limitantes: Se puede generar conflictos a raíz del desconocimiento por parte de los productores acerca de la determinación del uso de ciertas áreas de protección y conservación definidas por las autoridades ambientales. Problemas: Actualmente gran parte de estas coberturas se encuentran ocupadas por coníferas las cuales representan riesgos para el equilibrio del ecosistema.</p>	

SÍMBOLO	ATRIBUTO GEOFORMA - COBERTURA	ÁREA (Ha) (%)	DESCRIPCIÓN DE LA UNIDAD	ESPACIALIZACIÓN
---------	-------------------------------	---------------	--------------------------	-----------------

20
Lad Contrapen sierra homoclinal glaciada-zonas glaciares

26,9 ha.
0,09 %

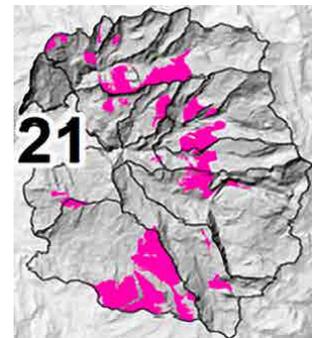
Esta unidad hace parte de la microcuenca del Río Cóncono, con forma similar a una circunferencia, con capacidad intermedia de concentración de crecientes. La microcuenca se encuentra en estado de equilibrio y en fase de madurez, caracterizándose por tener una corriente no muy lenta, con alta pendiente del cauce principal (8,6%) y relieve moderadamente escarpado. La unidad corresponde a una microcuenca con una densidad de drenaje moderada y un canal principal con sinuosidad media. La precipitación media anual de la zona es de 924,6 milímetros y posee un índice de escasez de recurso hídrico que indica una demanda muy baja. Conformada por rocas de la Formación Aguardiente con pequeñas masas glaciares recubriéndola. Presenta rangos de pendiente mayores al 25%.

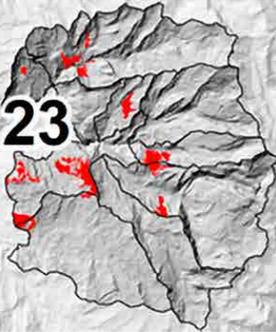


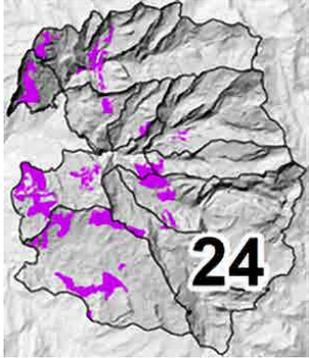
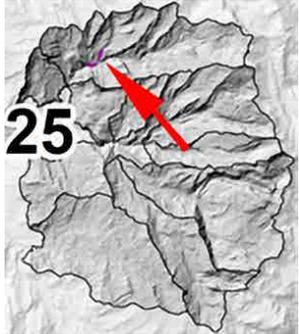
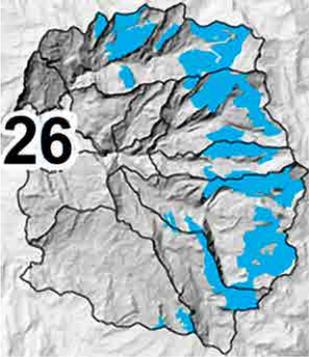
21
Ladera estructural de sierra homoclinal glaciada-arbus-tal-frailejona y pajonal

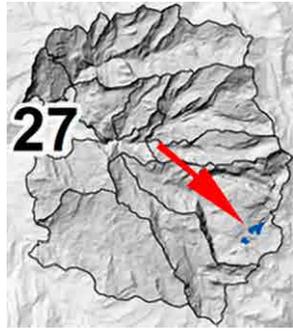
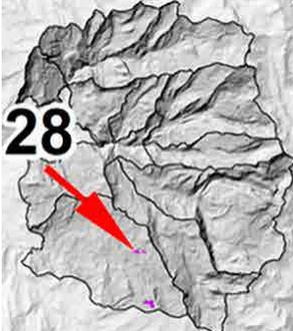
3.600,5 ha.
12,3%

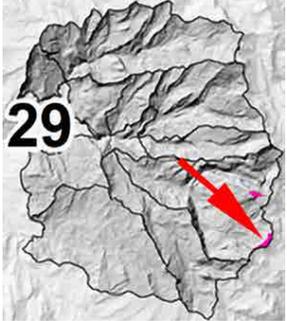
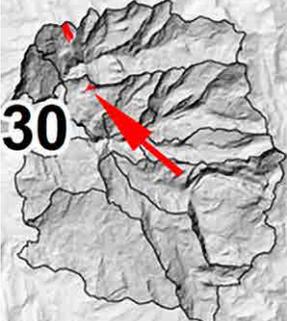
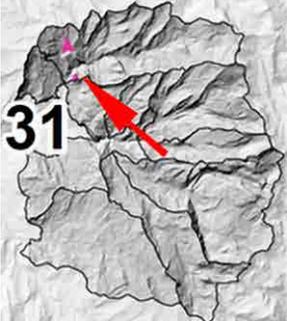
Esta unidad se encuentra con al menos 19 polígonos localizados hacia la parte media de la cuenca, considerando que es una de las geoformas más frecuentes y al poseer coberturas propias de páramo, ocupa algo más del 12% del área de estudio. Hidrológicamente presenta varios comportamientos, por ejemplo, en la cuenca del Río Cardenillo forma parte de una microcuenca con forma alargada, siendo moderadamente susceptible a las crecidas. La microcuenca se encuentra en estado de equilibrio y en fase de madurez, caracterizándose por tener una corriente no muy lenta, con alta pendiente del cauce principal (mayor al 40%) y relieve moderadamente escarpado. La unidad corresponde a una microcuenca con una densidad de drenaje moderada y un canal principal con baja sinuosidad. La precipitación media anual de la zona es de 1089,3 milímetros y posee un índice de escasez de recurso hídrico que indica una demanda muy baja. En la cuenca del Río San Pablín cuya forma más parecida es la circular, con una menor capacidad de atenuación de crecientes. La microcuenca se encuentra en estado de equilibrio y en fase de madurez, caracterizándose por tener una corriente no muy lenta, con una pendiente del cauce principal muy alta (12,6%) y relieve moderadamente escarpado. La unidad corresponde a una microcuenca con una densidad de drenaje moderada y un canal principal con baja sinuosidad. La precipitación media anual de la zona es de 977,2 milímetros y posee un índice de escasez de recurso hídrico que indica una demanda muy baja. Las unidades presentes en la cuenca del Río El Mortiño en fase de madurez y estado de equilibrio, caracterizándose por tener una corriente no muy lenta, con una pendiente del cauce principal muy alta (12,7%) y relieve muy inclinado. La unidad corresponde a una microcuenca con una densidad de drenaje moderada y un canal principal con sinuosidad baja. La precipitación media anual de la zona es de 960 milímetros y posee un índice de escasez de recurso hídrico que indica una demanda muy baja. Desde la óptica geomorfológica se encuentra en una de las unidades más frecuentes de la zona de estudio, Esta unidad se desarrolla sobre diversas litologías.



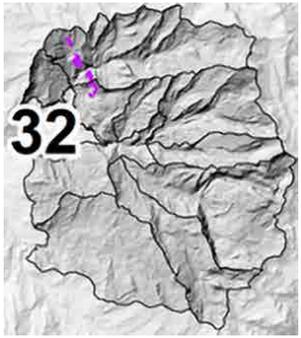
SÍMBOLO	ATRIBUTO GEOFORMA - COBERTURA	ÁREA (Ha) (%)	DESCRIPCIÓN DE LA UNIDAD	ESPACIALIZACIÓN
21	Ladera estructural de sierra homoclinal glaciada-arbustal-frailejonal y pajonal	3.600,5 ha. 12,3%	Presenta pendientes del 25-75% con una susceptibilidad muy baja al desarrollo de FRM y tasas de pérdida de suelos de 10-50 Ton/Ha*año en las partes más altas, en la cuenca del río El Mortiño está constituida por tres polígonos que se localizan en el costado sur de la microcuenca, dos de ellos en la parte alta con rocas de la Formación Aguardiente (areniscas) y Formación Capacho (lutitas negras carbonosas); mientras el polígono de la parte baja sobre rocas de la Formación La Luna (limo, calizas y chert). Los polígonos de la zona alta presentan pendientes del 12-25%, sin desarrollo de suelos, mientras que el polígono de la zona baja presenta pendientes mayores al 50% y pérdida de suelos mayor a 100 Ton/Ha*año. La susceptibilidad es muy baja para los polígonos de la zona alta y media a alta para el polígono de la zona baja. Sucesión dominada por <i>Espeletia</i> sp, pajonales de <i>Calamagrostis</i> sp, arbustos de bajo porte como <i>Hypericum</i> sp, <i>Pentacalia</i> sp, <i>Diplostephium</i> sp, con presencia de hierbas nativas, entre otras especies de páramo, arbustos de bajo porte como <i>Hypericum</i> sp, <i>Pentacalia</i> sp, <i>Diplostephium</i> sp, con presencia de hierbas nativas, entre otras especies de páramo; igualmente se destaca la presencia del lagarto collarejo, anfibios de alta montaña, insectos.	
22	Ladera estructural de sierra homoclinal glaciada-arbustales	115,01 ha. 0,40 %	Esta unidad hace parte de La microcuenca del Río El Mortiño con forma similar a una circunferencia, con capacidad intermedia de concentración de crecientes. La microcuenca se encuentra en estado de equilibrio y en fase de madurez, caracterizándose por tener una corriente no muy lenta, con una pendiente del cauce principal muy alta (12,7%) y relieve muy inclinado. La unidad corresponde a una microcuenca con una densidad de drenaje moderada y un canal principal con sinuosidad baja. La precipitación media anual de la zona es de 960 milímetros y posee un índice de escasez de recurso hídrico que indica una demanda muy baja. Los polígonos de esta unidad presentan una litología de areniscas con pendientes mayores al 50% y una susceptibilidad media al desarrollo de FRM y tasas de pérdida de suelos mayores a 100 Ton/Ha*año. Áreas dominadas por especies como <i>Ageratina</i> sp, <i>Baccharis</i> sp, <i>Pentacalia</i> sp, <i>Hypericum</i> sp, especies arbóreas nativas como <i>Escallonia</i> sp, <i>Vallea</i> sp, y asociaciones de Poaceas combinadas con herbazales, con presencia de fauna típica de sotobosque.	
23	Ladera estructural de sierra homoclinal glaciada-áreas de bosque	896,02 ha. 3,08 %	Corresponde a cinco polígonos localizados en la zona suroeste del área de trabajo, La precipitación media anual de la zona es de 1.055,9 milímetros y posee un índice de escasez de recurso hídrico que indica una demanda muy baja. Los polígonos de esta unidad se localizan sobre las Formaciones La Luna y Capacho (limolitas calcáreas y limolitas limosas), con pendientes predominantes entre el 25-50%. Presenta susceptibilidad baja a muy baja al desarrollo de FRM y tasas de pérdida de suelos de 50-100 Ton/Ha*año, excepto en las zonas bajas o de fuertes pendientes donde aumenta a mayor de 100 Ton/Ha*año. Constituyen relictos de bosque con presencia de <i>Polylepis</i> sp, <i>Weinmannia</i> sp, <i>Alnus</i> sp, <i>Vallea stipularis</i> , arbustales de <i>Baccharis</i> sp, <i>Ageratina</i> sp; se encuentra gran variedad de epifitas; fauna nativa y migratoria.	

SÍMBOLO	ATRIBUTO GEOFORMA - COBERTURA	ÁREA (Ha) (%)	DESCRIPCIÓN DE LA UNIDAD	ESPACIALIZACIÓN
24	Ladera estructural de sierra homoclinal glaciada-áreas de producción agropecuaria	2.087,52 ha. 7,18 %	La precipitación media anual de la zona es de 1.055,9 milímetros y posee un índice de escasez de recurso hídrico que indica una demanda muy baja. Los polígonos de esta unidad se localizan sobre las Formaciones La Luna y Capacho (limolitas calcáreas y limolitas limosas), con pendientes predominantes entre el 25-50%. Presenta susceptibilidad baja a muy baja al desarrollo de FRM y tasas de pérdida de suelos mayores a 100 Ton/Ha*año. Áreas de producción agropecuaria con presencia de especies introducidas como <i>Chenchrus clandestinum</i> , especies maderables y especies de cultivo local, en algunos casos se observa relictos de vegetación nativa o cercas vivas; la fauna está integrada por animales domésticos, poblaciones de insectos y especies de arácnidos; rana andina común y algunas otras especies adaptadas a zonas transformadas. Es la segunda cobertura de gran tamaño en esta zona de intercuenca, en la mayor parte de su área predominan los predios clasificados como microfundios, minifundios y pequeñas propiedades es decir hasta las 20 hectáreas, salvo unas excepciones al aumentar el nivel altitudinal donde superan las anteriores dimensiones, pese a estar ampliamente distribuidos no están conectados directamente con alguno de los senderos habilitados para el ecoturismo.	
25	Ladera estructural de sierra homoclinal glaciada-bosque de galería	29,76 ha. 0,10	Esta unidad forma parte de una microcuenca con forma alargada, siendo moderadamente susceptible a las crecidas. La microcuenca se encuentra en estado de equilibrio y en fase de madurez, caracterizándose por tener una corriente no muy lenta, con alta pendiente del cauce principal (mayor al 40%) y relieve moderadamente escarpado. La unidad corresponde a una microcuenca con una densidad de drenaje moderada y un canal principal con baja sinuosidad. La precipitación media anual de la zona es de 1.089,3 milímetros y posee un índice de escasez de recurso hídrico que indica una demanda muy baja. Los polígonos presentan litología subyacente de las areniscas sublíticas de la formación Barco con eventuales recubrimientos de conos glaciofluviales, su promedio de pendientes está en promedio de 50-75%, pérdida de suelos mayores 100 Ton/Ha*año y baja susceptibilidad al desarrollo de FRM.	
26	Ladera estructural de sierra homoclinal glaciada-herbazal-pajonal	5.627,62 ha. 19,36 %	Considerando que la geoforma y la cobertura es muy frecuente, esta unidad ocupa casi el 20% del área de estudio, particularmente en esta UPA en la cuenca del río Cardenillo se encuentra una obra de captación para uso doméstico "Comunal Vereda San Roque Leal", con un caudal otorgado de 5,29lt/s, en jurisdicción de Corpoboyacá. Esta unidad forma parte de una microcuenca con forma alargada, siendo moderadamente susceptible a las crecidas. La microcuenca se encuentra en estado de equilibrio y en fase de madurez, caracterizándose por tener una corriente no muy lenta, con alta pendiente del cauce principal (mayor al 40%) y relieve moderadamente escarpado. La unidad corresponde a una microcuenca con una densidad de drenaje moderada y un canal principal con baja sinuosidad. La precipitación media anual de la zona oscila entre 1.089,3 a 926 milímetros y posee un índice de escasez de recurso hídrico que indica una demanda muy baja.	

