Objetivo 3

Actualizar Los Planes De Manejo De Tres (03) Áreas Protegidas, Con El Fin De Orientar Las Acciones Necesarias En Cumplimiento De Los Objetivos De Conservación.

Hidroambiental Constructores y Consultores S.A.S

Hidroambiental
Ingenieros constructores y consultores S.A.S

Tomo 2 de 5

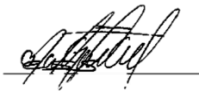
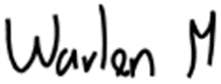
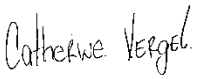
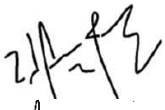
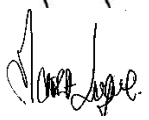
Fase II Formulación

Componente Diagnostico

Distrito de Conservación de Suelos Kirpas Pinilla La Cuerera

2025

Equipo Técnico Consultoría

CARGO	PROFESIONAL	FIRMA
Coordinador del Equipo Técnico y Profesional.	William Andres Cadavid Castellanos	
Profesional en Derecho	William Abella Cruz	
Profesional Componente Social	Ana Maria Rodriguez Peñuela	
Profesional Componente Biológico	Jhon Edicson Velasquez Castañeda	
	Marcela Gonzalez Caballero	
Profesional Componente Forestal	Yeferson David Gutierres Santamaria	
Profesional en Ingeniería Ambiental	Warlen Andres Molina Vanegas	
	Catherine Vergel Lozano	
Profesional SIG	Juan Camilo Narvaez Tovar	
Tecnologo ambiental	Juan Pablo Granados Roa	
Técnico de apoyo	Lucas Medina Soto	
	Maira Yessenia Luque Sanchez	

Hidroambiental Ingenieros constructores y consultores

Hidroambiental
Ingenieros constructores y consultores S.A.S

Contenido

1 Medio Biótico 9
1.1 Componente Flora 9
1.1.1 Metodología de la caracterización vegetal 9
1.1.2 Composición florística de la cobertura de bosque ripario 12
1.1.3 Estructura horizontal y vertical del bosque ripario 13
1.1.4 Composición florística de la vegetación secundaria 16
1.1.5 Estructura horizontal y vertical de la vegetación secundaria 18
1.1.6 Composición florística de la cobertura de humedal 22
1.1.7 Estructura de los ecosistemas de humedal 23
1.1.8 Diversidad florística de los ecosistemas 27
1.1.9 Especies de interés de flora para la conservación 30
1.2 Componente Fauna 33
1.2.1 Metodología de la caracterización de la fauna local 33
1.2.2 Aves 36
1.2.3 Mamíferos 42
1.2.4 Diversidad de la mastofauna 44
1.2.5 Especies de interés de mamíferos para la conservación 46
1.2.6 Herpetos 48
2 Medio Fisico 65
2.1 Localización Y Delimitación 65
2.2 Clima 66
1.1.1 Temperatura 67
2.2.1 Precipitación 72
2.2.2 Balance hídrico 81
2.2.3 Clasificación climática 87
2.3 Geología 89
2.3.1 Marco Geológico Regional 89

2.3.2 Marco tectónico - estructural 93
2.3.3 Geología Local 96
2.3.4 Geología Estructural 103
2.4 Geomorfología 105
2.4.1 Unidades geomorfológicas 108
2.4.2 Procesos Morfodinámicos 113
2.4.3 Pendientes Topográficas 118
2.5 Hidrogeología 120
2.5.1 Hidrogeología Regional 120
2.5.2 Unidades Hidrogeológicas Locales 126
2.5.3 Zonas de carga y descarga 130
2.5.4 Zonificación del potencial de recarga potencial 133
2.5.5 Vulnerabilidad intrínseca de los acuíferos a la contaminación 139
2.6 Hidrología 150
1.1.1 Zonificación hidrográfica 150
1.1.2 Principales Corrientes Hídricas 154
1.1.3 Oferta hídrica 156
1.1.4 Humedales Presentes en la Zona 159
1.1.5 Índice de aridez 162
2.7 Suelos 165
2.7.1 Unidades Cartográficas de Suelos 168
1.1.1 Capacidad de uso del suelo 176
2.7.2 Uso Actual 181
2.7.3 Conflicto de uso del suelo 187
2.8 Amenazas 193
2.8.1 Factores condicionantes y procesos asociados 193
2.8.2 Influencia del material parental y características del suelo 194
2.8.3 Dinámica hidrológica local 195

2.8.4 Amenaza sísmica 196
2.8.5 Amenaza por avenidas torrenciales 200
2.8.6 Amenaza por movimientos en masa 204
2.8.7 Amenaza por inundación 207
1.2 Riesgo de desastres 211
3 Socioeconómico Y Cultural 212
3.1 Introducción 212
3.2 Caracterización De Actores Locales 215
3.2.1 Clasificación De Actores Sociales 216
3.2.2 Actores Estratégicos Para El Área Protegida 226
3.3 Proceso De Participación Comunitaria 226
3.3.1 Metodología 226
3.3.2 Proceso De Convocatoria 230
3.3.3 Talleres O Encuentros Participativos 232
3.3.4 Recolección De Información 234
3.3.5 Contexto Territorial 236
3.3.6 Tasa Poblacional 242
3.4 Caracterización De Condiciones De Vida 247
3.5 Propiedad Del Área (Predial) 248
3.6 Actividades Productivas Desarrolladas 250
3.6.1 Actividades Extractivas 251
3.7 Caracterización Turísticas Del Área Protegida 251
4 Referencias bibliográficas 253

Hidroambiental
Ingenieros constructores y consultores S.A.S

1 Medio Biótico

1.1 Componente Flora

1.1.1 Metodología de la caracterización vegetal

Para la caracterización de la flora del área protegida se utilizó la metodología de RAP de A. Gentry ajustado (Gentry, 1982; Janni, 2003), que consiste en establecer transectos lineales de longitud definida y registrar todas las especies presentes a 1 m de distancia a cada lado de la línea central, abarcando los diferentes estratos de la vegetación, seleccionada por el equipo investigador para garantizar una cobertura representativa de los gradientes ambientales y estructurales de la vegetación.

En el área de estudio se levantaron tres transectos lineales de 50 m de longitud por cada tipo de cobertura vegetal durante campañas realizadas entre el mes de agosto y septiembre, que abarcaron cinco jornadas de campo, con un esfuerzo aproximado de 2.5 horas efectivas de muestreo por transecto, distribuidos de manera representativa en el territorio, comprendiendo las coberturas presentes: relictos de bosque semi-conservado de tipo ribereño o ripario, bosque o vegetación secundaria y una zona de cobertura de humedales.

Todos los individuos ubicados dentro de la franja de muestreo fueron registrados, en el caso de individuos forestales y palmas se tomó la información del diámetro a la altura del pecho (DAP) ≥ a 10 cm y altura superior a 1.5 m. En la cobertura de humedal, se

emplearon cuadrantes de 1 x 1 m, dentro de los cuales se estimó la cobertura relativa de cada especie. Estas variables fueron tomadas con el fin de complementar la composición florística de las coberturas evaluadas.

La identificación de las especies se realizó exclusivamente en campo, utilizando claves taxonómicas neotropicales como Gentry y Vasquez (1996) y regionales como Escobar y colaboradores (1993), Galeano y Bernal (2010), entre otros; registro fotográfico como soporte para la determinación en especies raras o sin una determinación completa, y no se realizaron colectas de material vegetal. Las mediciones de DAP se realizaron con cintas diamétricas, mientras que la altura total de los individuos se estimó visualmente apoyándose en referencias proporcionales. Para el registro de la información se emplearon formatos preestablecidos, en los cuales los individuos se numeran secuencialmente a medida que eran registrados a lo largo del transecto.

La clasificación taxonómica siguió el Sistema de Clasificación Filogenética APG IV (The Angiosperm Phylogeny Group et al., 2016), con nomenclatura actualizada según Kew y Tropicos.org. Asimismo, se calcularon variables estructurales básicas (área basal, densidad relativa, frecuencia relativa y dominancia relativa) para determinar los índices de valor de importancia (IVI) por especie, el cual se define como la suma de la densidad relativa, la frecuencia relativa y la dominancia relativa, lo cual resume la importancia estructural de cada especie dentro de la comunidad (Villarreal, et al., 2006). Por otro lado, para sabanas

teniendo en cuenta que predominaron las especies herbáceas y arbustivas se estimó una variación del I.V.I. conocido como Valor relativo de importancia (V.R.I.) donde se entiende como un índice fitosociológico basado en que la dominancia puede estimarse mediante la cobertura en lugar del área basal de los individuos (Kent, 2012).

Ahora bien, de acuerdo a las condiciones altamente diversas que presenta Colombia la diversidad alfa fue evaluada mediante el uso de números efectivos de especies (números de Hill), un enfoque que permite expresar la diversidad como el número de especies igualmente abundantes que producirían el mismo valor observado, facilitando comparaciones directas entre comunidades (Chao et al., 2014; Jost, 2006). Se calcularon los órdenes de diversidad q = 0, q = 1 y q = 2, donde q = 0 corresponde a la riqueza de especies, q = 1 se obtuvo a partir de la transformación exponencial del índice de Shannon-Wiener, lo que confiere un peso similar a todas las especies presentes y refleja simultáneamente riqueza y equidad, mientras que q = 2 se estimó a partir del índice de Simpson inverso, otorgando mayor ponderación a las especies dominantes y proporcionando así una medida sensible a la estructura de dominancia de las comunidades.

Los índices I.V.I. y V.I.R. fueron calculados mediante el procesamiento de las matrices de abundancia, frecuencia y dominancia/cobertura en hojas de cálculo de Microsoft Excel, siguiendo las ecuaciones clásicas propuestas por Curtis y McIntosh (1951)y sus adaptaciones para comunidades herbáceas (Kent, 2012). Para el caso de los índices de diversidad fueron calculados inicialmente en el software PAST a partir de las matrices de

abundancia por ecosistema, y posteriormente convertidos a números efectivos de especies en el entorno del software R. Adicionalmente, PAST permitió estimar la equitatividad (Evenness) como una medida complementaria para describir la homogeneidad en la distribución de las abundancias entre especies dentro de cada comunidad.

1.1.2 Composición florística de la cobertura de bosque ripario

Presentó una composición florística conformada por 24 familias, 35 géneros y 24 especies, evidenciando una riqueza florística correspondiente al área para un ecosistema ribereño (Bastidas et al., 2016). Las familias con mayor número de especies fueron Fabaceae y Melastomataceae, con 4 especies cada una; seguidas de Anacardiaceae y Arecaceae, con 3 especies cada una, posteriormente se registraron Annonaceae, Araliaceae y Rubiaceae, con 2 especies respectivamente. El resto de las familias botánicas estuvo representado por una única especie, (Tabla 1).

Hidroambiental
Ingenieros constructores y consultores S.A.S

Tabla 1.

Familias más abundantes dentro del ecosistema boscoso para el área protegida.

Familia	No. de géneros	No. de especies
Fabaceae	4	4
Anacardiaceae	3	3
Arecaceae	3	3
Annonaceae	2	2
Araliaceae	2	2
Melastomataceae	2	4

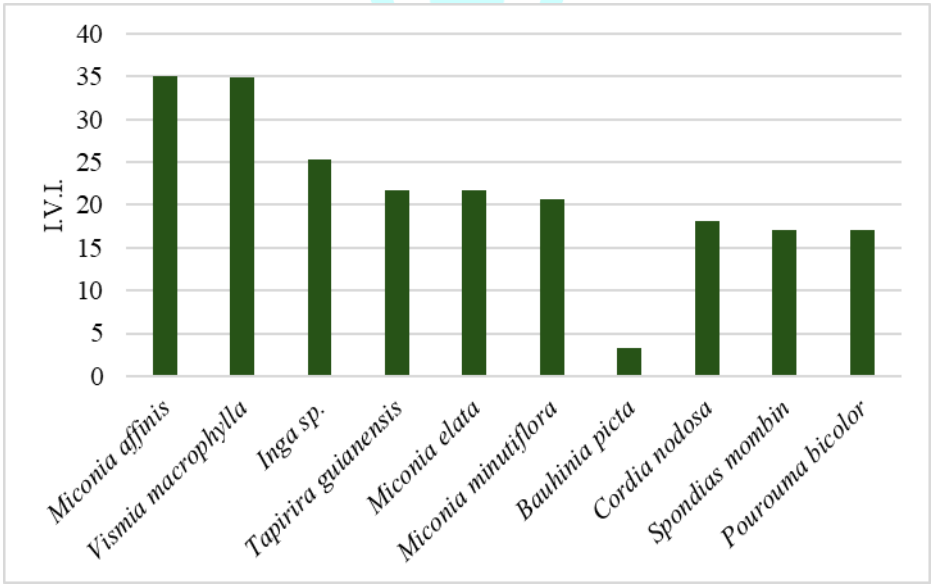
Rubiaceae	2	2

1.1.3 Estructura horizontal y vertical del bosque ripario

Al analizar los parámetros de la estructura horizontal para las especies forestales (abundancia, frecuencia y densidad) dieron como resultado el Índice de valor de importancia (IVI) de cada especie vegetal que se puede interpretar en la Figura1.

Figura 1.

Índice de Valor de Importancia de las diez especies con mayor valor estructural dentro del ecosistema.



El bosque reportó valores de I.V.I. que oscilaron entre 3.2 % y 35.1 % sin registrarse dominancias extremas, lo que muestra una composición estructural que se distribuye entre

varias especies si la consolidación de un dosel dominante definido, condición frecuente en ecosistemas ribereños con algún grado de intervención (Bastidas et al., 2016; Villarreal, H. et al., 2006)

Las especies con mayores IVI fueron *Miconia affinis* (35.1 %) y *Vismia macrophylla* (34.9 %), seguidas por *Inga sp*. (25.4 %), *Tapirira guianensis* (21.7 %), *Miconia elata* (21.7 %) y *Miconia minutiflora* (20.6 %). Estas especies pertenecen a géneros que se encuentran de manera típica en la región y que han sido documentados como pioneros en claros, bordes y áreas de sucesión temprana ya que son capaces de establecerse rápidamente en ambientes abiertos y suelos degradados (Bastidas et al., 2016; Chazdon, 2014).

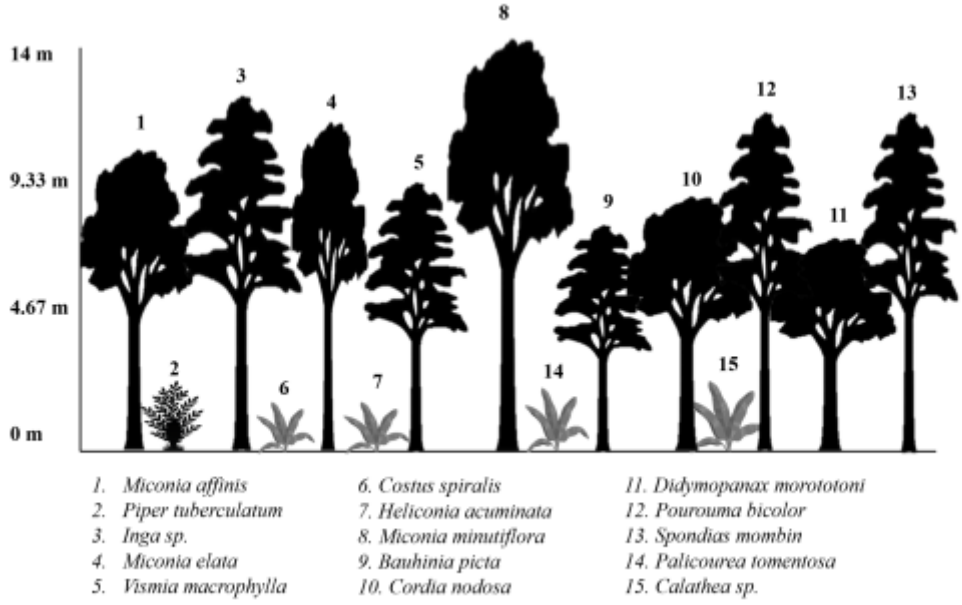
En un segundo grupo estructural se ubicaron especies como *Cordia nodosa* (18.2 %), *Spondias mombin* (17.1 %), *Pourouma bicolor* (17 %), *Genipa americana* (16.7 %), *Didymopanax morototoni* (16.7 %) y *Socratea exorrhiza* (15.9 %). Estas especies son componentes frecuentes de bosques ribereños y formaciones húmedas de tierras bajas en diferentes estados sucesionales del ecosistema ribereño que toleran condiciones de apertura del dosel (Chazdon, 2014).

En cuanto a los valores bajos de I.V.I. (<10%) presentan aportes reducidos de densidad, frecuencia o dominancia, comportamiento esperado en comunidades florísticas de bosques simplificados, donde coexisten géneros con un número relevante de especies pero pocos individuos lo que incrementa la riqueza sin lograr aún una participación significativa en la configuración del dosel (Poorter et al., 2021).

La estratificación vertical del bosque ripario evidencia una estructura de baja complejidad, caracterizada por la presencia de estratos indefinidos y alta discontinuidad del dosel, rasgos típicos de sistemas secundarios tempranos y coberturas intervenidas (Martínez-Ramos et al., 2021) En el presente sitio, la altura máxima del componente arbóreo no supera los 14 m (Figura2), conformando un dosel bajo y fragmentado dominado por especies como *Inga* sp., *Miconia affinis*, *Vismia macrophylla* y *Didymopanax morototoni*, cuya distribución irregular refleja la ausencia de una capa superior continua, condición asociada a procesos de apertura reiterada del dosel (Chazdon, 2014).

Figura 2.

Perfil de estructura vertical del bosque con las principales especies representativas de cada estrato.



1. *Miconia affinis*
2. *Piper tuberculatum*
3. *Inga sp.*
4. *Miconia elata*
5. *Vismia macrophylla*
6. *Costus spiralis*
7. *Heliconia acuminata*
8. *Miconia minutiflora*
9. *Bauhinia picta*
10. *Cordia nodosa*
11. *Didymopanax morototoni*
12. *Pourouma bicolor*
13. *Spondias mombin*
14. *Palicourea tomentosa*
15. *Calathea sp.*

El estrato medio, con alturas aproximadas entre 5 y 10 m, concentra la mayor parte de los individuos registrados y está compuesto principalmente por especies con estrategias ecológicas pioneras, tales como *Vismia macrophylla*, *Miconia affinis*, *Miconia elata*, *Spondias mombin* y *Bauhinia picta*, agrupadas de forma densa y discontinua. Esta distribución de alturas corresponde a comunidades con procesos ecológicos sucesionales dominado por especies con crecimiento rápido y fácil adaptación a ambientes con un dosel abierto, frecuento en ecosistemas riparios sujetos a disturbio antrópico recurrente (Chazdon, 2014; Fischer et al., 2021).

En el estrato inferior (0–4 m) se desarrolla un sotobosque ralo compuesto por arbustos, plántulas y herbáceas, representadas principalmente por *Piper tuberculatum*, *Heliconia acuminata*, *Costus spiralis* y *Calathea* sp. (Figura2). La distribución y abundancia de estas especies están fuertemente condicionadas por las variaciones de luz generadas por la discontinuidad del dosel y por la modificación del microclima y del sustrato edáfico, lo que favorece especies heliófilas y a pesar de las condiciones son especies típicas de un ecosistema natural de la región (Chazdon, 2014; Junk et al., 2011).

1.1.4 Composición florística de la vegetación secundaria

Se registraron 24 familias, 30 géneros y 28 especies, configurando un ensamble florístico típico de comunidades donde predomina la vegetación secundaria, especies pioneras y de rápido crecimiento son las que estructuran este tipo de ecosistemas (Poorter et al., 2021).

Tabla 2.

Familias más abundantes dentro del ecosistema de vegetación secundaria para el DCS Kirpas Pinilla-La Cuerera.

Familia	No. de géneros	No. de especies
Fabaceae	4	4
Anacardiaceae	3	3
Arecaceae	3	3
Melastomataceae	2	4
Rubiaceae	2	2
Annonaceae	2	2
Araliaceae	2	2

Las familias más representativas fueron Fabaceae y Melastomataceae, con 4 especies cada una (Tabla 2), condición coherente con el comportamiento pionero y la alta capacidad de colonización de numerosos géneros de estos grupos en áreas abiertas, bordes y suelos previamente intervenidos (Chazdon, 2014). Les siguieron Anacardiaceae y Arecaceae, con 3 especies por familia, grupos frecuentes en bosques secundarios ribereños por su tolerancia a perturbaciones y su capacidad de establecerse bajo condiciones de alta luminosidad y heterogeneidad edáfica (Rüger et al., 2023).

Por último, se registraron Annonaceae, Araliaceae y Rubiaceae, con 2 especies cada una, familias que suelen encontrarse en fases sucesionales intermedias, donde empiezan a incorporarse elementos de vegetación más compleja estructuralmente, aunque aún subordinados frente a especies pioneras dominantes (Schorn et al., 2024). Para las familias

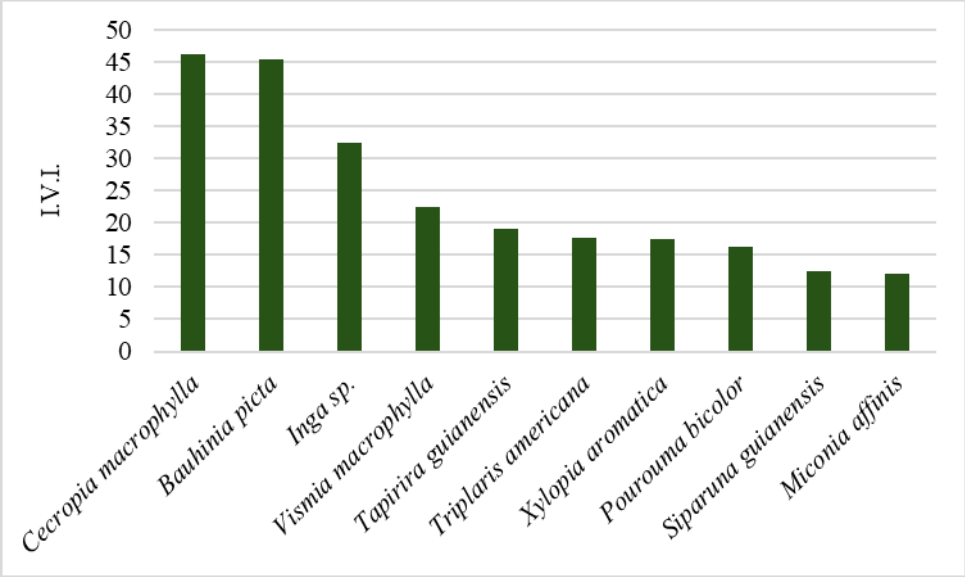
restantes su representación fue de una única especie, rasgo común de comunidades secundarias tropicales, donde un número reducido de especies dominantes concentra la mayoría de los individuos, mientras numerosas especies aparecen de forma escasa, contribuyendo principalmente a la riqueza florística sin alcanzar un peso estructural elevado en el ensamble (Poorter et al., 2021).

1.1.5 Estructura horizontal y vertical de la vegetación secundaria

Los valores de IVI evidencian una estructura dominada por especies asociadas a ambientes de áreas abiertas, con escasa diferenciación funcional del dosel debido a presiones antrópicas (Chazdon, 2014). Las especies que más destacan son *Cecropia macrophylla* (46,2 %) y *Bauhinia picta* (45,5 %) como las especies con mayor peso estructural (Figura3), debido a su elevada densidad y dominancia relativa. Ambas se establecen en la literatura como especies pioneras, que aprovechan a su favor la apertura del dosel y los nutrientes que proporcionan los suelos, además, suelen establecerse rápidamente en escenarios de regeneración secundaria y bordes de bosque, donde pueden conformar agrupaciones dominantes temporales (Fischer et al., 2021; Poorter et al., 2021).

Figura 3.

Índice de Valor de Importancia de las diez especies con mayor valor estructural dentro del ecosistema.



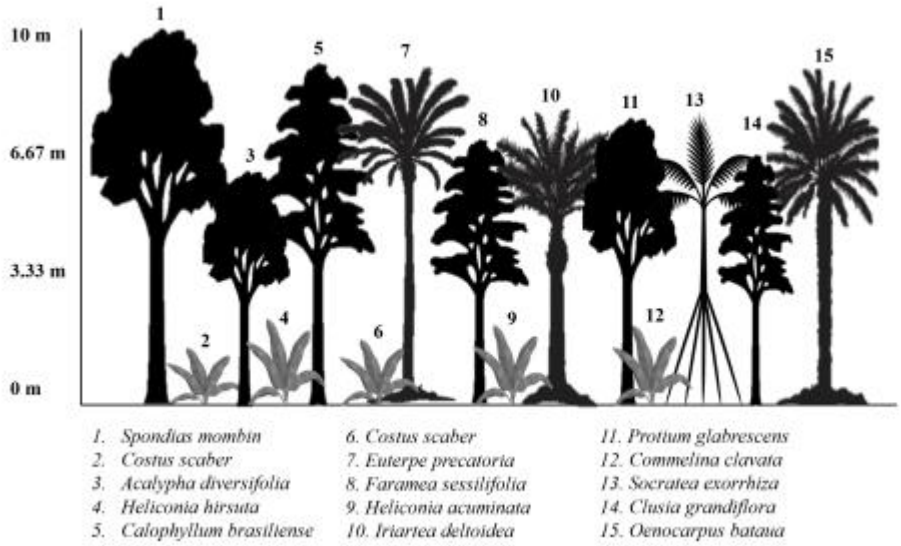
Las especies con I.V.I. bajos a moderados (≤ 15 %) corresponden a elementos dispersos dentro de la cobertura, entre los que se encuentran *Pourouma bicolor* (16,2 %), *Siparuna guianensis* (12,5 %), *Miconia affinis* (12,2 %) y otras especies con registros aislados como *Genipa americana*, *Didymopanax morototoni*, *Spondias mombin*, *Erisma uncinatum* y *Virola peruviana*. Este grupo incluye tanto especies características del bosque como especies de alta adaptabilidad y amplia distribución lo que le permite su desarrollo en casi cualquier ecosistema ( ). Sin embargo, como ya se mencionó este comportamiento estructural responde a una riqueza taxonómica,

pero sin una complejidad estructural dominando unas pocas especies la estructura del ecosistema (Poorter et al., 2021; Rüger et al., 2023; Schorn et al., 2024).

La estratificación vertical muestra una estructura de baja estatura y distribución discontinua que evidencia procesos de regeneración constante pero sometidos a disturbios antrópicos continuos como el tránsito recurrente de ganado y equinos junto con la apertura de senderos dentro de estos ecosistemas. El dosel superior alcanza aproximadamente 8–10 m de altura, conformado por un número reducido de árboles dispersos, entre los que se incluyen especies como *Spondias mombin*, *Calophyllum brasiliense*, *Protium glabrescens* y *Clusia grandiflora*, cuya distribución irregular refleja la falta de consolidación de un dosel continuo (Figura 4).

Figura 4.

Perfil de estructura vertical de la vegetación secundaria con las principales especies representativas de cada estrato.



1. *Spondias mombin*
2. *Costus scaber*
3. *Acalypha diversifolia*
4. *Heliconia hirsuta*
5. *Calophyllum brasiliense*
6. *Costus scaber*
7. *Euterpe precatoria*
8. *Faramea sessilifolia*
9. *Heliconia acuminata*
10. *Iriartea deltoidea*
11. *Protium glabrescens*
12. *Commelina clavata*
13. *Socratea exorrhiza*
14. *Clusia grandiflora*
15. *Oenocarpus bataua*

El estrato medio (rango de 4 a 7 m) está compuesto por especies leñosas de hábito arbóreo bajo y palmas como *Euterpe precatoria*, *Iriartea deltoidea* y *Socratea exorrhiza*, junto con arbustos como *Faramea sessiliflora*. Este estrato concentra buena parte de la cobertura leñosa y responde a condiciones de alta disponibilidad lumínica, propias de ambientes con dosel fragmentado, donde las especies de crecimiento rápido y tolerantes a perturbación logran establecerse con mayor éxito (Oberleitner et al., 2021).

El sotobosque (0 a 3 m) se encuentra dominado por especies herbáceas y arbustivas como *Costus scaber*, *Heliconia hirsuta*, *Heliconia acuminata*, *Commelina clavata* y *Acalypha diversifolia*, que forman una cobertura densa asociada a la apertura del dosel y a la ausencia de sombreado permanente. La dominancia de este estrato muestra un entorno con alta variabilidad en la entrada de luz y limitada transición hacia una estructura vertical más

compleja (Sun et al., 2024). De esta manera la estratificación simplificada del ecosistema es la típica de un bosque secundario con un grado de intervención relevante (Rüger et al., 2023).

1.1.6 Composición florística de la cobertura de humedal

La cobertura de la zona de humedales reportó una composición florística, conformada por 12 familias, 18 géneros y 18 especies, con predominio de macrófitas acuáticas y especies adaptadas a condiciones de inundación permanente o semipermanente, asociadas tanto a zonas someras abiertas como a bordes encharcados y sustratos saturados (Junk et al., 2011).

Las familias mejor representadas fueron Poaceae, con 4 especies, Araceae, con 3 especies, y Pontederiaceae, con 2 especies (Tabla 3). Estos grupos comprenden macrófitas flotantes, emergentes y helófitas ampliamente documentadas en ambientes lénticos eutrofizados o con influencia antrópica, donde prosperan gramíneas palustres y plantas hidrófitas de crecimiento rápido pertenecientes a los géneros Pontederia, Heteranthera, Pistia y Lemna (do Nascimento et al., 2021). El resto de las familias se encuentra representado por 1 especie.

Tabla 3.

Familias más abundantes dentro del ecosistema de humedal para el área protegida.

Familia	No. de géneros	No. de especies

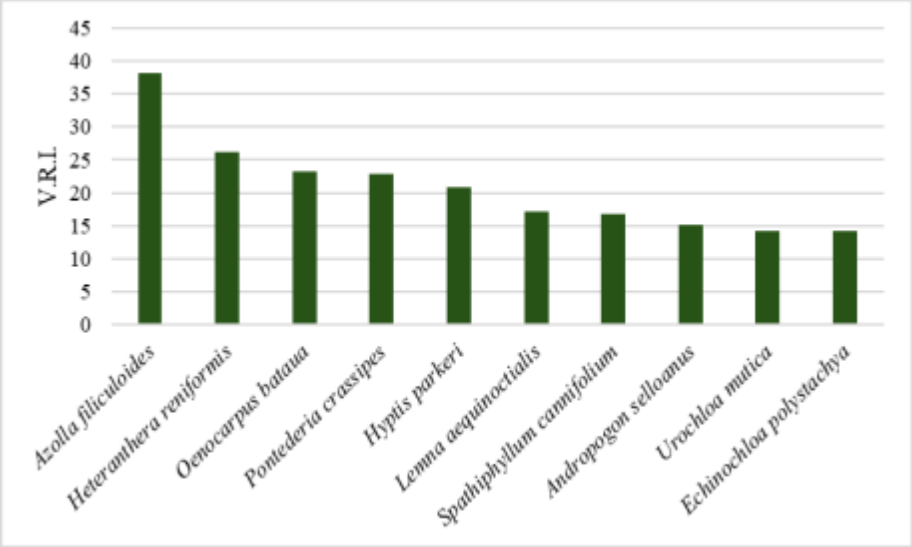
Poaceae	4	4
Araceae	3	3
Pontederiaceae	2	2

1.1.7 Estructura de los ecosistemas de humedal

Se evidencia una comunidad fuertemente dominada por unas pocas especies, un comportamiento característico de cuerpos de agua degradados (Misteli et al., 2022). Destaca de manera sobresaliente la proliferación de *Pontederia crassipes* (V.R.I. = 59.21) comúnmente conocida como buchón de agua (Figura5), ya que es la especie con mayor peso estructural dentro del humedal, cuya elevada densidad, frecuencia y cobertura indican un proceso de expansión masiva sobre el espejo de agua. Este comportamiento es característico de macrófitas flotantes altamente oportunistas, favorecidas por excesos de nutrientes, escaso recambio hidráulico y disturbio continuo (Addis & Desta, 2024; Ma et al., 2023; Misteli et al., 2022).

Figura 5.

Valor Relativo de Importancia de las diez especies con mayor valor estructural dentro del ecosistema.



Le siguen en importancia *Azolla filiculoides* (V.R.I. = 33.64) y *Heteranthera reniformis* (V.R.I. = 21.99), también macrófitas flotantes o emergentes que han sido documentadas como indicadoras de ambientes enriquecidos en nutrientes y con baja dinámica hidrológica (Figura5), cuya presencia masiva refuerza la interpretación de un humedal sometido a procesos de eutrofización y acumulación de materia orgánica (Corli et al., 2022; Pinero-Rodríguez et al., 2021; Wasserman & Dalu, 2022).

En el rango intermedio del V.R.I. se ubicaron *Oenocarpus bataua, Hyptis parkeri, Spathiphyllum cannifolium, Lemna aequinoctialis y Andropogon selloanus* (rango de 13 a 20) (Figura5), conformando un ensamble mixto de macrófitas flotantes, emergentes, helófitas ribereñas y especies leñosas de borde, que prosperan principalmente en sustratos compactados, márgenes encharcados y zonas de transición en áreas inundables (Ahumada Pulido et al., 2022; Bastidas et al., 2016). Estas especies presentan tolerancia a

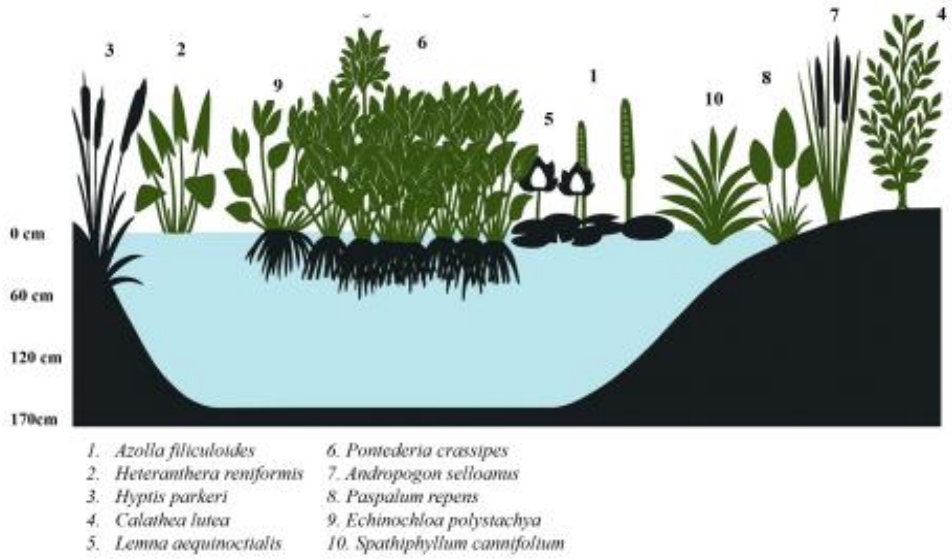
fluctuaciones del nivel hídrico y disturbios físicos frecuentes, pero su establecimiento ocurre bajo un marco de alta competencia espacial impuesta por la expansión de *P. crassipes* y otras macrófitas dominantes (Buitrago, 2024).

Los valores más bajos del V.R.I. (<10) correspondieron a especies como, *Erythrina fusca*, *Miconia elata*, *Calathea lutea* y *Paspalum repens*, las cuales se restringen a sectores puntuales del humedal y poseen una contribución estructural limitada. Esta baja representatividad no refleja estabilidad ecológica, sino la competencia asimétrica generada por la proliferación de especies flotantes dominantes, fenómeno recurrente en humedales eutrofizados donde pocas macrófitas monopolizan recursos, espacio y luz (Bastidas et al., 2016; Pinzón, 2024).

La estratificación vertical del humedal evidencia una organización simplificada dominada por macrófitas flotantes y emergentes, con una marcada concentración de biomasa en el estrato superficial asociado al espejo de agua. Destaca de manera sobresaliente la proliferación del buchón de agua (*P. crassipes*), la cual conforma extensas masas vegetales flotantes que cubren de forma casi continua amplios sectores del cuerpo de agua (Figura6). Esta expansión desproporcionada genera un estrato superficial homogéneo, reduciendo la heterogeneidad estructural y limitando el desarrollo de otras formas de vida acuática.

Figura 6.

Perfil de estructura vertical del humedal con las principales especies representativas de cada estrato



En el mismo nivel superficial coexisten macrófitas flotantes de pequeño porte como *Azolla filiculoides* y *Lemna aequinoctialis*, así como emergentes de bajo a mediano tamaño como *Heteranthera reniformis* y *Echinochloa polystachya*. Sin embargo, su establecimiento ocurre principalmente en los bordes de los parches formados por *P. crassipes*, quedando subordinadas a la competencia por espacio, luz y nutrientes impuesta por esta especie dominante. Esta distribución en la que una especie sobresale de las demás ha sido ampliamente documentado en humedales eutrofizados, donde la expansión del buchón de agua monopoliza el hábitat superficial, disminuye la penetración lumínica en la columna de agua y genera condiciones de hipoxia y acumulación de materia orgánica en descomposición (Addis & Desta, 2024; Ma et al., 2023; Misteli et al., 2022; Pinzón, 2024).

Para el caso de el estrato emergente-ribereño, localizado hacia los márgenes del humedal, está compuesto por especies graminoides como *Andropogon selloanus* y *Paspalum repens*,

además de helófitas como *Spathiphyllum cannifolium* y *Hyptis parkeri*, junto con arbustos aislados como *Calathea lutea*, también destacan, individuos de alto porte como *Oenocarpus bataua, Bauhinia picta e Inga sp* (Pinzón, 2024). Este estrato presenta una distribución discontinua y una cobertura relativamente baja, restringida por la compactación del sustrato en las zonas de transición y los disturbios antrópicos a los que está sometido el ecosistema (Ahumada Pulido et al., 2022).