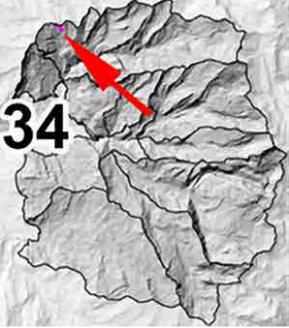
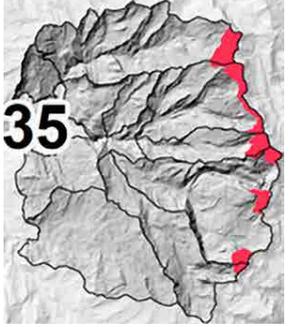
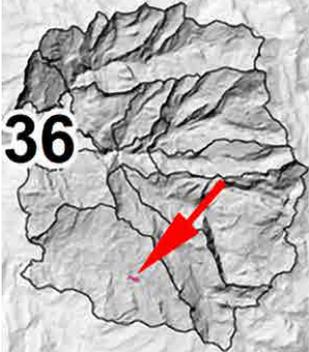
SÍMBOLO	ATRIBUTO GEOFORMA - COBERTURA	ÁREA (Ha) (%)	DESCRIPCIÓN DE LA UNIDAD	ESPACIALIZACIÓN
26	Ladera estructural de sierra homoclinal glaciada-herbazal-pajonal		La zona alta está constituida por areniscas de la Formación Aguardiente, mientras que las unidades de la zona baja están constituidas por lutitas de la Formación Capacho. Presenta pendientes mayores al 50%, alta tasa de pérdida de suelos mayor a 100 Ton/Ha*año y susceptibilidad media al desarrollo de FRM. Esta unidad en la cuenca del Río Mortiño está constituida por tres polígonos que se localizan en el costado sur de la microcuenca, dos de ellos en la parte alta con rocas de la Formación Aguardiente (areniscas) y Formación Capacho (lutitas negras carbonosas); mientras el polígono de la parte baja sobre rocas de la Formación La Luna (limo, calizas y chert). Los polígonos de la zona alta presentan pendientes del 12-25%, sin desarrollo de suelos, mientras que el polígono de la zona baja presenta pendientes mayores al 50% y pérdida de suelos mayor a 100 Ton/Ha*año. La susceptibilidad es muy baja para los polígonos de la zona alta y media a alta para el polígono de la zona baja. Áreas dominadas por asociaciones vegetales de <i>Calamagrostis effusa</i> , <i>Orthrosanthus</i> sp, hierbas de sucesión temprana como <i>Acaena</i> sp, <i>Hypericum mexicanum</i> , algunas especies de Briófitos y Líquenes, entre otras hierbas, combinadas con afloramientos rocosos; igualmente se encuentran poblaciones de lagarto collarejo, insectos, arácnidos y constituyen áreas de alimentación para algunos mamíferos como el venado de cola blanca.	
27	Ladera estructural de sierra homoclinal glaciada-lagunas de alta montaña	66,66 ha. 0,23 %	Corresponde a la mayoría de lagunas que por efecto de la sobreexcavación se generaron en las laderas estructurales de las areniscas de la formación Aguardiente. En las áreas aledañas a los cuerpos de agua lénticos se desarrollan asociaciones vegetales propias de humedales como turberas o esfagnales cubiertas de briófitos Puyas, tobos (<i>Escallonia</i> sp), paja de montaña (<i>Cortaderia</i> sp), cortadera (<i>Carex</i> sp), entre otras que integran un hábitat propicio para aves acuáticas como el pato andino (<i>Anas</i> sp) y sitios de refugio y alimentación de mamíferos como el oso de anteojos y el venado de cola blanca	
28	Ladera estructural de sierra homoclinal glaciada-vegetación de humedal y cuerpos de agua lenticos	30,37 ha. 0,10 %	Esta unidad hace parte de una microcuenca con forma similar a una circunferencia (El Mortiño), con capacidad intermedia de concentración de crecientes. La microcuenca se encuentra en estado de equilibrio y en fase de madurez, caracterizándose por tener una corriente no muy lenta, con una pendiente del cauce principal alta (12,7%) y relieve muy inclinado. La unidad corresponde a una microcuenca con una densidad de drenaje moderada y un canal principal con sinuosidad baja. La precipitación media anual de la zona es de 960 milímetros y posee un índice de escasez de recurso hídrico que indica una demanda muy baja. Unidad en posición de artesa sobre rocas de la Formación Capacho, principalmente lutitas, con pendientes del 3-7%. Presenta pérdida de suelos menor a 10 Ton/Ha*año y susceptibilidad al desarrollo de FRM muy baja. En las áreas aledañas a los cuerpos de agua lénticos se desarrollan asociaciones vegetales propias de humedales como turberas o esfagnales cubiertas de briófitos puyas, tobos (<i>Escallonia</i> sp), paja de montaña (<i>Cortaderia</i> sp), cortadera (<i>Carex</i> sp), entre otras que integran un hábitat propicio para aves acuáticas como el pato andino (<i>Anas</i> sp) y sitios de refugio y alimentación de mamíferos como el oso de anteojos y el venado de cola blanca.	

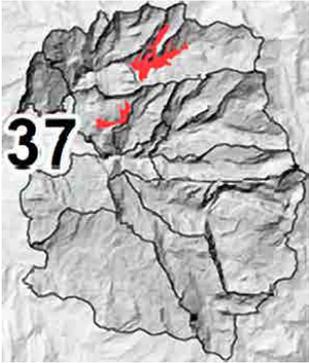
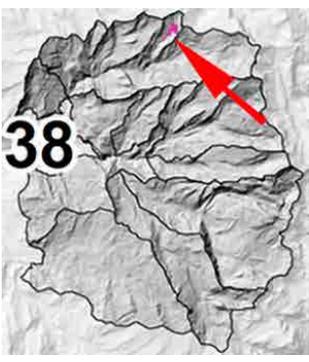
SÍMBOLO	ATRIBUTO GEOFORMA - COBERTURA	ÁREA (Ha) (%)	DESCRIPCIÓN DE LA UNIDAD	ESPACIALIZACIÓN
29	Ladera estructural de sierra homoclinal glaciada-zonas glaciares	66,23 ha. 0,23 %	Esta unidad hace parte de una microcuenca con forma similar a una circunferencia (Cóncavo), con capacidad intermedia de concentración de crecientes. La microcuenca se encuentra en estado de equilibrio y en fase de madurez, caracterizándose por tener una corriente no muy lenta, con alta pendiente del cauce principal (8,6%) y relieve moderadamente escarpado. La unidad corresponde a una microcuenca con una densidad de drenaje moderada y un canal principal con sinuosidad media. La precipitación media anual de la zona es de 924,6 milímetros y posee un índice de escasez de recurso hídrico que indica una demanda muy baja. El sustrato rocoso de esta unidad corresponde a la Formación Aguardiente (areniscas) con desarrollo de pendientes comprendidas entre el 12 y el 25%, obviamente no hay suelos, y susceptibilidad a FRM muy baja.	
30	Lomerío estructural poco disectado-arbustal-frailejónal y pajonal	70,69 ha. 0,24 %	Esta unidad forma parte de una microcuenca con forma alargada (Río Cardenillo), siendo moderadamente susceptible a las crecidas. La microcuenca se encuentra en estado de equilibrio y en fase de madurez, caracterizándose por tener una corriente no muy lenta, con alta pendiente del cauce principal (mayor al 40%) y relieve moderadamente escarpado. La unidad corresponde a una microcuenca con una densidad de drenaje moderada y un canal principal con baja sinuosidad. La precipitación media anual de la zona es de 1089,3 milímetros y posee un índice de escasez de recurso hídrico que indica una demanda muy baja. Unidad compuesta por intervalos de frentes y reveses sobre rocas de la Formación Los Cuervos (lutitas carbonaceas con intervalos de areniscas de grano fino a medio). Presenta pendientes de 25-50%, tasas de pérdida de suelos mayor a 50 Ton/Ha* año y muy baja susceptibilidad al desarrollo de FRM. En la zona de intercuenca litológicamente pertenece a la Formación Colon Mito-Juan (lutitas limosas negras, con delgados bancos de areniscas), pendientes entre el 50-75%, con una susceptibilidad baja al desarrollo de FRM y tasa de pérdida de suelos de 10-50 Ton/Ha* año.	
31	Lomerío estructural poco disectado-arbustales	59,85 ha. 0,21 %	Esta unidad forma parte de una microcuenca con forma alargada, siendo moderadamente susceptible a las crecidas. La microcuenca se encuentra en estado de equilibrio y en fase de madurez, caracterizándose por tener una corriente no muy lenta, con alta pendiente del cauce principal (mayor al 40%) y relieve moderadamente escarpado. La unidad corresponde a una microcuenca con una densidad de drenaje moderada y un canal principal con baja sinuosidad. La precipitación media anual de la zona es de 1089,3 milímetros y posee un índice de escasez de recurso hídrico que indica una demanda muy baja. Litológicamente compuesto por areniscas y lutitas de las Formaciones Barco y Colon Mito-Juan respectivamente. Presenta pendientes del 50-75%, pérdida de suelos superior a 100 Ton/Ha* año y una susceptibilidad media al desarrollo de FRM. Sucesión dominada por <i>Espeletia</i> sp, pajonales de <i>Calamagrostis</i> sp, arbustos de bajo porte como <i>Hypericum</i> sp, <i>Pentacalia</i> sp, <i>Diplostephium</i> sp, con presencia de hierbas nativas, entre otras especies de páramo; igualmente se destaca la presencia del lagarto collarito, anfibios de alta montaña, insectos	

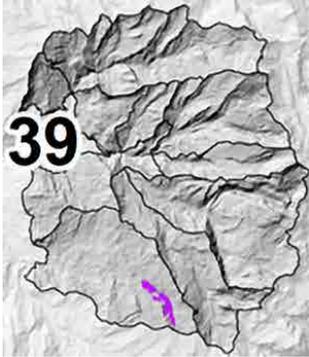
SÍMBOLO	ATRIBUTO GEOFORMA - COBERTURA	ÁREA (Ha) (%)	DESCRIPCIÓN DE LA UNIDAD	ESPACIALIZACIÓN
---------	-------------------------------------	------------------	--------------------------	-----------------

32	Lomerío estructural poco disectado-áreas de bosque	113,40 ha. 0,39 %	<p>Esta unidad forma parte de una microcuenca con forma alargada, siendo moderadamente susceptible a las crecidas. La microcuenca se encuentra en estado de equilibrio y en fase de madurez, caracterizándose por tener una corriente no muy lenta, con alta pendiente del cauce principal (mayor al 40%) y relieve moderadamente escarpado. La unidad corresponde a una microcuenca con una densidad de drenaje moderada y un canal principal con baja sinuosidad. La precipitación media anual de la zona es de 1.089,3 milímetros y posee un índice de escasez de recurso hídrico que indica una demanda muy baja. Unidad conformada principalmente por lutitas de la Formación Colon Mito-Juan e intercalaciones de caliza y lutitas de la Formación La Luna. Presenta rangos de pendiente mayores al 50%, altas tasas de pérdida de suelos (mayor a 100 Ton/Ha*año) y susceptibilidad media al desarrollo de FRM. Constituyen relictos de bosque con presencia de <i>Polylepis</i> sp, <i>Weinmannia</i> sp, <i>Alnus</i> sp, <i>Vallea stipularis</i>, arbustales de <i>Baccharis</i> sp, <i>Ageratina</i> sp; se encuentra gran variedad de epífitas; fauna nativa y migratoria.</p>	
----	--	----------------------	---	---

33	Lomerío estructural poco disectado-áreas de producción agropecuaria	172,57 ha. 0,59 %	<p>En esta UPA se encuentra una obra de captación para uso de abrevadero y riego a nombre de Fausto Mejía Leal, con un caudal otorgado de 0,508 lt/s, en jurisdicción de Corpoboyacá. Esta unidad forma parte de una microcuenca con forma alargada, siendo moderadamente susceptible a las crecidas. La microcuenca se encuentra en estado de equilibrio y en fase de madurez, caracterizándose por tener una corriente no muy lenta, con alta pendiente del cauce principal (mayor al 40%) y relieve moderadamente escarpado. La unidad corresponde a una microcuenca con una densidad de drenaje moderada y un canal principal con baja sinuosidad. La precipitación media anual de la zona es de 1089,3 milímetros y posee un índice de escasez de recurso hídrico que indica una demanda muy baja. En razón al proceso de generalización los diversos polígonos que conforman esta unidad presentan diversas litologías, inclusive depósitos. Muestra rangos de pendientes entre el 25-75%, alta tasa de pérdida de suelo (mayor a 100 Ton/Ha*año) y susceptibilidad media al desarrollo de FRM. Áreas de producción agropecuaria con presencia de especies introducidas como <i>Chenerus clandestinum</i>, especies maderables y especies de cultivo local, en algunos casos se observa relictos de vegetación nativa o cercas vivas; la fauna está integrada por animales domésticos, poblaciones de insectos y especies de arácnidos; rana andina común y algunas otras especies adaptadas a zonas transformadas. Esta unidad se encuentra distribuida en la zona media baja de la microcuenca, entre más descendiendo el perfil de altitud se evidencia mayor fragmentación de terrenos representados en microfundios y minifundios, hacia la zona de protección del parque se encuentran predios de mayor tamaño, es decir, superiores a 20 hectáreas.</p>	
----	---	----------------------	--	---

SÍMBOLO	ATRIBUTO GEOFORMA - COBERTURA	ÁREA (Ha) (%)	DESCRIPCIÓN DE LA UNIDAD	ESPACIALIZACIÓN
34	Lomerío estructural poco disectado-herbazal-pajonal	14,17 ha. 0,05 %	<p>Esta unidad forma parte de una microcuenca con forma alargada, siendo moderadamente susceptible a las crecidas. La microcuenca se encuentra en estado de equilibrio y en fase de madurez, caracterizándose por tener una corriente no muy lenta, con alta pendiente del cauce principal (mayor al 40%) y relieve moderadamente escarpado. La unidad corresponde a una microcuenca con una densidad de drenaje moderada y un canal principal con baja sinuosidad. La precipitación media anual de la zona es de 1.089,3 milímetros y posee un índice de escasez de recurso hídrico que indica una demanda muy baja. Unidad desarrollada sobre la arenisca de la Formación Barco, con fuertes pendientes (mayor al 75%), alta tasa de pérdida de suelos (mayor a 100 Ton/Ha*año) y susceptibilidad media al desarrollo de FRM. Áreas dominadas por asociaciones vegetales de <i>Calamagrostis effusa</i>, <i>Orthrosanthus</i> sp, hierbas de sucesión temprana como <i>Acaena</i> sp, <i>Hypericum mexicanum</i>, algunas especies de Briófitos y Líquenes, entre otras hierbas, combinadas con afloramientos rocosos; igualmente se encuentran poblaciones de lagarto collarajo, insectos, arácnidos y constituyen áreas de alimentación para algunos mamíferos como el venado de cola blanca.</p>	
35	Masa glaciaronas glaciares	1.196,11 ha. 4,11 %	<p>La precipitación media anual de la zona alta oscila entre 850 y 1.100 milímetros. Estas masas están en su mayoría localizadas en laderas estructurales principalmente de la formación Aguardiente.</p>	
36	Plano glaciolacustrino-arbus-tal-frailejonal y pajonal	14,47 ha. 0,05 %	<p>Esta unidad hace parte de una microcuenca con forma similar a una circunferencia, (El Mortío) con capacidad intermedia de concentración de crecientes. La microcuenca se encuentra en estado de equilibrio y en fase de madurez, caracterizándose por tener una corriente no muy lenta, con una pendiente del cauce principal muy alta (12,7%) y relieve muy inclinado. La unidad corresponde a una microcuenca con una densidad de drenaje moderada y un canal principal con sinuosidad baja. La precipitación media anual de la zona es de 960 milímetros y posee un índice de escasez de recurso hídrico que indica una demanda muy baja. Los depósitos fluvio-glaciares contienen esta unidad de fondo de artesa con pendientes del 3-7% en la zona más baja y eventuales pendientes mayores al 50% en algunas ondulaciones de la misma unidad. Presenta tasas de pérdida de suelos entre 10-50 Ton/Ha*año y susceptibilidad baja al desarrollo de FRM. Áreas de producción agropecuaria con presencia de especies introducidas como <i>Chenchrus clandestinum</i>, especies maderables y especies de cultivo local, en algunos casos se observa relictos de vegetación nativa o cercas vivas; la fauna está integrada por animales domésticos, poblaciones de insectos y especies de arácnidos; rana andina común y algunas otras especies adaptadas a zonas transformadas.</p>	

SÍMBOLO	ATRIBUTO GEOFORMA - COBERTURA	ÁREA (Ha) (%)	DESCRIPCIÓN DE LA UNIDAD	ESPACIALIZACIÓN
37	Plano glaciolacustrino-áreas de producción agropecuaria	433,22 ha. 1,49 %	<p>Esta unidad forma parte de una microcuenca con forma alargada, siendo moderadamente susceptible a las crecidas. La microcuenca se encuentra en estado de equilibrio y en fase de madurez, caracterizándose por tener una corriente no muy lenta, con alta pendiente del cauce principal (mayor al 40%) y relieve moderadamente escarpado. La unidad corresponde a una microcuenca con una densidad de drenaje moderada y un canal principal con baja sinuosidad. La precipitación media anual de la zona es de 1.089,3 milímetros y posee un índice de escasez de recurso hídrico que indica una demanda muy baja. Unidad desarrollada sobre depósitos fluvioglaciares que revisten alta importancia hidrogeológica, con pendientes entre el 7-12% que ha permitido el desarrollo de la ganadería, con pérdida de suelos entre 10-50 Ton/Ha*año y muy baja susceptibilidad al desarrollo de FRM. Áreas de producción pecuaria con presencia de pastos introducidos como <i>Chenchrus clandestinum</i>, combinados con herbazales nativos; la fauna se constituye por especies domésticas y algunas adaptadas a zonas transformadas. Los predios presentes en esta unidad superan las 20 hectáreas, dentro de su área se extiende el sendero Bachira.</p>	
38	Plano glaciolacustrino-herbazal-pajonal	37,32 ha. 0,13 %	<p>Esta unidad forma parte de una microcuenca con forma alargada (Cardenillo), siendo moderadamente susceptible a las crecidas. La microcuenca se encuentra en estado de equilibrio y en fase de madurez, caracterizándose por tener una corriente no muy lenta, con alta pendiente del cauce principal (mayor al 40%) y relieve moderadamente escarpado. La unidad corresponde a una microcuenca con una densidad de drenaje moderada y un canal principal con baja sinuosidad. La precipitación media anual de la zona es de 1089,3 milímetros y posee un índice de escasez de recurso hídrico que indica una demanda muy baja. Esta unidad presenta algunas laderas en la Formación La Luna (lutitas negra carbonosas y eventuales bancos de caliza), pendientes del 12-25%, pérdida de suelos menores a 10 Ton/Ha*año y una muy baja susceptibilidad al desarrollo de FRM. Áreas de producción agropecuaria con presencia de especies introducidas como <i>Chenchrus clandestinum</i>, especies maderables y especies de cultivo local, en algunos casos se observa relictos de vegetación nativa o cercas vivas; la fauna está integrada por animales domésticos, poblaciones de insectos y especies de arácnidos; rana andina común y algunas otras especies adaptadas a zonas transformadas.</p>	

SÍMBOLO	ATRIBUTO GEOFORMA - COBERTURA	ÁREA (Ha) (%)	DESCRIPCIÓN DE LA UNIDAD	ESPACIALIZACIÓN
39	Plano glaciola- castrino-vegeta- ción de humedal y cuerpos de agua lenticos	121,79 ha. 0,42 %	<p>En esta UPA se encuentra una obra de captación a nombre de Personero Municipal Pablo Torres Valencia, con un caudal otorgado de 0,347 lt/s para uso doméstico en jurisdicción de Corpoboyacá. Esta unidad hace parte de una microcuenca con forma similar a una circunferencia, con capacidad intermedia de concentración de crecientes. La microcuenca se encuentra en estado de equilibrio y en fase de madurez, caracterizándose por tener una corriente no muy lenta, con una pendiente del cauce principal muy alta (12,7%) y relieve muy inclinado. La unidad corresponde a una microcuenca con una densidad de drenaje moderada y un canal principal con sinuosidad baja. La precipitación media anual de la zona es de 960 milímetros y posee un índice de escasez de recurso hídrico que indica una demanda muy baja. Los depósitos fluvio-glaciares contienen esta unidad de fondo de artesa con pendientes del 3-7% en la zona más baja y eventuales pendientes del 25% en algunas ondulaciones de la misma unidad. Presenta tasas de pérdida de suelos entre 10-50 Ton/Ha*año y susceptibilidad muy baja al desarrollo de FRM. En las áreas aledañas a los cuerpos de agua lenticos y áreas con baja pendiente se desarrollan asociaciones vegetales propias de humedales como turberas o esfagnales cubiertas de briófitos Puyas, tobos (<i>Escallonia</i> sp), paja de montaña (<i>Cortaderia</i> sp), cortadera (<i>Carex</i> sp), entre otras que integran un hábitat propicio para aves acuáticas como el pato andino (<i>Anas</i> sp) y sitios de refugio y alimentación de mamíferos como el oso de anteojos y el venado de cola blanca.</p>	