De acuerdo con lo mencionado, la estructura del ecosistema refleja un fuerte desequilibrio donde la biomasa se concentra casi que exclusivamente en el estrato superficial flotante, en detrimento de la diferenciación estructural de humedales funcionales donde no solo se evidencia una riqueza taxonómica, sino también hay un claro desarrollo de todos los estratos alrededor del cuerpo de agua lo que permite que de manera ecológica cumpla de una manera óptima sus funciones (Ahumada Pulido et al., 2022; Pinzón, 2024; Wasserman & Dalu, 2022). Es importante reconocer, que las limitaciones del ecosistema son fuertes, pero aún así los resultados observados permiten establecer que con las estrategias de conservación adecuadas se puede recuperar y permitir que siga cumpliendo funciones ecológicas importantes dentro de la matriz urbana en la que se encuentra el área protegida.

1.1.8 Diversidad florística de los ecosistemas

La diversidad florística de los ecosistemas evaluados se estimó mediante el enfoque de números efectivos de especies o números de Hill (q). Las coberturas de bosque ripario y vegetación secundaria registraron la misma riqueza florística (q0 = 37). Sin embargo,

presentaron diferencias en la estructura relativa de abundancias. El bosque ripario mostró valores ligeramente mayores de q1 (37.7) y q2 (37.1) en comparación con la vegetación secundaria (q1 = 35.3; q_2 = 30.8) (Tabla 4), lo que indica que un mayor número de especies contribuye de forma relativamente homogénea a la estructura comunitaria del bosque (Chazdon, 2014). En contraste, en la vegetación secundaria se evidenció una leve tendencia hacia una mayor dominancia relativa de algunas especies pioneras, sin llegar a configurar un ensamble simplificado o reducido (Rüger et al., 2023).

Tabla 4.

Índices de diversidad para la flora encontrada dentro de las diferentes coberturas.

Cobertura	q0 (Riqueza)	q1 (Shannon efectivo)	q2 (Simpson efectivo)	J (Equitatividad)
Bosque	37	37.7	37.1	0.9499
Vegetación secundaria	37	35.3	30.8	0.9286
Humedal	18	10.8	5	0.7714

En ambos ecosistemas, la equitatividad fue muy alta (J = 0.9499 para el bosque ripario y J = 0.9286 para la vegetación secundaria), reflejando comunidades con baja dominancia y alta uniformidad en la distribución de abundancias, condición consistente con comunidades

vegetales con una diversidad intermedia aún bajo escenarios de fragmentación si se compara con ecosistemas forestales conservados (Poorter et al., 2021), En estos ecosistemas, coexisten especies pioneras y remanentes del bosque original. Este comportamiento ha sido documentado en paisajes tropicales intervenidos, donde la diversidad alfa puede mantenerse elevada debido a la mezcla de grupos funcionales, aunque bajo una estructura ecológica alterada y poco estable (Chazdon, 2014; Jost, 2006).

En cuanto al humedal presentó una riqueza florística considerablemente menor (q0 = 18), aproximadamente la mitad de la registrada en el bosque y la vegetación secundaria. Adicionalmente, mostró una marcada reducción en los números efectivos de especies, donde q1 se redujo a 10.8 y q2 a 5.0 respecto al bosque ripario y la vegetación secundaria (Tabla 4). Estos resultados indican que pocas especies explican la mayor parte de la abundancia, mientras que el resto de la flora se mantiene con representaciones muy bajas.

La equitatividad significativamente menor respecto a los otros ecosistemas (J = 0.77) confirma la presencia de una comunidad fuertemente dominada, lo que coincide con humedales eutrofizados o sometidos a disturbio recurrente que han sido documentados (Ahumada Pulido et al., 2022; Buitrago, 2024; Pinzón, 2024; Wasserman & Dalu, 2022), donde macrófitas flotantes y emergentes monopolizan el espacio físico y los recursos disponibles, limitando la coexistencia de especies menos competitivas.

Esta dominancia es consistente con lo observado en los análisis estructurales ya descritos, donde especies como *P. crassipes*, *A. filiculoides* y *H. reniformis* concentraron los valores

más altos del V.R.I., evidenciando procesos activos de eutrofización, sedimentación fina y baja renovación hidráulica, que conducen a la homogeneización biótica y a una reducción funcional del ecosistema acuático (Addis & Desta, 2024; Corli et al., 2022; Ma et al., 2023; Misteli et al., 2022; Pinero-Rodríguez et al., 2021; Wasserman & Dalu, 2022).

1.1.9 Especies de interés de flora para la conservación

No se registraron especies con categoría de amenaza según la UICN, la Resolución 0126 de 2024 ni los apéndices CITES. La totalidad de las especies identificadas corresponden a las categorías Preocupación Menor (LC) o No Evaluada (NE), condición consistente con el hecho de que la flora presente está compuesta principalmente por especies pioneras, de amplia distribución local y con gran plasticidad ecológica, características de ecosistemas sometidos a disturbios frecuentes y presiones antrópicas continuas (Chazdon, 2014; Poorter et al., 2021; Rüger et al., 2023).

No obstante, aunque las especies presentes no presentan un grado de amenaza relevante, los ecosistemas evaluados logran cumplir su rol ecológico. Especies como, *Euterpe precatoria* y *Oenocarpus bataua* actúan como especies estructurales y recursos tróficos fundamentales para aves y mamíferos frugívoros (Escriche et al., 1999). Árboles ribereños como *Genipa americana* participan directamente en la regeneración de bosques riparios mediante la provisión de frutos para dispersores y el establecimiento en orillas ribereñas dinámicas (Wendt et al., 2022). También, especies fijadoras de nitrógeno como *Erythrina fusca* y *Mimosa trianae* contribuyen a la recuperación edáfica en ambientes disturbados,

favoreciendo el restablecimiento de nutrientes, la estabilización del suelo y la sucesión secundaria (Souza & Lorenzi, 2012).

En el humedal, helófitas y emergentes como *Polygonum acuminatum* y *Juncus microcephalus* cumplen funciones asociadas al control de erosión en bordes, retención de sedimentos finos y provisión de hábitat para microfauna acuática (Rangel, 2011).

Por otro lado, la proliferación excesiva de *Pontederia crassipes* en gran parte de los cuerpos hídricos presentes en el área protegida, se debe considerar como un objetivo de manejo activo. Como ya se estableció en el texto el buchón de agua afecta negativamente la funcionalidad ecológica del ecosistema acuático (Addis & Desta, 2024; Ma et al., 2023). En consecuencia, la estrategia de conservación para este componente no debe orientarse a su protección, sino a su control poblacional para permitir el restablecimiento de una estructura vegetal más equilibrada y funcional.

Figura 7.

Registro fotográfico de algunas de las especies de flora identificadas dentro del área protegida. Fotografías: Equipo consultor.



Vismia macrophylla Kunth



Pontederia crassipes Mart.



Heliconia hirsuta L.f.



Calathea lutea (Aubl.) E.Mey. ex Schult.



Trimezia steyermarkii R.C.Foster



Bauhinia picta (Kunth) DC.

1.2 Componente Fauna

1.2.1 Metodología de la caracterización de la fauna local

El levantamiento de información faunística se realizó mediante recorridos por transectos en cada tipo de cobertura vegetal anteriormente descritas, registrando la fauna de manera directa (avistamientos) e indirecta (vocalizaciones, huellas, entrevistas y otros rastros). La selección de las zonas de muestreo se basó en la información suministrada por la comunidad local y en registros previos reportados por entidades municipales y privadas, lo cual permitió identificar sectores con alta probabilidad de ocurrencia, y así poder considerar que en los senderos se pudiera encontrar una buena representatividad.

Previo al trabajo de campo, se efectuó una revisión de información secundaria, listados de especies desarrollados por entidades municipales y literatura científica, incluyendo claves taxonómicas ampliamente reconocidas como Ayerbe-Quiñones (2018) y Salaman y

colaboradores (2001) para aves; Duellman y Trueb (1994), Espinosa y colaboradores (2019) y Galeano y colaboradores (2006) para anfibios; Jolliff (2005), Angarita-Sierra y colaboradores (2013) y Espinosa y colaboradores (2019) para reptiles; Wilson & Reeder, (2005), Lizcano y Ramírez-Chaves (2025), Solari y colaboradores (2013), Morales-Martinez (2021) para mamíferos y Van der Sleen y Albert (2017) para peces. Adicionalmente, la información fue corroborada con documentos técnicos de ProAves y Poligrow, quienes han hecho estudios de diversidad dentro del área de influencia.

Aunque el diseño general se basó en recorridos por transectos para todos los grupos taxonómicos, se aplicaron metodologías específicas según cada grupo. Para aves se realizaron observaciones visuales, montaje de redes de niebla y registros auditivos activos, empleando grabadoras de campo para la obtención de vocalizaciones, cuya identificación fue realizada empleando el software BirdNET para la identificación preliminar automática de vocalizaciones. Posteriormente, estas identificaciones fueron corroboradas mediante comparación con bibliografía especializada y documentos técnicos regionales.

Para mamíferos, se utilizaron métodos indirectos basados en la detección de rastros (huellas, heces, senderos y sitios de actividad), complementados con la instalación de cámaras trampa, trampas sherman y redes de niebla en puntos estratégicos, así como recorridos que permitieran hacer observaciones visuales para registro fotográfico.

La herpetofauna se evaluó mediante búsquedas visuales dirigidas a microhábitats clave (hojarasca, cuerpos de agua, troncos, borde de bosque, epifitas, entre otros) complementado

con trampas de caída y para el caso de anfibios, las vocalizaciones registradas fueron analizadas mediante inspección de espectrogramas usando las plataformas ARBIMON II y el software Raven Pro, herramientas ampliamente empleadas para el monitoreo bioacústico en ecosistemas neotropicales. La determinación taxonómica se realizó mediante comparación con bibliotecas acústicas disponibles en la literatura y verificación con las guías de campo.

Durante los recorridos, consistentes en transectos de 100 a 600 m de longitud recorridos a velocidad constante, se registraron sistemáticamente todos los individuos detectados por observación directa, identificación auditiva o evidencias indirectas, consignando adicionalmente información sobre comportamiento y uso del estrato vertical del bosque. Por último, pero no menos importante se realizaron entrevistas semiestructuradas con la comunidad que permitieron conocer las especies que más se han reconocido en el área.

El esfuerzo de muestreo incluyó 5 jornadas de campo (3 diurnas y 2 nocturnas), cada una de 3 horas, realizadas durante los meses de agosto y octubre, cubriendo distintos horarios de actividad animal.

Es así como, considerando la gran diversidad que tiene Colombia, la diversidad alfa de los diferentes grupos de fauna fue evaluada mediante el uso de números efectivos de especies (números de Hill), un enfoque que permite expresar la diversidad como el número de especies igualmente abundantes que producirían el mismo valor observado y facilita comparaciones directas entre ensambles biológicos (Chao et al., 2014; Jost, 2006). Se

calcularon los órdenes de diversidad q = 0, q = 1 y q = 2, donde q = 0 corresponde a la riqueza de especies, q = 1 se obtuvo a partir de la transformación exponencial del índice de Shannon-Wiener, reflejando simultáneamente riqueza y equidad al asignar un peso similar a todas las especies presentes, y q = 2 se derivó del inverso del índice de Simpson, dando mayor ponderación a las especies dominantes y permitiendo evaluar la estructura de dominancia dentro de cada comunidad faunística.

Los índices clásicos de diversidad (Shannon y Simpson) fueron calculados inicialmente a partir de matrices de abundancia por cobertura utilizando el software PAST (Hammer et al., 2001), y posteriormente convertidos a números efectivos de especies en el entorno del software R, conforme a las transformaciones propuestas por Jost (2006). Adicionalmente, el software PAST permitió estimar la equitatividad como una medida complementaria para describir la homogeneidad en la distribución de las abundancias entre especies dentro de cada ensamblaje faunístico.

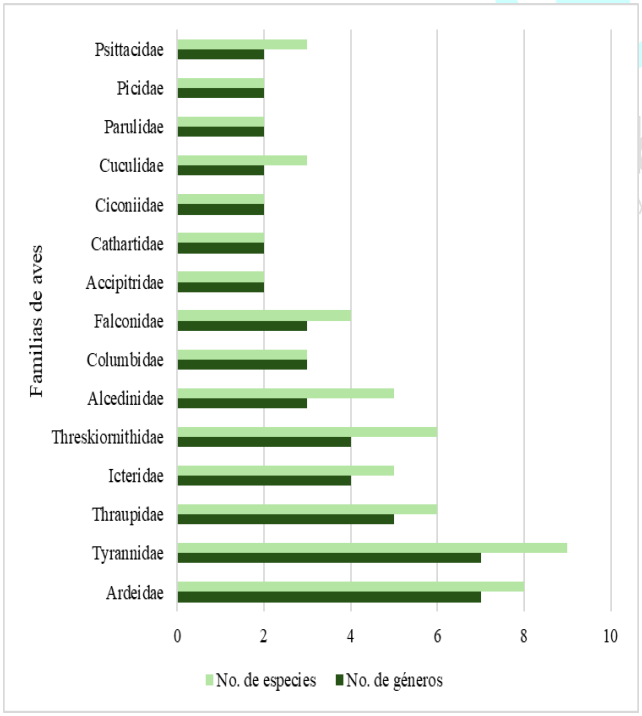
1.2.2 Aves

Se registró un total de 88 especies, correspondientes a 17 órdenes, 37 familias y 73 géneros, lo que evidencia una alta riqueza específica asociada a la heterogeneidad espacial del paisaje, caracterizado por un mosaico de ecosistemas intervenidos y degradados. La mayor parte de los registros provino de bordes de bosque, caños estacionales y claros intervenidos, ambientes donde es común la presencia de especies de amplia distribución, adaptadas a condiciones de disturbio moderado (McKinney, 2006).

Las familias con mayor número de especies fueron Tyrannidae (9 especies), Ardeidae (8), Thraupidae (6), seguidas por Alcedinidae, Icteridae y Threskiornithidae (5 especies cada una). Estos grupos concentran una fracción importante de la riqueza local e incluyen gremios tróficos diversos principalmente insectívoros, frugívoros, granívoros, piscívoros y carroñeros, así como especies asociadas a ambientes acuáticos y de áreas abiertas (Blake, 1983; Ocampo-Peñuela & Etter, 2013; Renjifo, 2001). Esta composición es consistente con una matriz de coberturas intervenidas, donde coexisten relictos de bosque degradado, humedales alterados y vegetación secundaria (Figura 8).

Figura 8.

Las 15 familias más abundantes de aves para el área protegida.



1.2.2.1 Diversidad de la avifauna

La diversidad alfa para la comunidad de aves se evaluó mediante el enfoque de los números efectivos de especies (números de Hill). De esta manera se evidencia que la vegetación secundaria presentó la mayor riqueza de especies de aves (q0 = 78), seguida por el humedal (q0 = 73) y el bosque (q0 = 68) (Tabla 5). Esto resulta coherente con la estructura espacial del paisaje, caracterizada por un mosaico periurbano conformado por sucesión secundaria, bordes de bosque ripario, parches abiertos, sotobosques densos de regeneración temprana y áreas intervenidas, así como presencia de diferentes cuerpos de agua, condiciones que incrementan la heterogeneidad de hábitats disponibles y favorecen la coexistencia tanto de especies forestales como de especies de amplia distribución y gran plasticidad ecológica (Croci et al., 2008; McKinney, 2006).

El número efectivo de especies comunes (q1) presentó valores cercanos a la riqueza observada en todas las coberturas (bosque: q1 = 71.8; vegetación secundaria: q1 = 79.5; humedal: q1 = 73.8) (Tabla 5), lo cual indica poblaciones con elevada equidad en abundancias, donde una proporción importante de las especies registradas contribuye de manera similar a la estructura de la comunidad, sin una concentración marcada en pocas especies que muestran una alta cantidad de individuos (Chao et al., 2014; Jost, 2006).

Al considerar el número efectivo de especies dominantes (q2), las diferencias entre coberturas se reducen notablemente (74.5 a 78.0 especies equivalentes), lo que refuerza la ausencia de dominancias extremas y sugiere que las 3 coberturas presentan comunidades de

aves con un número similar de especies, incluso bajo un contexto de disturbio antrópico (Tabla 5). Este comportamiento es característico de paisajes fragmentados y ecosistemas modificados, donde la mezcla de hábitats favorece comunidades con múltiples especies de abundancias intermedias, en contraste con la dominancia estructural observada en ecosistemas altamente especializados o degradados de forma severa (Croci et al., 2008; Sol et al., 2014).

Los valores de equitatividad de Pielou fueron consistentemente altos (J = 0.96–0.97), destacándose el humedal como la cobertura más equitativa (J = 0.9699), seguido por el bosque (J = 0.9642) y la vegetación secundaria (J = 0.9583) (Tabla 5). Estos valores confirman una distribución relativamente uniforme de abundancias, con una ligera tendencia a mayor heterogeneidad en la vegetación secundaria, condición esperable en ambientes de borde y sucesión temprana donde algunas especies generalistas tienden a incrementar su abundancia relativa, aunque sin generar dominancias fuertes (Pinzón, 2024).

Tabla 5.
Índices de biodiversidad para la comunidad de aves encontrada en el DCS Kirpas Pinilla-La Cuerera.

Cobertura	q0 (Riqueza)	q1 (Shannon efectivo)	q2 (Simpson efectivo)	J (Equitatividad)
Bosque	68	71.8	75.9	0.9642
Vegetación secundaria	78	79.5	78	0.9583
Humedal	73	73.8	74.5	0.9699

1.2.2.2 Especies de interés de aves para la conservación

En cuanto al estado de conservación, todas las especies registradas se encuentran en la categoría Preocupación Menor (LC) según la UICN, es decir, no se registraron especies clasificadas como Vulnerables, En Peligro o En Peligro Crítico. No obstante, cuatro especies aparecen incluidas en el Apéndice II de la CITES que son: *Amazona ochrocephala, Amazona amazonica, Forpus conspicillatus y Eudocimus ruber* lo que indica que, aunque no están globalmente amenazadas, sí requieren regulación de su comercio internacional debido a la presión potencial por captura y tráfico.

La composición general del ensamble está dominada por especies de amplia distribución y alta tolerancia a ecosistemas modificados, condición coherente con el carácter periurbano del paisaje y con el hecho de que las coberturas corresponden principalmente a parches de bosque ripario degradado, vegetación secundaria y humedales alterados sometidos a disturbio recurrente. Aun así, se registraron algunas especies poco frecuentes en paisajes urbanos fuertemente transformados, como *Hypnelus ruficollis* y ciertos frugívoros medianos, cuya presencia sugiere que estos remanentes de hábitat continúan ofreciendo refugio y recursos críticos para especies que requieren elementos arbóreos mejor desarrollados o una oferta trófica más diversa (Croci et al., 2008; Donegan et al., 2015).

Aunque no se obtuvo evidencia de especies estrictamente asociadas a bosques bien conservados o a condiciones de alta integridad estructural, la presencia simultánea de múltiples gremios tróficos indica que el área mantiene una funcionalidad ecológica básica,

pese a su estado degradado (Ocampo-Peñuela & Etter, 2013). En este contexto, el conjunto de coberturas evaluadas funciona como un refugio local y un corredor ecológico periurbano, especialmente relevante para especies comunes y de amplia distribución, contribuyendo al mantenimiento de la conectividad ecológica y de la fauna silvestre dentro del entorno urbano de Villavicencio (McKinney, 2006).

Figura 8.

Registro fotográfico de algunas de las especies de aves identificadas dentro del área protegida. Fotografías: Equipo consultor.



Hesperoburhinus bistriatus

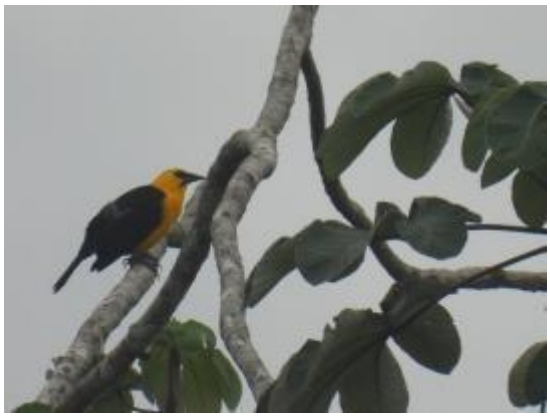


Syrigma sibilatrix





Vanellus chilensis



Butorides striata



Gymnomystax mexicanus

Opisthocomus hoazin

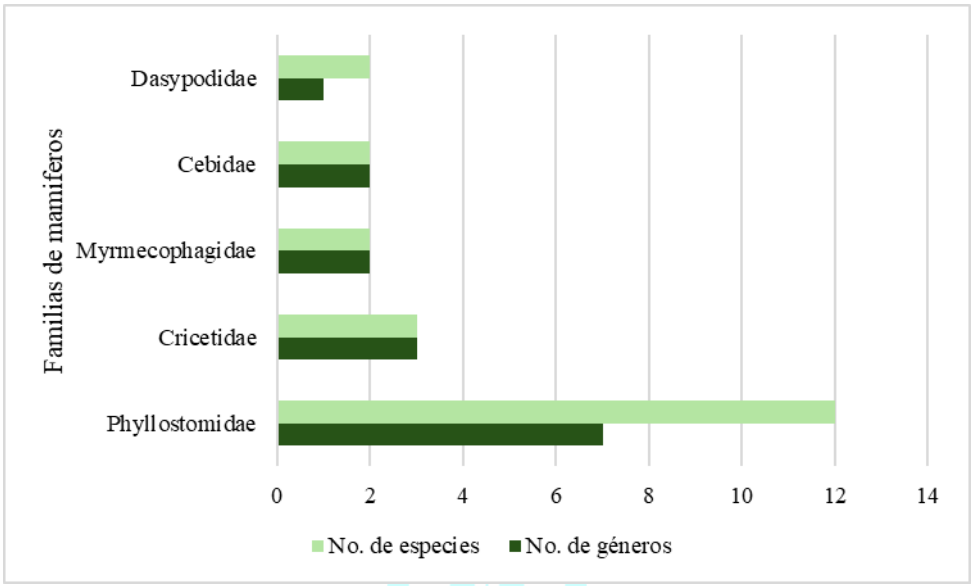
1.2.3 Mamíferos

La composición de la mastofauna del área protegida corresponde a 28 especies, agrupadas en 12 familias, 22 géneros y 7 órdenes. La mayor parte de los registros se concentró en la cobertura de bosque, aunque también se detectaron individuos en vegetación secundaria y la zona de humedal, lo que evidencia el uso del mosaico de hábitats disponibles en un paisaje altamente intervenido.

La mayor riqueza específica se concentró en la familia Phyllostomidae, con 12 especies, seguida por Cricetidae con 3 y por Cebidae, Myrmecophagidae y Dasypodidae con 2 especies cada una. Las familias Aotidae, Atelidae, Pitheciidae, Didelphidae, Mustelidae, Vespertilionidae y Sciuridae estuvieron representadas por una sola especie durante el muestreo (Figura8).

Figura 9.

Familias más representativas de mamíferos en el área protegida.



Entre los grupos más sobresalientes se encuentran:

- Quirópteros frugívoros y nectarívoros, como *Artibeus planirostris*, *Carollia perspicillata* y *Sturnira lilium*, que dominan la matriz y reflejan la abundancia de frutos pioneros, flores y refugios en árboles y estructuras abandonadas (Fino Hernández, 2019).
- Carnívoros semiacuáticos, como *Lontra longicaudis*, asociados principalmente a sistemas ribereños y humedales que conservan una disponibilidad mínima de presas acuáticas y cobertura riparia funcional (Rheingantz et al., 2014)

- Primates, entre ellos *Aotus brumbacki*, *Sapajus apella* y *Plecturocebus ornatus*, cuyo uso del bosque y corredores riparios resalta la importancia de los remanentes arbóreos como corredores funcionales para su desplazamiento (Defler, 2010; Marsh et al., 2003; Shanee, 2023; Stevenson et al., 2010) (Defler, 2010; Marsh & Chapman, 2013; Stevenson, *et al*., 2010).
- Marsupiales, como *Didelphis marsupialis*, especie indicadora de ambientes periurbanos con alta adaptabilidad (Saldaña et al., 2019).
- Roedores medianos, como *Cuniculus paca* y *Dasyprocta fuliginosa*, que cumplen un rol esencial como dispersores de semillas (Mena et al., 2011).

1.2.4 Diversidad de la mastofauna

La diversidad efectiva mostró diferencias claras entre las tres coberturas evaluadas, evidenció una mayor riqueza en la vegetación secundaria (q0 = 26), seguida por el bosque (q0 = 17) y el humedal (q0 = 12). Lo cual es consistente con lo reportado para paisajes fragmentados, donde la heterogeneidad paisajística generada por la sucesión secundaria, los bordes y la mezcla de coberturas incrementa la disponibilidad de nichos y favorece la coexistencia de especies de amplia distribución y fácil adaptación (Magle et al., 2012).

Tabla 6.

Índices de biodiversidad para la comunidad de mamíferos encontrada en el área protegida.

Cobertura	q0 (Riqueza)	q1 (Shannon	q2 (Simpson	J (Equitatividad)

		efectivo)	efectivo)	
Bosque	17	23.1	46.2	0.9798
Vegetación secundaria	26	31.9	45	0.978
Humedal	12	14.7	21	0.9808

Al considerar el número efectivo de especies comunes (q1), la vegetación secundaria mantuvo también los valores más altos (q1 = 31.9), seguida del bosque (q1 = 23.1), mientras que el humedal presentó un valor inferior (q1 = 14.7). Es así como, se observa que además de presentar mayor riqueza total, la vegetación secundaria concentra un mayor número de especies con abundancias intermedias, es decir, ensambles donde múltiples especies participan de manera casi equitativa, sin que la comunidad está dominada por pocas especies altamente abundantes, fenómeno típico de paisajes en regeneración secundaria (Chao et al., 2014; Lizcano & Ramírez-Chaves, 2025; Wendt et al., 2022).

Los valores del número efectivo de especies dominantes (q2) fueron elevados y notablemente superiores a los de riqueza observada en todas las coberturas (21.0 a 46.2), lo que confirma una baja dominancia y la ausencia de especies que monopolizan la estructura ecosistémica. La similitud de q2 entre el bosque y la vegetación secundaria (entre 45 a 46) sugiere estructuras de dominancia prácticamente equivalentes en ambas coberturas, a pesar de las diferencias en riqueza total, situación característica de comunidades de mamíferos

sometidas a disturbio moderado donde varias especies mantienen abundancias comparables (Jost, 2006; Solari et al., 2013).

De forma concordante, los valores de equitatividad de Pielou fueron bastante altos en las tres coberturas, destacándose el humedal como la más equitativa (J = 0.9808), aunque con menor riqueza específica total (Tabla 6). Esta elevada uniformidad en la distribución de abundancias refleja ensambles estructuralmente equilibrados, sin dominancias marcadas, normal para ecosistemas fragmentados donde las especies tolerantes al disturbio logran mantener poblaciones similares en densidad (Mena et al., 2011).

Estos resultados sugieren que el mosaico de vegetación secundaria y bosque ripario degradado concentra la mayor diversidad funcional y taxonómica de mamíferos del sistema, mientras que los humedales pese a su menor riqueza contribuyen al mantenimiento de una comunidad altamente equitativa, complementando la diversidad regional del paisaje (Croci et al., 2008). Esto de acuerdo a la literatura coincide con escenarios urbanos y periurbanos donde la conectividad local y la presencia de hábitats transicionales permiten la persistencia de comunidades relativamente diversas, aunque dominadas por especies adaptadas a ambientes intervenidos (McKinney, 2006).

1.2.5 Especies de interés de mamíferos para la conservación

En cuanto al estado de conservación de la mastofauna registrada, varias especies presentan categorías relevantes según la UICN y los apéndices de CITES, y la normativa nacional

vigente para especies amenazadas en Colombia (Resolución 1912 de 2017 y disposiciones complementarias), lo que resalta la importancia de este Distrito de Conservación de Suelos como refugio en un paisaje intensamente transformado por actividades agropecuarias, expansión urbana y pérdida progresiva de cobertura boscosa.

Destaca *Aotus brumbacki*, catalogado En Peligro (EN) a nivel nacional y Vulnerable (VU) según la IUCN, incluido en CITES Apéndice I, cuya vulnerabilidad se intensifica en esta zona debido a la fragmentación del bosque ripario, los corredores interrumpidos y la presión ejercida por la expansión de asentamientos y vías secundarias (Shanee, 2023).

También se encuentra *Plecturocebus ornatus*, especie endémica del Meta y catalogada como Vulnerable (VU), incluida en CITES Apéndice II. Esta especie, altamente dependiente de parches boscosos continuos, tiene en el área protegida uno de los relictos más relevantes para su persistencia dentro del área rural y periurbana de Villavicencio, lo que le confiere un alto valor como indicador de conectividad ecológica (Ortiz-Moreno et al., 2022).

Junto a ellas aparece *Sapajus apella*, incluido en CITES Apéndice II y *Cuniculus paca* (Apéndice III), susceptible a la captura, tráfico ilegal y/o presiones ecológicas, un riesgo especialmente relevante en zonas rurales con accesibilidad abierta (Defler, 2010; Mena et al., 2011).

Figura 9.

Registro fotográfico de algunas de las especies de mamíferos identificadas dentro del área protegida. Fotografías: Equipo consultor.



Aotus brumbacki



Coendou longicaudatus



Plecturocebus ornatus



Sapajus apella

1.2.6 Herpetos

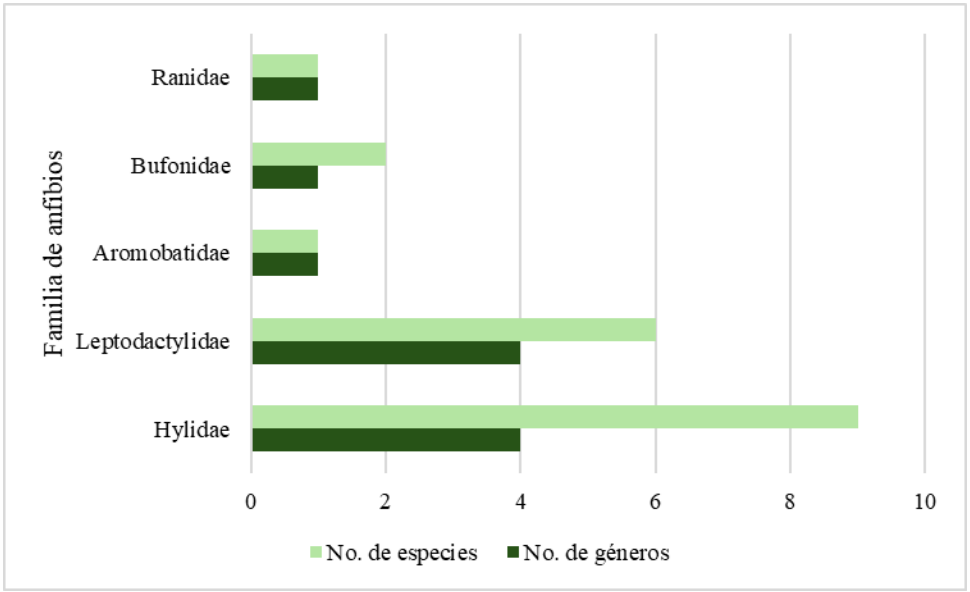
En primer lugar, los anfibios registrados conformaron un ensamble compuesto por 19 especies, agrupadas en 11 géneros y 5 familias, todas pertenecientes al orden Anura.

Aunque la riqueza observada es menor a la reportada para ecosistemas de piedemonte bien conservados, corresponde a la estructura típica de comunidades que persisten en paisajes intervenidos, donde la disponibilidad local de humedad, la cobertura vegetal remanente y la oferta de microhábitats determinan la presencia de especies en contextos de alta fragmentación (Nori et al., 2015; Saboyá Acosta & Urbina-Cardona, 2023).

La familia Hylidae presentó la mayor riqueza, con 8 especies, seguida por Leptodactylidae, que aportó 5 especies. Las restantes familias estuvieron representadas por 2 especies en Bufonidae, una especie en Aromobatidae y una en Ranidae (Figura9).

Figura 10.

Familias encontradas de anfibios en el área protegida.



Las especies se distribuyeron entre las coberturas de bosque, vegetación secundaria y humedal, registrándo la mayor riqueza en los remanentes de bosque degradado, seguidos por la vegetación secundaria y, en menor proporción, por los humedales. Este patrón resulta coherente con el estado del paisaje, dado que las coberturas arbóreas y secundarias conservan una mayor disponibilidad de microhábitats críticos (hojarasca, raíces expuestas, cavidades en el suelo y troncos en descomposición) esenciales para la permanencia de anfibios en ambientes perturbados (Duellman & Trueb, 1994; Nori et al., 2015).

Tabla 7.

Índices de biodiversidad para la comunidad de anfibios encontrada en el área protegida.

Cobertura	q0 (Riqueza)	q1 (Shannon efectivo)	q2 (Simpson efectivo)	J (Equitatividad)
Bosque	14	16.5	21.4	0.9648
Vegetación secundaria	17	18.8	22	0.9737
Humedal	19	20.4	22.5	0.9573

La diversidad efectiva para anfibios mostró que la riqueza de especies (q0) fue mayor en el humedal con un valor de 19, seguida por la vegetación secundaria con 17 y el bosque con 14 (Tabla 6). Esta tendencia se mantuvo al considerar los números efectivos de especies comunes (q1) y de especies dominantes (q2), con valores máximos nuevamente en el humedal (q1 = 20.4; q_2 = 22.5). Este comportamiento es coherente con la disponibilidad de microhábitats húmedos, cuerpos de agua y bordes encharcados, condiciones que favorecen

la coexistencia de un mayor número de especies de anfibios y sostienen la reproducción y el reclutamiento larval (Nori et al., 2015; Purrenhage & Boone, 2009; Saboyá Acosta & Urbina-Cardona, 2023).

La vegetación secundaria presentó valores intermedios (Tabla 6), pero elevados de riqueza y diversidad (q0 = 17; q1 = 18.8; q2 = 22), indicando que los ambientes de borde, claros y zonas en sucesión ofrecen refugio, sitios de alimentación y áreas reproductivas para especies con diferentes adaptaciones ecológicas, funcionando como áreas de transición funcional entre parches de bosque remanente y sistemas acuáticos (Acosta-Galvis, 2018; Angarita-Sierra et al., 2013).

El bosque ripario, aunque registró la menor riqueza específica (q_0 = 14), mantuvo valores relevantes en cuanto a diversidad efectiva (q1 = 16.5; q2 = 21.4), lo que sugiere la persistencia de un ensamble diverso a pesar de la reducción estructural del hábitat (Tabla 6). La presencia de hojarasca, huecos en árboles muertos naturales y sombra residual permite sostener poblaciones de anfibios tolerantes a la perturbación y dependientes de microambientes con mayor estabilidad térmica e hídrica (Saboyá Acosta & Urbina-Cardona, 2023).

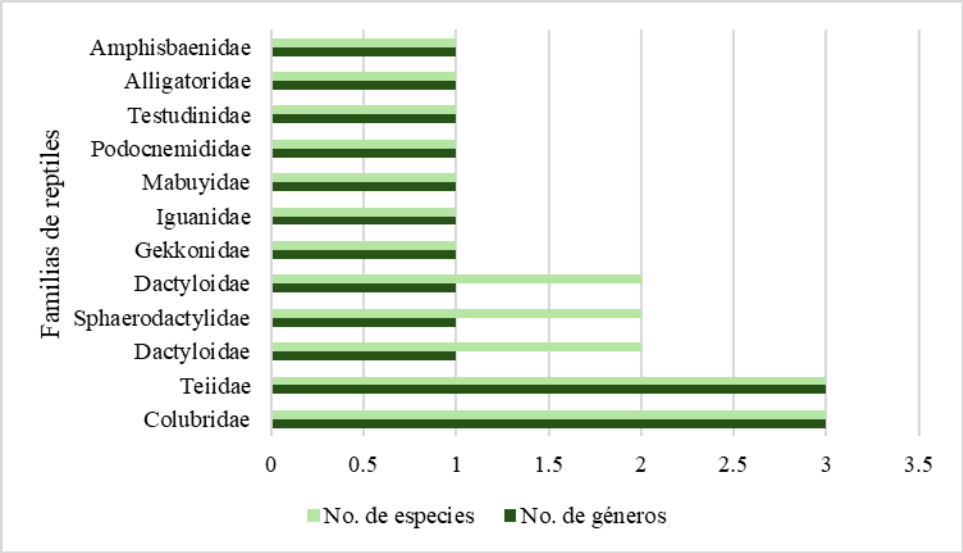
Los valores de equitatividad de Pielou fueron consistentes en las tres coberturas (J = 0.96–0.97), indicando una distribución homogénea de abundancias sin dominancia extrema de una o pocas especies (Nowakowski et al., 2018; Vitt & Caldwell, 2014).

Las tres coberturas aportan de manera complementaria a la conservación de la herpetofauna local, con un papel especialmente relevante de los parches de humedales como núcleo de diversidad de anfibios del área. No obstante, la persistencia de estas comunidades continúa condicionada por factores de disturbio como la compactación del suelo, la alteración de drenajes naturales, la pérdida de vegetación ribereña y la entrada de escorrentías contaminadas, procesos documentados como determinantes en la disminución de poblaciones de anfibios en paisajes antrópicos (Herrera-Montes & Brokaw, 2010).

En segundo lugar, los reptiles registraron 17 especies, pertenecientes a 3 órdenes (Squamata, Testudines y Crocodylia), distribuidos en 11 familias y 15 géneros. Las familias más representativas incluyen Teiidae y Colubridae con 3 especies respectivamente, Dactyloidae y Sphaerodactylidae con 2 especies, en el caso de las demás familias están representadas por 1 sola especie (Figura9). De esta manera, estos registros reflejan una elevada plasticidad ecológica y afinidad por ambientes con alta exposición solar, bordes internos y microhábitats que podría considerarse térmicamente favorables de acuerdo con los rangos de temperatura locales para el área (Vitt & Caldwell, 2013).

Figura 11.

Familias más representativas de reptiles en el área protegida.



La presencia de las familias y géneros encontrados corresponde a una comunidad característica de paisajes intervenidos del piedemonte llanero, dominado por especies tolerantes a la perturbación, adaptadas al uso de diversos microhábitats dentro de un mosaico de coberturas que incluyen bosque degradado, vegetación secundaria y humedales alterados (McKinney, 2006).

Los análisis de diversidad efectiva para reptiles muestran que la riqueza (q0) presentó un gradiente claro entre coberturas, con valores superiores en la vegetación secundaria (q0 = 12), seguida por el humedal (q0 = 11) y el bosque (q0 = 8) (Tabla 7). Característico de paisajes fragmentados en los cuales la mezcla de bordes, claros, pastizales y árboles

aislados incrementa la disponibilidad de microhábitats térmicamente favorables para reptiles de ambientes abiertos (Herrera-Montes & Brokaw, 2010).

Tabla 12.

Índices de biodiversidad para la comunidad de reptiles encontrada en el área de interés.

Cobertura	q0 (Riqueza)	q1 (Shannon efectivo)	q2 (Simpson efectivo)	J (Equitatividad)
Bosque	8	11.4	36	0.9826
Vegetación secundaria	12	12.8	13.6	0.9383
Humedal	11	14	22.7	0.9775

Cuando se incorpora la abundancia relativa mediante el número efectivo de especies comunes (q_1), el humedal se posiciona como la cobertura más diversa (q1 = 14.0), seguido por la vegetación secundaria (q1 = 12.8) y el bosque (q1 = 11.4) (Tabla 7). Este comportamiento indica que, en los ambientes inundables y ribereños, no solo se concentra un número considerable de especies, sino que además varias de ellas exhiben abundancias intermedias, evitando una estructura dominada por unas pocas especies (Acosta-Galvis et al., 2010; Jolliff, 2005).

Los valores del número efectivo de especies dominantes (q2) fueron notablemente superiores a la riqueza observada en todas las coberturas (13.6 a 36.0), lo que indica una baja dominancia general y la ausencia de especies dominantes dentro del ensamble (Tabla

7). La vegetación secundaria presentó el valor de q2 más bajo (13.6), relativamente cercano a su riqueza (q_0 = 12), lo que sugiere una ligera concentración de la abundancia **en algunas** especies propias de ambientes abiertos, condición esperable en coberturas con alta exposición solar y perturbación antrópica (Vitt & Caldwell, 2013).

Los valores de equitatividad de Pielou fueron altos en todas las coberturas, destacando el bosque (J = 0.9826) y el humedal (J = 0.9775) como las coberturas con comunidades más equitativas (Tabla 12). La vegetación secundaria, aunque fue la más rica, presentó una equidad ligeramente menor (J = 0.9383), coherente con la mayor abundancia relativa de algunas especies oportunistas tolerantes a la perturbación (Acosta-Galvis et al., 2010; Herrera-Montes & Brokaw, 2010; Vitt & Caldwell, 2013).

1.2.6.1 Especies de interés de herpetos para la conservación

En cuanto al estado de conservación, todas las especies registradas se encuentran clasificadas como Preocupación Menor (LC) según la UICN, sin presencia de especies amenazadas. Esta ausencia de especies sensibles confirma que la comunidad está fuertemente dominada por anfibios de amplia tolerancia ecológica, propios de paisajes perturbados. Aun así, la persistencia de especies asociadas a ambientes húmedos subraya la importancia de mantener la calidad hídrica y proteger los pequeños parches de vegetación y cuerpos de agua que aún funcionan como refugios esenciales dentro del área protegida.

En cuanto al estado de conservación, la mayoría de las especies se encuentran clasificadas como Preocupación Menor (LC) según la UICN. Sin embargo, se registró una especie con categoría Apéndice II en CITES *Podocnemis vogli*, nombre común, lo cual resalta la importancia de incrementar el esfuerzo de monitoreo para mejorar el conocimiento sobre su distribución local (Seguro et al., 2020).

Aunque la comunidad es reducida, su presencia subraya la importancia de conservar los parches de bosque del área protegida, los cuales funcionan como hábitats esenciales para la termorregulación, refugio, alimentación y reproducción de los herpetos. La continuidad del dosel, la calidad de la hojarasca y el mantenimiento de la vegetación ribereña son elementos críticos para asegurar la permanencia del grupo, especialmente en un paisaje donde la fragmentación, la compactación del suelo y la presión humana limitan la disponibilidad de microhábitats adecuados (McKinney, 2006; Vitt & Caldwell, 2013).

Figura 12.

Registro fotográfico de algunas de las especies de herpetos identificadas dentro del área protegida. Fotografías: Equipo consultor.



Boana boans



Rhinella marina



Podonecmis vogli



Bothrops atrox

1.2.6.2 Componente de especies invasoras

El trabajo de campo y las consultas comunitarias evidenciaron la presencia de especies invasoras dentro del área protegida, principalmente en zonas de borde, rondas hídricas y áreas sometidas a disturbios antrópicos continuos. La especie invasora más representativa identificada en el distrito fue el buchón de agua (*Pontederia crassipes*), presente en cuerpos

de agua, drenajes secundarios y sectores encharcados asociados a la microcuenca local. Esta macrófita flotante posee una alta capacidad de proliferación, que se ve favorecida a niveles masivos por aportes de nutrientes, sedimentación y descarga de aguas superficiales provenientes de áreas intervenidas (Addis & Desta, 2024; Ma et al., 2023; Misteli et al., 2022). Su presencia constituye un factor de riesgo para la dinámica hidrobiológica del área protegida, ya que reduce la disponibilidad de oxígeno en los cuerpos de agua, disminuye la penetración de luz y altera la estructura y funcionalidad de los ecosistemas acuáticos.

Figura 13.

Registro fotográfico del buchón de agua (Pontederia crassipes) en el área protegida Fotografía; Equipo consultor.



En el entorno regional se reconocen otras especies con potencial invasor que representan una amenaza para la vegetación nativa, que son el retamo espinoso (*Ulex europaeus*) y la palma africana (*Elaeis guineensis*), ambas ampliamente distribuidas en el departamento del Meta y en otros sectores del a Orinoquia. Estos taxones presentan una alta capacidad de colonización en bordes de caminos, áreas degradadas, suelos expuestos y coberturas secundarias, donde se establecen rápidamente, desplazan especies nativas, modifican la estructura del hábitat y limitan los procesos de regeneración natural. Aunque no se registraron dentro del DCS Kirpas Pinilla–La Cuerera durante el levantamiento, su presencia documentada en zonas adyacentes sugiere que pueden establecerse dentro del área (Fitzherbert et al., 2008; Savilaakso et al., 2014).

1.2.6.3 Componente de plagas

El levantamiento biótico confirmó la presencia del caracol gigante africano (*Lissachatina fulica*), especie considerada invasora pero también plaga de interés sanitario y ambiental por las diferentes autoridades colombianas; esto debido a sus efectos negativos sobre la vegetación nativa, la regeneración del bosque, los cultivos y jardines rurales, además de su relevancia sanitaria por ser vector de parásitos de importancia humana (Penagos-Tabares et al., 2019). En el DCS Kirpas Pinilla–La Cuerera se observaron diversos individuos distribuidos en zonas húmedas, sectores sombreados y márgenes de quebradas, lo que evidencia un proceso de proliferación activo que demanda medidas de manejo y control por parte de las entidades ambientales locales. (Figura 14).

Figura 14.

Registro fotográfico del caracol africano (Achatina fulica) en el área protegida



La presencia de esta especie no es puntual ni esporádica; por el contrario, constituye un foco de infestación en expansión, favorecido por la acumulación de materia orgánica, la humedad constante y la disponibilidad de microhábitats en vegetación secundaria y rondas ribereñas. Su establecimiento representa una amenaza directa para plántulas, hojarasca, macroinvertebrados y microhábitats sensibles, afectando procesos esenciales de regeneración y estructura del ecosistema.

A nivel departamental también se reporta la hormiga loca (*Paratrechina fulva*), reconocida como especie plaga por su capacidad de alterar comunidades de insectos, favorecer la proliferación de hemípteros fitófagos y generar impactos en sistemas productivos (Hoffmann et al., 2010). Aunque no se registró dentro del DCS Kirpas Pinilla–La Cuerera durante el levantamiento, su amplia distribución en áreas rurales y periurbanas de Villavicencio y su alta capacidad de dispersión justifican un monitoreo preventivo continuo, especialmente en zonas con acumulación de residuos, presencia de ganado, bordes de caminos y áreas sometidas a perturbación constante.

1.2.6.4 Componente de conectividad ecológica con el entorno

La conectividad ecológica del área se encuentra profundamente condicionada por los altos niveles de intervención antrópica que afectan tanto al humedal como a los fragmentos de vegetación riparia y secundaria que rodean los cuerpos de agua del área protegida. El sistema corresponde a un ecosistema periurbano con un alto grado de degradación, con coberturas que representan componentes típicos del paisaje del piedemonte llanero y que se encuentran presentes en Villavicencio.

La composición florística reportada de acuerdo con Chazdon (2014) corresponde a un bosque ripario dominado principalmente por géneros pioneros y de rápido crecimiento como Vismia, Cecropia y Bauhinia, propios de etapas sucesionales tempranas, con limitada complejidad vertical y baja representación de especies leñosas asociadas a estados

avanzados dentro del ecosistema boscoso (Poorter et al., 2021; Rüger et al., 2023), lo que se puede traducir como una estructura simplificada y una capacidad restringida para soportar ensambles de fauna especializados (Basham et al., 2023). Los parches de bosque secundario se mantienen en fases iniciales de recuperación, que no permiten su avance gracias a los disturbios recurrentes de tránsito de personas, apertura de claros, compactación del suelo y contaminación. El humedal presenta un marcado proceso de eutrofización, donde predominan especies con alta tolerancia de los géneros Pontederia y Azolla, que en su mayoría la presencia de las mismas indica aguas someras con enriquecimiento de nutrientes y altas cargas de materia orgánica y alteraciones hidromorfológicas (Addis & Desta, 2024; Pinero-Rodríguez et al., 2021).

La fauna presente tiene un comportamiento ecológico similar de acuerdo con el estado de intervención del área protegida; aunque la riqueza de especies es relevante, los ensamblajes reportados están dominados por especies con amplia distribución de hábitats y con alta tolerancia a condiciones intervenidas o alteradas, patrón característico de comunidades sometidas a perturbación y fragmentación de hábitat (McKinney, 2006). Los reptiles registran menor riqueza relativa, consistente con la pérdida de cobertura arbórea continua, reducción de sombra y disminución de la humedad del microhábitat (Acosta-Galvis et al., 2010). Como ya se mencionó el patrón de homogeneización biótica es característico de ecosistemas urbanos fragmentados (Magle et al., 2012; McKinney, 2006). No obstante, el área alberga especies de especial interés para la conservación, como primates de los

géneros Aotus y Plecturocebus, y otros vertebrados con mayores requerimientos ecológicos, cuyas poblaciones dependen estrechamente de la disponibilidad de la cobertura boscosa, la conectividad espacial y el acceso estable a recursos alimenticios y refugios (Defler, 2010; Ortiz-Moreno et al., 2022; Stevenson et al., 2010). La presencia de estas especies es lo que establece que el área protegida aún presenta condiciones mínimas de hábitat y conectividad funcional.

Es así como, desde una perspectiva ecológica integral, los indicadores observados tal como la estructura del dosel simplificada, dominancia de especies pioneras, eutrofización de los cuerpos de agua y composición de la fauna con fácil adaptación a ecosistemas degradados, son consistentes mostrando una integridad ecológica baja (Poorter et al., 2021). El área protegida funciona bajo una constante de presiones antrópicas que limitan su desarrollo sucesional y restringen la consolidación hacia hábitats complejos.

Por otro lado, el grado de amenaza del área protegida se considera muy alto, resultado que proviene de los factores que actúan simultáneamente: expansión urbana y de infraestructura, tránsito constante de personas, eliminación progresiva de la vegetación riparia, vertimientos, incremento de temperatura asociado a la infraestructura urbana hacen que se evidencie una alta vulnerabilidad de los ensambles biológicos (McKinney, 2006; Pinzón, 2024).

A pesar de su estado de degradación, el Distrito de Conservación de Suelos Kirpas Pinilla-La Cuerera, cumple un rol ecológico importante dentro de la estructura ambiental urbana de Villavicencio, al funcionar como refugio de biodiversidad y nodo de conectividad entre drenajes, y relictos de bosque ribereño y secundario. El área contribuye al mantenimiento de procesos ecológicos básicos como la dispersión de semillas, la retención de humedad del suelo, la regulación de variables microclimáticas y la conectividad entre parches aislados (Chazdon, 2014; Rüger et al., 2023; Schorn et al., 2024).

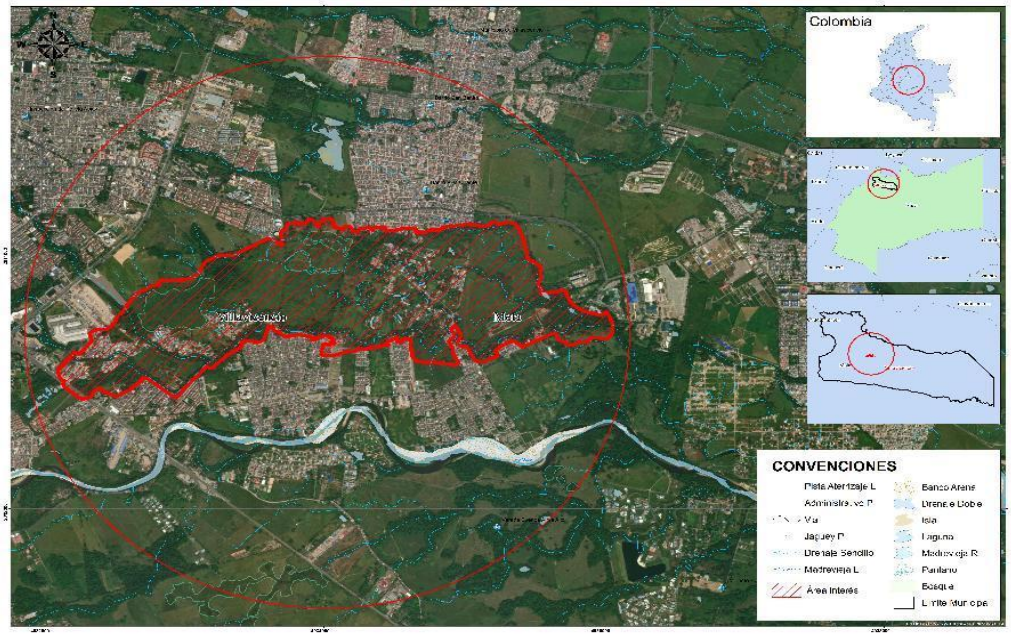
Finalmente, con este diagnóstico no se pretende disminuir la importancia del área protegida, sino contextualizar su condición real de conservación actual. Se trata de un ecosistema urbano altamente intervenido y vulnerable, cuya permanencia depende de la implementación de estrategias activas de manejo, restauración ecológica funcional y control de presiones antrópicas. Dada la intensidad del disturbio urbano circundante, no es realista establecer que se puede dar una recuperación hacia un estado primario. Sin embargo, generar estrategias de conservación de zonas dentro del área protegida que permitan la protección efectiva del área, el fortalecimiento de su conectividad arbórea y la mejora progresiva de la calidad del hábitat son fundamentales para asegurar su función como refugio de biodiversidad y componente clave de la infraestructura ecológica urbana del municipio.

2 Medio Fisico

2.1 Localización Y Delimitación

El Distrito de Conservación de Suelos Kirpas Pinilla La Cuerera, con una extensión de 294,22 ha, se encuentra ubicado en la Zona suroccidental urbana de Villavicencio, departamento del Meta. al sur limita con los barrios Doña Luz, Gaviotas, Cavivir, Acapulco y Villa Samper, al norte con los barrios, Maracos y Antonio Pinilla. Sus vías de acceso son la Avenida Maracos, la vía Catama y la vía Puerto López. Esta área protegida se encuentra inmersa completamente en la ciudad rodeada y aislada por suelos urbanizados que dificultan su conectividad ecológica con otros entornos.

Figura 15.
Mapa de ubicación del área protegida.



2.2 Clima

Las estaciones usadas para la caracterización del régimen de precipitaciones se seleccionaron de manera que abarcaran la zona de estudio desde un punto de vista regional, teniendo en cuenta no solo el humedal sino toda la microcuenca en donde se encuentra ubicado. Se usaron estaciones principalmente monitoreadas por el IDEAM. Las estaciones usadas en la caracterización se presentan en la **Tabla 7** con registros multianuales IDEAM 1984 a 2022.

Tabla 7**.**

Estaciones que miden precipitación cercanas el Distrito de Conservación Kirpas Pinilla La Cuerera

Código	Tipo	Nombre	Subcuenca	Depto.	Municipio	Coord.
35035070	cp	unillanos [35035070]	rio guatiquia	meta	villavicencio	4.076n -73.582w
35030060	pm	apiay [35030060]	río negro (meta)	meta	villavicencio	4.083n -73.566w
35030070	pm	himat r 6 [35030070]	río negro (meta)	meta	villavicencio	4.083n -73.566w
35030370	pm	ica villavicencio [35030370]villavicencio sede ideam -ica	rio guatiquia	meta	villavicencio	4.137n -73.624w
35035020	sp	aeropuerto vanguardia [35035020]	rio guatiquia	meta	villavicencio	4.161n -73.617

Código	Tipo	Nombre	Subcuenca	Depto.	Municipio	Coord.
						w
35030030	pg	sena [35030030]	rio guatiquia	meta	villavicencio	4.127n -73.639 w

1.1.1 Temperatura

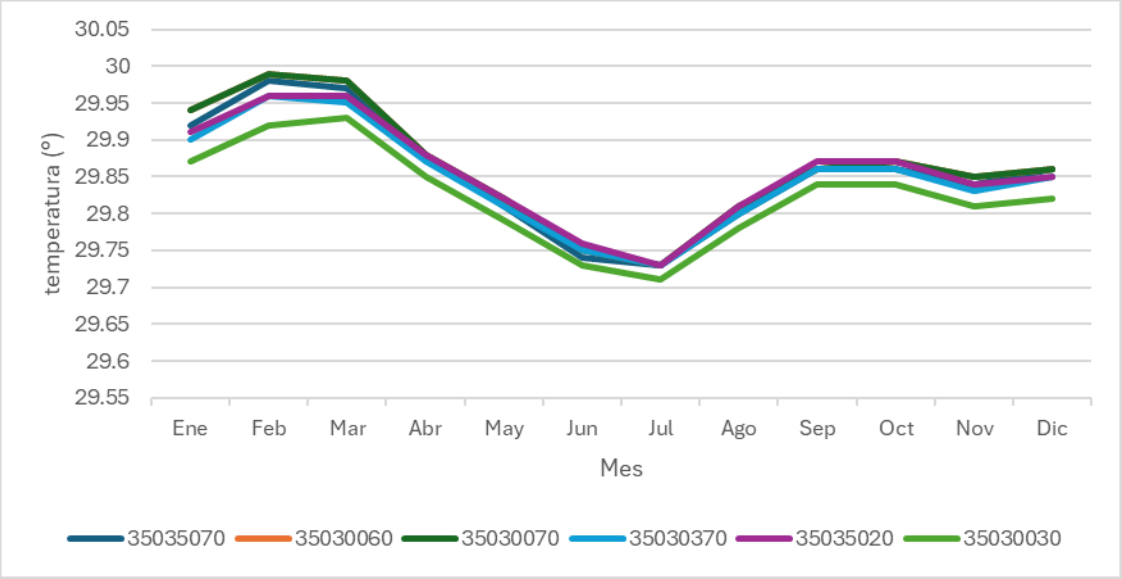
La información disponible de temperatura mensual para las estaciones UNILLANOS, APIAY, HIMAT R6, ICA Villavicencio, Aeropuerto Vanguardia y SENA, ubicadas en el entorno del Distrito de Conservación Kirpas Pinilla La Cuerera (municipio de Villavicencio, departamento del Meta), evidencia un comportamiento térmico marcadamente uniforme a lo largo del año Los promedios mensuales se sitúan de manera consistente alrededor de los 29,7–30,0 °C, sin variaciones bruscas entre meses. Se observa un ligero máximo térmico durante el primer trimestre del año (enero–marzo), periodo en el que las temperaturas medias se aproximan a 29,9–30,0 °C, mientras que el mínimo relativo se presenta entre los meses de junio y agosto, cuando los promedios descienden apenas unas décimas, hasta valores cercanos a 29,7–29,8 °C. Esta oscilación tan reducida, del orden de 0,2–0,3 °C, refleja una muy baja estacionalidad térmica, característica de zonas tropicales próximas al ecuador.

Al comparar las diferentes estaciones se aprecia una elevada homogeneidad espacial del campo térmico. Las temperaturas medias anuales se sitúan en un rango estrecho, entre 29,82 y 29,86 °C, a pesar de que las alturas de las estaciones varían aproximadamente entre 385 y 470 m s. n. m. En este intervalo altitudinal y dentro de un mismo contexto fisiográfico de

valle y piedemonte, el gradiente térmico es prácticamente despreciable a la escala de análisis, de modo que no se identifican contrastes significativos de temperatura entre estaciones. Esto permite asumir, para fines de caracterización climática y ambiental, que el área de estudio se encuentra sometida a un régimen térmico prácticamente homogéneo.

Figura 16.

Temperatura mensual multianual.



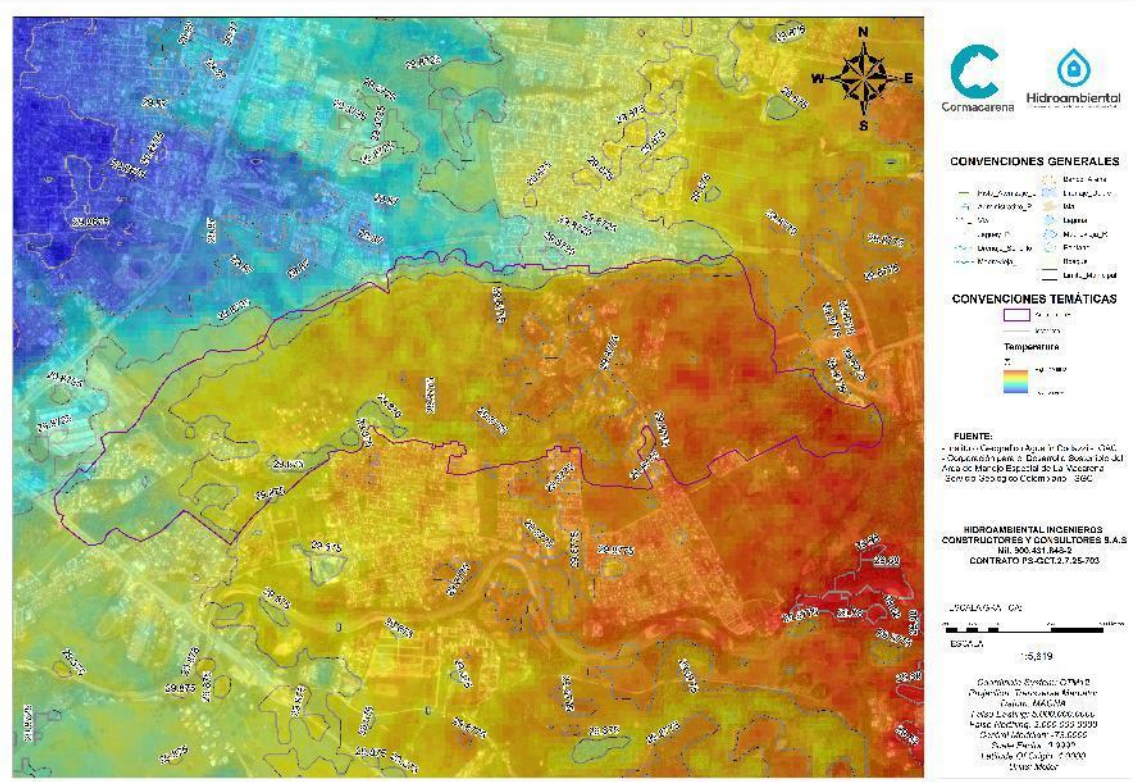
En términos climáticos, la serie analizada señala que la zona de estudio corresponde a un ambiente de clima cálido húmedo con condiciones megatérmicas casi constantes durante todo el año. La ausencia de estaciones térmicas claramente diferenciadas indica que las variaciones ambientales intra-anuales no están controladas por cambios en la temperatura del aire, sino principalmente por la distribución de la precipitación y por la respuesta de los

suelos y la cobertura vegetal. Bajo estas condiciones, la evapotranspiración potencial se mantiene elevada y relativamente uniforme a lo largo del año, por lo que los cambios en la disponibilidad de agua en el sistema dependen en mayor medida de la estacionalidad de las lluvias, de las propiedades físicas de los suelos y del tipo de uso y cobertura del territorio.

Finalmente, es importante señalar que la tabla corresponde a valores medios mensuales agregados por estación, por lo que resulta adecuada para describir el comportamiento promedio de la temperatura y sustentar la caracterización climática del área de estudio. No obstante, este insumo no permite evaluar tendencias de largo plazo asociadas a posibles procesos de calentamiento o enfriamiento regional, para lo cual sería necesario disponer de la serie histórica completa y realizar un análisis estadístico específico. En el contexto del presente estudio, la serie de temperatura muestra un patrón térmico estable y homogéneo, que constituye un marco de referencia sobre el cual cobran mayor relevancia las variaciones espaciales y temporales de la precipitación y los factores superficiales que condicionan los procesos hidrológicos y ecológicos del territorio.

Figura 18.

Temperatura media anual.



El mapa de temperatura espacial de la Figura 18 muestra un patrón muy homogéneo en el entorno del área de estudio, con valores que varían en un rango reducido, aproximadamente entre 29,70 y 29,99 °C. Esta amplitud de apenas unas décimas de grado confirma la baja estacionalidad térmica identificada en la serie mensual y evidencia que, a escala local, el campo térmico es prácticamente uniforme. No obstante, el modelo espacial permite reconocer gradientes suaves y zonas ligeramente más cálidas o frescas, que se relacionan con la altitud, la configuración del relieve y la ocupación del suelo.

En el sector occidental y noroccidental del mapa se observan las menores temperaturas, representadas por tonos azulados y verdosos y valores cercanos a 29,70–29,80 °C. Estas áreas coinciden con sectores de menor consolidación urbana y con franjas asociadas a cuerpos de agua y drenajes principales, donde la presencia de vegetación, suelos más húmedos y una mayor ventilación favorecen un ligero efecto de enfriamiento. Hacia el límite norte también se mantienen valores algo más bajos, lo que sugiere influencia de la circulación de aire asociada al valle y a corredores de drenaje que actúan como zonas de disipación térmica.

En contraste, la parte central y, especialmente, el sector suroriental del área de estudio concentra las temperaturas más altas, identificadas en el mapa con tonos amarillos, naranjas y rojizos, con valores que se aproximan a 29,9–29,99 °C. Estas zonas coinciden con superficies más densamente urbanizadas, con mayor cobertura de infraestructura y pavimento y menor proporción de vegetación arbórea, condiciones que favorecen la acumulación de calor y el desarrollo de un incipiente efecto de “isla de calor urbana”. Adicionalmente, algunos de estos sectores se localizan sobre unidades ligeramente más elevadas del piedemonte, donde la exposición y la menor humedad superficial contribuyen a incrementar las temperaturas respecto a las zonas bajas ribereñas.

Al interior del polígono de área de interés, las variaciones son igualmente suaves, pero puede distinguirse un gradiente desde valores algo menores en el borde noroccidental, en contacto con zonas más abiertas y vegetadas, hacia valores ligeramente superiores en el centro y

suroriente, donde la matriz urbana es más continua. En conjunto, el análisis espacial de la temperatura indica que el componente térmico en la zona de estudio es alto y muy uniforme, y que las diferencias detectadas responden principalmente a factores locales de uso y cobertura del suelo, presencia de cuerpos de agua y grado de urbanización, más que a contrastes climáticos regionales o a cambios significativos en la altitud. Esto refuerza la idea de que, en la dinámica ambiental del territorio, la precipitación y las características superficiales (suelos, cobertura, impermeabilización) juegan un papel más determinante que la temperatura en la diferenciación de condiciones microclimáticas y en los procesos hidrológicos asociados.

2.2.1 Precipitación

La serie temporal de precipitación construida a partir de las estaciones 35035070, 35030060, 35030070, 35030370, 35035020 y 35030030 evidencia que el área de estudio se encuentra sometida a un régimen pluviométrico muy húmedo, con acumulados anuales cercanos a 3.5–4.5 m de lluvia (aproximadamente entre 3.500 y 4.500 mm/año según la estación). En todas las estaciones se aprecia una misma estructura intra-anual: un incremento progresivo de las lluvias a partir de marzo, un periodo de máxima pluviosidad entre abril y junio, valores aún elevados durante la segunda mitad del año y un descenso marcado de las precipitaciones en los primeros meses del año y hacia diciembre.

El patrón mensual muestra un periodo seco relativo entre enero y febrero, cuando las precipitaciones se sitúan generalmente por debajo de 120–170 mm/mes, con los valores

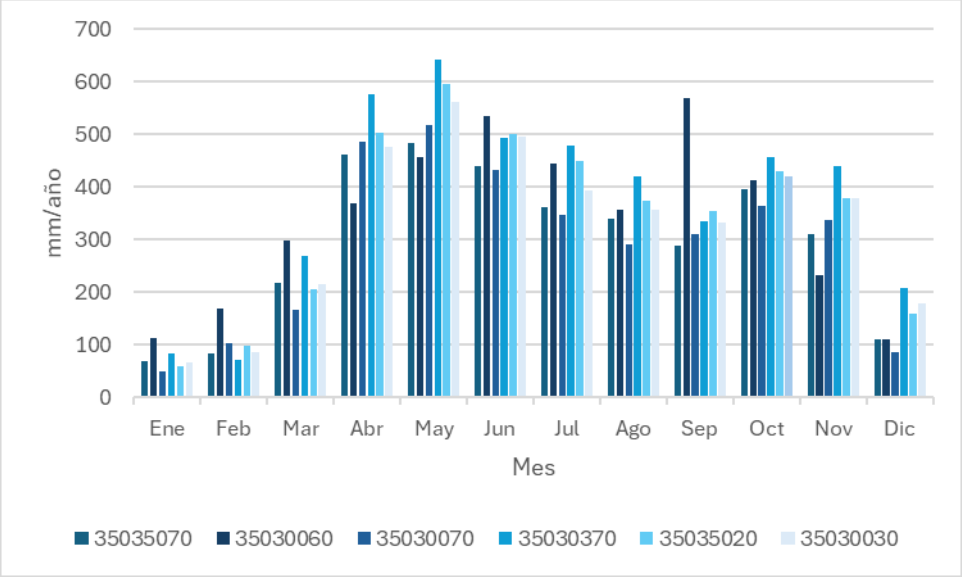
mínimos absolutos en enero en la mayoría de estaciones. A partir de marzo las lluvias aumentan de manera rápida y dan paso a un primer pico lluvioso principal en abril y mayo, con promedios mensuales superiores a 450–500 mm en casi todas las estaciones y máximos que alcanzan o superan los 600 mm/mes (especialmente en la estación 35030370). Durante junio y julio los acumulados se mantienen todavía muy altos, por encima de 400–450 mm/mes en la mayoría de los registros, por lo que más que una ruptura de la temporada de lluvias se observa una ligera atenuación del máximo principal.

En la segunda mitad del año las precipitaciones continúan siendo significativas, con valores mensuales que raramente descienden por debajo de los 300–350 mm entre agosto y noviembre. Dentro de este periodo se reconoce un segundo máximo relativo alrededor de septiembre y octubre, cuando varias estaciones registran nuevamente totales cercanos o superiores a 400–500 mm/mes (por ejemplo, 569 mm en septiembre en la estación 35030060 y más de 450 mm en octubre en las estaciones 35030370 y 35035020). Hacia diciembre se presenta una disminución notoria, con precipitaciones de 80–180 mm/mes según la estación, que marcan la transición hacia el periodo seco de comienzos del año siguiente. En conjunto, este comportamiento corresponde a un régimen típicamente tropical con dos picos lluviosos anuales y una estacionalidad bien definida por la lluvia, mientras la temperatura se mantiene prácticamente constante.

Las diferencias entre estaciones se expresan principalmente en la magnitud de los acumulados, más que en el patrón temporal: todas registran mínimos en los mismos meses secos y máximos en los mismos meses húmedos. Algunas ubicaciones, como las estaciones 35030370 y 35035020, tienden a presentar los mayores totales en los meses de máxima lluvia, lo que sugiere la influencia de factores locales como la posición respecto al piedemonte, la cercanía a corredores de drenaje o ligeros cambios altitudinales. No obstante, la coherencia general del régimen permite considerar que, a escala de la zona de estudio, el comportamiento de la precipitación es altamente lluvioso y relativamente homogéneo, con una marcada concentración de las lluvias entre abril y noviembre y breves ventanas de menor precipitación entre diciembre–febrero y, en menor medida, a mediados de año. Este patrón condiciona fuertemente la dinámica hidrológica, los procesos de escorrentía e infiltración y, en general, la planificación de actividades que dependen de la disponibilidad hídrica y de la estabilidad de los terrenos.

Figura 19.

Precipitación media anual multianual.



Hidroambiental
Ingenieros constructores y consultores S.A.S

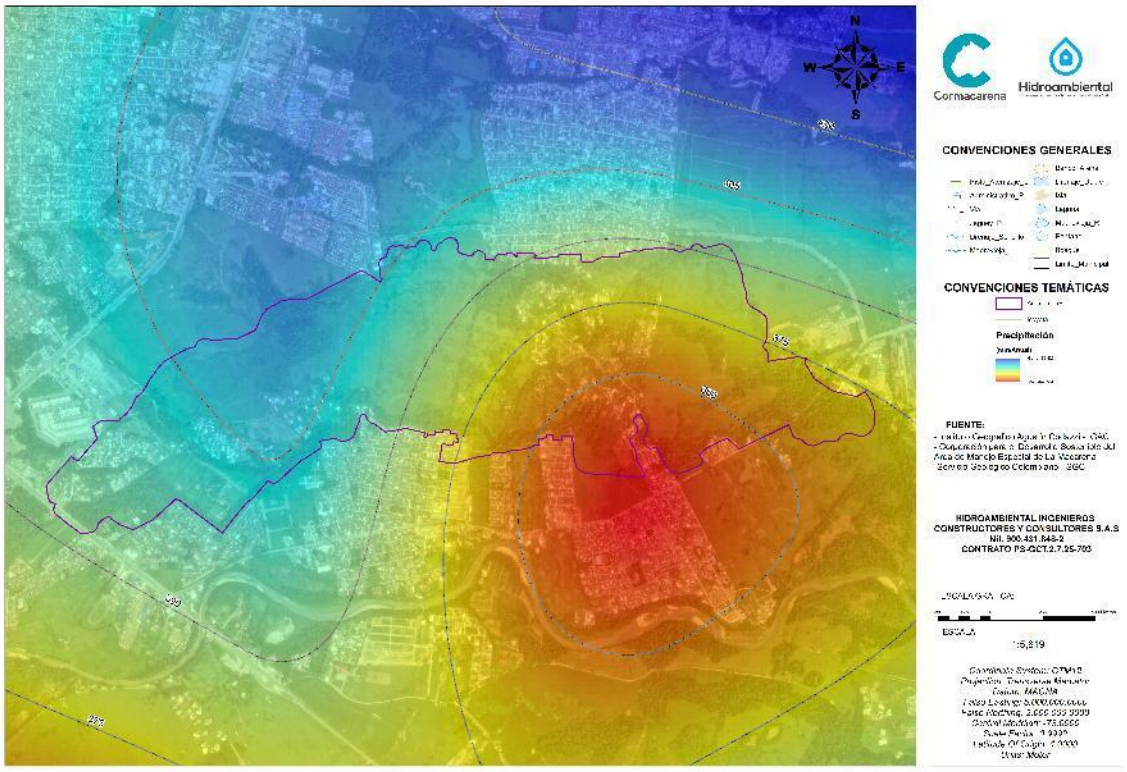
El mapa espacial de precipitación media anual para el Distrito de Conservación Kirpas Pinilla La Cuerera muestra que el territorio se encuentra inmerso en un contexto claramente muy húmedo, con valores que oscilan aproximadamente entre 3.000 y más de 4.200 mm/año. El patrón espacial evidencia un gradiente bien definido desde el sector noroccidental hacia el suroriente: las zonas del norte y noroeste, representadas por tonalidades azul-verdoso y asociadas a isoyetas del orden de 3000–3600 mm/año, registran los valores relativamente más bajos dentro del entorno; mientras que hacia el centro y, especialmente, hacia el sur y suroriente se concentran los mayores acumulados, con colores amarillos, naranjas y rojizos

que superan los 4.000 mm/año y se aproximan a las isoyetas de 4200–4800 mm/año. Este incremento de la lluvia hacia el suroriente está relacionado con la posición del área en el piedemonte y la influencia orográfica de la cordillera Oriental, que favorece el ascenso de masas de aire húmedo y el desarrollo de convección intensa sobre el corredor urbano-fluvial que atraviesa el mapa.