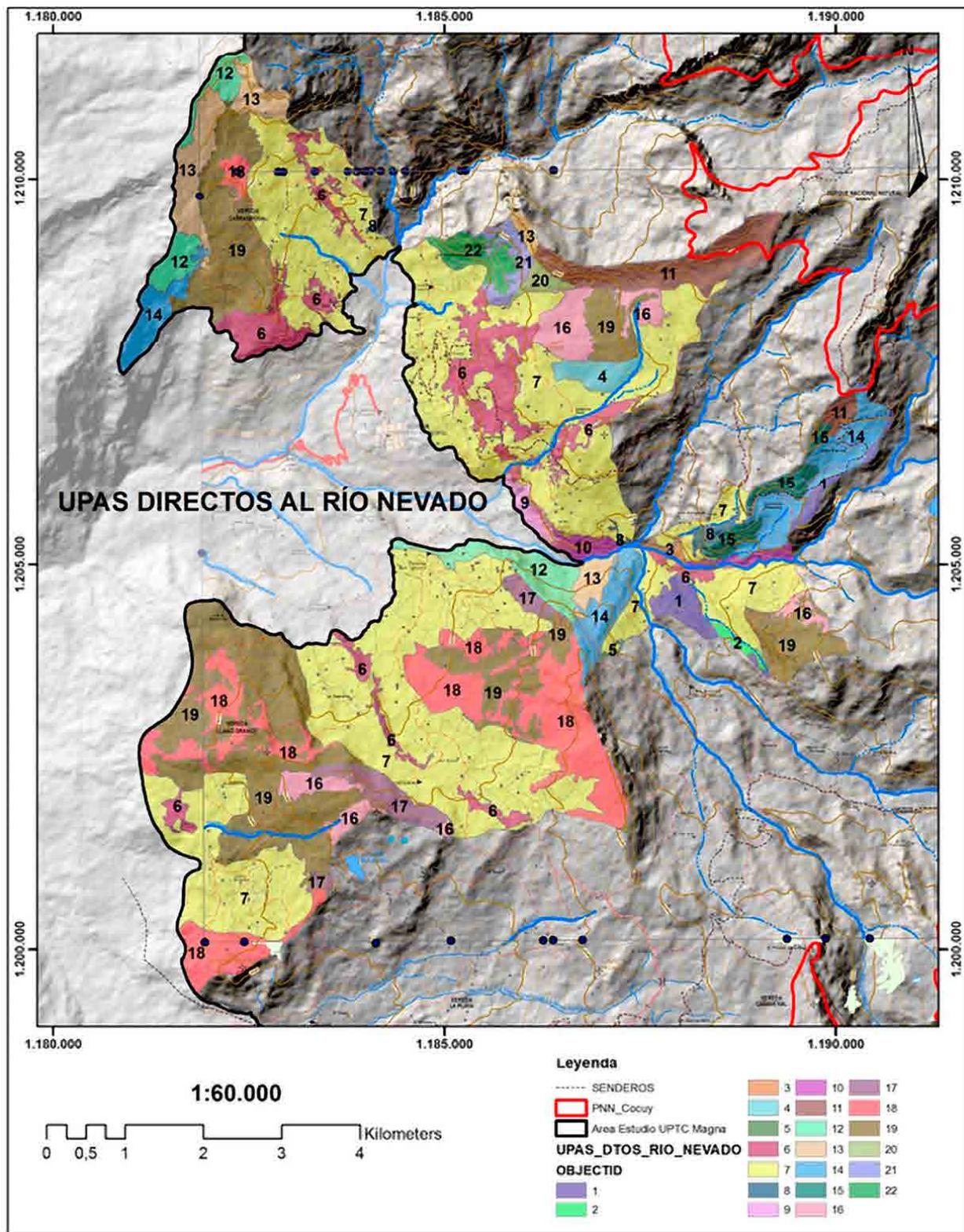


Figura 6.4 UPAS Drenajes directos al Río Nevado

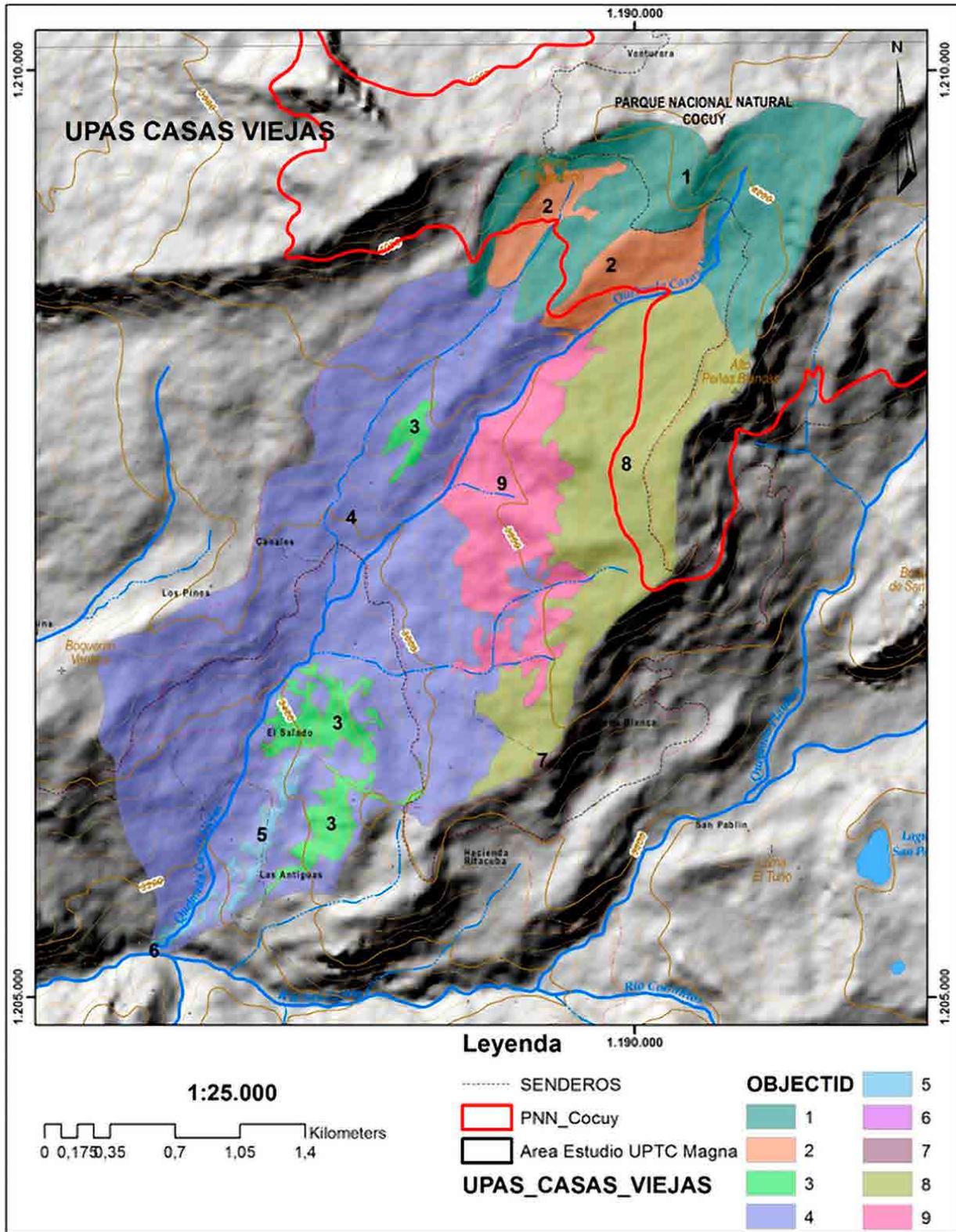


Figura 6.5 UPAS de la microcuenca de la quebrada Casas Viejas

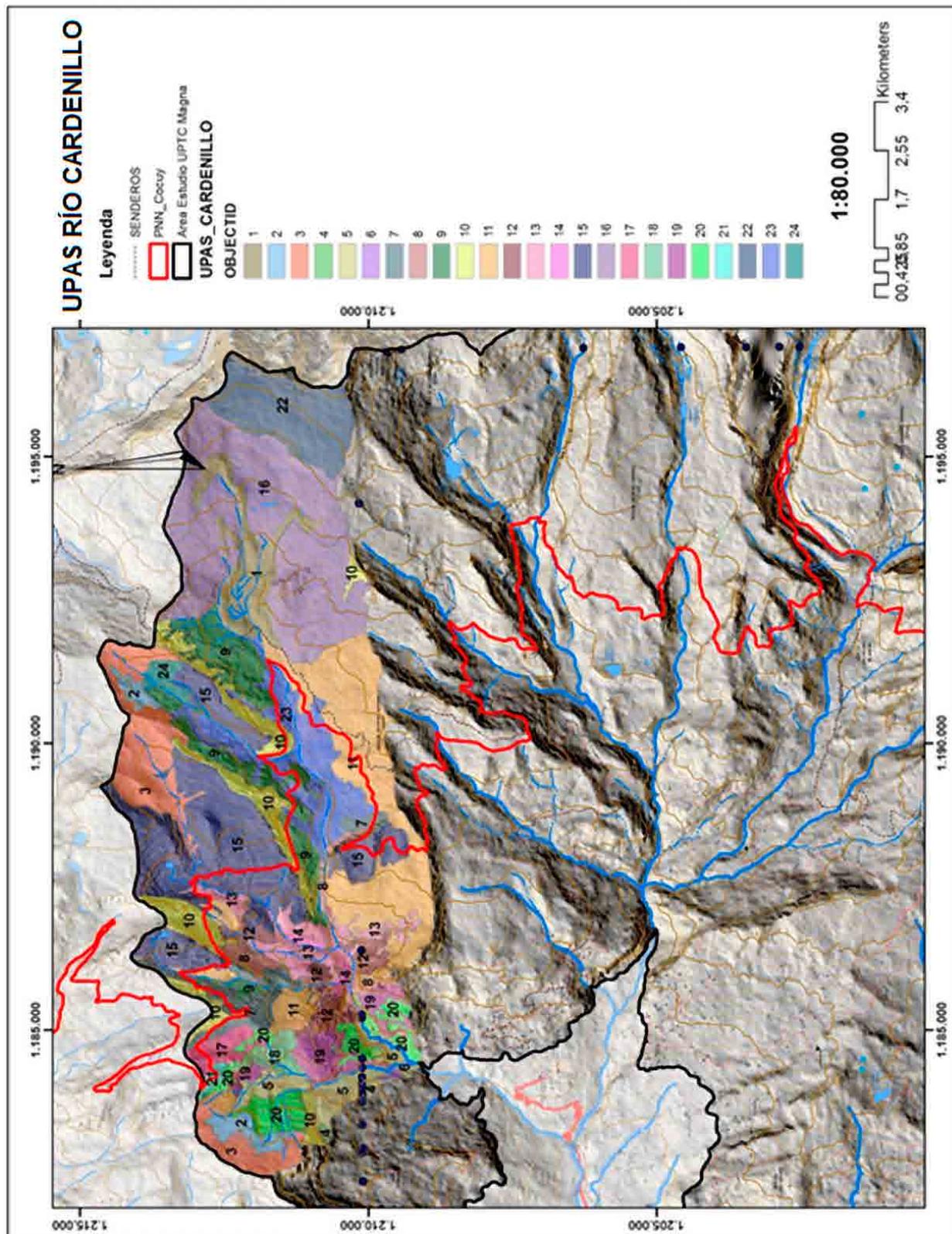


Figura 6.6 UPAS cuenca del Río Cardenillo

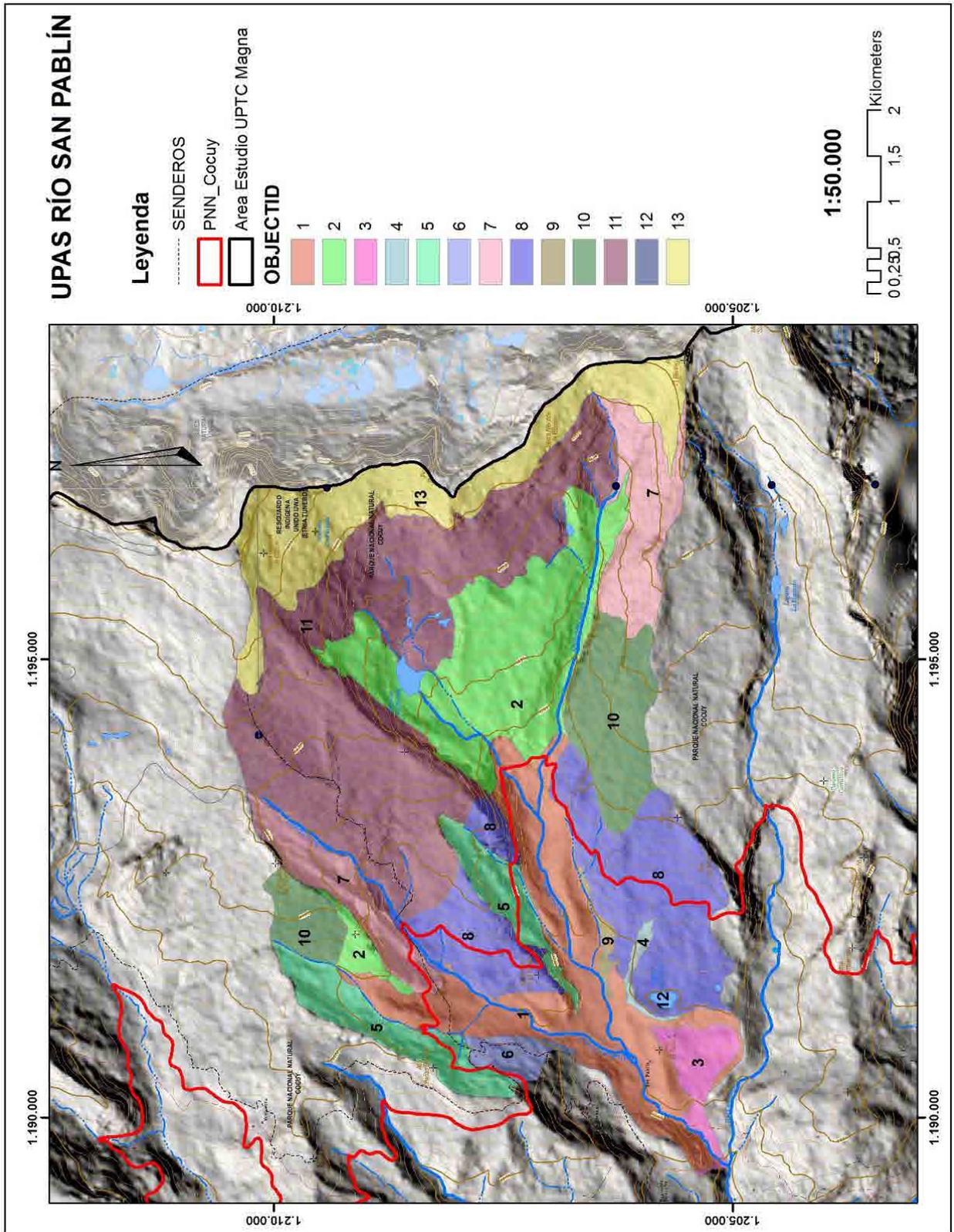


Figura 6.7 UPAS de la microcuenca del Río San Pablín

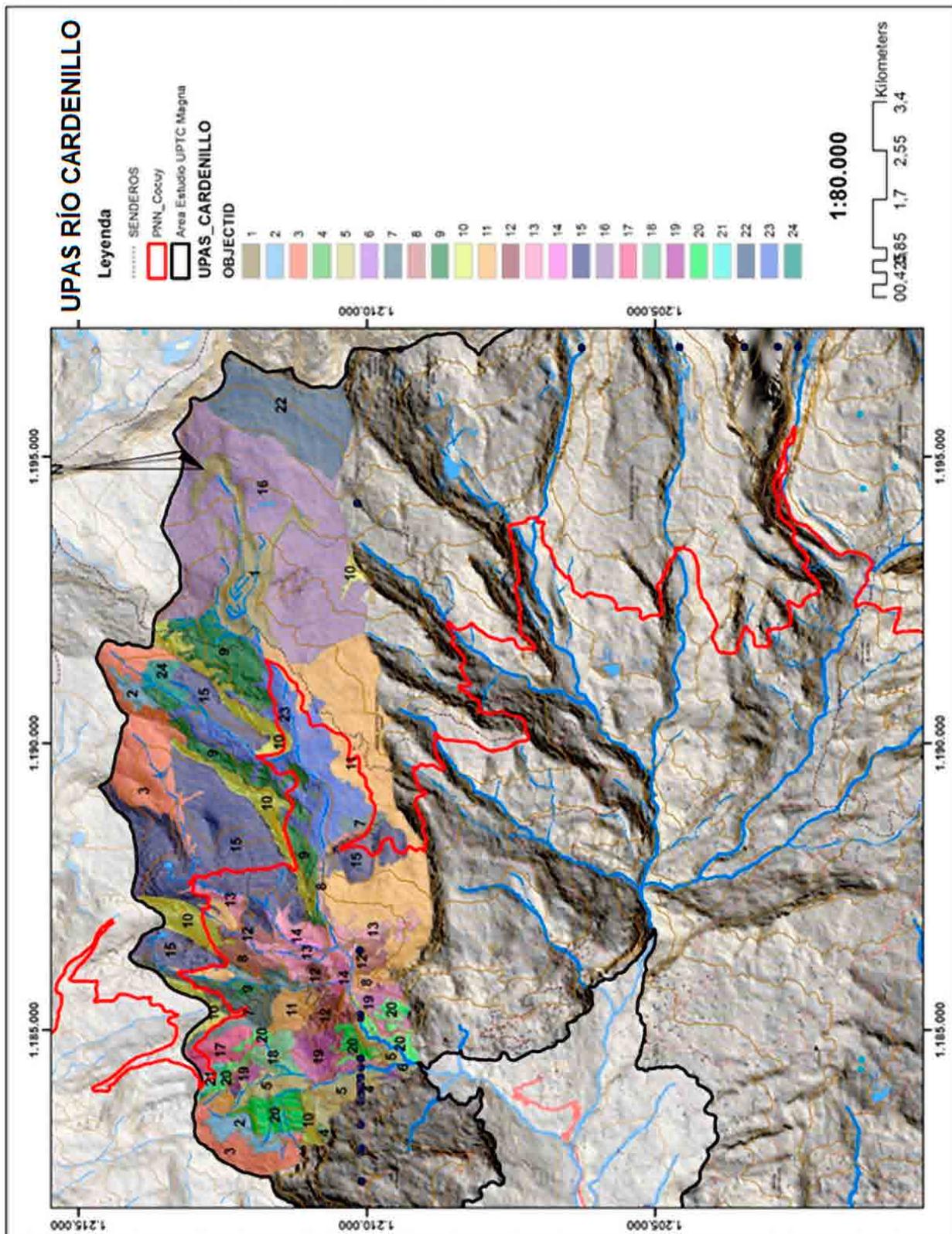


Figura 6.8 UPAS de la microcuenca del Río Corralitos

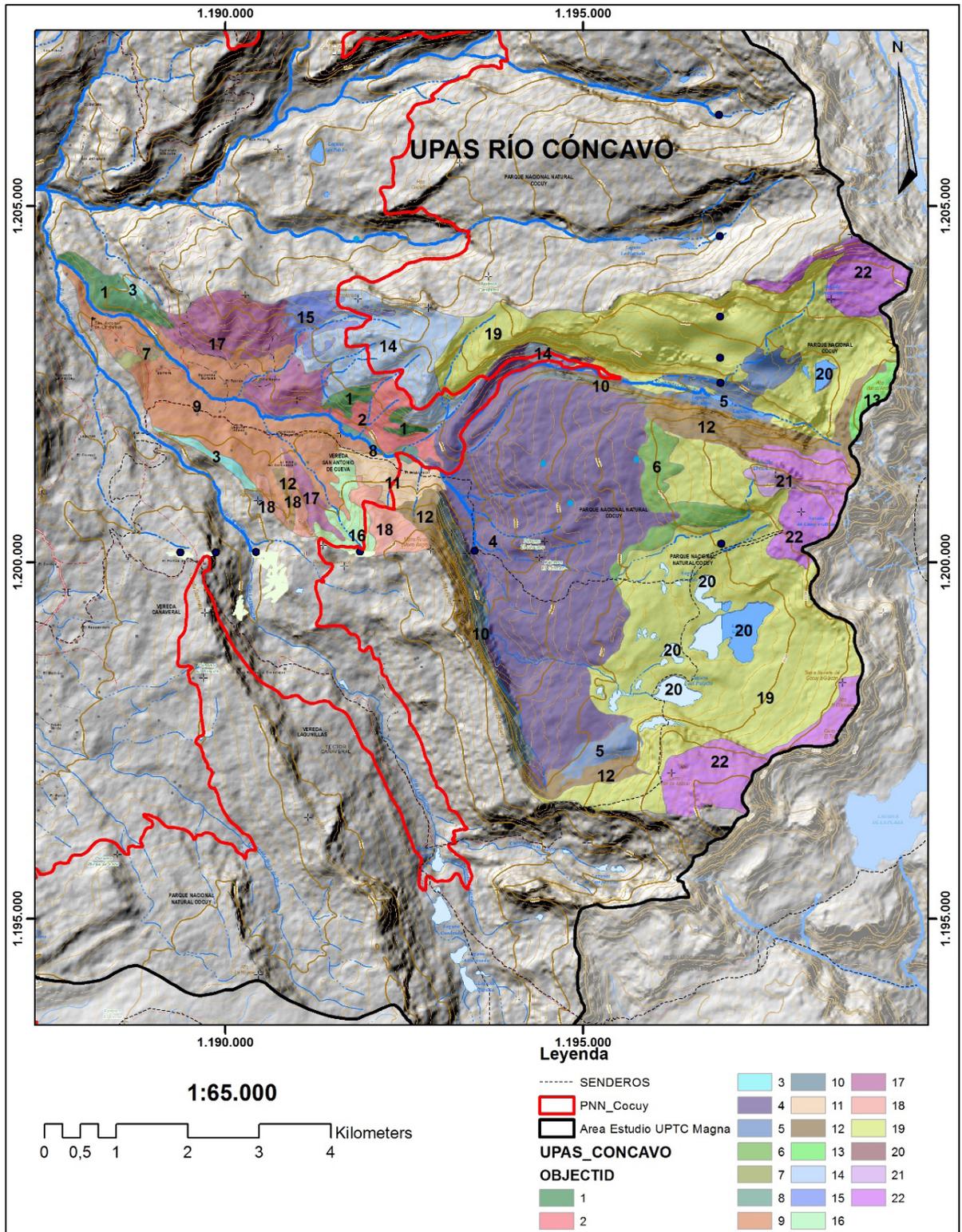


Figura 6.9 UPAS de la microcuenca del Río Cóncavo

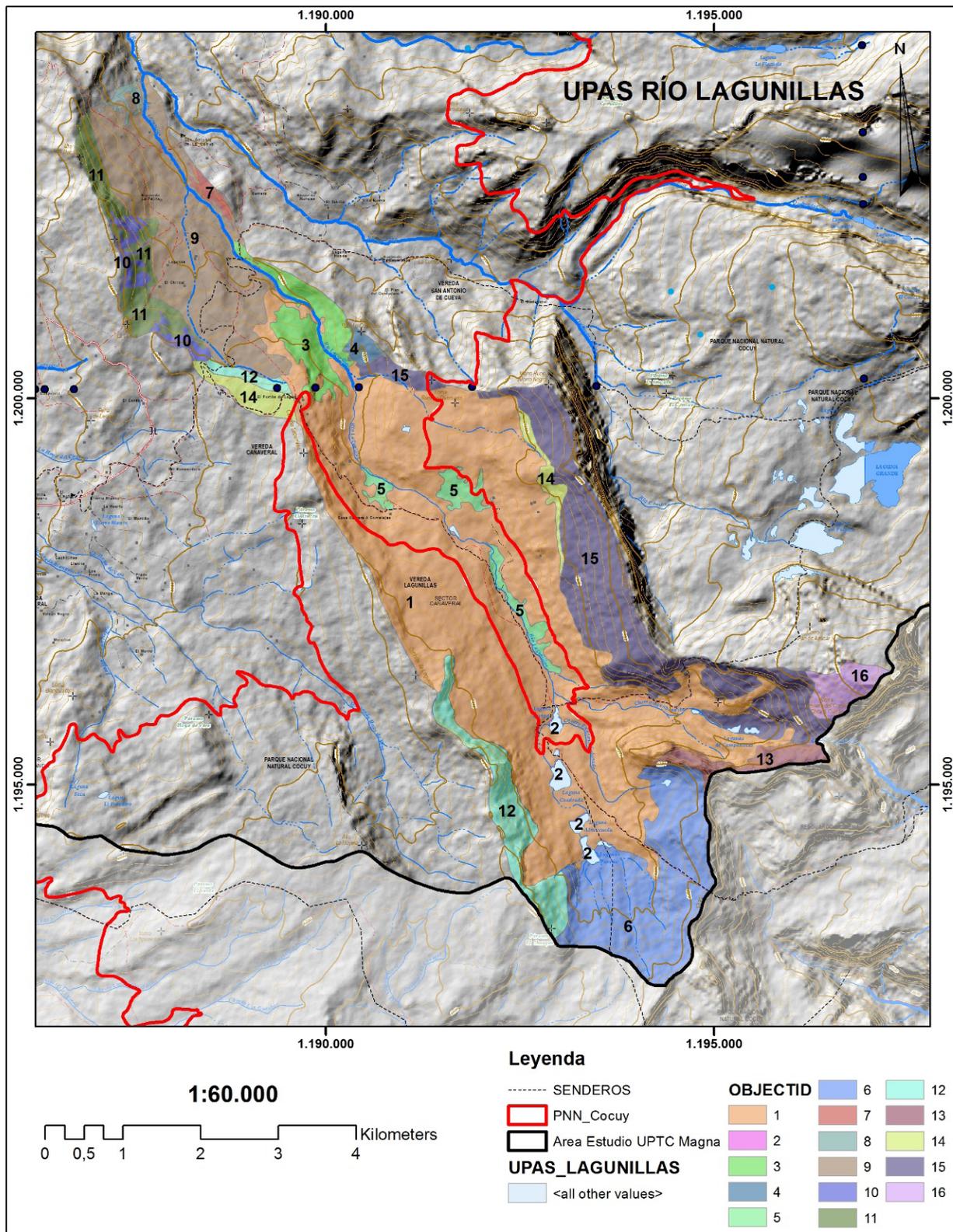


Figura 6.10 UPAS de la microcuenca del Río Lagunillas

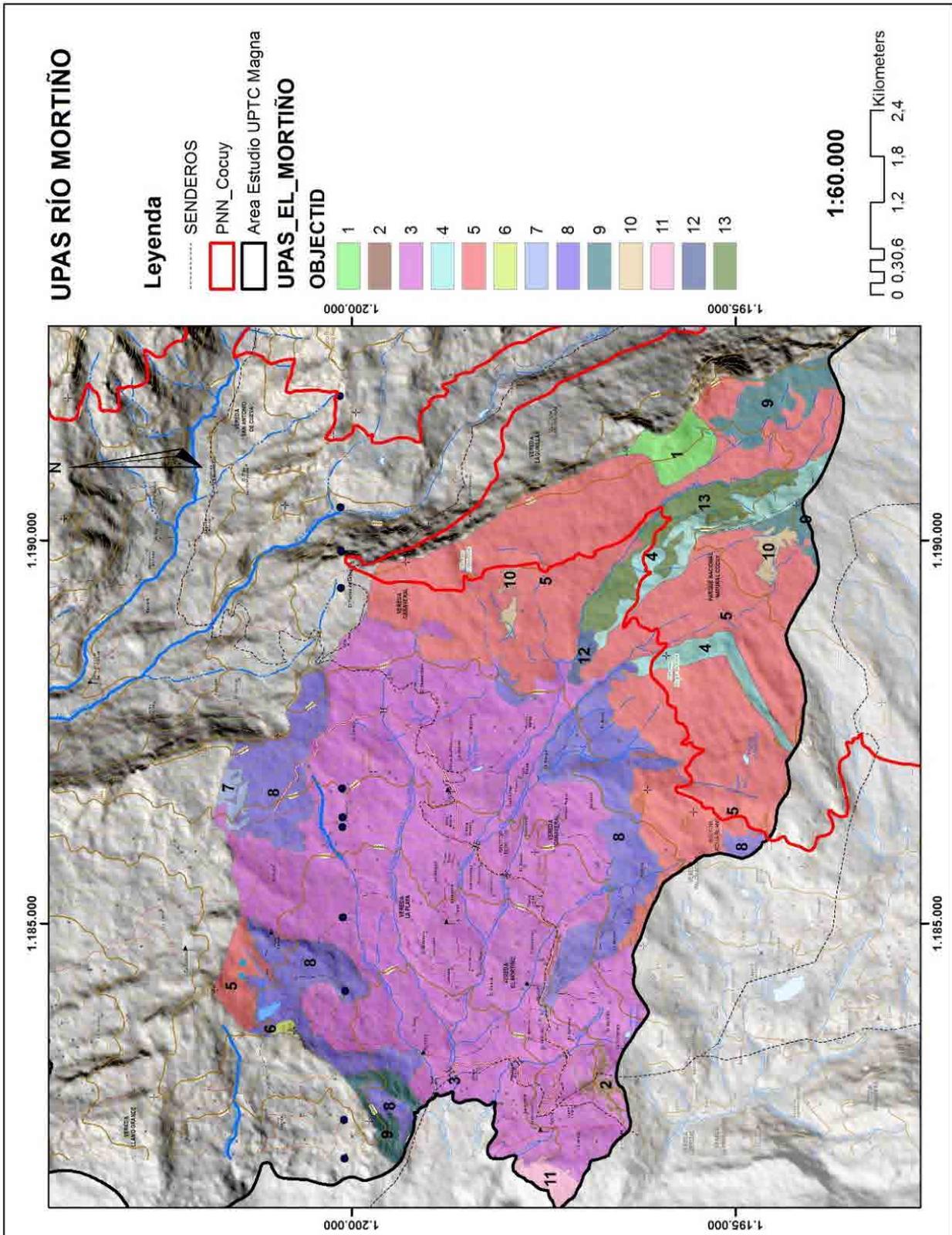


Figura 6.11 UPAS de la microcuenca del Río El Mortiño

Tabla 6.2 Caracterización hidrobiológica UPAS Lagunillas

SITIO	DESCRIPCIÓN	ATRIBUTO GEOFORMA O COBERTURA
LAG1	<p>Caracterización físico-química y bacteriológica: Conductividad muy baja: <15,8 uS/cm (percentil 25), Alcalinidad baja: entre 3,3 a 11,2 mg/L CaCO₃ (percentil 25-75). Res. 3382/15 preservación fauna y flora: cumple oxígeno, NH₄, PO₄, pH. Concentración nitrógeno inorgánico baja a moderada, fosfato baja (según intervalos otros ríos altoandinos). Res. 3382/15 consumo humano, agrícola y pecuario: cumple Cl, SO₄, oxígeno, NO₃, PO₄, pH y DQO. ICA: aceptable. RAS 2010: pH regular 5-6; turbiedad aceptable <2. ICOMI e ICOSUS: ninguna; ICOMO: ninguna. Indicadores bacteriológicos: Col. Fec: N.D. RAS 2010: Col. Tot: regular. Caracterización ecológica: QBr muy buena; IHF Intermedio, sin alteración apreciable. Macroinvertebrados: baja riqueza < 9 familias (percentil 25). Perifiton: riqueza intermedia 20 a 28 morfoespecies (percentil 25 a 75).</p>	Campo de morrenas-Arbustal-Frailejona y pajonal
LAG2	<p>Caracterización físico-química y bacteriológica: Conductividad muy baja: <15,8 uS/cm (percentil 25), Alcalinidad baja: entre 3,3 a 11,2 mg/L CaCO₃ (percentil 25-75). Res. 3382/15 preservación fauna y flora: cumple oxígeno, NH₄, PO₄, pH. Concentración nitrógeno inorgánico baja a moderada, fosfato baja (según intervalos otros ríos altoandinos). Concentración mayor fosfato: > 0,013 mg/L (percentil 75). Res. 3382/15 consumo humano, agrícola y pecuario: cumple Cl, SO₄, oxígeno, NO₃, PO₄, pH y DQO. ICA: buena. RAS 2010: pH aceptable > 6; turbiedad regular 2-40. ICOMI e ICOSUS: ninguna; ICOMO: ninguna. Indicadores bacteriológicos: Col. Fec: N.D. RAS 2010: Col. Tot: regular. Caracterización ecológica: QBr buena; IHF Intermedio, sin alteración apreciable. Macroinvertebrados: mayor riqueza > 15 familias (percentil 75). Perifiton: riqueza intermedia 20 a 28 morfoespecies (percentil 25 a 75).</p>	Campo de morrenas-Arbustal-Frailejona y pajonal
LAG3	<p>Caracterización físico-química y bacteriológica: Conductividad baja: entre 15,8 a 32,7 uS/cm (percentil 25-75), Alcalinidad baja: entre 3,3 a 11,2 mg/L CaCO₃ (percentil 25-75). Res. 3382/15 preservación fauna y flora: cumple oxígeno, NH₄, PO₄, pH. Concentración nitrógeno inorgánico baja a moderada, fosfato baja (según intervalos otros ríos altoandinos). Res. 3382/15 consumo humano, agrícola y pecuario: cumple Cl, SO₄, oxígeno, NO₃, PO₄, pH y DQO. ICA: buena. RAS 2010: pH aceptable > 6; turbiedad regular 2-40. ICOMI e ICOSUS: ninguna; ICOMO: baja. Indicadores bacteriológicos: Col. Fec: <50. RAS 2010: Col. Tot: deficiente. Caracterización ecológica: QBr buena; IHF Intermedio, sin alteración apreciable. Macroinvertebrados: mayor riqueza > 15 familias (percentil 75). Perifiton: riqueza intermedia 20 a 28 morfoespecies (percentil 25 a 75).</p>	Campo de morrenas-Áreas de Bosque
LAG4	<p>Caracterización físico-química y bacteriológica: Conductividad baja: entre 15,8 a 32,7 uS/cm (percentil 25-75), Alcalinidad baja: entre 3,3 a 11,2 mg/L CaCO₃ (percentil 25-75). Res. 3382/15 preservación fauna y flora: cumple oxígeno, NH₄, PO₄, pH. Concentración nitrógeno inorgánico baja a moderada, fosfato baja (según intervalos otros ríos altoandinos). Res. 3382/15 consumo humano, agrícola y pecuario: cumple Cl, SO₄, oxígeno, NO₃, PO₄, pH y DQO. ICA: aceptable. RAS 2010: pH aceptable > 6; turbiedad regular 2-40. ICOMI e ICOSUS: ninguna; ICOMO: baja. Indicadores bacteriológicos: Col. Fec: >500. RAS 2010: Col. Tot: deficiente. Caracterización ecológica: Qbr intermedia; IHF Intermedio, sin alteración apreciable. Macroinvertebrados: mayor riqueza > 15 familias (percentil 75). Perifiton: mayor riqueza > 28 morfoespecies (> percentil 75).</p>	Conos glaciofluviales-Áreas de producción agropecuaria