En el interior del polígono de Kirpas, la precipitación se mantiene alta en todo el ámbito del distrito, aunque se reconoce una ligera diferenciación interna. El sector noroccidental del área protegida se ubica próximo a la isoyeta de 3.750 mm/año, con tonalidades más frías que indican precipitaciones relativamente menores en comparación con el resto del polígono. Hacia el centro y el suroriente del distrito, en cambio, las tonalidades pasan progresivamente a amarillos y naranjas, ubicando buena parte del área de estudio entre las isoyetas de 3.900 y 4.200 mm/año, con máximos localizados sobre el sector urbano y las terrazas bajas adyacentes al cauce principal. En conjunto, el distrito se desarrolla en un gradiente de alta pluviosidad, sin zonas secas internas, pero con una tendencia clara a mayores acumulados hacia el suroriente, donde la combinación de relieve, cercanía a los drenajes principales y la dinámica urbana favorece la concentración de eventos de lluvia intensa.

Figura 20.

Mapa de precipitación media anual acumulada multianual (mm/año). Fuente: Equipo consultor



Hidroambiental
Ingenieros constructores y consultores S.A.S

Este patrón espacial, sumado al régimen temporal fuertemente lluvioso identificado en las estaciones analizadas, indica que Kirpas se encuentra sometido a una disponibilidad hídrica muy elevada y relativamente constante a escala anual, pero con variaciones locales que pueden incidir en la generación de escorrentía, la saturación de suelos y la recurrencia de encharcamientos o inundaciones en los sectores de mayor precipitación acumulada. De esta manera, la variable de precipitación, más que la temperatura, constituye el factor climático que estructura la dinámica hidrológica y condiciona la planificación del uso del suelo, el manejo de drenajes y la conservación de coberturas vegetales dentro del área de estudio.

2.2.1.1 Evapotranspiración

En la Tabla 88 se presentan los resultados del cálculo de la evapotranspiración real por el método de Budiko. La evapotranspiración potencial se calculó por el método de Thorntwaite para el cálculo del balance hídrico.

Tabla 8.

Valores Totales de Evapotranspiración Real de DSC Kirpas Pinilla La Cuerera.

Codigo	PERIODO												
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Año
35035070	70	82	217	220	226	217	223	224	219	226	216	210	70
35030060	113	168	228	220	227	217	223	224	219	226	217	210	113
35030070	48	103	165	220	227	217	223	224	219	226	217	186	48
35030370	169	72	227	220	226	217	223	224	219	226	216	223	169
35035020	94	97	205	220	227	218	223	224	220	226	216	223	94
35030030	122	86	214	219	225	217	222	223	219	225	215	222	122

Para estimar la Evapotranspiración Real - ETR, se siguió la recomendación técnica de (IDEAM, 2013), donde se recomienda el uso de la ecuación de Turc o Budiko; en este caso se utilizó la ecuación de Budiko.

La serie mensual de evapotranspiración real (ETR) evidencia un comportamiento relativamente uniforme a lo largo del año, con fluctuaciones moderadas que responden principalmente a la oferta de energía (temperatura), la disponibilidad de humedad en el suelo y la dinámica estacional de la precipitación. En general, los valores observados se encuentran entre 180 y 230 mm/mes durante la mayor parte del año, lo que refleja una atmósfera con alta demanda evaporativa típica de los climas cálidos húmedos del piedemonte amazónico–orinoquense.

Durante los meses de enero y febrero, periodos caracterizados por la disminución estacional de la precipitación, la ETR presenta valores relativamente bajos en la mayoría de estaciones, situándose entre 48 y 94 mm en enero y entre 73 y 128 mm en febrero. Esto sugiere que la evapotranspiración se ve parcialmente limitada por la menor disponibilidad de agua en el suelo, aun cuando la demanda atmosférica continúa siendo alta debido a las temperaturas constantes (~29,8 °C). En estos meses, la ETR refleja un régimen controlado por humedad, donde la oferta hídrica restringe el flujo evaporativo.

A partir de marzo y especialmente abril, con el incremento progresivo de las lluvias, los valores de evapotranspiración se elevan significativamente y alcanzan límites más estables entre 200 y 230 mm/mes, comportamiento que se prolonga durante mayo, junio, julio y agosto. Durante este periodo húmedo, el sistema alcanza un régimen controlado por energía, donde la humedad del suelo no limita la evapotranspiración y los valores se aproximan más a la evaporación potencial de la zona. La elevada humedad relativa, la constante disponibilidad

de agua y la continuidad de temperaturas altas generan una evapotranspiración sostenida, propia de ambientes tropicales megatérmicos.

En septiembre, octubre y noviembre, la ETR permanece relativamente alta y estable, con valores entre 190 y 225 mm/mes, reflejando la permanencia del periodo lluvioso y la continuidad del aporte hídrico al suelo. Solo en diciembre se observa un descenso, con valores entre 70 y 122 mm, que marcan la transición hacia el periodo seco y la reducción paulatina de humedad superficial. La disminución en este mes es consistente con el comportamiento temporal de la precipitación identificado previamente, confirmando la fuerte dependencia entre ambos componentes climáticos.

Al considerar el comportamiento espacial, todas las estaciones muestran una estructura temporal coherente, con máximos en la época de lluvia y mínimos en el periodo seco. Las diferencias entre estaciones responden a factores locales como altitud moderadamente variable, cobertura vegetal circundante y condiciones de humedad de suelos. Por ejemplo, estaciones como 35030370 y 35035020 presentan picos más altos durante el periodo lluvioso, lo que sugiere su ubicación en zonas con mayor disponibilidad de agua en el perfil edáfico o cercanas a corredores de drenaje.

En síntesis, la ETR del área de estudio se caracteriza por valores altos y relativamente constantes a lo largo del año, coherentes con un clima cálido húmedo con marcada estacionalidad en la precipitación. La demanda evaporativa es elevada y sostenida, pero su magnitud anual está modulada principalmente por la disponibilidad de agua del suelo. Este

comportamiento tiene implicaciones directas en la dinámica hídrica superficial y subterránea del distrito, influyendo en los procesos de recarga, en la persistencia de humedad en el suelo y en la respuesta hidrológica del sistema durante los periodos secos y lluviosos.

2.2.2 Balance hídrico

Los balances hídricos mensuales construidos para las estaciones 35035070, 35030060, 35030070, 35030370, 35035020 y 35030030 muestran un comportamiento muy coherente entre sí, consistente con el régimen climático cálido-húmedo previamente descrito para el DSC Kirpas Pinilla La Cuerera. En todos los casos se grafican la precipitación mensual (P), la evapotranspiración real (Er) y el resultado del balance hídrico (RH), expresado como excedentes o déficits de agua en el sistema suelo–cobertura. La evapotranspiración real se mantiene relativamente estable durante todo el año, con valores cercanos a 200–230 mm/mes, mientras que la precipitación presenta una marcada estacionalidad, con meses muy lluviosos alternados con periodos de menor aporte hídrico. Por ello, el signo y la magnitud del balance hídrico están controlados principalmente por la variación de la lluvia y no por cambios significativos en la demanda evaporativa.

En el extremo inicial del año se reconoce un periodo de déficit hídrico que se concentra en enero y febrero, y vuelve a manifestarse de forma más moderada en diciembre, cuando las barras de RH pasan a valores negativos en prácticamente todas las estaciones. En estos meses la precipitación es inferior a la evapotranspiración real, de modo que el agua almacenada en el suelo tiende a disminuir, se incrementa la sensibilidad a la sequía superficial y se reduce la

generación de escorrentía y recarga. No obstante, la magnitud del déficit es relativamente baja y su duración es corta (dos a tres meses), por lo que el sistema no llega a condiciones de estrés hídrico prolongado.

A partir de marzo se observa un cambio marcado en el patrón, con un aumento progresivo de la precipitación que supera a la evapotranspiración real y genera balances hídricos positivos. Entre abril y junio se presenta el máximo excedente hídrico anual: las barras de RH alcanzan sus mayores alturas coincidiendo con los picos de precipitación, mientras la Er se mantiene casi constante. Durante estos meses se dispone de agua excedentaria para procesos de recarga de acuíferos someros, mantenimiento de caudales base y desarrollo de encharcamientos e inundaciones locales en zonas bajas. Entre julio y agosto los excedentes disminuyen pero siguen siendo positivos en todas las estaciones, lo que indica una prolongación del periodo húmedo, aunque con menor intensidad.

En la segunda mitad del año, especialmente entre septiembre y noviembre, se mantiene un balance hídrico favorable, con nuevos incrementos relativos de la precipitación que generan excedentes moderados. Este segundo pulso húmedo, aunque generalmente menos intenso que el de abril–junio, contribuye a sostener niveles elevados de humedad en el suelo y a recargar nuevamente los sistemas de drenaje y los reservorios subterráneos antes de ingresar al corto periodo seco de fin de año. La consistencia del patrón entre todas las estaciones analizadas demuestra que, a escala del DSC Kirpas, el régimen hídrico es espacialmente

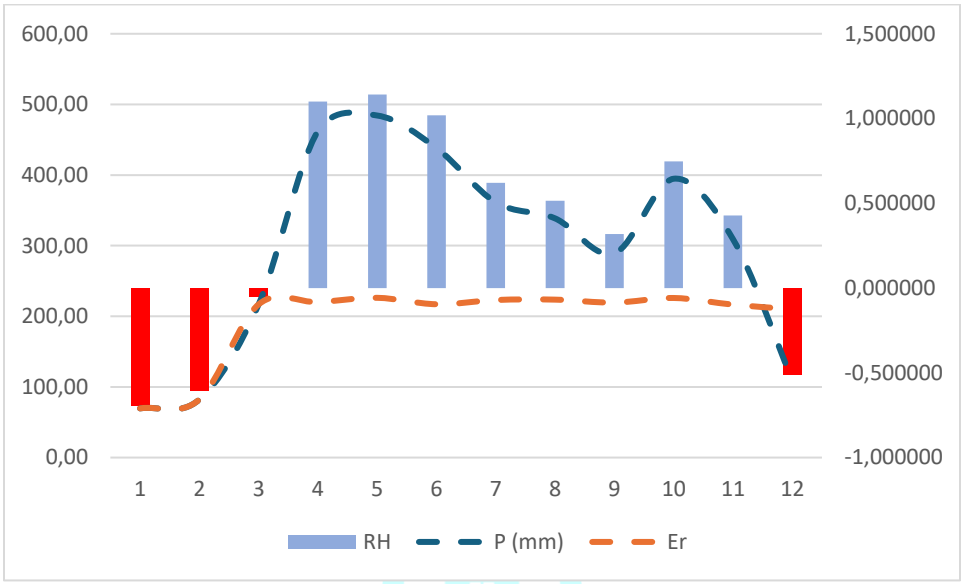
homogéneo: las diferencias entre estaciones se expresan en la magnitud puntual de los excedentes o déficits, pero no alteran la secuencia de meses secos y húmedos.

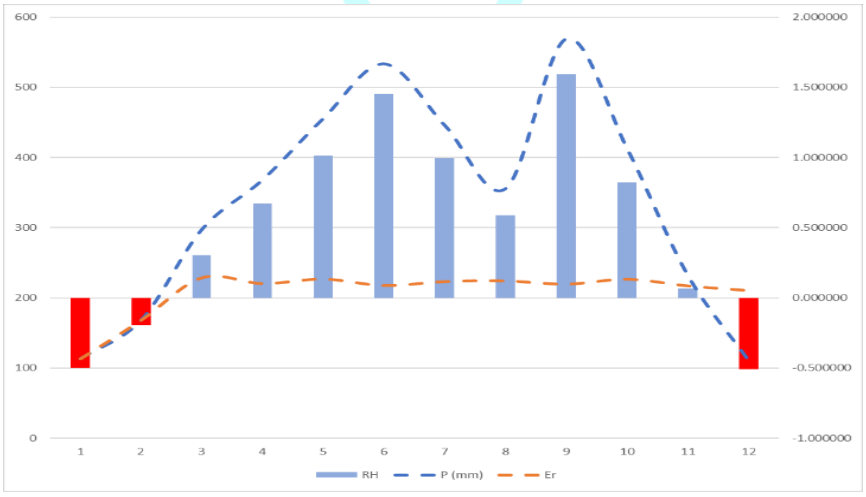
En síntesis, los balances hídricos mensuales confirman que el área de estudio se caracteriza por una clara dominancia de excedentes de agua durante la mayor parte del año (marzo–noviembre), interrumpidos únicamente por un déficit moderado y de corta duración en enero, febrero y parcialmente diciembre. Este comportamiento es típico de ambientes tropicales muy lluviosos con alta demanda evaporativa, y tiene implicaciones directas en la gestión ambiental del distrito: por un lado, favorece la recarga hídrica y la persistencia de coberturas vegetales higrófilas; por otro, incrementa la susceptibilidad a procesos de saturación de suelos, encharcamientos e inundaciones en los sectores bajos y aledaños a los drenajes principales, aspectos que deben ser considerados en la planificación del uso del suelo y en las medidas de manejo del recurso hídrico.

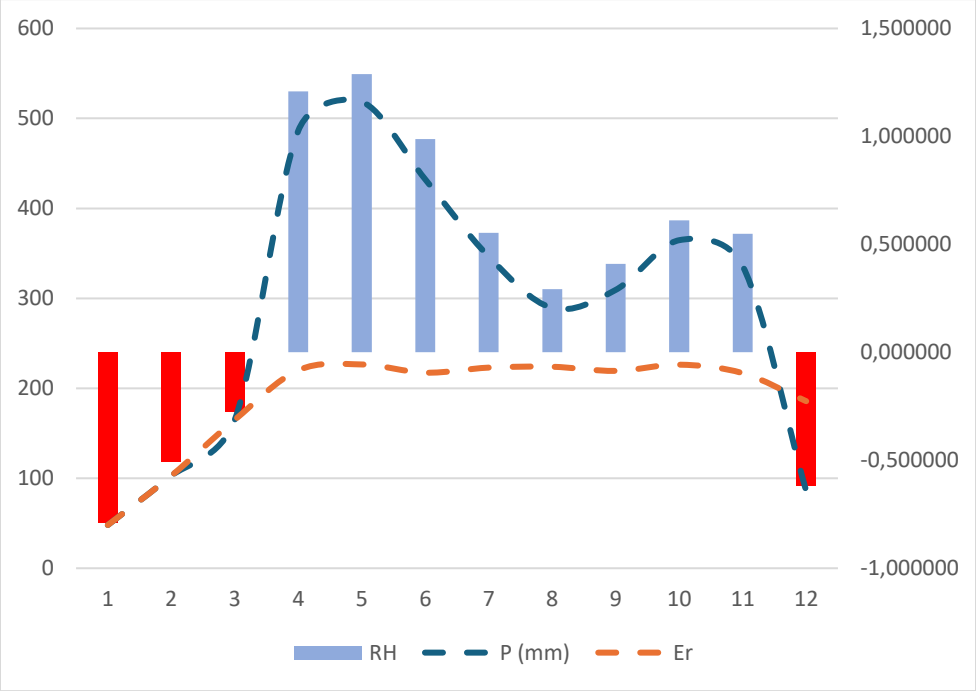
Hidroambiental
Ingenieros constructores y consultores S.A.S

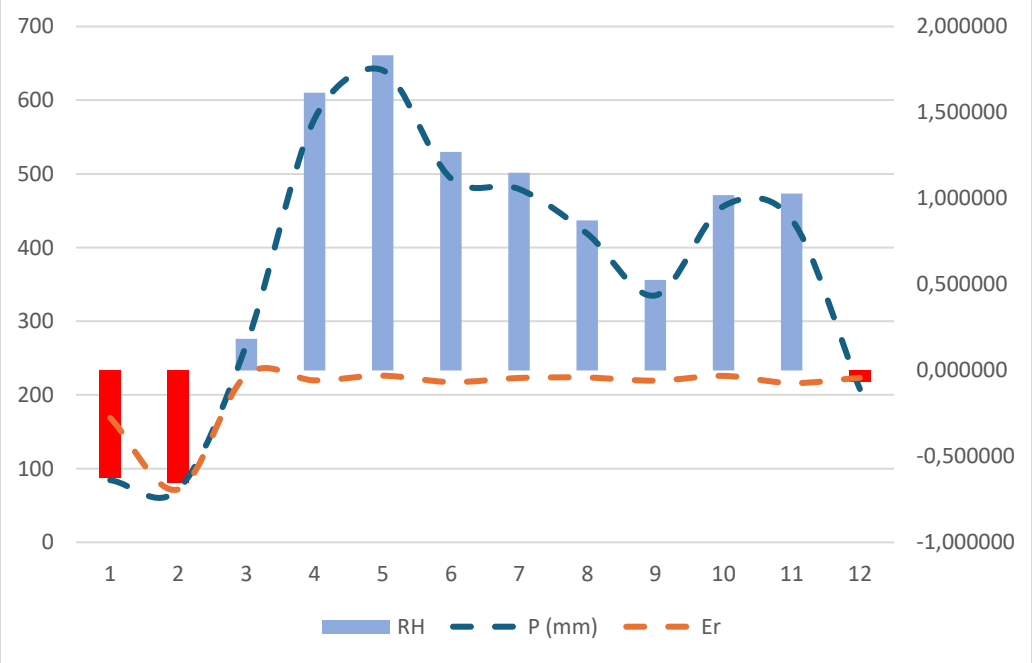
Figura 21.

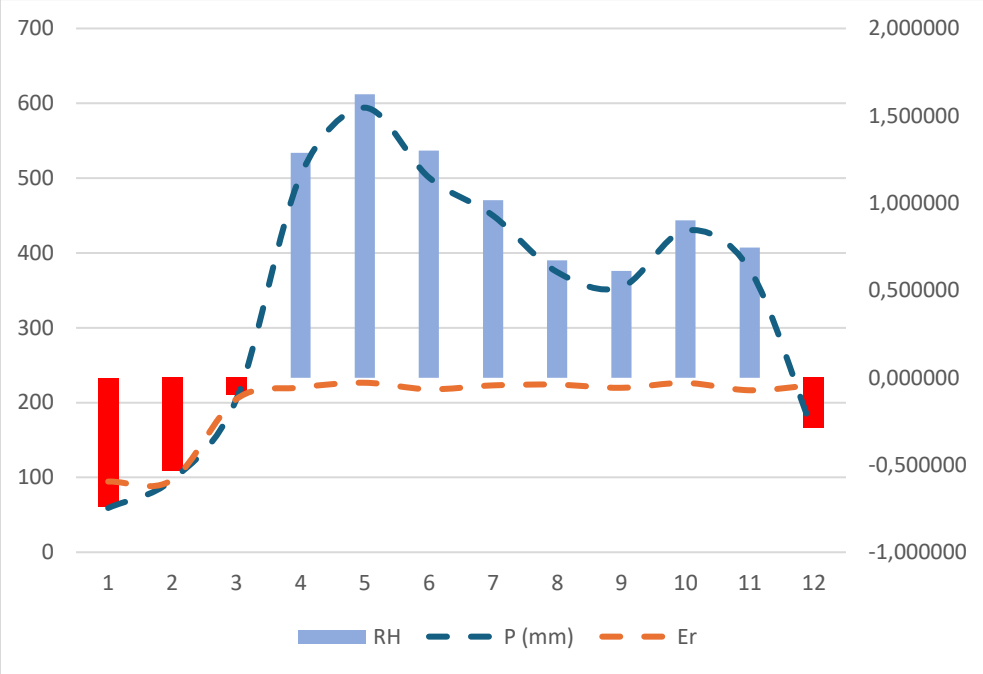
Balances hídricos para las estaciones de estudio. Fuente: Equipo consultor

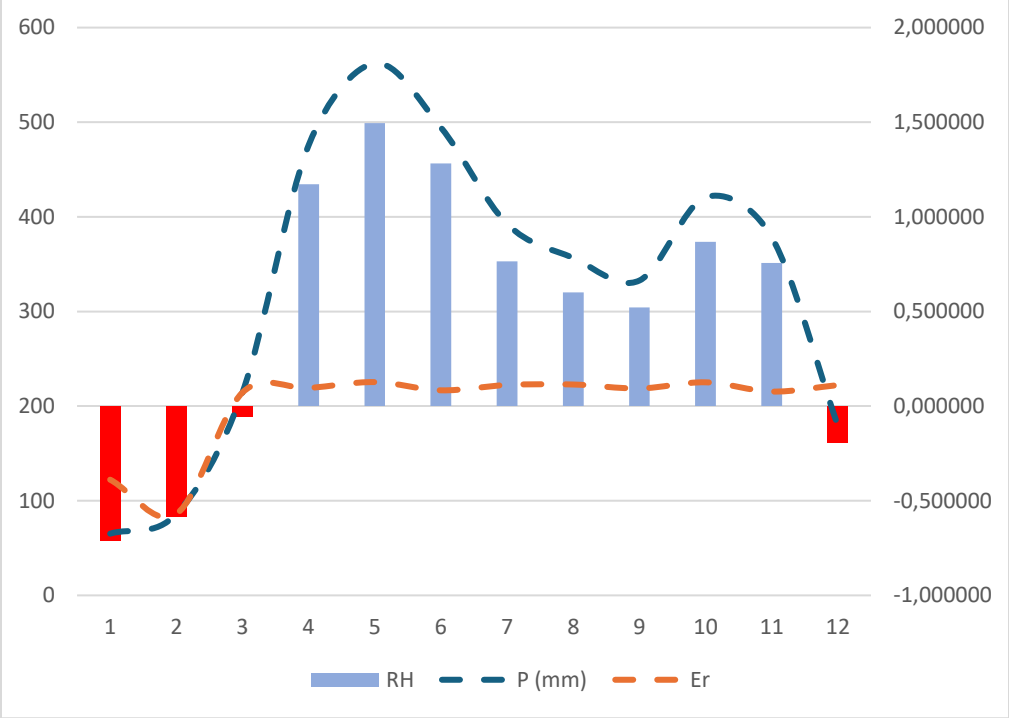





600
500
400
300
200
100
0
1,500000
1,000000
0,500000
0,000000
-0,500000
-1,000000
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12
RH
P (mm)
Er


700
600
500
400
300
200
100
0
2,000000
1,500000
1,000000
0,500000
0,000000
-0,500000
-1,000000
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12
RH
P (mm)
Er


700
600
500
400
300
200
100
0
2,000000
1,500000
1,000000
0,500000
0,000000
-0,500000
-1,000000
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12
RH
P (mm)
Er


600
500
400
300
200
100
0
2,000000
1,500000
1,000000
0,500000
0,000000
-0,500000
-1,000000
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12
RH
P (mm)
Er

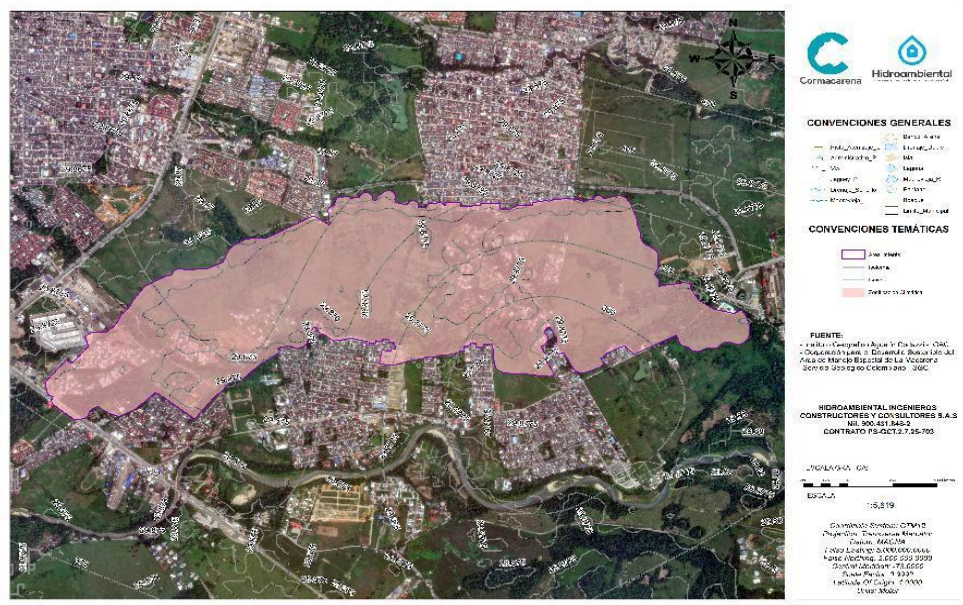
2.2.3 Clasificación climática

La zonificación climática del Distrito de Conservación Kirpas Pinilla La Cuerera se desarrolló a partir de la integración de las variables fundamentales que caracterizan el sistema climático local: temperatura media anual, precipitación total anual y balance hídrico; complementadas con el análisis de pisos térmicos y el índice de humedad según la clasificación de Caldas–Lang. Para ello se emplearon las isoyetas, isotermas y la interpolación espacial derivada de las estaciones meteorológicas más cercanas (35035070, 35030060, 35030070, 35030370, 35035020 y 35030030), ubicadas en el entorno inmediato del distrito y que representan adecuadamente las condiciones del piedemonte de Villavicencio.

La unidad climática V1 abarca la totalidad del Distrito de Conservación Kirpas Pinilla La Cuerera y corresponde al tipo clima cálido húmedo, de acuerdo con la clasificación Caldas–Lang. Esta categoría resulta de la combinación de un piso térmico cálido, con temperaturas medias anuales cercanas a 29,8 °C, y un régimen de precipitación muy elevado, con totales anuales que oscilan entre 3.450 y 4.200 mm. La altitud del área, comprendida aproximadamente entre 370 y 400 m s. n. m., no introduce contrastes significativos en la temperatura, por lo que el campo térmico es prácticamente uniforme. En el mapa de isotermas se observa que las líneas de 29,875 °C se distribuyen de forma suave sobre todo el polígono, lo cual confirma que el territorio se mantiene de manera constante en condiciones megatérmicas.

La componente hídrica refuerza este carácter húmedo. Las isoyetas interpoladas muestran un incremento gradual de la lluvia desde el sector noroccidental hacia el suroriente, pero siempre dentro del intervalo definido para clima húmedo según Lang. El índice P/T calculado para la unidad V1 se ubica entre 115 y 140, rango que clasifica el área como húmeda, sin transición hacia condiciones semihúmedas ni superhúmedas. Esto se corrobora con los balances hídricos mensuales, que evidencian excedentes de agua durante la mayor parte del año y déficits moderados y de corta duración restringidos a los primeros meses del periodo seco. De esta forma, la disponibilidad hídrica en suelos y coberturas vegetales es alta y sostenida, favoreciendo procesos de recarga, el mantenimiento de caudales base y la permanencia de ambientes muy húmedos en las planicies de inundación y zonas bajas.

Figura 22.
Zonificación climatica.



En síntesis, la unidad climática V1 – Cálido Húmedo representa un ambiente homogéneo en términos térmicos y de humedad, caracterizado por temperaturas altas casi constantes, precipitaciones abundantes y balances hídricos predominantemente positivos. Estas condiciones climáticas explican la presencia de coberturas vegetales higrófilas, la elevada disponibilidad de agua superficial y subterránea y la susceptibilidad del territorio a procesos asociados a la saturación de suelos, como encharcamientos e inundaciones locales, aspectos que deben considerarse en la planificación del uso del suelo y en las medidas de manejo ambiental dentro del distrito.

2.3 Geología

2.3.1 Marco Geológico Regional

El área de estudio se encuentra inserta dentro del contexto geológico de la Plancha 266 – Villavicencio, localizada sobre las estribaciones orientales de la Cordillera Oriental y el borde occidental de las planicies de los Llanos Orientales. Esta región constituye una zona de transición estructural y estratigráfica entre el Macizo de Quetame, el Borde Llanero y la extensa llanura aluvial del Orinoco, lo cual determina una marcada diversidad litológica, geomorfológica y tectónica. Para efectos de esta caracterización, la información fue tomada de la Memoria Explicativa de la Plancha 266 Villavicencio elaborada por INGEOMINAS (2001), documento que describe en detalle la estratigrafía, estructura y evolución geológica regional, y cuya cartografía oficial constituye la base técnica para el análisis en esta zona del departamento del Meta.

Desde una perspectiva regional, el área forma parte del límite entre las unidades litológicas paleozoicas y mesozoico-cenozoicas asociadas al levantamiento andino, y los depósitos cuaternarios que conforman el piedemonte y las llanuras bajas. En el sector occidental dominan rocas metamórficas pertenecientes al Grupo Quetame, de edad Precámbrico–Paleozoico inferior, compuestas por filitas, cuarcitas, metaconglomerados y metalimolitas, que afloran de manera continua hacia las zonas montañosas de Guayabetal, Chirajara y el cañón del río Blanco. Estas unidades son interpretadas como secuencias sedimentarias afectadas por metamorfismo regional de bajo grado y plegamiento intenso, conformando el basamento sobre el cual se apoyan las unidades sedimentarias posteriores.

En concordancia con la evolución tectosedimentaria del borde oriental de la cordillera, hacia el Devónico–Carbonífero se depositaron las unidades del Grupo Farallones, representadas por las formaciones Areniscas de Gutiérrez, Lutitas de Pipiral y Capas Rojas del Guatiquía. Estas rocas corresponden a ambientes marinos someros y fluvio-deltaicos, y se distribuyen principalmente en el margen occidental del piedemonte, aunque no alcanzan a aflorar en la zona de estudio actual, donde ya predominan unidades más recientes. Su importancia regional radica en que constituyen el enlace estratigráfico entre el basamento metamórfico y las unidades cretácicas del borde llanero.

Durante el Mesozoico, particularmente en el Cretácico, la región experimentó una intensa subsidencia y acumulación de sedimentos finos, arenosos y carbonosos correspondientes al conjunto estratigráfico de la Sabana de Bogotá y el Borde Llanero. Dichas unidades incluyen

secuencias lutíticas, arenosas y niveles calcáreos asignados a las formaciones Lutitas de Macanal, Arenisca de Cáqueza, Fómeque, Une, Chipaque, Palmichal y El Limbo. Estas formaciones poseen gran continuidad lateral a escala regional y conforman el armazón sedimentario que caracteriza la Cordillera Oriental y su borde.

Hacia el Cenozoico, y ya en un contexto tectónico dominado por el ascenso de la cordillera y el desarrollo del piedemonte llanero, se depositan unidades del Terciario asociadas a sistemas de abanicos aluviales, ríos entrelazados y depósitos de piedemonte, seguidas por el desarrollo de amplios paquetes de depósitos cuaternarios (Qal, Qt, Qd), que cubren gran parte de la zona baja de Villavicencio y sus alrededores. Estos depósitos corresponden a terrazas, llanuras de inundación, diques naturales y materiales heterométricos transportados por los ríos Guatiquía, Guayuriba y otros sistemas menores. La zona de estudio se encuentra dentro de este dominio geomorfológico reciente, donde predominan suelos desarrollados sobre sedimentos fluviales, aluviales y coluviales.

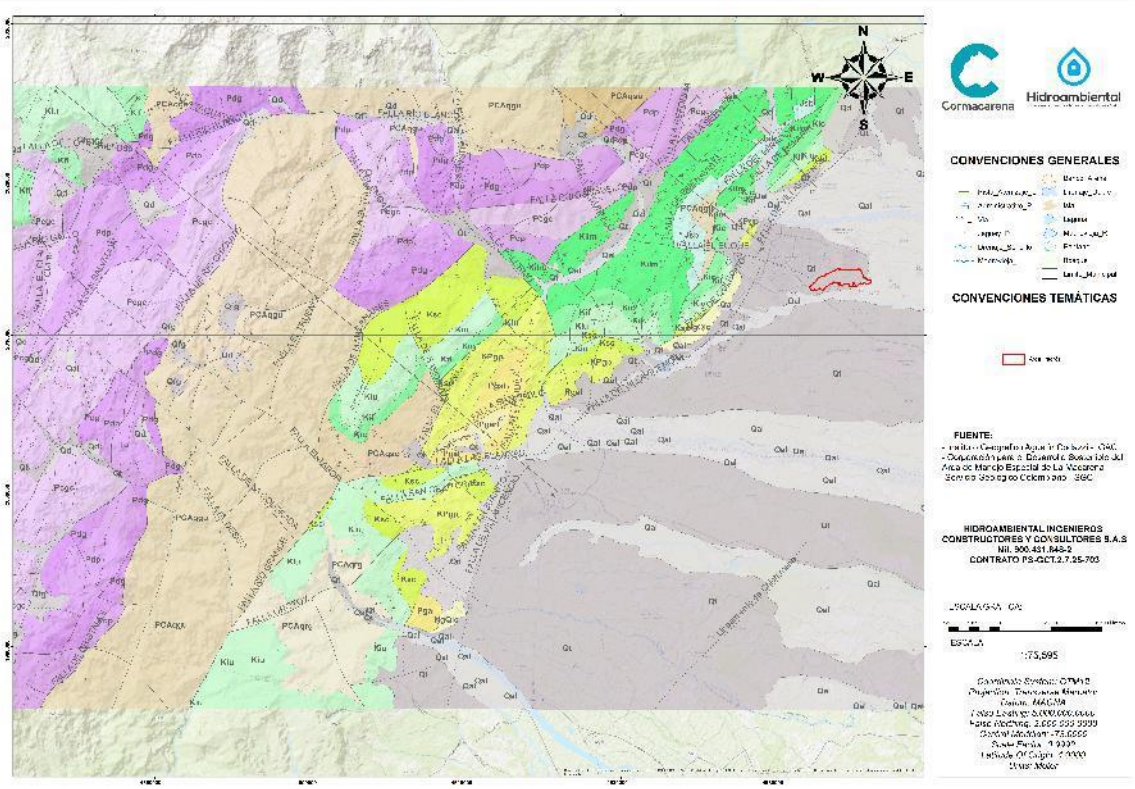
Desde el punto de vista tectónico, la región forma parte de un corredor estructural activo. El documento oficial describe tres dominios: Macizo de Quetame – Farallones de Medina, Borde Llanero y Llanos Orientales. El primero se asocia con fallamiento inverso y plegamiento intenso, mientras que el segundo constituye la zona de contacto entre la cordillera y el piedemonte, caracterizada por la presencia de fallas como El Mirador, Villavicencio–Colepato, Susumuco–El Buque, Río Blanco, Río Grande, El Tabor y El Engaño, estructuras que controlan la geomorfología regional y han condicionado procesos de

inestabilidad en sectores específicos. Aunque la zona de estudio se localiza hacia la porción más distal del piedemonte, su comportamiento geomorfológico está influenciado por estas estructuras, particularmente por el fallamiento que controla la dirección y el desplazamiento del río Guatiquía y sus tributarios.

En síntesis, el marco geológico regional en el que se inscribe la zona de estudio corresponde a un ambiente transicional entre el borde estructural de la Cordillera Oriental y las planicies aluviales de los Llanos Orientales. Hacia el occidente predominan unidades metamórficas y sedimentarias paleozoico–mesozoicas deformadas, mientras que hacia el oriente se desarrollan amplias formaciones terciarias y depósitos cuaternarios que conforman el paisaje dominante en Villavicencio. Este marco geológico es fundamental para comprender la evolución del relieve, la disponibilidad de materiales, la dinámica hidrogeológica y las condiciones de estabilidad que caracterizan el área actual de intervención.

Hidroambiental
Ingenieros constructores y consultores S.A.S

Figura 23.
Mapa geológico regional.



2.3.2 Marco tectónico - estructural

El territorio donde se emplaza la zona de estudio se encuentra en una región estructuralmente compleja, localizada en el límite entre el flanco oriental de la Cordillera Oriental y el piedemonte llanero, zona que ha sido modelada por procesos tectónicos activos asociados al levantamiento andino y a la interacción entre el Bloque Andino y el Bloque Llanero. Esta franja constituye uno de los corredores de deformación más importantes del centro-oriente colombiano, caracterizado por fallamiento inverso, plegamiento, inversión tectónica y

reactivación de estructuras heredadas, tal como lo describe la Memoria de la Plancha 266 – Villavicencio (INGEOMINAS, 2001).

A escala regional, la tectónica está dominada por un sistema de fallas con rumbo preferencial NNE–SSW a NE–SW, que define la compartimentación del relieve y controla el desarrollo de las cuencas agradacionales del Guatiquía, Guayuriba y Guayurito. Este sistema se asocia al frente orogénico de la Cordillera Oriental, donde la deformación se expresa en estructuras inversas y de cabalgamiento que afectan rocas desde el Paleozoico hasta el Cenozoico, mientras que hacia el oriente la deformación se disipa gradualmente en las llanuras aluviales del Orinoco.

En el mapa geológico 1:100.000 aportado, se identifican diversas fallas de escala regional que delimitan bloques, controlan la geomorfología y han actuado como zonas de debilidad estructural a lo largo de la evolución tectónica del piedemonte. Entre las más importantes se encuentran:

2.3.2.1 Falla de Villavicencio – Colepato

Es la estructura mayor más cercana a la zona de estudio. Presenta rumbo NE–SW y se ubica hacia el norte y nororiente del polígono, siendo responsable del control tectónico del cañón superior del río Guatiquía y del alineamiento estructural de la ciudad. Se interpreta como una falla inversa a cabalgante, activa durante el levantamiento andino, que pone en contacto

unidades cretácicas plegadas con materiales cenozoicos del piedemonte. Su continuidad y expresión geomorfológica evidencian actividad neotectónica moderada.

2.3.2.2 Falla del Río Guatiquía / Segmento de la Falla de Servitá

Hacia el occidente del área de estudio aparece un sistema de fallas asociadas al lineamiento estructural del río Guatiquía, responsable del encajonamiento del cauce y de la orientación del valle en su tramo medio. Se trata de estructuras de carácter inverso con componentes transcurrentes, que actúan como límite entre el basamento paleozoico y las unidades cretácicas y terciarias. Su influencia regional está documentada en la plancha 266 como parte del sistema estructural de Servitá.

2.3.2.3 Falla de San Cristóbal

Observada al noroccidente de Villavicencio, es una falla inversa con rumbo norte–sur a NE–SW que afecta las unidades paleozoicas y cretácicas, condicionando la geomorfología de las lomadas y colinas cercanas. Su distancia al polígono de estudio es moderada, pero su papel regional es determinante en la compartimentación estructural.