ABEN	<p>Caracterización físico-química y bacteriológica: Conductividad baja: entre 15,8 a 32,7 uS/cm (percentil 25-75), Alcalinidad muy baja: <3,3mg/L CaCO₃ (percentil 25). Caudal promedio de ambos muestreos inferior o cercano a 0,233 m³/s (percentil 25 para sitios 1 y 2). Res. 3382/15 preservación fauna y flora: cumple oxígeno, NH₄, PO₄; pH por debajo norma. Concentración nitrógeno inorgánico baja a moderada, fosfato baja (según intervalos otros ríos altoandinos). Res. 3382/15 consumo humano, agrícola y pecuario: cumple Cl, SO₄, oxígeno, NO₃, PO₄, pH y DQO; pH requiere ajuste consumo humano. ICA: aceptable. RAS 2010: pH deficiente < 5; turbiedad aceptable <2. ICOMI e ICOSUS: ninguna; ICOMO: ninguna. Indicadores bacteriológicos: Col. Fec: N.D. RAS 2010: Col. Tot: aceptable. Caracterización ecológica: QBr buena; IHF Intermedio, sin alteración apreciable. Macroinvertebrados: baja riqueza < 9 familias (percentil 25). Perifiton: baja riqueza < 20 morfoespecies (< percentil 25).</p>	Campo de morrenas-Arbustal-Frailejona y pajonal

Tabla 6.3 Caracterización hidrobiológica UPAS Cóncavo

SITIO	DESCRIPCIÓN	ATRIBUTO GEOFORMA O COBERTURA
CON1	Caracterización físico-química y bacteriológica: Conductividad muy baja: <15,8 uS/cm (percentil 25), Alcalinidad baja: entre 3,3 a 11,2 mg/L CaCO ₃ (percentil 25-75). Res. 3382/15 preservación fauna y flora: cumple oxígeno, NH ₄ , PO ₄ ; pH por debajo norma . Concentración nitrógeno inorgánico baja a moderada, fosfato baja (según intervalos otros ríos altoandinos). Res. 3382/15 consumo humano, agrícola y pecuario: cumple Cl, SO ₄ , oxígeno, NO ₃ , PO ₄ , pH y DQO; pH requiere ajuste consumo humano . ICA: aceptable. RAS 2010: pH deficiente < 5 ; turbiedad regular 2-40. ICOMI e ICOSUS: ninguna; ICOMO: ninguna. Indicadores bacteriológicos: Col. Fec: <50. RAS 2010: Col. Tot: regular . Caracterización ecológica: QBr muy buena; IHF Intermedio, sin alteración apreciable. Macroinvertebrados: riqueza intermedia 9 a 15 familias (percentil 25 a 75). Perifiton: mayor riqueza > 28 morfoespecies (> percentil 75).	Campo de morrenas-Frailejona y pajonal
CON2	Caracterización físico-química y bacteriológica: Conductividad muy baja: <15,8 uS/cm (percentil 25), Alcalinidad baja: entre 3,3 a 11,2 mg/L CaCO ₃ (percentil 25-75). Res. 3382/15 preservación fauna y flora: cumple oxígeno, NH ₄ , PO ₄ ; pH por debajo norma . Concentración nitrógeno inorgánico baja a moderada, fosfato baja (según intervalos otros ríos altoandinos). Res. 3382/15 consumo humano, agrícola y pecuario: cumple Cl, SO ₄ , oxígeno, NO ₃ , PO ₄ , pH y DQO. ICA: aceptable. RAS 2010: pH regular 5-6; turbiedad aceptable <2. ICOMI e ICOSUS: ninguna; ICOMO: ninguna. Indicadores bacteriológicos: Col. Fec: <50. RAS 2010: Col. Tot: aceptable. Caracterización ecológica: QBr buena; IHF Intermedio, sin alteración apreciable. Macroinvertebrados: riqueza intermedia 9 a 15 familias (percentil 25 a 75). Perifiton: riqueza intermedia 20 a 28 morfoespecies (percentil 25 a 75).	Conos glacio-fluviales-Areas de Bosque
CON3	Caracterización físico-química y bacteriológica: Conductividad baja: entre 15,8 a 32,7 uS/cm (percentil 25-75), Alcalinidad baja: entre 3,3 a 11,2 mg/L CaCO ₃ (percentil 25-75). Res. 3382/15 preservación fauna y flora: cumple oxígeno, NH ₄ , PO ₄ , pH. Concentración nitrógeno inorgánico baja a moderada, fosfato baja (según intervalos otros ríos altoandinos). Concentración mayor amonio: >0,043 mg/L (percentil 75) . Res. 3382/15 consumo humano, agrícola y pecuario: cumple Cl, SO ₄ , oxígeno, NO ₃ , PO ₄ , pH y DQO. ICA: buena. RAS 2010: pH aceptable > 6; turbiedad regular 2-40. ICOMI e ICOSUS: ninguna; ICOMO: baja. Indicadores bacteriológicos: Col. Fec: <50 . RAS 2010: Col. Tot: deficiente . Caracterización ecológica: Qbr intermedia; IHF Intermedio , sin alteración apreciable. Macroinvertebrados: riqueza intermedia 9 a 15 familias (percentil 25 a 75). Perifiton: riqueza intermedia 20 a 28 morfoespecies (percentil 25 a 75).	Conos glacio-fluviales-Áreas de producción agropecuaria
CON4	Caracterización físico-química y bacteriológica: Conductividad baja-moderada: >32,7 uS/cm (percentil 75), Alcalinidad baja-moderada: > 11,2 mg/L CaCO ₃ (percentil 75). Res. 3382/15 preservación fauna y flora: cumple oxígeno, NH ₄ , PO ₄ . Concentración nitrógeno inorgánico baja a moderada, fosfato baja (según intervalos otros ríos altoandinos). Concentración mayor fosfato: > 0,013 mg/L (percentil 75) . Res. 3382/15 consumo humano, agrícola y pecuario: cumple Cl, SO ₄ , oxígeno, NO ₃ , PO ₄ , pH y DQO. ICA: buena. RAS 2010: pH aceptable > 6; turbiedad regular 2-40. ICOMI e ICOSUS: ninguna; ICOMO: baja. Indicadores bacteriológicos: Col. Fec: <50 . RAS 2010: Col. Tot: deficiente . Caracterización ecológica: Qbr mala; IHF Intermedio , sin alteración apreciable. Macroinvertebrados: mayor riqueza > 15 familias (percentil 75). Perifiton: riqueza intermedia 20 a 28 morfoespecies (percentil 25 a 75).	Conos glacio-fluviales-Áreas de producción agropecuaria
CVIT	Caracterización físico-química y bacteriológica: Conductividad baja: entre 15,8 a 32,7 uS/cm (percentil 25-75), Alcalinidad muy baja: <3,3mg/L CaCO₃ (percentil 25) . Res. 3382/15 preservación fauna y flora: cumple oxígeno, NH ₄ , PO ₄ ; pH por debajo norma . Concentración nitrógeno inorgánico baja a moderada, fosfato baja (según intervalos otros ríos altoandinos). Concentración mayor fosfato: > 0,013 mg/L (percentil 75) . Res. 3382/15 consumo humano, agrícola y pecuario: cumple Cl, SO ₄ , oxígeno, NO ₃ , PO ₄ , pH y DQO; pH requiere ajuste consumo humano . ICA: aceptable. RAS 2010: pH deficiente < 5 ; turbiedad aceptable <2. ICOMI e ICOSUS: ninguna; ICOMO: ninguna. Indicadores bacteriológicos: Col. Fec: N.D. RAS 2010: Col. Tot: regular . Caracterización ecológica: QBr muy buena; IHF Intermedio, sin alteración apreciable. Macroinvertebrados: baja riqueza < 9 familias (percentil 25) . Perifiton: baja riqueza < 20 morfoespecies (< percentil 25) .	Campo de morrenas-Frailejona y pajonal

|| Tabla 6.4. Caracterización hidrobiológica UPAS Corralitos ||

SITIO	DESCRIPCIÓN	ATRIBUTO GEOFORMA O COBERTURA
CRR1	Caracterización físico-química y bacteriológica: Conductividad baja: entre 15,8 a 32,7 uS/cm (percentil 25-75), Alcalinidad muy baja: <3,3mg/L CaCO₃ (percentil 25). Caudal promedio de ambos muestreos inferior o cercano a 0,233 m³/s (percentil 25 para sitios 1 y 2). Res. 3382/15 preservación fauna y flora: cumple oxígeno, NH ₄ , PO ₄ , pH. Concentración nitrógeno inorgánico baja a moderada, fosfato baja (según intervalos otros ríos altoandinos). Concentración mayor amonio:>0,043 mg/L (percentil 75). Res. 3382/15 consumo humano, agrícola y pecuario: cumple Cl, SO ₄ , oxígeno, NO ₃ , PO ₄ , pH y DQO. ICA: buena. RAS 2010: pH aceptable > 6; turbiedad regular 2-40. ICOMI e ICOSUS: ninguna; ICOMO: baja. Indicadores bacteriológicos: Col. Fec: <50. RAS 2010: Col. Tot: deficiente. Caracterización ecológica: QBr muy buena; IHF Intermedio, sin alteración apreciable. Macroinvertebrados: riqueza intermedia 9 a 15 familias (percentil 25 a 75). Perifiton: mayor riqueza > 28 morfoespecies (> percentil 75).	Campo de morrenas-Herbazal-Pajonal
CRR2	Caracterización físico-química y bacteriológica: Conductividad muy baja: <15,8 uS/cm (percentil 25) , Alcalinidad baja: entre 3,3 a 11,2 mg/L CaCO ₃ (percentil 25-75). Caudal promedio de ambos muestreos inferior o cercano a 0,233 m³/s (percentil 25 para sitios 1 y 2). Res. 3382/15 preservación fauna y flora: cumple oxígeno, NH ₄ , PO ₄ , pH. Concentración nitrógeno inorgánico baja a moderada, fosfato baja (según intervalos otros ríos altoandinos). Concentración mayor amonio:>0,043 mg/L (percentil 75). Res. 3382/15 consumo humano, agrícola y pecuario: cumple Cl, SO ₄ , oxígeno, NO ₃ , PO ₄ , pH y DQO. ICA: buena. RAS 2010: pH aceptable > 6; turbiedad regular 2-40. ICOMI e ICOSUS: ninguna; ICOMO: baja. Indicadores bacteriológicos: Col. Fec: <50. RAS 2010: Col. Tot: deficiente. Caracterización ecológica: QBr muy buena; IHF Intermedio, sin alteración apreciable. Macroinvertebrados: riqueza intermedia 9 a 15 familias (percentil 25 a 75). Perifiton: riqueza intermedia 20 a 28 morfoespecies (percentil 25 a 75).	Ladera estructural de sierra homoclinal glaciada-Arbustal-Frailejónal y pajonal
CRR3	Caracterización físico-química y bacteriológica: Conductividad baja: entre 15,8 a 32,7 uS/cm (percentil 25-75), Alcalinidad baja: entre 3,3 a 11,2 mg/L CaCO ₃ (percentil 25-75). Res. 3382/15 preservación fauna y flora: cumple oxígeno, NH ₄ , PO ₄ , pH. Concentración nitrógeno inorgánico baja a moderada, fosfato baja (según intervalos otros ríos altoandinos). Concentración mayor amonio:>0,043 mg/L (percentil 75). Res. 3382/15 consumo humano, agrícola y pecuario: cumple Cl, SO ₄ , oxígeno, NO ₃ , PO ₄ , pH y DQO. ICA: buena. RAS 2010: pH aceptable > 6; turbiedad regular 2-40. ICOMI e ICOSUS: ninguna; ICOMO: baja. Indicadores bacteriológicos: Col. Fec: 50-500. RAS 2010: Col. Tot: deficiente. Caracterización ecológica: QBr buena; IHF Intermedio , sin alteración apreciable. Macroinvertebrados: riqueza intermedia 9 a 15 familias (percentil 25 a 75). Perifiton: mayor riqueza > 28 morfoespecies (> percentil 75).	Ladera estructural de sierra homoclinal glaciada-Áreas de Bosque
CRR4	Caracterización físico-química y bacteriológica: Conductividad baja: entre 15,8 a 32,7 uS/cm (percentil 25-75), Alcalinidad baja: entre 3,3 a 11,2 mg/L CaCO ₃ (percentil 25-75). Res. 3382/15 preservación fauna y flora: cumple oxígeno, NH ₄ , PO ₄ , pH. Concentración nitrógeno inorgánico baja a moderada, fosfato baja (según intervalos otros ríos altoandinos). Res. 3382/15 consumo humano, agrícola y pecuario: cumple Cl, SO ₄ , oxígeno, NO ₃ , PO ₄ , pH y DQO. ICA: buena. RAS 2010: pH aceptable > 6; turbiedad regular 2-40. ICOMI e ICOSUS: ninguna; ICOMO: baja. Indicadores bacteriológicos: Col. Fec: <50. RAS 2010: Col. Tot: deficiente. Caracterización ecológica: Qbr mala; IHF Intermedio , sin alteración apreciable. Macroinvertebrados: riqueza intermedia 9 a 15 familias (percentil 25 a 75). Perifiton: riqueza intermedia 20 a 28 morfoespecies (percentil 25 a 75).	Conos glaciofluviales-Áreas de producción agropecuaria