2.3.2.4 Falla de Las Bancas – Buenavista

Ubicada hacia el occidente y suroccidente del polígono, esta estructura marca el límite estructural entre rocas paleozoicas/metamórficas y el relleno sedimentario más reciente. A pesar de encontrarse a mayor distancia, constituye una referencia importante debido al dominio tectónico que ejerce sobre el sistema de drenajes y el relieve al occidente de Villavicencio.

2.3.2.5 Falla del Río Blanco

Aunque más alejada del polígono, es una estructura mayor con rumbo N–S/NE–SW que afecta el basamento metamórfico y el Grupo Farallones. Su actividad pasada ha influido en el desarrollo del piedemonte y en la orientación de algunas cuencas estructurales.

2.3.3 Geología Local

La geología local del Distrito de Conservación de Suelos Kirpas Pinilla La Cuerera se enmarca dentro del contexto cuaternario de la ciudad de Villavicencio, caracterizado por la presencia de depósitos continentales recientes asociados al piedemonte oriental de la Cordillera Oriental. El área de estudio se ubica en una posición geomorfológica típica de terraza al pie de monte, donde los sistemas fluviales provenientes de la cordillera han construido secuencialmente niveles de terrazas aluviales que, debido a la dinámica erosiva actual de los ríos Guatiquía y Guayuriba, han sido parcialmente disectados y degradados. Esta degradación ha dado origen a superficies bajas de llanura aluvial, ambientes lacustres y zonas de pantano, que constituyen el marco geológico predominante del polígono.

En el mapa geológico 1:100 000 (Plancha 266 – Villavicencio), el área se observa ubicada sobre el gran dominio de depósitos cuaternarios (Qt, Qal, Qd, Qlg), situados en el extremo sur de la estructura del anticlinal de Buenavista y bordeada por fallas relevantes como la Falla de Villavicencio, la Falla El Buque y la Falla de Buenavista, todas ellas al noroeste y norte del área del proyecto. Aunque ninguna de estas fallas atraviesa el polígono, su proximidad explica la elevada fracturación del piedemonte y su capacidad para generar

importantes volúmenes de detritos y sedimentos finos que alimentan los sistemas aluviales del sector donde se emplaza el distrito.

El Distrito de Conservación de Suelos Kirpas Pinilla La Cuerera está constituida exclusivamente por unidades cuaternarias de origen continental, depositadas en un entorno de piedemonte llanero sujeto a la influencia directa de la dinámica fluvial del río Guatiquía y de los drenajes secundarios que descienden desde la Cordillera Oriental. En el contexto regional, el área se sitúa en el extremo sur de las terrazas del piedemonte de Villavicencio, las cuales se disgregan en varios niveles como resultado de procesos de incisión, avulsión y migración lateral del sistema fluvial principal. Estos niveles de terraza han sido degradados progresivamente, lo que ha dado origen a amplias llanuras aluviales, zonas palustres, depósitos lacustres y superficies ligeramente sobreelevadas que reflejan los distintos pulsos de sedimentación y erosión ocurridos durante el Cuaternario. Sobre estas unidades naturales se superponen depósitos antrópicos asociados a la expansión urbana de Villavicencio. Todas las unidades en el polígono se encuentran en contactos claramente discordantes, reflejo de la rápida y variable deposición característica de los sistemas fluviales activos.

El mapa específico del área de estudio evidencia la distribución de las seis unidades geológicas cuaternarias reconocidas, todas en contacto discordante, producto de la naturaleza aluvial, lacustre y palustre que caracteriza el sector. Estas unidades se describen a continuación.

Figura 23.

Mapa geológico local.



La geología del área de estudio refleja una secuencia cuaternaria dinámica y compleja, gobernada por el comportamiento del río Guatiquía y la morfología heredada del piedemonte llanero. A escala local, la transición desde terrazas altas hacia la llanura activa y las zonas palustres/lacustres demuestra un sistema en permanente ajuste morfodinámico. Los contactos discordantes entre las unidades y la superposición de rellenos antrópicos evidencian la modificación continua del paisaje, tanto por procesos naturales como por intervención humana.

2.3.3.1 Depósitos de Llanura Aluvial (Qlla) – 72,09 ha (42,6 %)

Los depósitos de llanura aluvial constituyen la unidad predominante en la zona de estudio y corresponden a amplias superficies de inundación asociadas a los cursos activos del río Guatiquía y drenajes locales. Se caracterizan por estar formados por sedimentos sueltos de baja selección, compuestos por arenas, limos y arcillas depositados durante sucesivos eventos de desbordamiento. Dentro de su arquitectura interna aparecen intercalaciones de niveles gravosos y lentes arenosos que representan variaciones en la energía del flujo. Los clastos incluidos son predominantemente cuarcíticos, areniscosos y metamórficos, con grados de redondeamiento que varían entre subredondeados y redondeados. Estudios regionales indican que esta unidad constituye la base del Cuaternario y conforma las planicies más extensas de la Sabana de los Llanos Orientales, extendiéndose uniformemente por los alrededores de Villavicencio. Hacia el subsuelo pueden alcanzar potencias de 40 a 50 metros según estudios geofísicos, con una morfología general plana que únicamente se ve interrumpida por pequeñas colinas residuales sobresalientes. Estos depósitos infrayacen a rellenos orgánicos y a sedimentos palustres más recientes y suprayacen en forma erosiva a terrazas degradadas y a unidades aluviales más antiguas.

2.3.3.2 Depósitos Aluviales Recientes (Qal) – parte del dominio Qlla

Estos depósitos representan el material más joven del sistema fluvial y se concentran en sectores próximos a cauces activos y áreas de inundación inmediata. Están constituidos por

sedimentos muy sueltos y mal seleccionados, incluyendo bloques de hasta tres metros de diámetro provenientes de eventos de remoción en masa en la alta cuenca, así como fragmentos de areniscas, brechas y conglomerados. La mezcla sedimentaria es diversa y refleja el alto aporte de detritos generado por deslizamientos que alimentan los ríos Upín, Guatiquía y sus tributarios. La tasa de acumulación es elevada y la colmatación rápida, lo que explica la formación de barras, diques naturales y pequeñas plataformas de crecida. Esta unidad suprayace a terrazas más antiguas en contactos claramente discordantes y conforma el nivel activo del sistema fluvial.

2.3.3.3 Depósitos Palustres (Qpl) – 20,32 ha (12,0 %)

Los depósitos palustres se desarrollan en depresiones internas del polígono donde predominan condiciones de encharcamiento permanente o casi permanente. Estos depósitos están compuestos por arcillas orgánicas de color gris oscuro a negro, limos saturados y abundantes restos vegetales poco descompuestos, que reflejan un ambiente anóxico típico de humedales, ciénagas y pantanos. Localmente pueden contener turbas y niveles arcillosos plásticos que evidencian muy baja energía de sedimentación. Su distribución es central y nororiental, coincidiendo con antiguas zonas de estancamiento dentro de la llanura aluvial. Su infrayacencia corresponde principalmente a depósitos aluviales y coluvio–aluviales, mientras que suprayacen sedimentos orgánicos modernos y rellenos finos recientes. Los contactos son difusos y transicionales, producto de la sedimentación progresiva dentro de ambientes palustres.

2.3.3.4 Depósitos Lacustres (Ql) – 1,39 ha (0,8 %)

Los depósitos lacustres se encuentran de manera muy localizada en la zona norte del polígono, asociados a cuerpos de agua semipermanentes formados en pequeñas depresiones conectadas a la dinámica hidromórfica del área. Están compuestos por arcillas gelificadas, limos finos laminados y niveles de sedimentos plásticos con elevado contenido de humedad. Presentan colores grisáceos y textura muy fina, con estratificación débil que refleja su depósito en condiciones de agua quieta. Estas acumulaciones lacustres suprayacen a sedimentos aluviales y palustres, y se encuentran cubiertas por suelos orgánicos delgados. Sus límites son suaves debido a la energía extremadamente baja en la que se originan.

2.3.3.5 Depósitos de Terraza Aluvial Baja (Qtab) – 14,26 ha (8,4 %)

Esta unidad corresponde a superficies ligeramente elevadas respecto a la llanura aluvial actual, evidenciando un nivel de terraza fluvial más reciente dentro de la secuencia del piedemonte. Está compuesta por gravas subredondeadas de cuarcita y arenisca, arenas medianas a gruesas y limos arenosos intercalados. Los niveles gravosos están moderadamente compactados y reflejan mayor energía de transporte durante su formación, típica de pulsos fluviales previos al establecimiento de la llanura actual. Su distribución se concentra al sur y suroccidente del polígono. Estos depósitos infrayacen a rellenos modernos y suprayacen a unidades aluviales antiguas, mostrando claros contactos erosivos.

2.3.3.6 Depósitos de Terraza Aluvial Alta (Qtaa) – 16,32 ha (9,6 %)

Los depósitos de terraza aluvial alta representan un nivel más antiguo respecto a las terrazas bajas y la llanura actual. Se encuentran hacia la zona norte del área de estudio y muestran mayor compactación y heterogeneidad litológica. Incluyen gravas angulosas y subredondeadas, arenas gruesas, limos arcillosos y clastos metamórficos provenientes de la vertiente andina. Estas terrazas fueron abandonadas durante fases anteriores de incisión del Guatiquía y presentan una mayor disección por erosión lateral y vertical. Los contactos son discordantes, suprayaciendo a depósitos cuaternarios más antiguos y subyaciendo a suelos residuales.

2.3.3.7 Relleno Antrópico (Qra) – 44,62 ha (26,3 %)

Una fracción significativa del polígono presenta rellenos de origen antrópico, asociados al desarrollo urbano circundante. Estos materiales son heterogéneos, compuestos por mezclas de arcillas, limos, gravas, escombros y suelos retrabajados utilizados para nivelación, adecuaciones viales y construcción. Su distribución se concentra hacia la zona sur y suroccidente, coincidiendo con áreas residenciales y vías de acceso. El relleno suprayace a diversas unidades cuaternarias y genera contactos altamente irregulares e inadmisibles para interpretación estratigráfica, propios de depósitos no naturales.

2.3.4 Geología Estructural

La geología estructural del área de estudio se caracteriza por la ausencia de fallas o pliegues expuestos dentro del polígono del Distrito de Conservación Kirpas Pinilla La Cuerera, debido a que la totalidad del terreno está conformado por depósitos cuaternarios recientes (Qlla, Qal, Qpl, Ql, Qtaa, Qtab, Qra). Estas unidades, al ser materiales no consolidados y acumulados por procesos fluviales, lacustres y palustres de baja a mediana energía, no preservan estructuras internas de deformación asociadas a esfuerzos tectónicos modernos. Por esta razón, los depósitos se comportan como cuerpos sedimentarios masivos, no deformados y con contactos discordantes, donde cualquier impronta estructural profunda queda enmascarada por la dinámica sedimentaria reciente.

Aunque no se reconocen fallas cartografiadas en superficie dentro del polígono, el área muestra sutiles evidencias estructurales indirectas, expresadas principalmente en la morfología y en la organización del relieve. La superficie de la terraza alta (Qtaa) y la terraza baja (Qtab) presentan pendientes sistemáticas y direcciones de escurrimiento preferenciales, lo cual sugiere la presencia de lineamientos heredados que actúan como zonas de debilidad en el subsuelo. Estos lineamientos no corresponden a fallas activas visibles, sino a paleoestructuras o discontinuidades enterradas que condicionan la geometría del depósito y el drenaje natural del sector. Se observa que varias quebradas menores y canales de escorrentía internos tienden a alinearse siguiendo rumbos NE–SW y E–W, lo que indica un control estructural sutil pero persistente en los niveles cuaternarios.

La distribución de las unidades geológicas dentro del polígono también aporta información sobre la estructura local. Las terrazas altas y bajas muestran bordes marcadamente rectilíneos en ciertos tramos, lo cual no es atribuible a procesos puramente fluviales y sugiere la influencia de planos estructurales preexistentes enterrados que condicionaron la erosión diferencial. Del mismo modo, los depósitos palustres y lacustres ocupan depresiones cuyo contorno parcialmente lineal indica que estas zonas de subsidencia no son completamente aleatorias, sino que se apoyan en microbloques ligeramente abatidos o en suaves desniveles estructurales generados por compactación diferencial o por movimientos muy lentos de paleoestructuras profundas.

En los depósitos aluviales recientes (Qal y Qlla) se identifica un patrón de drenaje subparalelo orientado hacia el sur y sureste, el cual refleja un basculamiento suave de toda la superficie cuaternaria. Este basculamiento constituye la manifestación estructural más clara dentro del área de estudio, pues determina la dirección de los flujos superficiales, la migración de zonas de encharcamiento y la posición relativa de los ambientes palustres. La superficie del terreno evidencia asimismo ligeras ondulaciones que pueden interpretarse como microflexuras sedimentarias, asociadas al asentamiento irregular de los materiales finos en zonas palustres antiguas.

Los depósitos antrópicos (Qra), por su parte, modifican localmente la geometría natural del relieve y generan microestructuras inducidas, como planos de compactación artificial o

cambios abruptos de pendiente. Estas modificaciones no obedecen a controles tectónicos, pero sí alteran la expresión estructural superficial, creando discontinuidades geométricas que deben considerarse como parte del "comportamiento estructural" del terreno a nivel local.

En síntesis, la geología estructural local del área de Kirpas Pinilla La Cuerera se caracteriza por la ausencia de estructuras tectónicas expuestas, pero manifiesta la influencia estructural en la forma de lineamientos sutiles, control del drenaje, inclinaciones preferenciales, depresiones estructurales heredadas y geometrías condicionadas en terrazas y humedales. Estas expresiones constituyen la huella local de un subsuelo influenciado por discontinuidades antiguas, pero reflejado únicamente a través de procesos geomorfológicos y sedimentarios recientes, propios de un entorno cuaternario activo y dinámico.

2.4 Geomorfología

El área de estudio se ubica dentro del sector nororiental del municipio de Villavicencio, en la franja de transición entre el Piedemonte Llanero y la Llanura Aluvial de los Llanos Orientales, región caracterizada por una dinámica geomorfológica dominada por procesos fluviales, agradacionales y de remoción, directamente influenciados por la proximidad al frente orogénico activo de la Cordillera Oriental. Esta zona constituye una interfaz morfodinámica donde convergen sistemas de abanicos aluviales, terrazas fluviales escalonadas y amplias planicies de inundación, conformando uno de los ambientes sedimentarios cuaternarios más extensos y complejos de la cuenca alta del río Meta.

Geomorfológicamente, la región hace parte de la gran unidad denominada Llanura Aluvial de los Llanos Orientales, la cual se desarrolla sobre depósitos cuaternarios derivados principalmente de procesos fluviales y fluvio-lacustres. Hacia el occidente, el relieve cambia abruptamente al entrar en contacto con el Piedemonte Tectonizado, zona que corresponde al frente estructural deformado del flanco oriental de la Cordillera Oriental, donde la actividad tectónica histórica y reciente —manifestada por sistemas de fallas como la Falla de Villavicencio, la Falla de Buenavista, la Falla de El Buque y la Falla de Collepató— ha condicionado la formación de abanicos aluviales, escarpes lineales, superficies basculadas y control estructural del drenaje. Esta transición topográfica marca el límite entre un dominio montañoso activo y una vasta zona deposicional.

En este contexto, los procesos geomorfológicos regionales se asocian a ambientes morfogenéticos estructural-erosionales y depositacionales, los cuales se expresan en geoformas disímiles que reflejan la dinámica combinada del levantamiento andino, la subsidencia de la cuenca llanera y la redistribución permanente de sedimentos por acción de los ríos Guatiquía, Guayuriba, Upín y sus tributarios. Las unidades identificadas en estudios regionales como el POMCA del río Guatiquía y el DCS Kirpas Pinilla La Cuerera indican la coexistencia de geoformas dominadas por la agradación, tales como planicies de inundación activas, diques de crecida, llanuras aluviales, terrazas bajas a medias y zonas pantanosas.

Hacia el borde occidental, en el Piedemonte Tectonizado, predominan geoformas de origen fluvio-gravitacional como abanicos aluviales, conos de deyección y sistemas de coluvio–aluviales asociados a la disección del paisaje por procesos de remoción en masa generados en el escarpe estructural. Estas geoformas poseen pendientes entre moderadas y fuertes, que varían de 5° a 30°, y se caracterizan por presentar drenajes rectilíneos, patrones de cárcavas activas y superficies con alto grado de incisión, especialmente en los abanicos mayores como el de Villavicencio, el cual constituye uno de los sistemas geomorfológicos más extensos del piedemonte.

A nivel de planicie, las pendientes decrecen progresivamente hacia el oriente, dando paso a geoformas de baja energía como terrazas aluviales bajas (Ftab), planicies de inundación (Fpi) y llanuras aluviales (Flla). Estas unidades corresponden a superficies suavemente inclinadas dominadas por depósitos fluviales cuaternarios compuestos por arenas finas a medias, gravas, arcillas y limos, así como por materiales heterogéneos transportados en eventos de crecida. Son ambientes sujetos a procesos periódicos de inundación, avulsión de canales, migración meándrica y formación de geoformas características como barras fluviales, canales abandonados y pequeñas depresiones encharcables.

Como resultado de esta dinámica, la región presenta una marcada zonificación geomorfológica controlada por la interacción entre tectónica activa, régimen hidrosedimentológico y topografía. La presencia de pantanos, cuerpos lagunares, humedales y depresiones palustres hacia el sector central y oriental demuestra la influencia de procesos

de colmatación y sedimentación fina en áreas de baja pendiente, donde la energía fluvial disminuye significativamente. Estos ambientes contienen depósitos arcillosos-orgánicos asociados a etapas de estancamiento hídrico prolongado, propios de la evolución reciente de la llanura aluvial.

En síntesis, la geomorfología regional del área de estudio refleja una evolución ligada a la migración del frente orogénico de la Cordillera Oriental, el aporte sostenido de materiales desde el piedemonte y la formación de amplios sistemas de llanura aluvial que conforman la base del paisaje de Villavicencio. Este marco deposicional y estructural determina la naturaleza de las unidades geomorfológicas presentes y condiciona los procesos actuales de erosión, sedimentación, inundación y dinámica hídrica, que son fundamentales para comprender el comportamiento físico del territorio y la distribución de sus geoformas locales.

2.4.1 Unidades geomorfológicas

La geomorfología del área de estudio corresponde a un ambiente plenamente cuaternario, caracterizado por procesos fluviales, aluviales, lacustres y palustres que configuran un mosaico de geoformas asociadas a la planicie aluvial activa del río Ocoa y a los numerosos drenajes secundarios que desembocan en él. El polígono se localiza sobre una franja de topografía suave donde el sistema de quebradas y canales internos drena preferencialmente

hacia el sur, conectándose finalmente con el cauce principal del río Ocoa, que constituye el elemento morfogenético dominante en el borde meridional del distrito.

Dentro de este contexto se reconocen seis unidades geomorfológicas principales: Terraza aluvial alta (Ftaa), Terraza aluvial baja (Ftab), Plano o llanura de inundación (Fpi), Depresiones palustres (Fpl), Laguna (Flg) y Rellenos antrópicos (Ar). Estas unidades reflejan diferentes estadios de acumulación, inundación y modificación antrópica dentro del sistema fluvial del río Ocoa y su red de afluentes locales.

En conjunto, las unidades geomorfológicas descritas reflejan la evolución reciente del paisaje del área de estudio bajo la influencia directa del río Ocoa y su red de drenajes afluentes, condicionando la dinámica de inundación, la configuración de humedales y la forma en que se distribuyen los usos del suelo en el distrito.

Hidroambiental
Ingenieros constructores y consultores S.A.S

Figura 24.
Mapa geomorfológico.



Ingenieros constructores y consultores S.A.S

2.4.1.1 Terraza aluvial alta (Ftaa)

La **terraza aluvial alta (Ftaa)** corresponde a la geoforma más elevada y antigua dentro del área de estudio. Se trata de superficies ligeramente onduladas, producto de antiguos niveles de acumulación del sistema fluvial que hoy drena hacia el río Ocoa y que fueron posteriormente abandonados por la incisión y ajuste del relieve. Los depósitos están compuestos por gravas subangulosas a subredondeadas, arenas cuarzosas y limos subordinados, que evidencian condiciones de mayor energía de flujo en etapas pasadas. Por

encontrarse fuera de las zonas de inundación frecuente del río Ocoa, estas terrazas ofrecen una estabilidad morfodinámica relativa mayor, lo que ha favorecido su uso para urbanización y adecuaciones antrópicas.

2.4.1.2 Terraza aluvial baja (Ftab)

La **terraza aluvial baja (Ftab)** representa un nivel intermedio entre las terrazas altas y la llanura de inundación. Son superficies planas a suavemente onduladas, desarrolladas a cotas inferiores y compuestas por arenas limosas y limos de inundación con gravas dispersas. Estas terrazas se inundan ocasionalmente durante crecientes extraordinarias del sistema de drenajes que desembocan en el río Ocoa o por ascensos temporales del nivel freático. Su posición geomorfológica las sitúa como una zona de transición entre los sectores más estables del relieve y las áreas activamente influenciadas por las crecidas.

2.4.1.3 Plano o llanura de inundación (Fpi)

El **plano o llanura de inundación (Fpi)** constituye la unidad geomorfológica dominante en el polígono y corresponde a las superficies prácticamente planas asociadas al régimen de inundación periódica de los drenajes locales que confluyen hacia el río Ocoa. Está formada por depósitos cuaternarios recientes, principalmente limos, arcillas y arenas finas, acumulados durante los desbordamientos de los cauces y la migración de canales. La presencia de meandros abandonados, paleocanales, barras de acreción y microdepresiones evidencia la fuerte actividad fluvial reciente del sistema Ocoa–afluentes. Esta unidad

desempeña un papel fundamental en la regulación hídrica y en el almacenamiento temporal de aguas durante la época de lluvias.

2.4.1.4 Depresiones palustres (Fpl)

Las **depresiones palustres (Fpl)** se desarrollan en los puntos más bajos de la llanura de inundación, donde el drenaje es deficiente y se generan condiciones de encharcamiento permanente o semipermanente. En estas zonas se acumulan limos y arcillas orgánicas de color oscuro y se forman suelos hidromórficos con vegetación típica de humedal. Geomorfológicamente corresponden a cubetas de inundación, meandros colmatados o sectores sellados por sedimentación fina dentro del sistema aluvial asociado al río Ocoa. Funcionan como reguladores naturales del flujo superficial y como reservorios de agua en periodos húmedos.

2.4.1.5 Laguna (Flg)

La unidad **laguna (Flg)** agrupa cuerpos de agua cerrados que ocupan depresiones más profundas dentro de las geoformas palustres. Su origen está ligado a la permanencia de agua en cubetas con baja capacidad de drenaje, alimentadas por escorrentía local y, en algunos casos, por reboses de los cauces que drenan hacia el río Ocoa. Los sedimentos asociados son limos acuáticos, arcillas finas y materiales orgánicos en suspensión. Estas lagunas tienen una alta importancia ecológica por su función como hábitat y como zonas de amortiguación de crecidas.

2.4.1.6 Rellenos antrópicos (Ar)

Finalmente, los **rellenos antrópicos (Ar)** corresponden a superficies modificadas artificialmente, donde se ha alterado la topografía original mediante aporte de materiales de préstamo, escombros y suelos retrabajados para habilitar áreas urbanas, vías y plataformas de construcción. Estos rellenos suprayacen indistintamente a terrazas, llanuras y antiguas depresiones que descargaban naturalmente hacia el río Ocoa, generando cambios en el patrón de escorrentía y en las condiciones de infiltración. Desde el punto de vista geomorfológico, constituyen unidades de origen claramente antrópico que interrumpen parcialmente la continuidad del sistema fluvial natural.

2.4.2 Procesos Morfodinámicos

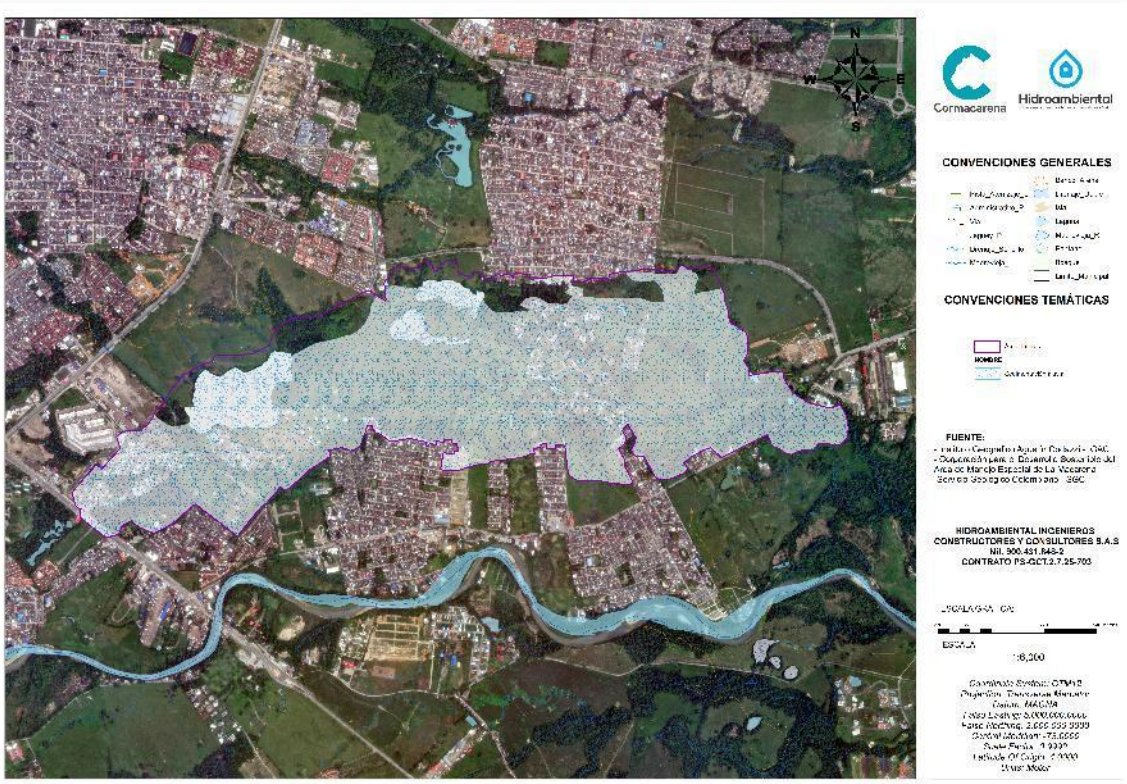
El análisis morfodinámico para el área de estudio se fundamenta en la identificación y evaluación de los procesos activos que modifican la superficie del terreno, particularmente aquellos asociados a la dinámica fluvial, la sedimentación aluvial y los procesos erosivos locales, los cuales son característicos de las geoformas cuaternarias que conforman el sector de Kirpas Pinilla La Cuerera. Estos procesos responden tanto a la interacción entre la topografía suave de origen aluvial como al funcionamiento hidrológico de los drenajes secundarios que convergen hacia el río Ocoa, principal colector del sistema.

En este contexto, el nuevo mapa de procesos morfodinámicos evidencia que la zona se encuentra dominada por fenómenos de sedimentación aluvial difusa, distribuidos ampliamente sobre el plano de inundación y las depresiones palustres internas del polígono. Este patrón se relaciona con la baja pendiente general del terreno, la presencia de antiguos canales abandonados y la existencia de suelos saturados que favorecen la acumulación de materiales finos y orgánicos. A diferencia de la cartografía histórica, no se identifican escarpes erosivos activos de gran magnitud, lo cual coincide con la transformación urbana del sector y el progresivo relleno antrópico que ha modificado la morfodinámica natural previa.

Los procesos agradacionales son predominantes en el área de estudio, especialmente en las unidades de plano o llanura de inundación (Fpi) y en las depresiones palustres (Fpl). En estas zonas, la baja energía del flujo permite que los eventos de crecida asociados a los drenajes menores depositen capas de limos y arcillas, sobre todo en los sectores periféricos y en las zonas deprimidas que tienden a mantener humedad constante. El caño La Cuerera y otros drenajes internos presentan capacidad limitada de transporte, lo que favorece la colmatación progresiva y la disminución de la sección hidráulica, generando condiciones propicias para desbordamientos localizados durante eventos de lluvia intensa. La amplia extensión de áreas con sedimentación aluvial reciente, mostrada en el mapa actualizado, confirma esta tendencia hacia la acumulación de materiales y el aplanamiento del relieve natural.

Figura 24.

Mapa de procesos morfodinamicos.



Ingenieros constructores y consultores S.A.S

Si bien el área interna del polígono presenta condiciones suaves con predominio de depósitos finos, en los bordes sur y suroccidental, cercanos al río Ocoa, se mantiene una dinámica fluvial activa con procesos localizados de socavación lateral y de fondo. Esta actividad se manifiesta principalmente sobre las unidades de terraza aluvial baja (Ftab) y sectores urbanizados próximos al cauce, donde el río puede modificar su trayectoria mediante erosión marginal. Aunque estos procesos no penetran significativamente dentro del área delimitada, sí representan un condicionante hidrodinámico para los drenajes tributarios que atraviesan el polígono y desembocan en el Ocoa.

La interacción entre estos drenajes y la topografía interna —especialmente en zonas donde convergen cursos menores recientemente canalizados o rectificados por la urbanización— contribuye a la redistribución de sedimentos finos y al desarrollo de micro-relieves asociados a barras, pequeños canales efímeros y zonas encharcables.

Los procesos denudacionales activos en el área de estudio tienen magnitudes bajas a muy bajas, lo que corresponde con la naturaleza plana y cuaternaria del terreno. Se observa un efecto erosivo limitado, generalmente asociado a los bordes de antiguas terrazas moderadamente elevadas o a taludes antrópicos producto de urbanizaciones recientes. Sin embargo, estos procesos no conforman escarpes de importancia como los registrados históricamente en la terraza baja del río Guatiquía, debido a que la mayor parte de estas formas han sido alteradas, niveladas o cubiertas mediante rellenos constructivos.

En este sentido, la inestabilidad por remoción en masa es prácticamente nula al interior del polígono; los deslizamientos mencionados regionalmente en el piedemonte tectonizado no aplican directamente a la zona de estudio, dado que esta se ubica completamente sobre depósitos aluviales recientes y antiguos sin pendientes significativas.

La gran extensión de superficies clasificadas como áreas de sedimentación aluvial reciente evidencia la tendencia natural de la zona a comportarse como un espacio de retención hídrica en épocas de lluvia. La presencia de depresiones palustres contribuye a esta función ecológica, almacenando temporalmente agua y regulando los caudales que finalmente

drenan hacia el río Ocoa. Estas unidades funcionan como amortiguadores hidrológicos, aunque su capacidad ha sido reducida parcialmente por rellenos y expansión urbana.

Los drenajes secundarios —canales, caños menores y zanjas de escorrentía— sostienen una dinámica hidráulica que, aunque de bajo caudal, resulta suficiente para remobilizar sedimentos durante eventos de alta precipitación, contribuyendo al patrón de redistribución observado en el nuevo mapa temático.

El comportamiento morfodinámico actual de Kirpas Pinilla La Cuerera es el resultado de la interacción entre:

- La configuración geomorfológica (llanura aluvial, terrazas bajas y depresiones),
- El sistema fluvial tributario del río Ocoa,
- La baja pendiente general del terreno,
- Las condiciones climáticas cálido-húmedas, que favorecen una alta pluviosidad anual,
- El proceso de urbanización, que ha modificado cursos naturales, colmatado depresiones y alterado patrones de escorrentía.

Los procesos agradacionales dominan ampliamente el área de estudio, dando lugar a superficies planas, colmatadas y con evidencia de acumulación reciente. La erosión fluvial y la socavación se concentran principalmente en el borde sur, condicionadas por la influencia del río Ocoa, pero su impacto directo dentro del polígono es limitado. De esta manera, el nuevo levantamiento cartográfico confirma un escenario morfodinámico estable,

con predominio de acumulación y susceptibilidad moderada a inundaciones locales, coherente con la naturaleza aluvial cuaternaria de la zona.

2.4.3 Pendientes Topográficas

La caracterización de las pendientes topográficas del Distrito de Conservación de Suelos Kirpas Pinilla La Cuerera se realizó a partir del modelo digital de elevación empleado en el estudio, sobre el cual se calculó el porcentaje de pendiente por celda y posteriormente se reclasificó en rangos, siguiendo criterios geomorfológicos usuales para ambientes de llanura aluvial y piedemonte. El resultado se muestra en el mapa de pendientes, en el que se representan las clases: a nivel (0–1 %), ligeramente plana (1–3 %), ligeramente inclinada (3–7 %), moderadamente inclinada (7–12 %) y, de manera muy puntual, rangos superiores asociados a taludes antrópicos o microrelieves locales.

El mapa evidencia que el relieve del área de estudio es predominantemente plano a suavemente ondulado. Las clases a nivel y ligeramente plana ocupan la mayor parte del polígono, correspondiendo a las superficies de llanura de inundación y terrazas aluviales bajas, donde se desarrollan los depósitos cuaternarios de origen fluvial y palustre descritos en los apartados de geología y geomorfología. Estas pendientes muy bajas favorecen la acumulación de sedimentos finos, la presencia de suelos mal drenados y la formación de humedales y depresiones encharcables, coherentes con la amplia zona de sedimentación aluvial identificada en el análisis morfodinámico. En términos de superficie, estas clases

representan más de la mitad del área total, tal como se recoge en la tabla temática asociada (área en hectáreas y porcentaje por clase).

En una proporción menor pero significativa aparecen sectores ligeramente inclinados (3–7 %) y moderadamente inclinados (7–12 %), que se distribuyen principalmente hacia el borde norte del polígono y en los contactos entre terrazas y llanura de inundación, así como en taludes generados por vías, urbanizaciones y adecuaciones antrópicas. Estas pendientes marcan suaves rupturas de pendiente que controlan el escurrimiento superficial hacia el sur y suroccidente, en dirección al río Ocoa y a los drenajes secundarios que lo alimentan. Aunque no representan condiciones de inestabilidad por remoción en masa, sí pueden concentrar escorrentías y favorecer procesos de erosión laminar y formación de pequeños surcos en ausencia de cobertura vegetal.

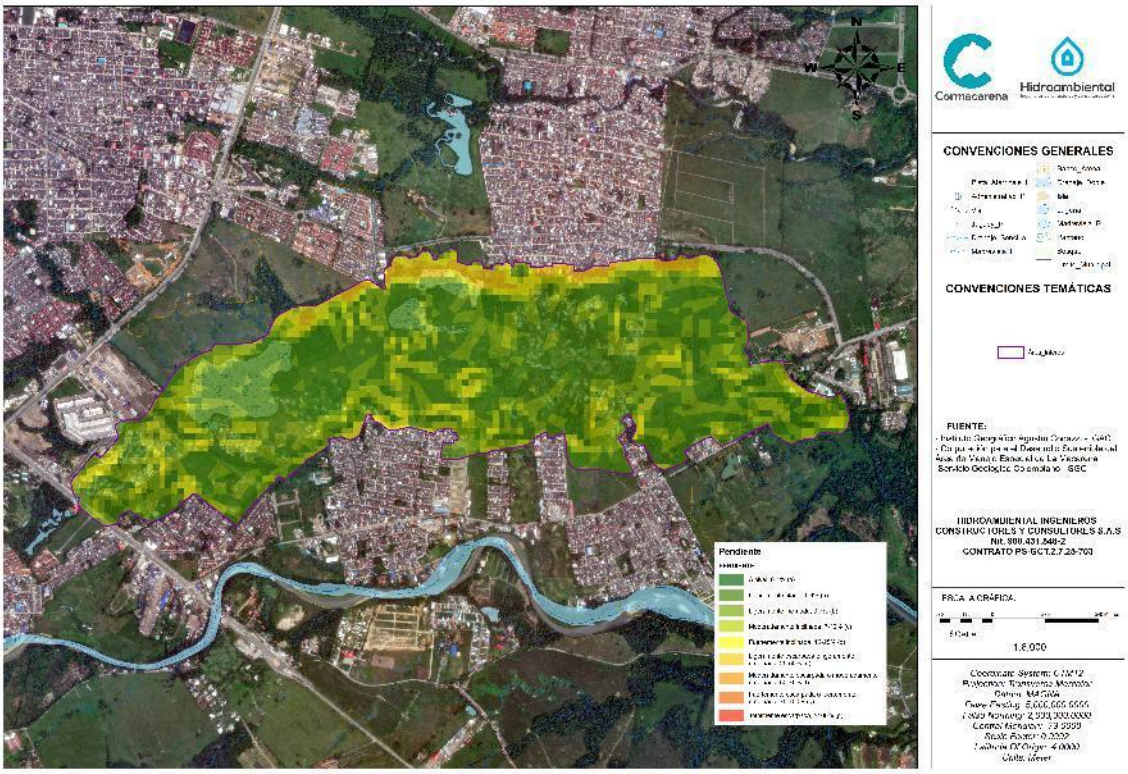
Las clases de pendiente más altas (superiores al 12 %) son prácticamente inexistentes en el contexto natural y se restringen a taludes locales de corte y relleno, asociados a infraestructuras viales, plataformas urbanas o bordes de excavación. Su expresión areal es muy reducida dentro del área total, pero tienen importancia puntual desde el punto de vista de estabilidad geotécnica y manejo de aguas lluvias, por lo que deben considerarse en el diseño de obras de contención y drenaje.

En síntesis, la distribución de pendientes confirma que el DCS Kirpas Pinilla La Cuerera se desarrolla sobre un paisaje típicamente aluvial de baja energía, dominado por superficies planas a suavemente inclinadas que favorecen la acumulación de sedimentos, la presencia

de humedales y la susceptibilidad a inundaciones locales. Los valores en hectáreas y porcentajes para cada rango de pendiente, obtenidos a partir del procesamiento SIG, se incorporan en la tabla temática asociada y permiten complementar de forma cuantitativa la interpretación aquí presentada.

Figura 25.

Mapa de procesos morfodinamicos.