Tabla 6.5 Caracterización hidrobiológica UPAS San Pablín

SITIO	DESCRIPCIÓN	ATRIBUTO GEOFORMA O COBERTURA
SPB1	<p>Caracterización físico-química y bacteriológica: Conductividad baja: entre 15,8 a 32,7 uS/cm (percentil 25-75), Alcalinidad muy baja: <3,3mg/L CaCO₃ (percentil 25). Res. 3382/15 preservación fauna y flora: cumple oxígeno, NH₄, PO₄; pH por debajo norma. Concentración nitrógeno inorgánico baja a moderada, fosfato baja (según intervalos otros ríos altoandinos). Res. 3382/15 consumo humano, agrícola y pecuario: cumple Cl, SO₄, oxígeno, NO₃, PO₄, pH y DQO; pH requiere ajuste consumo humano. ICA: aceptable. RAS 2010: pH regular 5-6; turbiedad regular 2-40. ICOMI e ICOSUS: ninguna; ICOMO: ninguna. Indicadores bacteriológicos: Col. Fec: <50. RAS 2010: Col. Tot: regular. QBr muy buena; IHF Intermedio, sin alteración apreciable. Macroinvertebrados: baja riqueza < 9 familias (percentil 25). Perifiton: riqueza intermedia 20 a 28 morfoespecies (percentil 25 a 75).</p>	<p>Campo de morrenas-Arbustal-Frailejónal y pajonal</p>
SPB2	<p>Caracterización físico-química y bacteriológica: Conductividad baja: entre 15,8 a 32,7 uS/cm (percentil 25-75), Alcalinidad muy baja: <3,3mg/L CaCO₃ (percentil 25). Res. 3382/15 preservación fauna y flora: cumple oxígeno, NH₄, PO₄, pH. Concentración nitrógeno inorgánico baja a moderada, fosfato baja (según intervalos otros ríos altoandinos). Res. 3382/15 consumo humano, agrícola y pecuario: cumple Cl, SO₄, oxígeno, NO₃, PO₄, pH y DQO; pH requiere ajuste consumo humano. Incremento de SST en factor alrededor de 10 en muestreo de caudal intermedio, contrastado con el de bajo caudal. ICA: aceptable. RAS 2010: pH regular 5-6; turbiedad regular 2-40. ICOMI e ICOSUS: ninguna; ICOMO: ninguna. Indicadores bacteriológicos: Col. Fec: N.D. RAS 2010: Col. Tot: aceptable. Caracterización ecológica: QBr buena; IHF Intermedio, sin alteración apreciable. Macroinvertebrados: baja riqueza < 9 familias (percentil 25). Perifiton: riqueza intermedia 20 a 28 morfoespecies (percentil 25 a 75).</p>	<p>Campo de morrenas-Arbustal-Frailejónal y pajonal</p>
SPB3	<p>Caracterización físico-química y bacteriológica: Conductividad baja: entre 15,8 a 32,7 uS/cm (percentil 25-75), Alcalinidad baja: entre 3,3 a 11,2 mg/L CaCO₃ (percentil 25-75). Res. 3382/15 preservación fauna y flora: cumple oxígeno, NH₄, PO₄, pH. Concentración nitrógeno inorgánico baja a moderada, fosfato baja (según intervalos otros ríos altoandinos). Res. 3382/15 consumo humano, agrícola y pecuario: cumple Cl, SO₄, oxígeno, NO₃, PO₄, pH y DQO. Incremento de NH₄ en factor alrededor de 10 en muestreo de caudal intermedio, contrastado con el de bajo caudal. ICA: buena. RAS 2010: pH aceptable > 6; turbiedad regular 2-40. ICOMI e ICOSUS: ninguna; ICOMO: baja. Indicadores bacteriológicos: Col. Fec: 50-500. RAS 2010: Col. Tot: deficiente. Caracterización ecológica: Qbr intermedia; IHF Intermedio, sin alteración apreciable. Macroinvertebrados: riqueza intermedia 9 a 15 familias (percentil 25 a 75). Perifiton: mayor riqueza > 28 morfoespecies (> percentil 75).</p>	<p>Campo de morrenas-Arbustal-Frailejónal y pajonal</p>
SPB4	<p>Caracterización físico-química y bacteriológica: Conductividad baja-moderada: >32,7 uS/cm (percentil 75), Alcalinidad baja: entre 3,3 a 11,2 mg/L CaCO₃ (percentil 25-75). Res. 3382/15 preservación fauna y flora: cumple oxígeno, NH₄, PO₄, pH. Concentración nitrógeno inorgánico baja a moderada, fosfato baja (según intervalos otros ríos altoandinos). Concentración mayor fosfato: > 0,013 mg/L (percentil 75). Res. 3382/15 consumo humano, agrícola y pecuario: cumple Cl, SO₄, oxígeno, NO₃, PO₄, pH y DQO. ICA: buena. RAS 2010: pH aceptable > 6; turbiedad regular 2-40. ICOMI e ICOSUS: ninguna; ICOMO: baja. Indicadores bacteriológicos: Col. Fec: 50-500. RAS 2010: Col. Tot: deficiente. Caracterización ecológica: Qbr intermedia; IHF Intermedio, sin alteración apreciable. Macroinvertebrados: riqueza intermedia 9 a 15 familias (percentil 25 a 75). Perifiton: riqueza intermedia 20 a 28 morfoespecies (percentil 25 a 75).</p>	<p>Escarpes - pajonales - eriales</p>

SITIO	DESCRIPCIÓN	ATRIBUTO GEOFORMA O COBERTURA
PLY1	<p>Caracterización físico-química y bacteriológica: Conductividad muy baja: <15,8 uS/cm (percentil 25), Alcalinidad baja: entre 3,3 a 11,2 mg/L CaCO₃ (percentil 25-75). Caudal promedio de ambos muestreos inferior o cercano a 0,233 m³/s (percentil 25 para sitios 1 y 2). Res. 3382/15 preservación fauna y flora: cumple oxígeno, NH₄, PO₄, pH. Concentración nitrógeno inorgánico baja a moderada, fosfato baja (según intervalos otros ríos altoandinos). Res. 3382/15 consumo humano, agrícola y pecuario: cumple Cl, SO₄, oxígeno, NO₃, PO₄, pH y DQO. ICA: buena. RAS 2010: pH aceptable > 6; turbiedad regular 2-40. ICOMI e ICOSUS: ninguna; ICOMO: ninguna. Indicadores bacteriológicos: Col. Fec: 50-500.RAS 2010: Col. Tot: deficiente. Caracterización ecológica: QBr muy buena; IHF Intermedio, sin alteración apreciable. Macroinvertebrados: baja riqueza < 9 familias (percentil 25). Perifiton: riqueza intermedia 20 a 28 morfoespecies (percentil 25 a 75).</p>	Ladera estructural de sierra homoclinal glaciada-Arbustal-Frailejónal y pajonal
PLY2	<p>Caracterización físico-química y bacteriológica: Conductividad baja: entre 15,8 a 32,7 uS/cm (percentil 25-75), Alcalinidad baja-moderada: > 11,2 mg/L CaCO₃ (percentil 75). Res. 3382/15 preservación fauna y flora: cumple oxígeno, NH₄, PO₄, pH. Concentración nitrógeno inorgánico baja a moderada, fosfato baja (según intervalos otros ríos altoandinos). Concentración mayor fosfato:> 0,013 mg/L (percentil 75). Concentración mayor amonio:>0,043 mg/L (percentil 75). Res. 3382/15 consumo humano, agrícola y pecuario: cumple Cl, SO₄, oxígeno, NO₃, PO₄, pH y DQO. ICA: buena. RAS 2010: pH aceptable > 6; turbiedad regular 2-40. ICOMI e ICOSUS: ninguna; ICOMO: ninguna. Indicadores bacteriológicos: Col. Fec: 50-500.RAS 2010: Col. Tot: deficiente. Caracterización ecológica: Qbr intermedia; IHF Intermedio, sin alteración apreciable. Macroinvertebrados: riqueza intermedia 9 a 15 familias (percentil 25 a 75). Perifiton: riqueza intermedia 20 a 28 morfoespecies (percentil 25 a 75).</p>	Campo de morrenas-Arbustal-Frailejónal y pajonal

|| Tabla 6.6 Caracterización hidrobiológica UPAS Cardenillo ||

SITIO	DESCRIPCIÓN	ATRIBUTO GEOFORMA O COBERTURA
CAR1	<p>Caracterización físico-química y bacteriológica: Conductividad baja: entre 15,8 a 32,7 uS/cm (percentil 25-75), Alcalinidad muy baja: <3,3mg/L CaCO₃ (percentil 25). Res. 3382/15 preservación fauna y flora: cumple oxígeno, NH₄, PO₄; pH por debajo norma. Concentración nitrógeno inorgánico baja a moderada, fosfato baja (según intervalos otros ríos altoandinos). Concentración mayor amonio:>0,043 mg/L (percentil 75). Res. 3382/15 consumo humano, agrícola y pecuario: cumple Cl, SO₄, oxígeno, NO₃, PO₄, pH y DQO; pH requiere ajuste consumo humano. ICA: aceptable. RAS 2010: pH deficiente < 5; turbiedad aceptable <2. ICOMI e ICOSUS: ninguna; ICOMO: ninguna. Indicadores bacteriológicos: Col. Fec: N.D.RAS 2010: Col. Tot: aceptable. Caracterización ecológica: QBr muy buena; IHF Intermedio, sin alteración apreciable. Macroinvertebrados: riqueza intermedia 9 a 15 familias (percentil 25 a 75). Perifiton: mayor riqueza > 28 morfoespecies (> percentil 75).</p>	Campo de morrenas-Herbazal-Pajonal
CAR2	<p>Caracterización físico-química y bacteriológica: Conductividad baja-moderada: >32,7 uS/cm (percentil 75), Alcalinidad baja-moderada: > 11,2 mg/L CaCO₃ (percentil 75). Res. 3382/15 preservación fauna y flora: cumple oxígeno, NH₄, PO₄, pH. Concentración nitrógeno inorgánico baja a moderada, fosfato baja (según intervalos otros ríos altoandinos). Res. 3382/15 consumo humano, agrícola y pecuario: cumple Cl, SO₄, oxígeno, NO₃, PO₄, pH y DQO. Incremento de SST y NH₄ en factor alrededor de 10 en muestreo de caudal intermedio, contrastado con el de bajo caudal. ICA: buena. RAS 2010: pH aceptable > 6; turbiedad regular 2-40. ICOMI e ICOSUS: ninguna; ICOMO: baja. Indicadores bacteriológicos: Col. Fec: 50-500. RAS 2010: Col. Tot: deficiente. Caracterización ecológica: Qbr mala; IHF Intermedio, sin alteración apreciable. Macroinvertebrados: riqueza intermedia 9 a 15 familias (percentil 25 a 75). Perifiton: riqueza intermedia 20 a 28 morfoespecies (percentil 25 a 75).</p>	Plano glaciolacustrino-Areas de producción agropecuaria