2.5 Hidrogeología

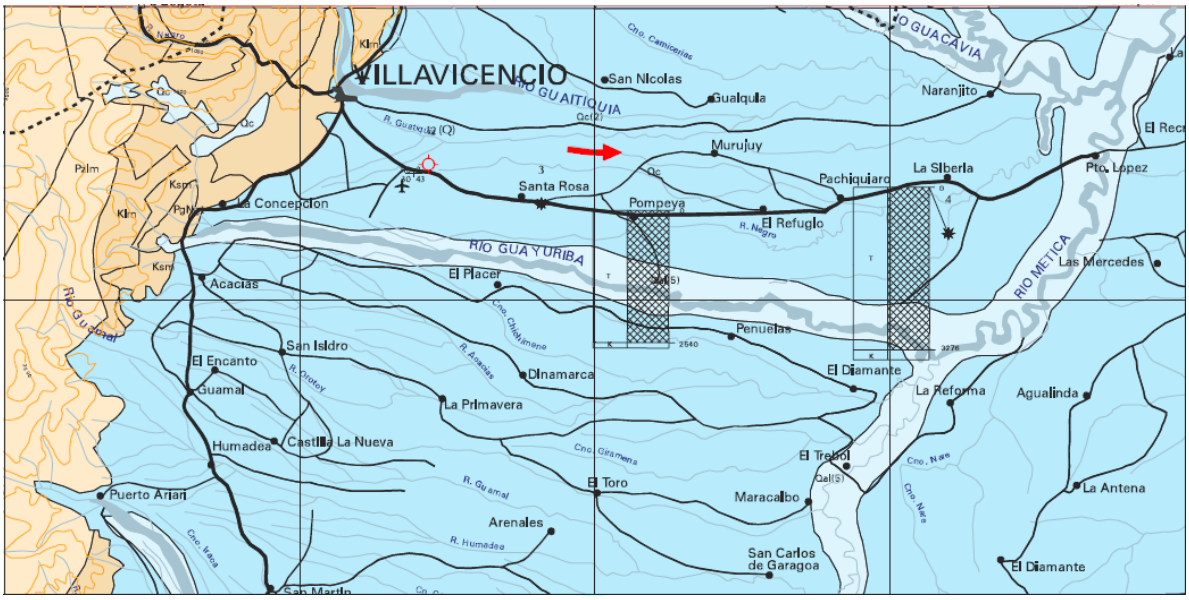
2.5.1 Hidrogeología Regional

La hidrogeología regional del área de estudio se encuentra condicionada por el marco sedimentario de la Cuenca de los Llanos Orientales y por la configuración geomorfológica del piedemonte llanero, donde predominan depósitos cuaternarios de origen fluvial y aluvial que favorecen la presencia de acuíferos con flujo esencialmente intergranular. Para esta caracterización se utilizó como insumo principal el Atlas de Aguas Subterráneas de Colombia – INGEOMINAS (2000), específicamente la plancha hidrogeológica 5-14, la cual presenta la distribución regional de los sistemas acuíferos, su productividad y la relación estratigráfica entre las unidades permeables y semiconfinadas. Esta información se complementó con la cartografía hidrogeológica elaborada para Villavicencio por la UPTC (2008) y la información suministrada por el Servicio Geológico Colombiano, de manera que la síntesis obtenida refleja con fidelidad el comportamiento regional del flujo subterráneo y su relación con los materiales superficiales identificados en campo.

Hidroambiental
Ingenieros constructores y consultores S.A.S

Figura 26.

Unidades Hidrogeológicas para el DCS Kirpas Pinilla La Cuerera, de acuerdo con el Atlas de Aguas Subterraneas de Colombia. Plancha 5-14.



SISTEMA ACUÍFERO		CARACTERÍSTICAS DE LOS ACUÍFEROS
		A. SEDIMENTOS CON FLUJO ESENCIALMENTE INTERGRANULAR
	Acuíferos de alta productividad, capacidad específica entre 2.0 y 5.0 l/s/m	Sistemas acuíferos continuos de extensión regional, depositados en ambiente cuasi fluvial y fluvial, conformado por sedimentos y rocas terciarias poco consolidadas que desarrollan acuíferos de tipo libre a semiconfinado almacenando aguas recomendables para cualquier uso
	Acuíferos de mediana productividad, capacidad específica entre 1.0 y 2.0 l/s/m	Sistemas acuíferos continuos de extensión local y regional, conformados por rocas sedimentarias terciarias poco consolidadas de ambiente fluvial Acuíferos generalment confinados con aguas recomendables para cualquier uso
	Acuíferos de baja productividad, capacidad especifica entre 0.05 y 1.0 l/s/m	Sistemas acuíferos continuos y discontinuos de extensión local y regional conformados por sedimentos cuaternarios no consolidados de ambiente coluvial y fluvial que desarrollan acuíferos libres y localmente confinados. Almacenan agua recomendable para cualquier uso

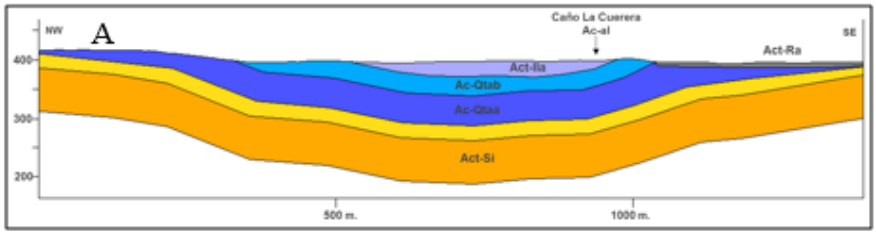
Nota 1. Fuente: Ingeominas, 2000.

El mapa hidrogeológico regional evidencia que el piedemonte donde se ubica el DCS Kirpas Pinilla La Cuerera está dominado por acuíferos sedimentarios cuaternarios asociados a sistemas fluviales activos y relictos, conformados por areniscas no consolidadas, gravas, arenas y limos arenosos de variada granulometría. Estos materiales permiten el desarrollo de acuíferos continuos y semicontinuos cuya capacidad de almacenamiento y transmisividad depende del grado de selección del grano y de la posición geomorfológica que ocupan dentro de la llanura. En la zona se identifican acuíferos de alta, mediana y baja productividad, definidos según la capacidad específica descrita en el Atlas. Los acuíferos de alta productividad, con capacidades específicas entre 2.0 y 5.0 l/s/m, se desarrollan en ambientes de gravas y arenas gruesas vinculadas a terrazas altas y antiguos sistemas de abanico aluvial, donde la porosidad primaria es alta y la continuidad lateral del depósito favorece la infiltración y el movimiento regional del agua subterránea. Los acuíferos de mediana productividad, con capacidades entre 1.0 y 2.0 l/s/m, se asocian a terrazas bajas y planicies aluviales compuestas por arenas finas a medias y limos arenosos, donde la transmisividad se reduce parcialmente pero el flujo intergranular continúa siendo significativo. Finalmente, hacia los sectores más distales y deprimidos predominan acuíferos de baja productividad (0.05–1.0 l/s/m), caracterizados por limos arcillosos y arcillas arenosas que limitan la conductividad hidráulica y originan unidades de almacenamiento reducido o comportamiento semiconfinado.

Los estudios regionales coinciden en señalar que la estratigrafía cuaternaria bajo Villavicencio y su periferia presenta una disposición en multicapa, donde niveles permeables se intercalan con horizontes de menor conductividad que regulan el flujo vertical. Esta configuración se representa adecuadamente en el perfil hidrogeológico esquemático utilizado en el presente estudio, elaborado con base en INGEOMINAS (2000) y UPTC (2008). En la parte superficial se reconoce un acuífero aluvial reciente compuesto por gravas, arenas y limos arenosos que constituye la principal zona de recarga directa, especialmente en las áreas vinculadas a los drenajes del río Guatiquía y el río Ocoa. Este nivel se ve parcialmente restringido por depósitos heterométricos de borde, conformados por gravas matriz-soportadas, arcillas y limos que funcionan como un acuífero local o semiconfinado, regulando el tránsito de agua hacia unidades más profundas. A continuación se desarrolla un acuífero de terraza baja compuesto por arenas medias y finas con intercalaciones limo-arenosas, el cual presenta porosidad primaria moderada y constituye uno de los sistemas acuíferos más representativos en el sector donde se ubica el DCS, debido a su continuidad lateral y su relación directa con los depósitos que conforman buena parte de la superficie del área de estudio.

Figura 27.

Perfil Hidrogeológico esquemático, presentando la configuración de los acuíferos que conforman el DCS. B. Leyenda que describe las unidades Hidrogeológicas del DCS, cuya nomenclatura tiene en cuenta los estándares del Atlas de Aguas Subterraneas



B

UH1	**Ac-Al**
	Acuífero Aluvial reciente
	Compuesta de sedimentos sueltos, recientes que son transportados y depositados a lo largo de las diferentes corrientes hídricas
UH2	**Act-Lla**
	Acultardo - Llanura aluvial
	Unidad conformada por sedimentos de gravas, arenas y arcillas de areniscas, limolitas y lodolitas de tamaño variable.
UH3	**Act-Ran**
	Acultardo Relleno antrópico
	Zonas de relleno antrópico que han sido usadas para construcciones civiles
UH4	**Ac-Tab**
	Acuífero de Terraza aluvial Baja
	Unidad de Terraza baja compuesta por gravas, cantos y bloques de areniscas, filitas, esquistos, cuarcitas en una matriz compacta arenosa.
	Ac-Taa
	Acuífero de Terraza aluvial Alta
	Unidad de Terraza alta compuesta por gravas, cantos y bloques de areniscas, filitas, esquistos, cuarcitas en una matriz compacta arenosa.
UH5	**Act-sl**
	Acultardo de Sedimentos Indiferenciados
	Unidad constituida por sucesiones de arcillolitas grises rojizas y beige moteadas, superficialmente, limos arenosos grises y niveles principalmente lenticulares de areniscas de grano medio a fino, puede presentar acuíferos confinados.

Hidroambiental
Ingenieros constructores y consultores S.A.S

Nota 1. Fuente: Ingeominas, 2000.

En niveles más profundos emerge el acuífero de terraza alta, formado por gravas gruesas y arenas limpias que ofrecen una excelente transmisividad y mayor espesor efectivo, actuando como el acuífero regional de mayor importancia en el piedemonte llanero.

Finalmente, la sucesión estratigráfica se apoya sobre una unidad arcillosa interestratificada de baja permeabilidad que funciona como acuicludo, controlando el ascenso o descenso del flujo y permitiendo la existencia de condiciones semiconfinadas en los niveles superiores. Este conjunto estratificado confirma que la zona se encuentra influenciada por un sistema de acuíferos multicapa, coherente con la geología cuaternaria previamente caracterizada y

con la dinámica geomorfológica del piedemonte, donde los procesos deposicionales alternan materiales gruesos y finos, regulando el movimiento del agua subterránea en la región.

2.5.2 Unidades Hidrogeológicas Locales

El análisis hidrogeológico del área de estudio se realizó con base en la información técnica suministrada por el SGC y los insumos cartográficos institucionales, complementado con la interpretación hidrogeológica a escala 1:5.000 elaborada para el presente estudio. En la Figura X se presenta el mapa actualizado de unidades hidrogeológicas, el cual permite identificar la distribución espacial de los cuerpos sedimentarios cuaternarios que controlan la ocurrencia, almacenamiento y movimiento del agua subterránea en la zona evaluada. Estas unidades corresponden principalmente a depósitos aluviales y coluvio–aluviales propios de la llanura de inundación del río Ocoa y sus afluentes menores, los cuales dominan el paisaje geomorfológico y determinan el comportamiento hidrogeológico local.

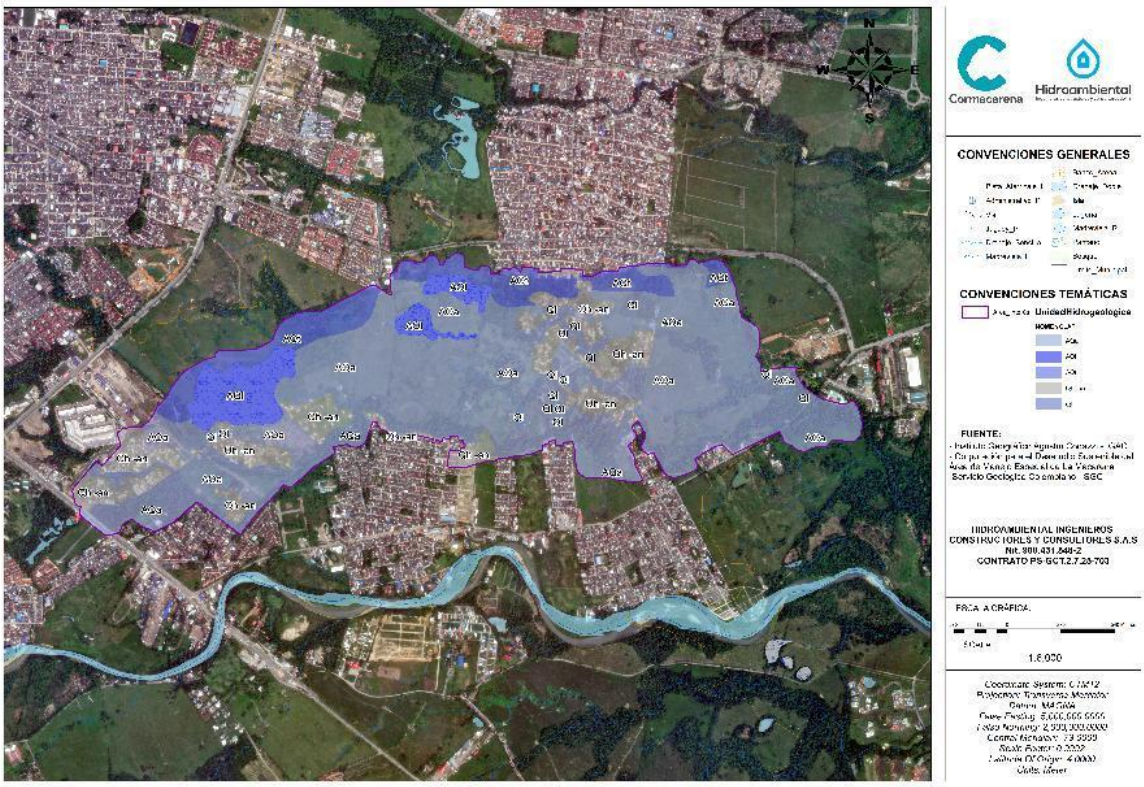
En términos generales, la mayor parte del área de estudio está dominada por depósitos aluviales recientes, caracterizados por niveles variables de grava, arena, limos y materiales finos con intercalaciones limo–arcillosas que originan sistemas acuíferos libres a semiconfinados. De forma complementaria, se identifican depósitos de terraza que representan niveles aluviales más antiguos, con menor permeabilidad relativa pero aún funcionales como unidades almacenadoras de agua subterránea. También se reconocen zonas aisladas de depósitos lacustres con mayor contenido de finos y, finalmente, sectores

cubiertos por rellenos antrópicos cuya naturaleza hidrogeológica no puede ser clasificada debido a su origen y heterogeneidad interna.

La zonificación hidrogeológica obtenida permite comprender la variabilidad lateral y vertical de las unidades presentes, constituyendo un insumo clave tanto para la evaluación ambiental como para la gestión sostenible del recurso hídrico subterráneo en el entorno urbano de Villavicencio.

Figura 28.

Mapa de unidades hidrogeológicas.



A continuación, se describen detalladamente las unidades hidrogeológicas identificadas, integrando su composición, función hídrica, comportamiento hidrogeológico y el área que ocupan dentro del polígono de estudio.

2.5.2.1 Depósitos de Terraza (AQt)

Los depósitos de terraza conforman superficies aluviales antiguas ligeramente elevadas sobre la llanura de inundación actual y están constituidos por gravas y arenas con intercalaciones subordinadas de limos y arcillas, generalmente bien estratificadas. En el área de estudio, esta unidad ocupa alrededor de 30,6 ha, lo que corresponde a cerca del 11 % del polígono evaluado, distribuyéndose principalmente hacia el sector occidental y en pequeños parches aislados hacia el centro-norte. Hidrogeológicamente, los AQt se comportan como acuíferos de baja a media productividad, en función de la proporción de gravas y del grado de compactación del sedimento; su posición topográfica relativamente más alta reduce la influencia directa de las inundaciones del río Ocoa, pero favorece la recarga por infiltración directa y el flujo subterráneo lateral hacia las zonas más bajas de la llanura.

2.5.2.2 Depósitos Lacustres (AQl)

Los depósitos lacustres corresponden a acumulaciones de sedimentos finos generados en ambientes de baja energía, dominados por arcillas, limos plásticos y, localmente, materia orgánica y turbas. Esta unidad abarca aproximadamente 21,7 ha, equivalentes a cerca del 8

% del área de estudio, localizada principalmente en el sector norte del polígono, asociada a antiguas depresiones y zonas encharcables. Debido a su alto contenido de fracción fina, los AQl presentan una permeabilidad reducida y funcionan predominantemente como acuítardos o estratos semiconfinantes que limitan el flujo vertical del agua subterránea, generando niveles locales de confinamiento sobre los cuales pueden apoyarse acuíferos libres desarrollados en los depósitos aluviales adyacentes.

2.5.2.3 Depósitos Aluviales Recientes (AQa)

Los depósitos aluviales recientes constituyen la unidad hidrogeológica más extensa y relevante del área de estudio, ya que cubren del orden de 197,2 ha, aproximadamente el 71,5 % del total del polígono. Están formados por una mezcla heterogénea de gravas, arenas medias a finas, limos y arcillas, con intercalaciones que reflejan sucesivos eventos de crecida y retracción del río Ocoa y de los drenajes secundarios. Esta litología confiere a los AQa un comportamiento de acuíferos libres a semiconfinados, con niveles freáticos someros y conductividades hidráulicas variables según la granulometría dominante. Su distribución continua a lo largo del eje central del área y su estrecha relación con la red hidrográfica hacen que esta unidad sea el principal reservorio de agua subterránea somera, participando activamente en los procesos de recarga y descarga, especialmente durante periodos de lluvia intensa y pulsos de inundación.

2.5.2.4 Depósitos Antrópicos Superficiales (Qh–an)

Los depósitos antrópicos superficiales corresponden a materiales de relleno de origen humano, conformados por mezclas muy heterogéneas de suelos removidos, escombros, gravas, arcillas y materiales de construcción. En el área de estudio ocupan cerca de 44,3 ha, lo que representa alrededor del 16 % de la superficie total, distribuyéndose principalmente en la franja sur y en sectores urbanizados donde se han realizado explanaciones y procesos de relleno para habilitar áreas de uso urbano e infraestructura. Aunque estos depósitos pueden comportarse localmente como medios porosos o semiconfinantes, su naturaleza heterogénea y el carácter artificial de su origen impiden asignarles de manera confiable un funcionamiento acuífero; por ello se reconocen únicamente como cobertura superficial sin carácter acuífero definido, destacando, eso sí, su capacidad para modificar los patrones naturales de infiltración y favorecer, en algunos sectores, condiciones de drenaje deficiente o acumulación de humedad en el subsuelo inmediato.

2.5.3 Zonas de carga y descarga

La dinámica hidrogeológica del sector Kirpas Pinilla – La Cuerera está controlada por la interacción entre los depósitos cuaternarios (aluviales recientes, terrazas, coluviales y lacustres), la topografía suavemente inclinada hacia el sur y sureste, la presencia de depresiones palustres y la influencia directa del sistema fluvial del río Ocoa y sus drenajes asociados. Estos factores condicionan la configuración funcional del acuífero somero, permitiendo identificar áreas con mayor capacidad de recarga, zonas intermedias de tránsito

subterráneo y sectores de descarga natural hacia cuerpos de agua superficiales y sectores deprimidos del terreno.

Desde la perspectiva hidrogeológica, la mayor parte del área de estudio está sustentada por sedimentos aluviales recientes (AQa), los cuales presentan una permeabilidad variable pero suficiente para permitir procesos de infiltración y circulación del flujo subterráneo. Sobre ellos se apoyan, de manera lateral y topográfica, las terrazas aluviales (AQt), que actúan como plataformas ligeramente elevadas donde predomina la infiltración directa, constituyendo áreas significativas de alimentación del acuífero. En contraste, los depósitos lacustres (AQl) y las depresiones palustres corresponden a materiales arcillosos de muy baja permeabilidad, donde el flujo vertical se encuentra restringido y se favorecen condiciones de saturación superficial y subterránea somera, funcionando como zonas preferenciales de acumulación y descarga difusa.

En términos espaciales, las zonas de recarga se concentran principalmente en los sectores occidentales y noroccidentales, donde se ubican las terrazas aluviales (AQt) y parte de los depósitos aluviales mejor drenados. En estas áreas la topografía presenta pendientes muy suaves, con superficies permeables que permiten la infiltración directa tanto de la precipitación como de la escorrentía generada en microcuencas adyacentes. La ausencia de materiales finos de baja permeabilidad y la relativa elevación sobre la llanura de inundación incrementan la capacidad de almacenamiento y favorecen un flujo subterráneo dirigido hacia las zonas bajas del valle del Ocoa. Adicionalmente, en algunos sectores del centro-

norte del área se generan procesos de recarga local por infiltración vertical en parches aluviales no confinados, especialmente durante los periodos de alta precipitación.

Por su parte, las zonas de descarga se distribuyen principalmente en la franja sur del polígono, en estrecha relación con el cauce del río Ocoa y los drenajes secundarios que cruzan el sector. La configuración geomorfológica hacia esta zona muestra una topografía más deprimida y con mayor control hídrico, donde el nivel freático se aproxima a la superficie, generando exfiltración difusa y contribución baseflow hacia el sistema fluvial. Las depresiones palustres (AQl) presentes en el sector norte también actúan como zonas de descarga interna, pues concentran el flujo proveniente de las terrazas y del aluvial adyacente, reteniendo humedad y derivando parte del flujo subterráneo hacia los canales naturales más cercanos. Este comportamiento es característico de acuíferos libres someros asociados a planicies de inundación, donde la carga hidráulica decrece hacia los niveles más bajos del terreno.

En el eje central del área de estudio, donde domina la unidad AQa, se presentan condiciones intermedias de tránsito hidráulico, con un flujo subterráneo regional preferente hacia el sureste, siguiendo el gradiente impuesto por el río Ocoa. Este patrón coincide con los análisis previos de Cormacarena (2009), que reconocen que los acuíferos cuaternarios libres descargan hacia los cauces principales y alimentan, en época seca, segmentos someros del río y de sus caños tributarios. De igual forma, en los rellenos antrópicos superficiales (Qh–an), si bien no puede definirse un comportamiento acuífero claro, su

distribución en la franja sur puede alterar localmente los patrones naturales de drenaje subterráneo, generando pequeñas acumulaciones o retardos en la descarga hacia el sistema fluvial.

En síntesis, el sistema hidrogeológico del sector Kirpas Pinilla – La Cuerera presenta una estructura funcional claramente diferenciada: recarga en terrazas y sectores elevados, tránsito en el rellano aluvial central, y descarga en la llanura de inundación y hacia el río Ocoa, con zonas internas de descarga difusa en ambientes palustres. Esta configuración es coherente con la naturaleza del acuífero cuaternario libre–semiconfinado de la región, y permite establecer una base sólida para la evaluación de vulnerabilidad, manejo ambiental y planificación del uso del suelo en el área de estudio.

2.5.4 Zonificación del potencial de recarga potencial

La mayoría de los métodos aplicados para este tipo de zonificación se basan en la evaluación del potencial del terreno para permitir la infiltración del agua lluvia (Bueso Campos, 2010[1]; Charles, 1993[2]; Silva, 2007[3]). Este análisis se basa en la evaluación de factores físicos del terreno, como la topografía, el tipo y textura del suelo, la litología, la

[1] BUESO CAMPOS, M. Identificación y caracterización de las zonas con mayor potencial de recarga hídrica en las subcuencas de los ríos Tacó y Shusho, municipio de Chiquimula, Guatemala. Proyecto FODECYT No. 046-2009. 2010.

[2] CHARLES, E. B. A Method for Evaluating Ground-Water-Recharge Areas in New Jersey. New Jersey Geological Survey. 1993.

[3] SILVA, M. Elaboración participativa de una metodología para la identificación de zonas potenciales de recarga en cuencas hidrográficas, aplicada a la subcuenca del rio Jucuapa, Matagalpa, Nicaragua. Tesis de Maestría. 2007.

cobertura vegetal y el uso del suelo, los cuales determinan en conjunto la aptitud del área para funcionar como zona de recarga.

En el presente estudio se adoptó la metodología propuesta por Silva (2007), ampliamente utilizada en estudios de planificación hídrica, por su capacidad para integrar múltiples variables mediante sistemas de información geográfica (SIG). Esta metodología asigna valores discretos (de 1 a 5) a cada variable, donde 1 representa un aporte muy bajo al potencial de recarga y 5 un aporte muy alto. Posteriormente, estos valores se ponderan y suman mediante una fórmula ponderada que refleja la importancia relativa de cada factor en la cuenca evaluada:

$$ZR = (0{,}20 * \text{Pendiente}) + (0{,}20 * \text{Tipo suelo}) + (0{,}20 * \text{Tipo de roca}) + (0{,}2* \text{Cobertura vegetal}) + (0{,}2* \text{Uso del suelo})$$

Donde ZR representa el índice de recarga resultante, el cual es clasificado en cinco categorías de potencial según la escala definida en la Tabla :

Tabla 9.

Valoración del potencial de recarga

RECARGA POTENCIAL DEL ACUÍFERO	**RANGO**

RECARGA POTENCIAL DEL ACUÍFERO	RANGO
Muy Alta	**4,1 - 5**
Alta	**3,5 – 4,09**
Moderada	**2,8 – 3,49**
Baja	**2,2 – 2,79**
Muy Baja	**1 – 2,2**

Nota 1. Fuente: adaptado de guía para la identificación participativa de zonas con potencial de recarga hídrica, 2009

Una vez discretizadas y ponderadas las variables, se realizó la superposición de las capas mediante SIG a escala 1:5.000, generando la cartografía temática del potencial de recarga en el área de influencia. Esta información se elaboró con base en los mapas derivados del presente estudio, como los de pendiente, tipo de suelo, geología superficial, uso actual y coberturas de la tierra, todos ellos previamente caracterizados y validados.

La metodología empleada permite obtener una zonificación detallada, útil para priorizar zonas estratégicas de conservación, protección o manejo orientado a la sostenibilidad hídrica. Asimismo, se garantiza la trazabilidad del análisis, al sustentarse en variables primarias integradas coherentemente con una fórmula de cálculo reconocida en la literatura técnica y validada por guías como la del Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM, 2009).

El mapa integrado de potencial de recarga (Figura) y la Tabla 10 permiten identificar que, en conjunto, el área de estudio —con una extensión cercana a 293.76 ha— presenta un comportamiento claramente favorable para la recarga del acuífero, con predominio de categorías Moderada y Muy alta. La categoría de recarga moderada ocupa aproximadamente 126,93 ha, lo que representa el 43,21 % del total; se distribuye de forma casi continua en el centro del polígono y sobre buena parte de las llanuras ligeramente onduladas. En estas zonas coinciden pendientes suaves a moderadas, suelos de textura franco–limosa y franco–arcillosa con capacidad media de infiltración, depósitos geológicos cuaternarios de terrazas y llanuras aluviales (Qlla, Qpl, Qtab) con permeabilidad intergranular media, y usos del suelo ligados a pastos, cobertura herbácea y áreas semiconstruidas con presencia aún de superficies permeables. Estas condiciones combinadas permiten una infiltración significativa, aunque limitada localmente por texturas algo más finas o por intervenciones antrópicas dispersas.

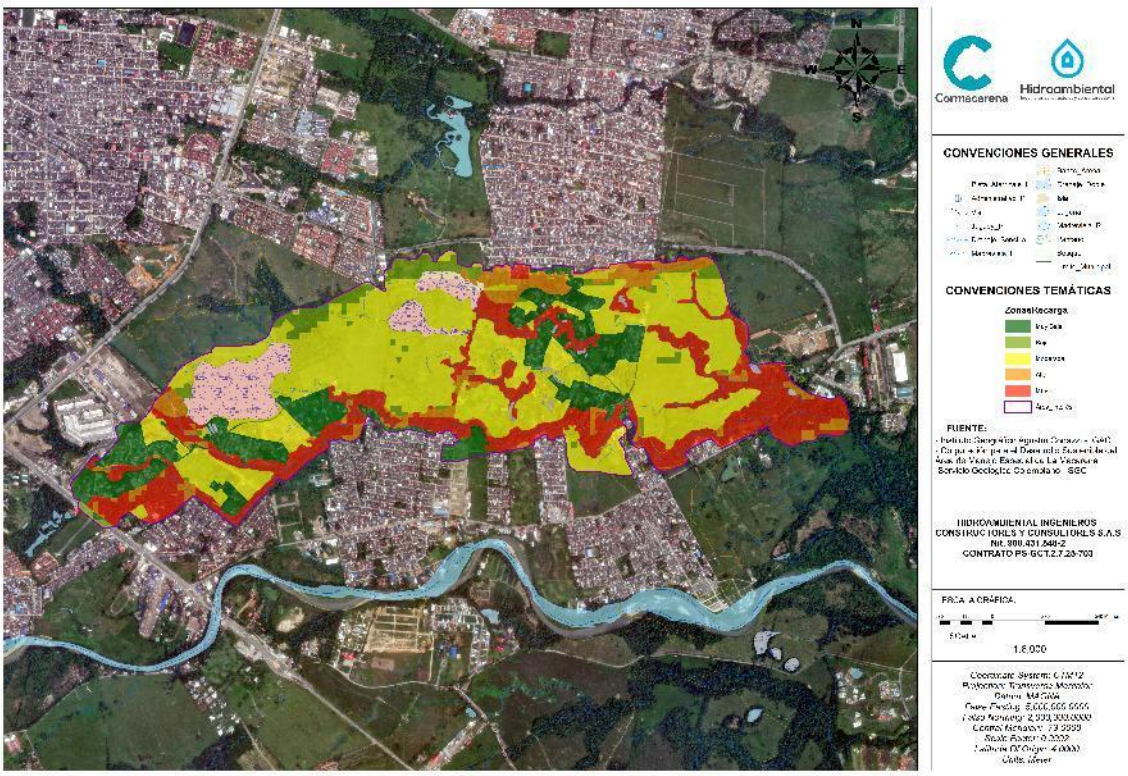
Tabla 10.

Potencial de recarga hídrica potencial

Recarga Potencial Del Acuífero	Área (Ha)	Área (%)
Muy Alta	88.519	30.13%
Alta	21.203	7.22%
Moderada	126.927	43.21%
Baja	12.641	4.30%
Muy Baja	44.464	15.14%

Figura 29.

Mapa de zonas de recarga potencial. Fuente: Equipo consultor



Ingenieros constructores y consultores S.A.S

Las áreas de recarga muy alta suman alrededor de 88,52 ha (30,13 %) y se localizan preferentemente hacia los sectores central y noroccidental del polígono y en algunas franjas adyacentes a los drenajes secundarios. Corresponden a superficies con pendientes casi planas o solo ligeramente inclinadas, desarrolladas sobre depósitos aluviales recientes y de llanura (Qal y Qlla) y suelos de textura franco–arenosa a franco–limosa, con alta capacidad de infiltración. En estas zonas el uso del suelo está dominado por praderas, pastizales y coberturas vegetales relativamente continuas, con baja proporción de sellamiento superficial, lo que favorece la percolación vertical y el aporte directo a la zona no saturada.

La combinación de alta permeabilidad del material geológico, suelos bien estructurados y cobertura vegetal poco densa en términos de impermeabilización explica la mayor ponderación obtenida en las variables de tipo de suelo, roca y uso del suelo.

La categoría de recarga alta abarca cerca de 21,20 ha (7,22 %) y se presenta como parches intercalados entre las zonas de recarga muy alta y moderada. Estas áreas mantienen condiciones litológicas y de pendiente favorables (terrazas bajas y llanuras con pendientes suaves), pero la calificación desciende generalmente por la presencia de suelos algo más finos —franco–limosos y franco–arcillosos— o por un incremento en el grado de ocupación antrópica (zonas residenciales de baja densidad, vías secundarias y superficies compactadas). Así, aunque la capacidad de infiltración sigue siendo elevada, el efecto combinado de texturas menos permeables y mayor sellamiento superficial reduce parcialmente el potencial de recarga frente a las zonas clasificadas como muy altas.

En contraste, las zonas con recarga baja y muy baja ocupan proporciones menores del área total, pero concentran las condiciones más restrictivas para la infiltración. La recarga baja representa aproximadamente 12,64 ha (4,30 %) y se relaciona con sectores donde confluyen suelos de textura más arcillosa o francos pesados, pendientes localmente mayores y una ocupación urbana o infraestructura que interrumpe la continuidad de las superficies permeables. Por su parte, la categoría de recarga muy baja suma alrededor de 44,46 ha (15,14 %) y se distribuye principalmente en los bordes sur del área —asociados a la franja urbana consolidada, vías y rellenos antrópicos— y en algunos segmentos donde dominan

suelos arcillosos compactados y depósitos antrópicos de baja porosidad efectiva. En estos sectores, la combinación de materiales finos poco permeables, escasa cobertura vegetal y fuerte sellamiento superficial genera valores bajos en las variables de tipo de suelo, tipo de roca y uso del suelo, reduciendo de manera significativa la infiltración efectiva.

En síntesis, el análisis integrado evidencia que cerca del 80 % del área de estudio se clasifica entre recarga moderada y muy alta, lo cual es consistente con la presencia de depósitos cuaternarios aluviales, suelos predominantemente francos y pendientes suaves características de la llanura de inundación y de las terrazas bajas del piedemonte. Las zonas de recarga baja y muy baja, que en conjunto representan cerca del 19 %, se vinculan principalmente con la urbanización, rellenos antrópicos y suelos finos compactados, y constituyen los sectores con mayor susceptibilidad a procesos de escorrentía superficial y menor aporte al sistema acuífero local. Esta distribución espacial del potencial de recarga es fundamental para priorizar estrategias de conservación y manejo del territorio, orientadas a proteger las áreas de mayor importancia hidrogeológica y a mitigar el sellamiento progresivo de las zonas actualmente más favorables para la recarga.

2.5.5 Vulnerabilidad intrínseca de los acuíferos a la contaminación

Foster (1991) establece el término vulnerabilidad de los acuíferos a la contaminación, para representar las características intrínsecas que determinan la susceptibilidad de un acuífero a ser adversamente afectado por una carga contaminante; ésta establece la facilidad con la cual ingresan las sustancias que pueden degradar la calidad del agua subterránea, mediante

infiltración a través del suelo y la zona no saturada; Zaporozec (2002) la define como una propiedad intrínseca del sistema de agua subterránea que depende de la sensibilidad del mismo a los impactos humanos y/o naturales.

Para estimar la vulnerabilidad existen diferentes métodos, de los cuales pueden mencionarse: 1) métodos de índice y superposición, los cuales evalúan la vulnerabilidad de manera cualitativa y relativa; 2) los modelos de simulación, que cuantifican el tiempo de viaje de la sustancia hasta la superficie del agua y requieren gran cantidad de información y 3) los modelos estadísticos, donde la vulnerabilidad se expresa como una probabilidad a la contaminación.

Dentro de los métodos paramétricos (de superposición e índices), se distinguen: a) los métodos de matriz, que utilizan parámetros muy seleccionados y solo tiene aplicabilidad local; b) los métodos de puntuación, en los que cada parámetro está dividido en clases a las que se les atribuye una puntuación, la metodología más destacada es GOD; c) también existen métodos de puntuación y ponderación, en los que además de asignar una puntuación para cada parámetro, este es multiplicado por un factor ponderador, entre ellos se destaca el método DRASTIC, y d) los métodos de relaciones antagónicas (MAVDT, 2010).

Para la determinación y mapeo de la vulnerabilidad intrínseca de los acuíferos a la contaminación en el área de influencia hidrogeológica del presente proyecto, y de acuerdo a la información disponible, se seleccionó el método GOD propuesto por Foster (1987), en CEPIS (1991), el cual corresponde a un método de índice y superposición, que ofrece

claridad conceptual y simplicidad de aplicación y que es el único que contempla tangencialmente el tipo de acuífero en lo referente a su comportamiento hidráulico y grado de consolidación.

Esta metodología sugiere que la vulnerabilidad de los acuíferos a la contaminación debe ser medida según: 1) El grado de inaccesibilidad de los contaminantes a través de la zona no saturada de un acuífero y 2) El grado de atenuación a la contaminación que posean los estratos de la zona no saturada (retención o reacción fisicoquímica). Así, la susceptibilidad de los acuíferos a la contaminación se considera como una función de las propiedades intrínsecas del suelo y del estrato litológico que comprenden la zona no saturada.

2.5.5.1 Metodología para la determinación de la vulnerabilidad intrínseca de los acuíferos a la contaminación por el método GOD.

El método “GOD” permite evaluar áreas con escasa información, con regular distribución de datos y con incertidumbre de estos y considera los siguientes parámetros de evaluación:

Groundwater – G: Se refiere a la condición de confinamiento del acuífero y establece las siguientes categorías: no confinado, no confinado-cubierto, semiconfinado, confinado y sin presencia de acuífero.

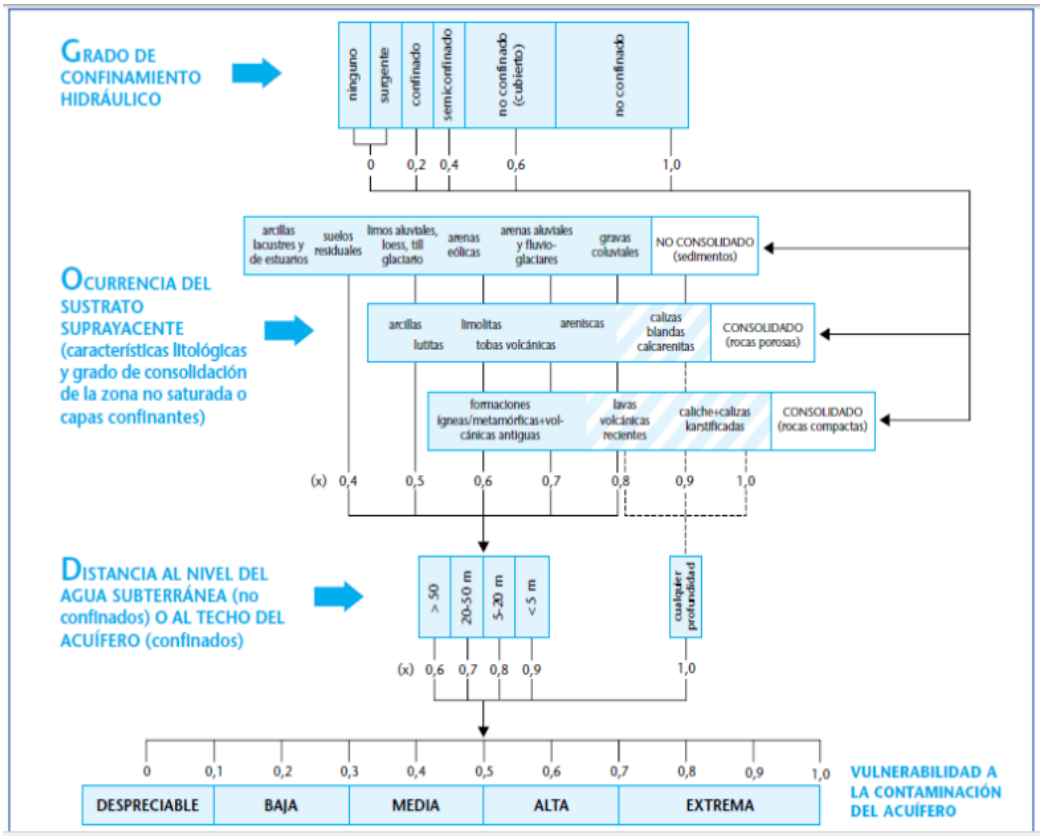
Overall - O: Este parámetro incluye una caracterización global de la zona que suprayace al acuífero, en cuanto a la naturaleza litológica, al grado de consolidación y el fracturamiento de la roca.

Depth - D: Profundidad del nivel freático en acuíferos libres o profundidad del estrato litológico confinante en acuíferos confinados.

Figura 30.

Sistema de indexación GOD para la vulnerabilidad de los acuíferos a la contaminación.

Fuente: Groundwaterpollution, aquiferrecharge and vulnerability,



Cada característica se sintetiza en coberturas cuya indexación final genera el mapa de vulnerabilidad intrínseca de los acuíferos a la contaminación. En esta metodología se han

establecido escalas numéricas para valorar cada parámetro de acuerdo con su capacidad de atenuación de contaminantes.

El grado de vulnerabilidad total se determina multiplicando los valores asignados a cada parámetro, obteniéndose valores de 0 a 1, donde el cero "0" indica una vulnerabilidad despreciable y el "1" una vulnerabilidad extrema a la contaminación. Los valores de los parámetros propuestos por este método se muestran en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**30.

Por tanto, se definen las siguientes categorías de vulnerabilidad de acuerdo con el método de indexación GOD, como se presentan en la **Tabla** 1111**.**

Tabla 11.

Calificación de la vulnerabilidad de los acuíferos a la contaminación, método GOD

Categoría De Vulnerabilidad	Índice	Definición
Acuíferos con Vulnerabilidad Extrema	Entre 0,7 y 1,0	Se consideran susceptibles a la mayoría de los contaminantes y con impacto relativamente rápido.
Acuíferos con Vulnerabilidad Alta	Entre 0,5 y 0,7	Son vulnerables a muchos contaminantes, excepto a los absorbibles y/o fácilmente transformables
Acuíferos con Vulnerabilidad Moderada	Entre 0,3 y 0,5	Son vulnerables a mediano plazo a la mayoría de los contaminantes.
Acuíferos con Vulnerabilidad Baja	Entre 0,1 y 0,3	Son vulnerables a largo plazo a contaminantes persistentes.
Acuíferos con Despreciable Vulnerabilidad	Entre 0 y 0,1	Las capas confinantes no permiten un flujo significativo hacia el acuífero.

Nota 1. Fuente: MAVDT, 2011

La metodología para la evaluación de la vulnerabilidad intrínseca se enfoca hacia los acuíferos más someros o la parte más superficial de los acuíferos de interés, ya que se considera que las características de la zona no saturada son las que finalmente determinan el grado de protección, porque son los más susceptibles a ser afectados adversamente por una carga contaminante y una vez contaminados, este fenómeno se puede inducir fácilmente hacia los horizontes profundos.

Los resultados de la evaluación de vulnerabilidad intrínseca mediante el método GOD se sintetizan en la **Tabla** 12 y en la **Figura**30. En términos espaciales, el área de estudio suma cerca de 293,8 ha, de las cuales alrededor de 227,8 ha (≈77,5 %) se clasifican con vulnerabilidad moderada a la contaminación y 66,0 ha (≈22,5 %) con vulnerabilidad baja. Esta distribución refleja que, aunque el sistema acuífero presenta condiciones de protección relativamente favorables, existe una proporción importante del territorio donde la combinación de litología poco consolidada, baja profundidad del nivel freático y grado de confinamiento permite un ingreso relativamente rápido de contaminantes, especialmente en los sectores de llanura aluvial y terrazas asociadas al sistema de drenaje que alimenta al río Ocoa.

En cuanto al parámetro G (Groundwater occurrence), para las unidades de depósitos de aluviales recientes (AQa) y de terrazas (AQt) se asignaron valores altos (0,7 y 0,7–0,6, respectivamente), al tratarse de acuíferos libres o localmente semiconfinados desarrollados en sedimentos granulares (gravas y arenas) con porosidad intergranular efectiva. Estas condiciones hidrodinámicas favorecen la circulación del agua subterránea y, por tanto, una mayor susceptibilidad a que los contaminantes que alcancen la zona no saturada ingresen con relativa facilidad al acuífero. En contraste, para los depósitos lacustres (AQl) y los rellenos antrópicos superficiales (Qh–an) se adoptaron valores de G ligeramente menores (0,6), reconociendo que, aunque pueden comportarse como medios permeables locales, presentan una estructura más heterogénea y, en el caso de los lacustres, presencia de fracciones finas que incrementan el grado de confinamiento.

Tabla 12.

Grado de vulnerabilidad a la contaminación de acuíferos

Nombre	G	O	D	God	Área (Ha)	Área (%)	Vulnerabilidad
Unidad hidrológica de depósitos de aluviales recientes (AQa)	0.7	0.7	0.8	0.39	197.21	67.13	Moderada
Unidad hidrológica de depósitos de terraza (AQt)	0.7	0.6	0.8	0.34	30.59	10.41	Moderada
Unidad hidrológica de depósitos	0.6	0.4	0.8	0.19	21.72	7.39	Baja

Nombre	G	O	D	God	Área (Ha)	Área (%)	Vulnerabilidad
lacustres (AQl)							
Rellenos antrópicos superficiales (Qh–an)	0.6	0.5	0.7	0.21	44.27	15.07	Baja

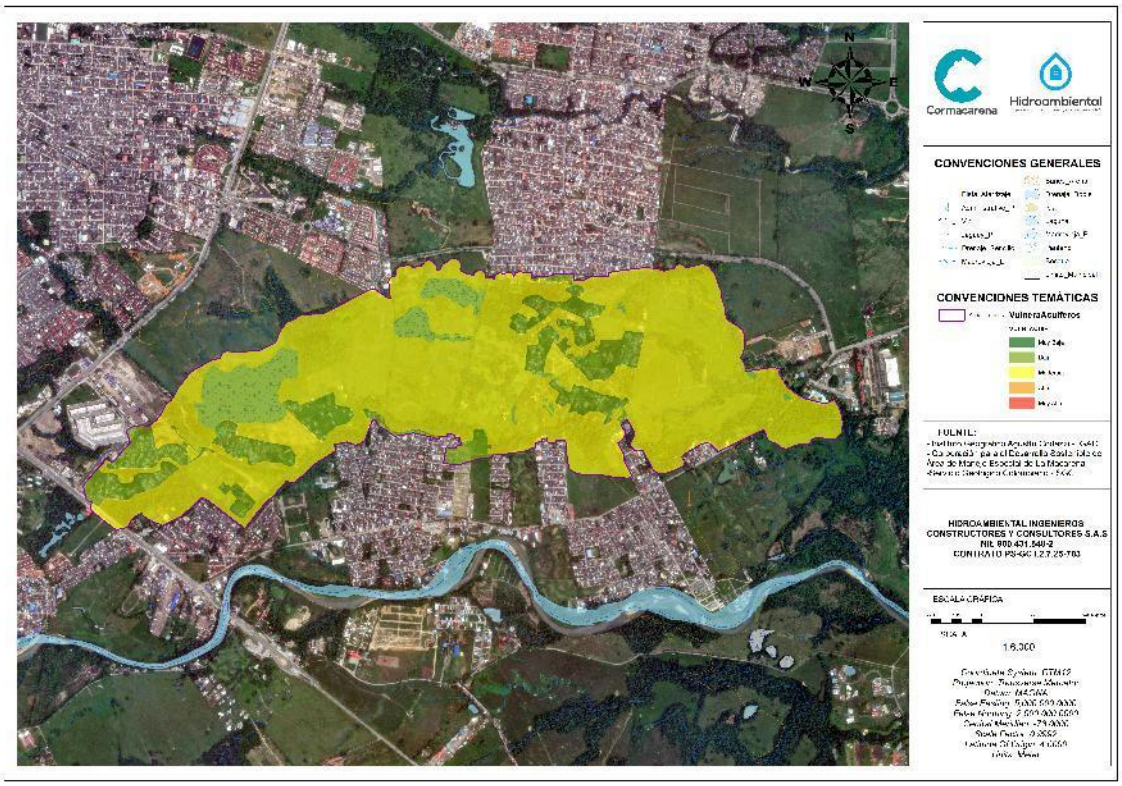
El parámetro O (Occurrence of overlying strata) recoge la naturaleza litológica y el grado de consolidación del material que conforma la zona no saturada y el techo del acuífero. En las unidades AQa y AQt se consideró un recubrimiento compuesto por gravas y arenas mal consolidadas, con escasa proporción de finos, lo que se traduce en valores de O entre 0,6 y 0,7, propios de materiales de alta permeabilidad vertical y baja capacidad de atenuación. Por el contrario, en la unidad AQl el predominio de limos y arcillas lacustres, con mayor grado de consolidación, justifica un valor de O = 0,4, que representa una cobertura con mayor capacidad de retención y sorción de contaminantes. Los rellenos antrópicos (Qh–an) se valoraron con O = 0,5, al tratarse de mezclas de suelos, escombros y materiales de diversa granulometría, cuyo comportamiento hidrogeológico es variable pero, en general, intermedio entre un medio muy permeable y uno claramente protector.

El parámetro D (Depth to groundwater) se definió a partir de la información hidrogeológica disponible para Kirpas, que indica profundidades del nivel freático entre 2 y 10 m en los depósitos

aluviales y de terraza, con presencia de mantos freáticos someros en sectores deprimidos. Por ello se asignaron valores de D entre 0,7 y 0,8 en AQa y AQt, reflejando una escasa columna no saturada y, por ende, un tiempo de tránsito reducido para los contaminantes. En las áreas con depósitos lacustres y rellenos antrópicos se consideró un espesor algo mayor de la zona no saturada y/o mayor incertidumbre en la posición del nivel freático, por lo que se adoptaron valores de D ≈ 0,8 pero acompañados de menores valores de G u O, equilibrando así el índice final.

Figura 31.

Grado de vulnerabilidad intrínseca de los acuíferos a la contaminación.



La combinación de estos tres parámetros mediante el producto GOD arroja índices de 0,39 para AQa y 0,34 para AQt, ambos dentro del rango de vulnerabilidad moderada (0,3–0,5). Esto significa que estas unidades son susceptibles a una amplia gama de contaminantes, especialmente aquellos asociados a actividades superficiales urbanas y periurbanas (aguas residuales, infiltración de sistemas de drenaje deficiente, pérdidas de redes de acueducto y alcantarillado, actividades agropecuarias locales, etc.), y que, en caso de una fuente puntual de contaminación, el impacto podría manifestarse en escalas de tiempo relativamente cortas. Las unidades AQl (GOD = 0,19) y Qh–an (GOD = 0,21) se ubican en la categoría de vulnerabilidad baja (0,1–0,3), lo que indica que, aunque no están exentas de riesgo, la

combinación de mayor proporción de finos, heterogeneidad estructural y, en algunos sectores, cierto grado de confinamiento natural proporciona una atenuación moderada frente al ingreso de contaminantes y un tiempo de respuesta más lento ante posibles fuentes de impacto.

Espacialmente, la Figura muestra que las áreas de vulnerabilidad moderada se distribuyen de manera continua a lo largo del corredor central del área de estudio, siguiendo las unidades de llanura aluvial reciente y terrazas asociadas a los drenajes que convergen hacia el río Ocoa. Estos sectores coinciden con la mayor ocupación urbana y con zonas donde se han identificado procesos de recarga directa por infiltración de aguas lluvias y escorrentía difusa, de modo que constituyen los espacios de mayor prioridad para la gestión del riesgo sobre el recurso hídrico subterráneo. Por su parte, las áreas de vulnerabilidad baja se localizan principalmente en las depresiones lacustres y en parches de rellenos antrópicos hacia la franja sur y suroccidental, donde la presencia de materiales finos o heterogéneos actúa como una barrera parcial al transporte vertical de contaminantes. No obstante, en estos sectores el riesgo podría incrementarse localmente si se presentan excavaciones, movimientos de tierra o cambios significativos en el uso del suelo que modifiquen el espesor y continuidad de las capas de protección.

En conjunto, los resultados confirman que el sistema acuífero de Kirpas presenta una vulnerabilidad intrínseca global de baja a moderada, coherente con la configuración

hidrogeológica definida para la zona: acuíferos cuaternarios de gravas y arenas intercalados con niveles de limos y arcillas, recubiertos por depósitos superficiales de origen fluvial, lacustre y antrópico. Esta condición resalta la importancia de mantener controles estrictos sobre las fuentes de contaminación difusa y puntual en la franja de llanura aluvial y terrazas, donde la vulnerabilidad moderada implica que cualquier afectación de la calidad del agua subterránea podría transmitir efectos a mediano plazo sobre los servicios ecosistémicos asociados al humedal y sobre los aprovechamientos potenciales del recurso hídrico subterráneo en el sector.

2.6 Hidrología

1.1.1 Zonificación hidrográfica

La zonificación hidrográfica permite identificar el contexto hidrológico mayor en el que se inserta el área de estudio, a partir de la clasificación oficial establecida por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM) para la organización de cuencas, subzonas y unidades hidrográficas del país. Esta delimitación es fundamental para comprender los procesos hidrológicos que condicionan la dinámica hídrica del DCS Kirpas Pinilla La Cuerera, así como las relaciones de conectividad superficial entre el sistema de humedales, los drenajes locales y las cuencas receptoras de orden superior.

Conforme al sistema nacional de división hidrográfica, el área de estudio se ubica dentro de la gran Área Hidrográfica del Orinoco (03), una de las cinco áreas principales del país. A

nivel regional, corresponde a la Zona Hidrográfica Meta (35), que agrupa las cuencas tributarias del río Meta y que concentra la red de drenaje de la Orinoquia central. Dentro de esta zona, el territorio de Kirpas Pinilla La Cuerera se inserta en la Subzona Hidrográfica Río Guatiquía (3503), cuenca que recoge los aportes hídricos provenientes del piedemonte llanero y drena hacia el oriente, integrándose finalmente al río Meta. En este marco, el área de estudio forma parte de la Unidad Hidrográfica del Río Ocoa (3503-01) y, a su vez, se restringe espacialmente dentro de la Unidad Hidrográfica de Nivel II Caño La Cuerera (3503-01-01), la cual constituye el sistema drenante directo que estructura y alimenta los humedales del DCS Kirpas.

Tabla 13.
Unidad hidrografica donde se encuentra los humedales del DCS Kirpas Pinilla La Cuerera.

Área Hidrografica	Zona Hidrografica	Subzona Hidrografica	Unidad Hidrografica Nivel I	Unidad Hidrografica Nivel Ii
Orinoco (3)	Meta (35)	Río Guatiquía (3503)	Río Ocoa (3503-01)	C. La Cuerera. (3503-01-01)

El mapa de zonificación muestra con claridad la relación espacial del área de estudio con la subzona Guatiquía y, en particular, con la cuenca del río Ocoa, evidenciando cómo el sistema hídrico local se integra a un corredor de drenaje mayor que desciende desde el piedemonte andino hacia las planicies aluviales del Llano. El polígono del DCS Kirpas se encuentra

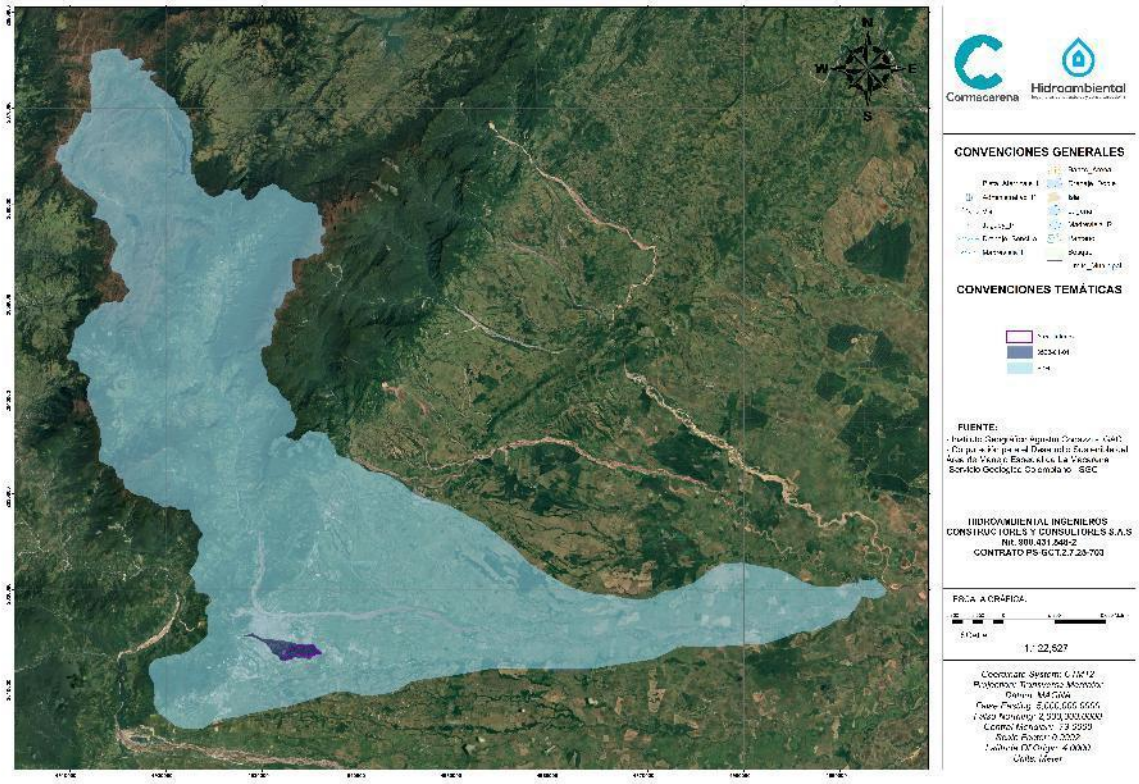
completamente circunscrito en la unidad hídrica del Caño La Cuerera, un tributario directo del río Ocoa, el cual actúa como eje estructurante de los procesos hidrológicos locales, de la recarga superficial y del mantenimiento de los humedales.

Desde una perspectiva funcional, esta zonificación permite entender que los humedales de Kirpas Pinilla La Cuerera conforman un sistema de almacenamiento temporal y regulación hídrica dentro de la red del río Ocoa, capturando aguas de escorrentía provenientes de microcuencas internas y liberándolas gradualmente hacia el cauce principal. La posición de esta unidad en la parte media-baja del río Guatiquía explica la presencia de sedimentos recientes, la baja pendiente del terreno y la existencia de zonas inundables y de encharcamiento estacional, que caracterizan al sistema y condicionan su sensibilidad frente a intervenciones antrópicas y procesos de modificación del drenaje natural.

Hidroambiental
Ingenieros constructores y consultores S.A.S

Figura 32.

Cuencas hidrográficas de los Ríos que Conectan con los humedales del DCS Kirpas Pinilla La Cuerera.



Hidroambiental
Ingenieros constructores y consultores S.A.S

Asimismo, la integración del área de estudio dentro de una cuenca de orden superior resalta la importancia de proteger el sistema de humedales como parte de una red hidrológica conectada, donde las intervenciones locales pueden generar efectos acumulativos en el balance hídrico del río Ocoa y, en últimas, en el sistema Meta–Orinoco. La zonificación hidrográfica no solo contextualiza el funcionamiento hidrológico de Kirpas Pinilla La Cuerera, sino que establece las bases para la gestión ambiental del territorio, especialmente en lo referente a conservación hídrica, manejo del riesgo y planificación del uso del suelo.

1.1.2 Principales Corrientes Hídricas

El área de estudio correspondiente al DCS Kirpas Pinilla – La Cuerera se encuentra integrada a un sistema hídrico de carácter regional y local, donde los humedales que conforman el complejo funcionan como áreas de almacenamiento temporal, regulación hidrológica y disipación de energía durante eventos de lluvia. Las aguas de estos humedales drenan hacia una red de cauces menores que, en último término, convergen hacia el río Ocoa, principal eje hídrico que recorre el sector sur de la ciudad de Villavicencio. En este contexto, la dinámica hidrológica del sistema depende tanto del comportamiento de los aportes superficiales como de los procesos de escorrentía controlados por las condiciones geomorfológicas y de uso del suelo del sector.

Dentro del área de estudio se identifican varios cauces de relevancia funcional para la regulación hídrica del DCS Kirpas Pinilla – La Cuerera. El río Ocoa constituye el drenaje principal y marca el límite sur inmediato del área, recibiendo la descarga de la mayoría de los aportes generados por los sistemas de humedales y quebradas que conforman este corredor ecológico. Se caracteriza por un trazado sinuoso, asociado a llanuras aluviales activas y a procesos de sedimentación y socavación lateral que influyen en el comportamiento hidráulico de los drenajes secundarios. Este río, a su vez, tributa al río Guatiquía, mayor colector regional que drena hacia la cuenca del Orinoco.

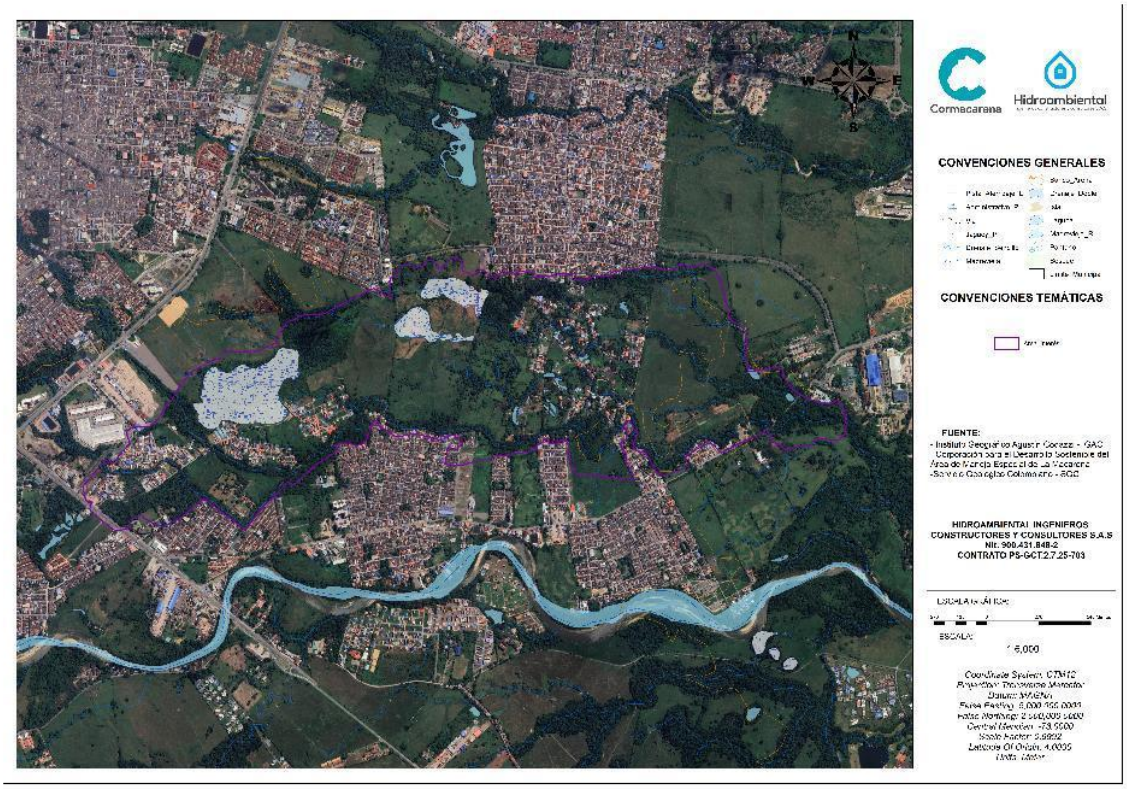
El caño La Cuerera constituye la principal corriente interna dentro del área de estudio. Se origina en el sector norte de Villavicencio y, tras atravesar zonas urbanas e intervenidas, ingresa al DCS alimentando directamente varios complejos de humedales. Presenta un régimen influenciado por descargas urbanas, cambios de uso del suelo y procesos de canalización en ciertos tramos. Su función es determinante en el mantenimiento del nivel freático somero del sistema y en la recarga indirecta de los cuerpos de agua que conforman el corredor Kirpas–La Cuerera.

Otro cauce relevante es el caño Aguas Claras, el cual cruza el sector occidental del área de estudio antes de confluir con el caño La Cuerera. Se caracteriza por transportar aguas más claras y con menor carga contaminante, dado que drena sectores menos urbanizados. Este caño contribuye a la alimentación hídrica de los humedales localizados en el extremo occidental del DCS y cumple un papel importante en la conectividad hídrica del sistema. De igual forma, el caño Marengo constituye un drenaje secundario que aporta caudales hacia los complejos de humedales de la porción noroccidental, reforzando la capacidad de almacenamiento temporal del paisaje inundable. El conjunto de estos drenajes determina el comportamiento hidrológico del DCS Kirpas Pinilla – La Cuerera, dado que controlan los patrones de flujo, el nivel de saturación de los suelos y la dinámica de inundación estacional. En la siguiente imagen, se presenta la red de drenaje identificada, donde se observa la interacción entre los humedales, la red de caños y el río Ocoa, así como la distribución

espacial de los cauces principales que conectan y condicionan la funcionalidad hídrica del área de estudio.

Figura 33.

Red de Drenaje Principal que Conecta el DCS Kirpas Pinilla La Cuerera.



1.1.3 Oferta hídrica

La oferta hídrica del DCS Kirpas Pinilla La Cuerera, sintetizada en el balance hídrico de la **Figura** 33, evidencia un régimen típicamente bimodal de la Orinoquia, con dos periodos bien definidos de excedentes de agua y un corto periodo de relativa escasez. La precipitación mensual (P) muestra un incremento marcado desde marzo, alcanzando valores

máximos hacia los meses de abril–mayo, cuando se registran láminas cercanas o superiores a los 600–650 mm, y un segundo aumento importante hacia octubre–noviembre, con valores de alrededor de 450–500 mm. En contraste, la evapotranspiración real (Er) se mantiene relativamente estable durante todo el año, con valores en torno de 180–220 mm mensuales, por lo que en la mayor parte del ciclo anual la precipitación supera ampliamente las demandas atmosféricas, generando un saldo positivo que se traduce en recarga de los suelos, alimentación de humedales y escorrentía hacia la red de drenaje del caño La Cuerera, caño Aguas Claras, caño Marengo y el río Ocoa.

Este comportamiento se refleja en el recurso hídrico disponible (RH), que aumenta de manera significativa entre marzo y julio, describiendo el principal periodo de oferta hídrica del sistema, con excedentes que favorecen la saturación de los depósitos aluviales y palustres, la expansión lateral de los espejos de agua y el almacenamiento en los suelos francos y franco–arenosos característicos de la llanura aluvial. Un segundo pulso de oferta se presenta en los meses de octubre y noviembre, cuando, pese a que la magnitud de la precipitación es algo menor que en el primer semestre, las condiciones de humedad antecedente y la baja demanda evaporativa consolidan nuevamente un superávit hídrico que resulta clave para la recuperación de los niveles freáticos y la revitalización de los humedales al finalizar el año hidrológico.

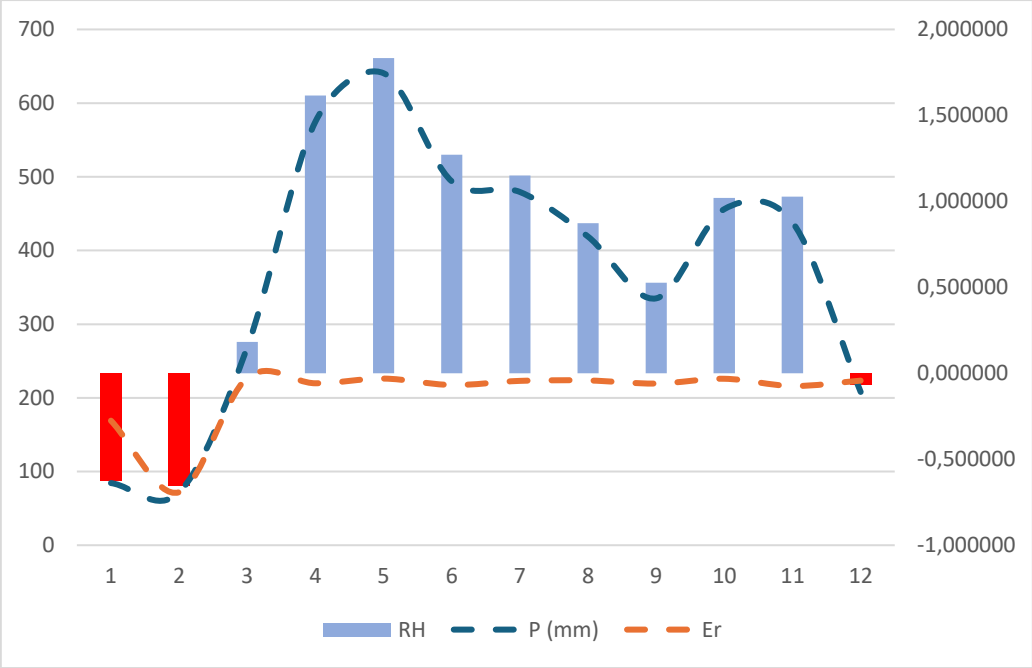
En contraste, los meses de enero y febrero muestran un claro descenso de la precipitación, con láminas acumuladas significativamente inferiores a la evapotranspiración real, lo que

genera un corto periodo de equilibrio o ligero déficit hídrico. En esta fase, el sistema depende del almacenamiento previo en los acuíferos someros y en los propios humedales, los cuales actúan como reservorios que liberan paulatinamente el agua acumulada durante los meses lluviosos, manteniendo caudales base en los caños y condiciones de humedad suficientes para la vegetación hidrófila. De igual forma, hacia agosto y parte de septiembre se observa una disminución relativa de la precipitación que atenúa transitoriamente la oferta hídrica, aunque sin alcanzar déficits tan marcados como al inicio del año, gracias a la inercia del sistema y a la capacidad de regulación del complejo de humedales.

En conjunto, el balance hídrico indica que la unidad hidrográfica donde se localiza el DCS Kirpas Pinilla La Cuerera dispone de una oferta hídrica abundante durante la mayor parte del año, con amplios excedentes en dos estaciones lluviosas que garantizan la recarga del acuífero cuaternario y el mantenimiento de los humedales como zonas de almacenamiento temporal y regulación de caudales. Esta condición refuerza la importancia del área como zona de recarga y laminación de crecientes para la cuenca baja del río Guatiquía y el río Ocoa, pero al mismo tiempo evidencia la necesidad de conservar las coberturas naturales y los suelos con alta capacidad de infiltración, dado que cualquier aumento de la impermeabilización o alteración del drenaje superficial podría traducirse en una mayor concentración de escorrentías, incremento del riesgo de inundaciones y disminución de la recarga efectiva del sistema acuífero.

Figura 33.

Balance Hidrico para la unidad hidrográfica del DCS Kirpas Pinilla La Cuerera



1.1.4 Humedales Presentes en la Zona

El Distrito de Conservación de Suelos (DCS) Kirpas Pinilla La Cuerera alberga un sistema de humedales de origen predominantemente fluvial y palustre, directamente influenciado por el comportamiento hidrológico del caño La Cuerera y sus tributarios, así como por la dinámica del río Ocoa. Estos humedales se localizan en el abanico aluvial de Villavicencio, un ambiente caracterizado por sedimentos cuaternarios recientes, topografía plana a suavemente ondulada y altos niveles de humedad edáfica, condiciones que favorecen una amplia presencia de ecosistemas asociados a inundación periódica o permanente.

Este conjunto de humedales constituye uno de los sistemas urbanos y periurbanos más importantes del piedemonte metense. Su extensión, diversidad de unidades geomorfológicas y conexión hidrológica lo convierten en un nodo ecológico esencial tanto para la regulación hídrica como para la conservación de la biodiversidad. De acuerdo con la clasificación Ramsar, los humedales identificados en el área representan cerca de 7 de los 20 tipos contemplados en la tipología oficial, lo que evidencia su complejidad ambiental y funcional.

De acuerdo con el "Mapa de Humedales de Colombia" (Humboldt, 2015), en el DCS Kirpas Pinilla La Cuerera se identifican tres grupos principales según su grado de conservación:

2.6.1.1 Humedales naturales en proceso de transformación

Estos humedales corresponden principalmente a depresiones palustres y áreas de inundación temporal conectadas hidráulicamente con el caño La Cuerera y el caño Aguas Claras. Presentan sedimentación activa, variaciones periódicas del nivel freático y acumulación de materia orgánica. Su degradación progresiva está asociada al relleno antrópico, compactación del suelo y ocupación urbana informal, lo cual reduce su capacidad de almacenamiento hídrico y laminación de crecientes.

2.6.1.2 Bosques de rebalse

Estos ecosistemas se desarrollan en zonas donde los pulsos de inundación son recurrentes. Funcionan como amortiguadores naturales frente a eventos de crecida y recarga del acuífero somero. Se caracterizan por suelos hidromórficos ricos en materia orgánica, presencia de especies vegetales adaptadas a anegamiento prolongado y una fauna asociada considerable. Su estado de conservación es variable: mientras algunos parches mantienen un comportamiento natural, otros evidencian presiones derivadas de tala, expansión urbana y drenajes artificiales.

2.6.1.3 Humedales intervenidos o artificiales

Incluyen cuerpos de agua formados por procesos antrópicos como excavaciones, rellenos diferenciales y depresiones generadas por movimiento de tierras. Estos humedales artificiales emergen como reservorios temporales durante la temporada de lluvias, desempeñando funciones de retención y atenuación de caudales, aunque con menor valor ecológico comparado con los naturales. Su variabilidad espacial y temporal es alta.

En total, el inventario local clasifica 7 humedales naturales y 2 humedales artificiales, una distribución relevante para un entorno periurbano sometido a múltiples presiones socioambientales.

Los humedales del DCS Kirpas Pinilla La Cuerera representan un sistema estratégico tanto para la conservación como para la gestión del riesgo hídrico en Villavicencio. Su diversidad, conectividad con el sistema de drenaje y capacidad de regulación hidrológica

los convierten en una pieza esencial del equilibrio ecológico del piedemonte. No obstante, el grado de intervención y transformación observado demanda medidas de preservación y restauración, especialmente para mantener:

- La capacidad de recarga de acuíferos.
- La regulación natural de caudales.
- La conectividad ecológica con el río Ocoa y el caño La Cuerera.
- La integridad de los suelos palustres e inundables.

Este análisis respalda la necesidad de continuar con procesos de manejo sostenible, monitoreo hidrológico y restauración ecológica activa, alineados con los lineamientos del Sistema Ramsar y las políticas de conservación regional.

1.1.5 Índice de aridez

El índice de aridez constituye un indicador fundamental del régimen climático natural, ya que permite evaluar, de forma cualitativa y cuantitativa, la relación entre la disponibilidad hídrica y la demanda atmosférica de agua en un territorio. Según el IDEAM (2010), este índice integra la precipitación y la evapotranspiración real para identificar periodos con excedentes o déficits de agua, los cuales repercuten directamente en la dinámica ecológica, el balance hídrico local y la oferta del recurso para los ecosistemas y la población.

Para el DCS Kirpas Pinilla La Cuerera se calculó el índice de aridez mensual mediante la relación entre la precipitación (P) y la evapotranspiración real (EVR), cuyos resultados se presentan en la Tabla. El comportamiento obtenido evidencia variaciones estacionales marcadas que responden al régimen unimodal característico del piedemonte llanero.

Tabla 14.

Índice de Aridez en el DSC Kirpas Pinilla La Cuerera.