SITIO	DESCRIPCIÓN	ATRIBUTO GEOFORMA O COBERTURA
CAR3	<p>Caracterización físico-química y bacteriológica: Conductividad baja-moderada: >32,7 uS/cm (percentil 75), Alcalinidad baja-moderada: > 11,2 mg/L CaCO₃ (percentil 75). Res. 3382/15 preservación fauna y flora: cumple oxígeno, NH₄, PO₄, pH. Concentración nitrógeno inorgánico baja a moderada, fosfato baja (según intervalos otros ríos altoandinos). Res. 3382/15 consumo humano, agrícola y pecuario: cumple Cl, SO₄, oxígeno, NO₃, PO₄, pH y DQO. Incremento de NH₄ en factor alrededor de 10 en muestreo de caudal intermedio, contrastado con el de bajo caudal. ICA: buena. RAS 2010: pH aceptable > 6; turbiedad regular 2-40. ICOMI e ICOSUS: ninguna; ICOMO: baja. Indicadores bacteriológicos: Col. Fec: <50. RAS 2010: Col. Tot: deficiente. Caracterización ecológica: QBr buena; IHF Intermedio, sin alteración apreciable. Macroinvertebrados: riqueza intermedia 9 a 15 familias (percentil 25 a 75). Perifiton: riqueza intermedia 20 a 28 morfoespecies (percentil 25 a 75). Incremento de amonio en un factor cercano a 10 en muestreo de caudal intermedio, contrastado con el de bajo caudal.</p>	Ladera estructural de sierra homoclinal glaciada-Áreas de Bosque
CAR4	<p>Caracterización físico-química y bacteriológica: Conductividad baja: entre 15,8 a 32,7 uS/cm (percentil 25-75), Alcalinidad baja: entre 3,3 a 11,2 mg/L CaCO₃ (percentil 25-75). Res. 3382/15 preservación fauna y flora: cumple oxígeno, NH₄, PO₄, pH. Concentración nitrógeno inorgánico baja a moderada, fosfato baja (según intervalos otros ríos altoandinos). Res. 3382/15 consumo humano, agrícola y pecuario: cumple Cl, SO₄, oxígeno, NO₃, PO₄, pH y DQO. ICA: buena. RAS 2010: pH aceptable > 6; turbiedad regular 2-40. ICOMI e ICOSUS: ninguna; ICOMO: baja. Indicadores bacteriológicos: Col. Fec: 50-500. RAS 2010: Col. Tot: deficiente. Caracterización ecológica: Qbr intermedia; IHF Intermedio, sin alteración apreciable. Macroinvertebrados: mayor riqueza > 15 familias (percentil 75). Perifiton: baja riqueza <20 morfoespecies (< percentil 25).</p>	Conos glaciofluviales-Áreas de producción agropecuaria
CCOL	<p>Caracterización físico-química y bacteriológica: Conductividad baja-moderada: >32,7 uS/cm (percentil 75), Alcalinidad baja-moderada: > 11,2 mg/L CaCO₃ (percentil 75). Res. 3382/15 preservación fauna y flora: cumple oxígeno, NH₄, PO₄, pH. Concentración nitrógeno inorgánico baja a moderada, fosfato baja (según intervalos otros ríos altoandinos). Concentración mayor fosfato:> 0,013 mg/L (percentil 75). Res. 3382/15 consumo humano, agrícola y pecuario: cumple Cl, SO₄, oxígeno, NO₃, PO₄, pH y DQO. ICA: buena. RAS 2010: pH aceptable > 6; turbiedad regular 2-40. ICOMI e ICOSUS: ninguna; ICOMO: baja. Indicadores bacteriológicos: Col. Fec: 50-500. RAS 2010: Col. Tot: deficiente. Caracterización ecológica: Qbr intermedia; IHF Intermedio, sin alteración apreciable. Macroinvertebrados: mayor riqueza > 15 familias (percentil 75). Perifiton: baja riqueza < 20 morfoespecies (< percentil 25).</p>	Conos glaciofluviales-Bosque de galería

Tabla 6.7 Caracterización hidrobiológica UPAS Casas Viejas

SITIO	DESCRIPCIÓN	ATRIBUTO GEOFORMA O COBERTURA
CVIE	<p>Caracterización físico-química y bacteriológica: Conductividad baja-moderada: >32,7 uS/cm (percentil 75), Alcalinidad baja-moderada: > 11,2 mg/L CaCO₃ (percentil 75). Res. 3382/15 preservación fauna y flora: cumple oxígeno, NH₄, PO₄, pH. Concentración nitrógeno inorgánico baja a moderada, fosfato baja (según intervalos otros ríos altoandinos). Concentración mayor fosfato:> 0,013 mg/L (percentil 75). Res. 3382/15 consumo humano, agrícola y pecuario: cumple Cl, SO₄, oxígeno, NO₃, PO₄, pH y DQO. ICA: buena. RAS 2010: pH aceptable > 6; turbiedad regular 2-40. ICOMI e ICOSUS: ninguna; ICOMO: baja. Indicadores bacteriológicos: Col. Fec: <50. RAS 2010: Col. Tot: deficiente. Caracterización ecológica: Qbr intermedia; IHF Intermedio, sin alteración apreciable. Macroinvertebrados: riqueza intermedia 9 a 15 familias (percentil 25 a 75). Perifiton: baja riqueza < 20 morfoespecies (< percentil 25).</p>	Conos glaciofluviales-Áreas de producción agropecuaria

Tabla 6.8 Caracterización hidrobiológica UPAS Ambientes Lénticos

SITIO	DESCRIPCIÓN	ATRIBUTO GEOFORMA O COBERTURA
LSPAB	Laguna de escasa extensión y profundidad común para ambientes lénticos de páramo, alta transparencia cercana al fondo, bajo contenido iónico y pH ligeramente ácido. Niveles de oxígeno adecuados, con disponibilidad en capas profundas. Bajo nivel de fosfato comparable a otras lagunas de páramo; en contraste con nitrógeno inorgánico donde fue moderado (principalmente nitrato). Amonio promedio ligeramente mayor a lagunas del sector de Lagunillas, también fue la de menor profundidad y mayor temperatura. Coliformes totales y fecales altos (> 1000 NMP) en al menos un muestreo. Fitoplancton con densidad y biomasa mayor que las del sector de Lagunillas, con predominio de clorofíceas y presencia de euglenofíceas, que sugieren condiciones de mayor enriquecimiento y productividad. Zooplancton composición y riqueza común para lagunas de alta montaña. Res. 3382/15 preservación fauna y flora: cumple oxígeno, NH ₄ , NO ₃ , PO ₄ , pH. ICA calidad aceptable. ICOMI e ICOSUS: ninguna; ICOMO: baja.	Ladera estructural de sierra homoclinal glaciada-Laguna de alta montaña
LPARA	Laguna de escasa extensión y profundidad común para ambientes lénticos de páramo, alta transparencia, bajo contenido iónico y pH ligeramente ácido. Niveles de oxígeno adecuados, con disponibilidad en capas profundas. Bajo nivel de fosfato comparable a otras lagunas de páramo; en contraste con nitrógeno inorgánico donde fue moderado (principalmente nitrato). Coliformes totales intermedios (200 - 1000 NMP) en al menos un muestreo, coliformes fecales bajos (<200 NMP). Temperatura inferior y mayor profundidad que laguna de San Pablín, así como fitoplancton de más baja densidad y biomasa, con predominio de dinoflagelados. Zooplancton composición y riqueza común para lagunas de alta montaña. Res. 3382/15 preservación fauna y flora: cumple oxígeno, NH ₄ , NO ₃ , PO ₄ , pH. ICA calidad buena. ICOMI, ICOSUS, ICOMO: ninguna.	Campo de morrenas-Arbustal-Laguna de alta montaña
LATRA	Laguna de escasa extensión y profundidad común para ambientes lénticos de páramo, alta transparencia, bajo contenido iónico y pH ligeramente ácido. Niveles de oxígeno adecuados, con disponibilidad en capas profundas. Bajo nivel de fosfato comparable a otras lagunas de páramo; en contraste con nitrógeno inorgánico donde fue moderado (principalmente nitrato). Coliformes totales altos (> 1000 NMP) en al menos un muestreo, coliformes fecales bajos (<200 NMP). Temperatura inferior y mayor profundidad que laguna de San Pablín, así como fitoplancton de más baja densidad y biomasa, con predominio de dinoflagelados. Zooplancton composición y riqueza común para lagunas de alta montaña. Res. 3382/15 preservación fauna y flora: cumple oxígeno, NH ₄ , NO ₃ , PO ₄ , pH. ICA calidad buena. ICOMI e ICOSUS: ninguna; ICOMO: baja.	Campo de morrenas-Arbustal-Laguna de alta montaña
LCUAD	Laguna de escasa extensión y profundidad común para ambientes lénticos de páramo, alta transparencia, bajo contenido iónico y pH ligeramente ácido. Niveles de oxígeno adecuados, con disponibilidad en capas profundas. Bajo nivel de fosfato comparable a otras lagunas de páramo; en contraste con nitrógeno inorgánico donde fue moderado (principalmente nitrato). Coliformes totales intermedios (200 - 1000 NMP) en al menos un muestreo, coliformes fecales bajos (<200 NMP). Temperatura inferior y mayor profundidad que laguna de San Pablín, así como fitoplancton de más baja densidad y biomasa, con predominio de dinoflagelados. Zooplancton composición y riqueza común para lagunas de alta montaña. Res. 3382/15 preservación fauna y flora: cumple oxígeno, NH ₄ , NO ₃ , PO ₄ , pH. ICA calidad buena. ICOMI, ICOSUS, ICOMO: ninguna.	Campo de morrenas-Arbustal-Laguna de alta montaña
LPINT	Laguna de escasa extensión y profundidad común para ambientes lénticos de páramo, alta transparencia, bajo contenido iónico y pH ligeramente ácido. Niveles de oxígeno adecuados, con disponibilidad en capas profundas. Bajo nivel de fosfato comparable a otras lagunas de páramo; en contraste con nitrógeno inorgánico donde fue moderado (principalmente nitrato). Coliformes totales y fecales intermedios (200 - 1000 NMP) en al menos un muestreo. Temperatura inferior y mayor profundidad que laguna de San Pablín., así como fitoplancton de más baja densidad y biomasa, con predominio de dinoflagelados. Zooplancton composición y riqueza común para lagunas de alta montaña. Res. 3382/15 preservación fauna y flora: cumple oxígeno, NH ₄ , NO ₃ , PO ₄ , pH. ICA calidad aceptable. ICOMI e ICOSUS: ninguna; ICOMO: baja.	Campo de morrenas-Arbustal-Laguna de alta montaña

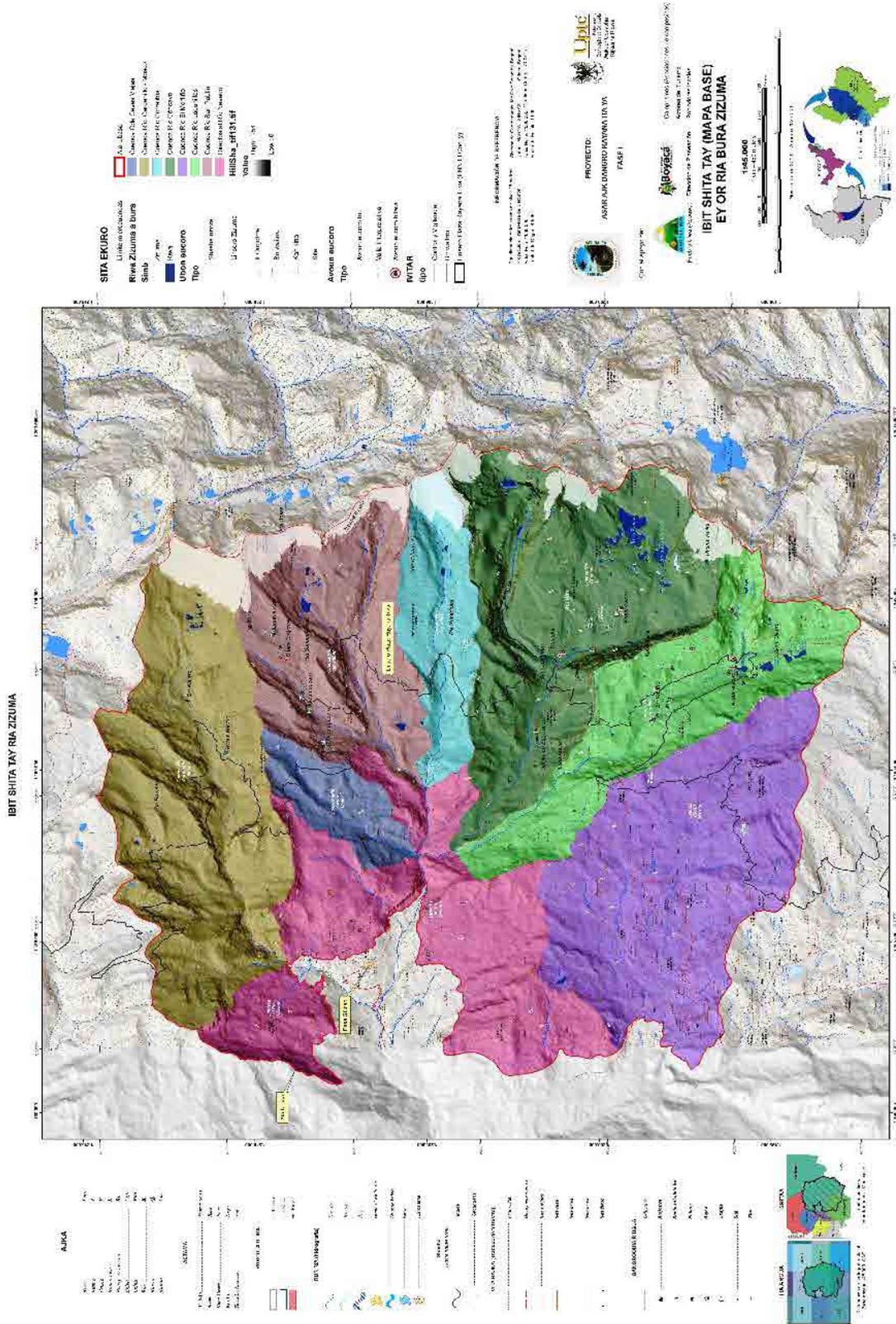


Figura 6.12 Mapa base en lengua U'wa