Variable	Periodo												
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Año
PRECIP (Mm)	84	72	269	575	641	494	479	419	335	456	438	208	84
EVR (Mm)	169	72	227	220	226	217	223	224	219	226	216	223	169
IA (%)	42,3	18,4	10,1	3,9	3,1	3,6	4,2	5,0	5,3	4,8	4,7	14,3	5,5
CAT													

Nota 1. Fuente: Equipo Consultor

Durante los primeros meses del año (enero a marzo) se registran los valores más bajos del índice, alcanzando categorías de aridez muy alta a alta, lo que refleja condiciones marcadamente deficitarias de humedad en el suelo. En este periodo la precipitación es mínima (entre 44 y 86 mm), mientras que la demanda atmosférica, representada por la evapotranspiración real, supera significativamente dicho aporte, generando un ambiente seco que influye en la disponibilidad de agua superficial y subterránea. Esta condición coincide con la temporada seca regional, donde la escorrentía es escasa y la presión sobre los humedales y drenajes locales tiende a incrementarse.

A partir de abril y especialmente durante mayo y junio, el índice asciende y alcanza valores superiores a 1, los cuales corresponden a categorías de baja aridez, propias del inicio y consolidación de la temporada lluviosa. En estos meses la precipitación se incrementa de manera notable (superando los 350–650 mm), superando ampliamente la evapotranspiración real y generando excedentes hídricos que favorecen la recarga del acuífero cuaternario, el aumento de los niveles freáticos y la expansión temporal de espejos de agua en humedales y depresiones palustres.

Entre julio y septiembre se observa una transición hacia valores moderados del índice (entre 0,7 y 1), asociados a una leve disminución de las lluvias y un ajuste estacional de la humedad disponible, condición típica del "veranillo" o disminución temporal de la precipitación en la cuenca del río Meta. Pese a ello, los niveles hídricos se mantienen relativamente estables debido a la acumulación generada en los meses previos.

En octubre y noviembre se presenta un nuevo incremento del índice, indicando nuevamente baja aridez asociada al segundo pulso lluvioso del año. Esta condición es determinante para la laminación de caudales, la permanencia de cuerpos de agua en el sistema de humedales y la oferta hídrica superficial para el caño La Cuerera y sus tributarios. Finalmente, diciembre marca el inicio de la reducción estacional de precipitaciones y, con ello, un descenso del índice hacia categorías de aridez moderada, preámbulo de la temporada seca del siguiente año.

En términos generales, el índice de aridez para el DCS Kirpas Pinilla La Cuerera demuestra que solo el primer trimestre del año presenta condiciones verdaderamente deficitarias, las cuales pueden afectar temporalmente la disponibilidad hídrica para la biota asociada a los humedales. Durante el resto del año, el balance entre precipitación y evapotranspiración mantiene excedentes suficientes para garantizar la sostenibilidad del ecosistema, permitiendo la recarga del acuífero somero, el mantenimiento del caudal base del caño La Cuerera y el abastecimiento local de agua para la fauna, flora y procesos ecosistémicos propios de ambientes húmedos.

Este comportamiento confirma que el sistema hidrológico del área presenta una oferta hídrica estable durante gran parte del año, lo cual es consistente con el régimen climático del piedemonte llanero. Sin embargo, resalta la importancia de conservar los humedales como amortiguadores naturales frente a la estacionalidad climática, ya que estos ecosistemas permiten almacenar agua durante los periodos lluviosos y liberarla gradualmente durante la época seca, regulando el balance hídrico local y mitigando los impactos de los meses con mayor aridez.

2.7 Suelos

El área de estudio del DCS Kirpas Pinilla La Cuerera, localizada en el piedemonte de Villavicencio y en estrecha relación con la planicie aluvial del caño La Cuerera y los sistemas húmedos asociados, presenta un mosaico edáfico característico de ambientes de transición piedemonte–llanura. La configuración de sus suelos es el resultado de la

interacción entre materiales parentales aluviales recientes, aportes hidromórficos propios de las depresiones palustres, pulsos periódicos de inundación y la influencia directa del nivel freático somero que caracteriza a estos humedales. Esta dinámica confiere al territorio condiciones de humedad edáfica elevadas, así como la presencia de suelos con texturas variables, desde francas y franco-arenosas hasta franco-arcillosas, dependiendo de la posición geomorfológica y del grado de influencia hídrica.

La caracterización de suelos se estructuró a partir del Estudio General de Suelos del Meta – IGAC (escala 1:100.000), cuyo enfoque metodológico integra fotointerpretación geomorfológica, descripción de calicatas modales, análisis físico–químicos y clasificación taxonómica. Con base en este insumo se reconocieron las unidades de suelo presentes en el área, las cuales posteriormente fueron verificadas y ajustadas mediante la cartografía detallada (escala 1:5.000) producida en el marco del presente estudio, apoyada en ortomosaicos recientes y recorridos de verificación en campo. Sobre esta base se desarrollaron las siguientes actividades:

- **Actualización por fotointerpretación detallada (escala 1:5.000)**, apoyada en el ortomosaico del proyecto, lo cual permitió diferenciar con mayor precisión las transiciones entre unidades de suelo, especialmente en zonas de humedal, rellenos antrópicos, antiguos meandros y áreas de pastoreo inundables.

- **Ajustes geomorfológicos finos** teniendo en cuenta las formas del paisaje identificadas para el DCS Kirpas: planicies aluviales activas del caño La Cuerera, sectores ligeramente ondulados del piedemonte, depresiones de humedal, terrazas bajas y microdepresiones inundables.
- **Verificación a campo específica para Kirpas Pinilla La Cuerera**, orientada a registrar textura superficial, drenaje, evidencia de hidromorfismo, nivel freático somero, profundidad efectiva y aptitud de uso de los suelos.
- **Delimitación de unidades cartográficas de suelos**, seleccionando únicamente aquellas efectivamente presentes en el área de estudio, de acuerdo con la actualización fotointerpretativa y los patrones de uso actual.

Esta integración permitió depurar y redefinir las unidades de suelo existentes en el área del DCS Kirpas, identificando particularmente la presencia dominante de suelos hidromórficos asociados a humedales (PVBa y PVAa), suelos provenientes de rellenos antrópicos recientes (R VHay) y pequeñas coberturas residuales con capacidades agrológicas limitadas (ZU y CA). Cada una de estas unidades muestra propiedades edáficas condicionadas por la alta humedad ambiental, la influencia directa del nivel freático y los aportes periódicos de sedimentos finos transportados por los drenajes secundarios.

Con esta base, y empleando la correlación metodológica entre geomorfología, fotointerpretación y calicatas del IGAC, se delimitaron y describieron las unidades de suelos presentes en el DCS Kirpas Pinilla La Cuerera. Posteriormente, se estableció el uso

actual del suelo mediante la leyenda Corine Land Cover armonizada al proyecto, y se evaluaron tanto la capacidad de uso de la tierra como el conflicto de uso, contrastando las propiedades físicas, químicas e hidrológicas del suelo con las prácticas antrópicas observadas en la zona.

El resultado de este proceso constituye una cartografía edáfica precisa y consistente con las condiciones ambientales locales, indispensable para comprender el funcionamiento ecológico de los humedales, la dinámica de infiltración–escorrentía y el comportamiento del nivel freático, y constituye a su vez un insumo fundamental para la evaluación de impactos, la zonificación ambiental y la propuesta de manejo en el área de estudio.

2.7.1 Unidades Cartográficas de Suelos

Cada unidad cartográfica está compuesta por el conjunto de delineaciones o polígonos que representan ambientes con la misma identificación. En cuanto a los componentes taxonómicos dentro de cada ambiente, estos se abordan en el nivel categórico de familia textural y temperatura edáfica. A continuación, se presenta el mapa de unidades cartográficas de suelo en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**34.

Estas unidades reflejan condiciones edáficas asociadas a la posición fisiográfica del predio dentro del piedemonte llanero, caracterizado por depósitos aluviales recientes, texturas finas a moderadas, procesos de anegamiento y drenaje restringido.

Figura 34.

Unidades cartográficas de suelo



2.7.1.1 Unidad Cartografiable de suelo – PVAa

La unidad PVAa se distribuye principalmente en el sector central y nororiental del área de estudio, siguiendo las franjas ligeramente más elevadas que actúan como transición suave entre el piedemonte y la planicie de inundación del río Ocoa, con una superficie cercana a 27,43 ha. Corresponde a suelos desarrollados sobre depósitos aluviales de terraza, sometidos a procesos de meteorización avanzada y lavado intenso de bases, clasificados

taxonómicamente como Typic Hapludox. Son suelos profundos, con perfiles que superan con facilidad el metro de espesor y una secuencia de horizontes bien diferenciada, donde el horizonte A es relativamente delgado y de textura franco-arcillosa a arcillosa, seguido por horizontes subsuperficiales de estructura granular fina y subangular, de color rojo a rojo-amarillento típico de ambientes muy lixiviados en clima cálido húmedo. Presentan buena estabilidad estructural y un drenaje de moderado a bueno, asociado al relieve plano a ligeramente inclinado y a la ausencia de saturación prolongada, de modo que el agua se evacúa con relativa facilidad. Químicamente se caracterizan por altos niveles de acidez y saturación de aluminio, baja saturación de bases y baja capacidad de intercambio catiónico, con deficiencias marcadas de fósforo disponible y contenidos moderados a bajos de calcio y magnesio, por lo que la fertilidad natural es baja. De acuerdo con la clasificación de capacidad de uso, se ubican en la Clase 6s-1, condicionada por limitaciones físicas y químicas que restringen el uso agrícola intensivo; en términos hidrológicos se adscriben al grupo C, con una infiltración moderadamente lenta. En consecuencia, su potencial productivo depende de un manejo cuidadoso que incluya corrección de acidez, aportes de materia orgánica y fertilización balanceada, recomendándose su uso preferente en coberturas permanentes y sistemas de manejo que minimicen la remoción del suelo.

2.7.1.2 Unidad Cartografiable de suelo – PVBa

La unidad PVBa se localiza en el sector central del área de estudio, adyacente al corredor de humedales y canales de drenaje interno, donde ocupa una superficie cercana a 0,95 ha.

Corresponde a suelos desarrollados sobre materiales aluviales y coluviales finos del piedemonte llanero, fuertemente influenciados por fluctuaciones freáticas que favorecen la formación de horizontes plínticos y concreciones ferruginosas. Morfológicamente presentan perfiles profundos, con un horizonte superficial de textura franco-arcillosa a franco-arcillo-limosa, de estructura granular fina a subangular, que subyace a horizontes B de colores rojizos y amarillentos, con moteados y nódulos de óxidos de hierro que evidencian procesos de hidromorfía periódica. Desde el punto de vista físico-químico se caracterizan por alta acidez, baja saturación de bases y baja capacidad de intercambio catiónico, dominados por arcillas de tipo caolinítico y con contenidos de materia orgánica solo moderados en superficie. El drenaje es moderadamente deficiente a pobre, ya que se presentan encharcamientos temporales en las posiciones más deprimidas del relieve y horizontes arcillosos más densos que restringen la percolación vertical. En conjunto, la fertilidad natural de estos suelos es baja, por lo que su aprovechamiento productivo en el DCS Kirpas Pinilla La Cuerera está condicionado a la aplicación de enmiendas, prácticas de manejo que corrijan la acidez y mejoren la estructura, y a usos compatibles con su elevada susceptibilidad a la saturación hídrica y a procesos de compactación.

2.7.1.3 Unidad Cartografiable de suelo – RVHay

La unidad RVHay se distribuye principalmente en el sector central del área de estudio, ocupando las porciones más bajas y ligeramente cóncavas de la terraza aluvial que bordea el cauce del río Ocoa y su sistema de humedales asociados. Abarca una superficie cercana a

198,25 ha, constituyéndose en la unidad edáfica dominante sobre la terraza dentro del DCS Kirpas Pinilla La Cuerera. Desde el punto de vista fisiográfico corresponde a terrazas de pendiente suave (0–3 %), sujetas a influencia directa del nivel freático y a procesos de encharcamiento periódico, lo que explica su estrecha relación con las depresiones palustres y cuerpos de agua estacionales que se observan en el paisaje.

Estos suelos se asocian con la Asociación Aquic Dystropepts – Fluventic Dystropepts, desarrollados a partir de sedimentos aluviales finos a medios depositados en ambientes de terraza baja. Presentan perfiles de moderada profundidad efectiva, limitada por la cercanía del nivel freático, con una organización típica A–Bw–C. El horizonte superficial Ap es de 10 a 15 cm de espesor, de color pardo oscuro con moteados grises que evidencian condiciones de saturación periódica; muestra texturas predominantemente arcillosas y estructura en bloques subangulares de desarrollo moderado. El horizonte subsuperficial Bw alcanza entre 50 y 60 cm de espesor, con colores pardo amarillentos y moteados oliva y pardo grisáceos, textura arcillosa y estructura blocosa subangular moderadamente desarrollada, rasgos todos que reflejan un drenaje natural imperfecto. El horizonte C supera los 50 cm, con colores oliva pálido a rojizos y textura arcillo-arenosa, correspondiente al material aluvial original.

Desde el punto de vista químico se caracterizan por reacción fuertemente ácida, contenidos medios a bajos de calcio, magnesio, potasio y fósforo, capacidad de intercambio catiónico media a baja, baja saturación de bases y contenidos medios de aluminio intercambiable. Bajo estas condiciones, la fertilidad natural es moderada a baja y el uso agrícola se encuentra

condicionado a la aplicación de enmiendas para corrección de acidez y a un manejo cuidadoso de la estructura. El drenaje natural es imperfecto, con frecuentes encharcamientos temporales y oscilaciones del nivel freático, lo que incrementa el riesgo de anoxia radicular y limita la mecanización en épocas húmedas. En el contexto del DCS Kirpas Pinilla La Cuerera, la unidad RVHay funciona como un ambiente de transición entre los suelos mejor drenados de la terraza y los ambientes francamente hidromorfos de los humedales, contribuyendo al almacenamiento temporal de agua y condicionando una aptitud de uso preferente hacia pastos tolerantes al encharcamiento y coberturas vegetales adaptadas a suelos ácidos y mal drenados.

2.7.1.4 Fertilidad del suelo

La fertilidad de los suelos presentes en el DCS Kirpas Pinilla La Cuerera refleja la interacción entre materiales parentales aluviales, procesos de meteorización tropical húmeda y las fluctuaciones freáticas propias del piedemonte llanero. En general, los suelos identificados —principalmente de textura franco-arcillo-arenosa— exhiben una fertilidad natural limitada debido a su alto grado de lavado, la presencia de horizontes subsuperficiales densificados y contenidos moderados a bajos de materia orgánica y bases intercambiables. Esta condición es típica de los ambientes aluviales del piedemonte húmedo y se acentúa en los sectores con mayor influencia de humedales y fluctuación hídrica.

En cuanto al carbón orgánico y la materia orgánica activa, los registros históricos evidencian valores bajos, generalmente inferiores al 2 %, lo que indica suelos con limitada capacidad de retención de nutrientes y moderada estabilidad estructural. La dinámica del contenido de carbono responde al régimen hídrico del área —caracterizado por periodos de saturación temporal y fases de oxidación en épocas secas—, lo cual favorece la descomposición acelerada de la materia orgánica superficial y limita su acumulación. Bajo estas condiciones, la estructura edáfica tiende a ser estable pero con baja agregación, y la retención de humedad, aunque aceptable en los horizontes medios, resulta insuficiente para sostener cultivos exigentes sin manejo adicional.

La conductividad eléctrica (CE) medida en el estudio previo presenta valores muy bajos (entre 0.08 y 0.13 dS/m), lo que confirma la ausencia de problemas de salinidad y denota una limitada concentración de iones solubles. Esto favorece el manejo agrícola y minimiza riesgos de fitotoxicidad; sin embargo, también evidencia que la reposición natural de nutrientes por procesos de acumulación iónica es escasa. En estos suelos, la baja CE se correlaciona con niveles igualmente bajos de bases intercambiables, lo que limita la saturación de cationes esenciales y demanda enmiendas periódicas para mantener la fertilidad edáfica.

El análisis de textura muestra una predominancia marcada de fracciones arenosas (60–68 %), acompañadas por proporciones menores de limo y arcilla. Esta textura franco-arcillo-arenosa confiere al suelo una consistencia firme y granular, con buena aireación y drenaje, pero también con mayor susceptibilidad a la pérdida de nutrientes por lixiviación. La infiltración

es eficiente, lo que resulta favorable para procesos de recarga hídrica, pero condiciona un manejo nutricional más intensivo para los usos agroecológicos o de restauración ecológica dentro del DCS.

En términos de bases intercambiables, los datos reportados muestran contenidos relativamente bajos de calcio y magnesio en la zona analizada, acompañados de acideces intercambiables relevantes (entre 1.3 y 1.8 meq/100 g). Esta combinación es indicativa de suelos con tendencia a la acidificación, baja saturación de bases y necesidad de cal dolomítica para neutralizar la acidez, mejorar la CIC efectiva y favorecer la disponibilidad de nutrientes. Adicionalmente, se registran niveles elevados de hierro, característicos de ambientes con procesos periódicos de reducción-oxidación vinculados al régimen freático fluctuante.

El balance de nutrientes esenciales refleja deficiencias recurrentes de nitrógeno, fósforo y potasio, propias de los suelos altamente meteorizados del piedemonte llano. Para corregir estas limitaciones, el estudio previo recomendó aplicaciones controladas de materia orgánica y enmiendas minerales, enfatizando la importancia de no exceder las dosis para evitar pérdidas por lixiviación en períodos de alta precipitación. En el caso del cultivo o restauración vegetal, se sugiere un manejo diferenciado según las necesidades nutricionales específicas de las especies, con ajustes periódicos basados en análisis de suelo actualizados.

Finalmente, la combinación de bajo contenido de materia orgánica, acidez activa, baja saturación de bases y niveles moderados de macro y micronutrientes define un suelo de fertilidad natural limitada, pero con buena respuesta a la aplicación de correctivos, lo que

permite mejorar significativamente su desempeño para usos de restauración ecológica, revegetalización y conservación. La condición hidromórfica presente en algunos sectores del DCS influye en la disponibilidad de micronutrientes y en la formación de horizontes plínticos, lo que demanda precauciones en la selección de especies y en la planificación de intervenciones que modifiquen la humedad del suelo. En síntesis, los suelos del DCS Kirpas Pinilla La Cuerera muestran un comportamiento químico y físico típico de ecosistemas aluviales tropicales, con limitantes claras de fertilidad, pero con capacidad de mejoramiento mediante manejo adecuado, prácticas sostenibles y monitoreo periódico.

1.1.1 Capacidad de uso del suelo

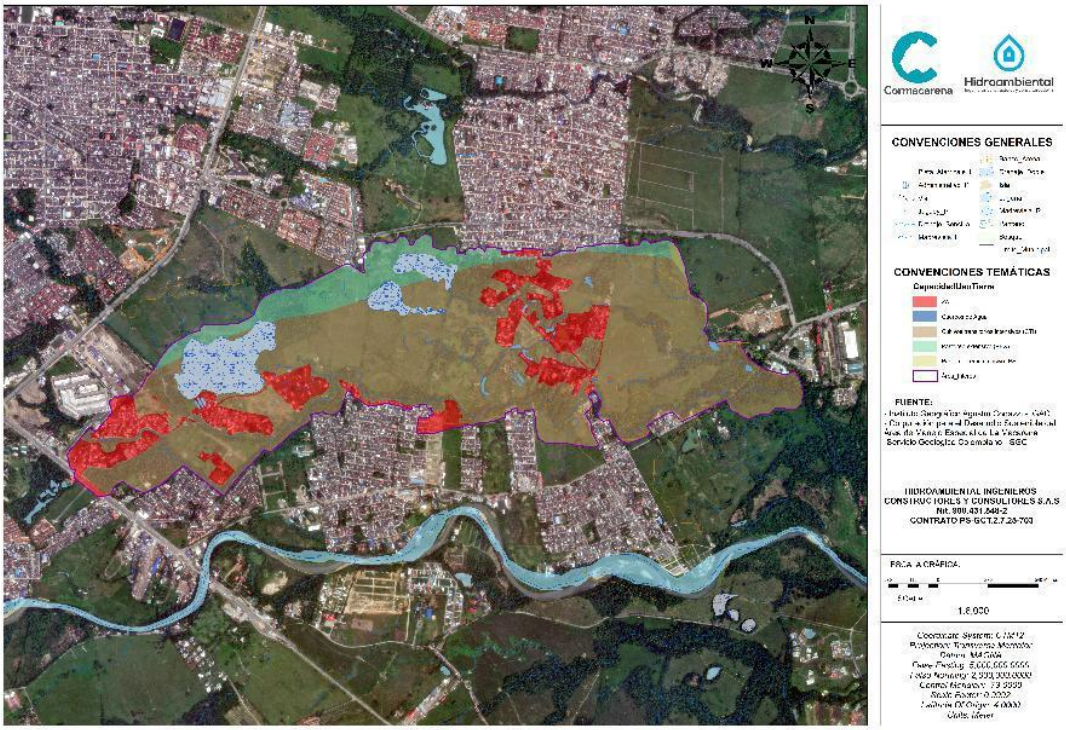
La capacidad de uso del suelo para el área de estudio se estableció a partir de las unidades cartográficas previamente delimitadas y actualizadas a escala 1:5.000, integrando la información edafológica, fisiográfica y de drenaje obtenida en las calicatas y el análisis de paisaje. La clasificación se desarrolló bajo el esquema IGAC adaptado del USDA (Clases, Subclases y Grupos de Manejo), según los criterios técnicos establecidos en el *Capítulo VI – Capacidad de Uso de las Tierras* del estudio general de suelos del departamento del Meta.

El resultado permitió identificar tres clases de tierras (Clase 3, Clase 4 y Clase 6) y sus respectivas subclases (Sh-1 y S-1), las cuales reflejan la combinación de limitantes asociadas a exceso de humedad, profundidad efectiva reducida, saturación de aluminio,

baja fertilidad y riesgos de encharcamiento. En conjunto, estas condiciones determinan una oferta limitada para agricultura y un predominio de usos ganaderos en modalidades extensivas y semi-intensivas.

Figura 35.

Uso potencial del suelo.



La **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**35 muestra la distribución espacial del uso potencial del suelo y las categorías asignadas para el DCS Kirpas Pinilla – La Cuerera, evidenciando la concentración de suelos con restricciones moderadas a severas dentro del plano aluvial del Caño La Cuerera y sus terrazas inmediatas.

La evaluación integrada muestra que el DCS Kirpas Pinilla – La Cuerera posee una vocación agropecuaria limitada, dominada por sistemas pecuarios y cultivos transitorios dependientes del manejo hídrico. La Clase 3 (71.2 %) constituye la unidad de mayor potencial relativo, seguida por áreas restrictivas de Clases 4 y 6, mientras que cerca de una cuarta parte del territorio corresponde a zonas sin aptitud productiva. Estas condiciones refuerzan la necesidad de estrategias de manejo diferenciadas que incluyan control del nivel freático, corrección de acidez, manejo de praderas y protección de las zonas húmedas como elementos estructurantes del paisaje.

2.7.1.5 Clase 3 -Subclase Sh – 1

La Clase 3 subclase Sh-1 constituye la unidad con mejor aptitud agropecuaria del área de estudio, ocupando 198.25 ha, equivalentes al 71.2 % de la superficie evaluada. Estos suelos se disponen principalmente sobre la planicie aluvial inmediata del Caño La Cuerera y sectores contiguos del valle del Ocoa, donde predominan pendientes muy suaves y drenaje imperfecto. La presencia de materiales aluviales finos y horizontes con signos de hidromorfismo condiciona un comportamiento hídrico variable, lo que genera episodios de saturación temporal, aunque sin llegar a conformar anegamientos permanentes.

En términos laboratoriales y de campo, estos suelos presentan fertilidad natural baja, acidez marcada y contenidos moderados a altos de aluminio intercambiable, lo que demanda manejo químico y enmiendas continuas para sostener rendimientos aceptables. Sin embargo, su profundidad efectiva moderada y la relativa facilidad para el manejo hídrico —

mediante drenajes parcelarios— permiten su utilización en cultivos transitorios intensivos, entre ellos arroz, maíz, soya y sorgo, siempre que se implementen prácticas de conservación y un adecuado programa de fertilización. La mecanización es viable bajo condiciones controladas y constituye el principal soporte agrícola del territorio. Con ello, la Clase 3 representa la franja de mayor potencial productivo, aunque su sostenibilidad depende de la regulación del nivel freático y la gestión de la acidez.

2.7.1.6 Clase 4 Subclase Sh-1

La Clase 4 subclase Sh-1 es minoritaria dentro del DCS Kirpas Pinilla – La Cuerera y abarca 0.95 ha, equivalentes al 0.34 % del área de estudio. Estos suelos se desarrollan sobre posiciones ligeramente deprimidas de terrazas recientes, donde la fluctuación del nivel freático es más marcada y los procesos de saturación temporal son más frecuentes que en la Clase 3. Los horizontes presentan coloraciones rojizas o amarillentas con moteados y concreciones que evidencian hidromorfismo periódico, mientras que la fertilidad natural es muy baja y la capacidad de intercambio catiónico reducida.

Las limitaciones se expresan en la susceptibilidad a encharcamientos de corta duración, la baja disponibilidad de nutrientes y la presencia de aluminio de cambio en concentraciones limitantes para cultivos de ciclo corto. Por estas razones, el uso potencial más adecuado corresponde al pastoreo semi-intensivo, con especies forrajeras tolerantes a condiciones húmedas, como Brachiaria humidicola. Su aptitud agrícola es marginal y dependiente del

uso de variedades adaptadas y enmiendas constantes, por lo que su función territorial es esencialmente ganadera.

2.7.1.7 Clase 6 subclase s-1

La Clase 6 subclase S-1 comprende suelos con limitaciones severas que reducen notablemente su aptitud agrícola, ocupando 27.43 ha, equivalentes al 9.85 % del área evaluada. Las limitaciones más determinantes corresponden a saturación de aluminio superior al 60 %, fertilidad intrínsecamente muy baja, y presencia de horizontes arcillosos compactos o plínticos que restringen la infiltración y el crecimiento radicular. Estas características coinciden con las unidades edáficas de zonas de transición entre terrazas y abanicos, donde los procesos de drenaje interno son deficientes.

La utilización agrícola es prácticamente inviable sin inversiones intensivas y costosas en corrección química y estructural, por lo que la vocación predominante es el pastoreo extensivo, con especies forrajeras altamente tolerantes a acidez y condiciones de baja productividad, acompañado de rotación de praderas y conservación de la cobertura vegetal natural. En el contexto del DCS, estas áreas funcionan como zonas de soporte pecuario y de transición ecológica hacia las franjas más húmedas del corredor del Caño La Cuerera.

2.7.1.8 Áreas sin capacidad agropecuaria (CA y ZU)

Finalmente, se identifican aproximadamente 67.1 ha (alrededor del 24.6 % del área de estudio) clasificadas como no aptas para actividades agropecuarias. Dentro de esta categoría se agrupan:

- Cuerpos de agua naturales (CA): lagunas, espejos asociados al humedal y sectores permanentemente inundados, que representan 21.69 ha (7.96 %).
- Zonas urbanas (ZU): áreas totalmente transformadas por infraestructura y urbanización, que suman 45.44 ha (16.66 %).

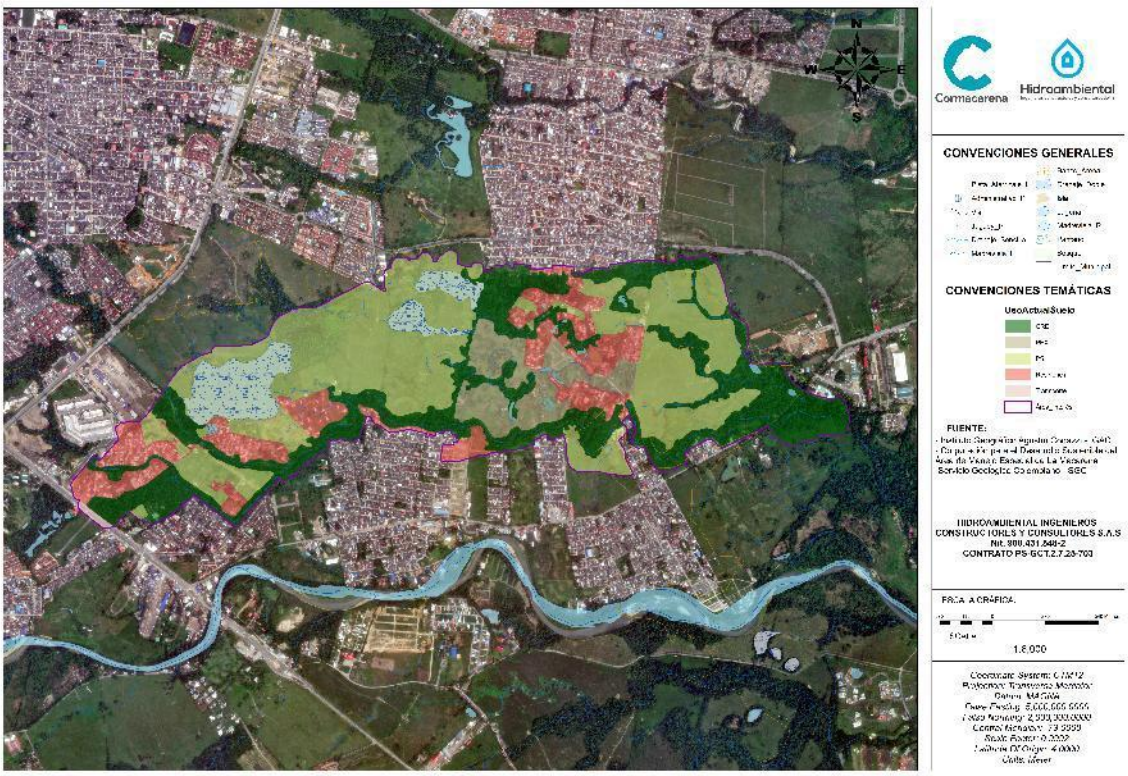
Estas unidades carecen de funcionalidad edáfica productiva, pero son esenciales para la gestión ecológica y la planificación ambiental del territorio, debido a su papel en el drenaje, el control de inundaciones y la conectividad de ecosistemas acuáticos.

2.7.2 Uso Actual

El uso actual del suelo representa la forma en que el territorio está siendo ocupado y aprovechado en el momento del estudio, integrando tanto las coberturas naturales existentes como los usos antrópicos consolidados. Para su determinación se realizó la interpretación de coberturas recientes de muy alta resolución, complementada con verificación en campo y su cruce espacial con las unidades edáficas previamente delimitadas. Este enfoque permite reconocer patrones de ocupación diferenciados, identificar prácticas productivas predominantes y establecer las presiones actuales sobre el territorio.

Figura 36.

Uso actual del suelo.



Ingenieros constructores y consultores S.A.S

En el área de estudio se identifican cuatro grandes grupos de uso: conservación, ganadería, asentamientos y áreas de infraestructura. Predominan los usos de conservación y ganadería, que en conjunto representan una proporción significativa del territorio, seguidos por ocupaciones residenciales dispersas y corredores viales que soportan la movilidad local. Esta distribución espacial refleja la transición entre zonas de valor ambiental, áreas productivas asociadas a pasturas y un tejido urbano en proceso de consolidación.

Los resultados se sintetizan en el Mapa de uso actual del suelo, que muestra la distribución espacial de cada grupo de uso dentro del polígono del proyecto, a continuación se describe cada uso presentado para el área de estudio.

El uso actual del suelo en el área de estudio refleja la forma como ha sido ocupado, transformado y aprovechado históricamente el territorio, combinando coberturas vegetales, actividades productivas, asentamientos y elementos de infraestructura. Su determinación se realizó mediante la interpretación visual de coberturas recientes, el cruce espacial con las unidades edáficas previamente delimitadas, las observaciones de campo y la verificación sobre la ortofoto de alta resolución.

El mapa de uso actual evidencia que el predio presenta un patrón dominado por coberturas boscosas continuas, áreas ganaderas manejadas bajo esquemas semi-intensivos, la presencia puntual de cuerpos de agua naturales y zonas menores de asentamiento rural e infraestructura vial. La distribución espacial muestra un claro gradiente entre zonas naturales mejor conservadas —ubicadas principalmente hacia el centro y sur del predio— y áreas transformadas concentradas hacia los bordes norte y nororiental, asociadas al acceso principal y a la vivienda rural existente.

El uso actual del suelo en el área de estudio revela un territorio mixto, donde predominan las áreas de conservación y las actividades ganaderas, seguidas por asentamientos urbanos en expansión y elementos de infraestructura que articulan el espacio. La coexistencia de estos usos, sumada a las características físicas del terreno y la dinámica hídrica local,

plantea la necesidad de una planificación territorial que asegure la compatibilidad entre usos y la protección de las áreas ambientalmente estratégicas que sostienen el equilibrio ecológico del corredor de humedal Kirpas–Pinilla La Cuerera.

2.7.2.1 Grupo de Uso conservación

El grupo de conservación constituye el uso dominante dentro del área de estudio. Estas zonas corresponden a coberturas boscosas continuas que mantienen una estructura vegetal densa, con estratos arbóreos bien desarrollados, alta cobertura basal y condiciones edáficas y topográficas que favorecen la permanencia de procesos ecológicos esenciales. El predominio de esta categoría concuerda con la condición fisiográfica del predio, caracterizado por depresiones suaves, microrelieves planos y drenajes internos que mantienen humedad edáfica y favorecen la regeneración natural.

2.7.2.2 Áreas para la conservación y/o recuperación de la naturaleza, recreación (CRE)

Las áreas destinadas a conservación constituyen el uso predominante dentro del área de estudio, con aproximadamente 89.12 ha, lo que representa cerca del 41 % de la superficie analizada. Estas zonas corresponden a espacios ambientalmente estratégicos asociados al sistema de humedales, drenajes naturales, madreviejas y sectores de inundación periódica, donde se mantienen procesos ecológicos esenciales como regulación hídrica, recarga local, conectividad biológica y soporte para vegetación nativa. Su función principal es la

preservación de la estructura ecológica local, la rehabilitación de coberturas naturales y la generación de áreas destinadas a recreación pasiva y educación ambiental. La permanencia de estas superficies constituye un elemento crítico para mantener la resiliencia del paisaje frente a la expansión urbana y las actividades agropecuarias.

2.7.2.3 Ganadería

El componente ganadero se presenta de forma restringida y se desarrolla en franjas periféricas contiguas al camino de acceso principal y en algunos parches aislados dentro del área del proyecto. Estos sectores presentan coberturas herbáceas abiertas o mosaicos de pastizal con elementos arbustivos dispersos, indicativos de un uso ganadero manejado con baja intensidad y limitado por las condiciones biofísicas del terreno.

2.7.2.4 Pastoreo semi-intensivo (PSI)

El pastoreo semi-intensivo constituye el uso ganadero dominante, con 115.35 ha, equivalente a aproximadamente el 53 % del área total del proyecto. Estas áreas se caracterizan por la presencia de pasturas manejadas de manera continua, con intervenciones orientadas a mejorar la disponibilidad forrajera, aunque aún limitadas por las condiciones naturales del suelo, como fertilidad baja y alta susceptibilidad a encharcamientos. Este sistema productivo funciona bajo una relación directa con el nivel freático y el régimen hídrico del territorio, lo que condiciona la intensidad de aprovechamiento y las prácticas de manejo implementadas.

2.7.2.5 Pastoreo semi-intensivo (PEX)

El pastoreo extensivo ocupa 22.16 ha, que representan cerca del 10 % de la superficie estudiada. Corresponde a áreas con pasturas naturales o de baja intervención, donde la actividad ganadera se desarrolla de forma dispersa y con baja carga animal, debido a limitaciones edáficas como drenaje moderado a deficiente, encharcamientos temporales y fertilidad muy baja que restringen cualquier intensificación productiva. Estas zonas suelen ubicarse en sectores donde la topografía y la humedad del suelo dificultan prácticas agrícolas y favorecen un uso extensivo más compatible con las condiciones naturales del terreno.

2.7.2.6 Asentamiento – residencial

El uso residencial se distribuye principalmente hacia los bordes del área de estudio, vinculado con la expansión urbana periférica. Las zonas clasificadas bajo este uso alcanzan 42.66 ha, lo que equivale aproximadamente al 20 % de la superficie evaluada. Se trata de áreas urbanizadas consolidadas o en proceso de consolidación, caracterizadas por la presencia de vivienda formal e informal, equipamientos menores y vías internas. Este patrón de ocupación refleja el crecimiento urbano que avanza sobre áreas rurales y ambientales, generando cambios en la estructura del territorio e incrementando la presión sobre los ecosistemas asociados al humedal.

Adicionalmente, se registran pequeñas áreas residenciales dispersas que ocupan 1.60 ha adicionales, correspondientes a desarrollos puntuales insertos dentro de la matriz rural y próximos a ejes viales secundarios. Aunque su superficie es reducida, representan focos de urbanización que pueden intensificarse en el futuro.

2.7.2.7 Infraestructura – Trasnporte

Las áreas destinadas a infraestructura lineal, principalmente asociadas a vías de transporte, ocupan 1.47 ha, lo que corresponde a menos del 1 % del área total. Aunque su extensión es mínima, su influencia territorial es significativa al actuar como corredores de movilidad, estructuradores del crecimiento urbano y conectores entre los diferentes usos del territorio. Estos elementos facilitan el acceso a las zonas de pastoreo, articulan la conexión entre sectores residenciales y permiten la movilidad regional hacia los ejes productivos del municipio.

Hidroambiental
Ingenieros constructores y consultores S.A.S

2.7.3 Conflicto de uso del suelo

El conflicto de uso del suelo se evaluó a partir del cruce entre la capacidad de uso (uso potencial) y el uso actual del territorio en el DCS Kirpas Pinilla La Cuerera. El resultado se representa en el Mapa de conflicto de uso y permitió identificar cuatro situaciones: tierras sin conflicto de uso o con uso adecuado (SC), conflictos por sobreutilización ligera (SOL), conflictos por subutilización ligera (SUL) y conflictos por subutilización severa (SUS). En conjunto, el área analizada alcanza cerca de 293,75 ha, dentro de las cuales dominan los

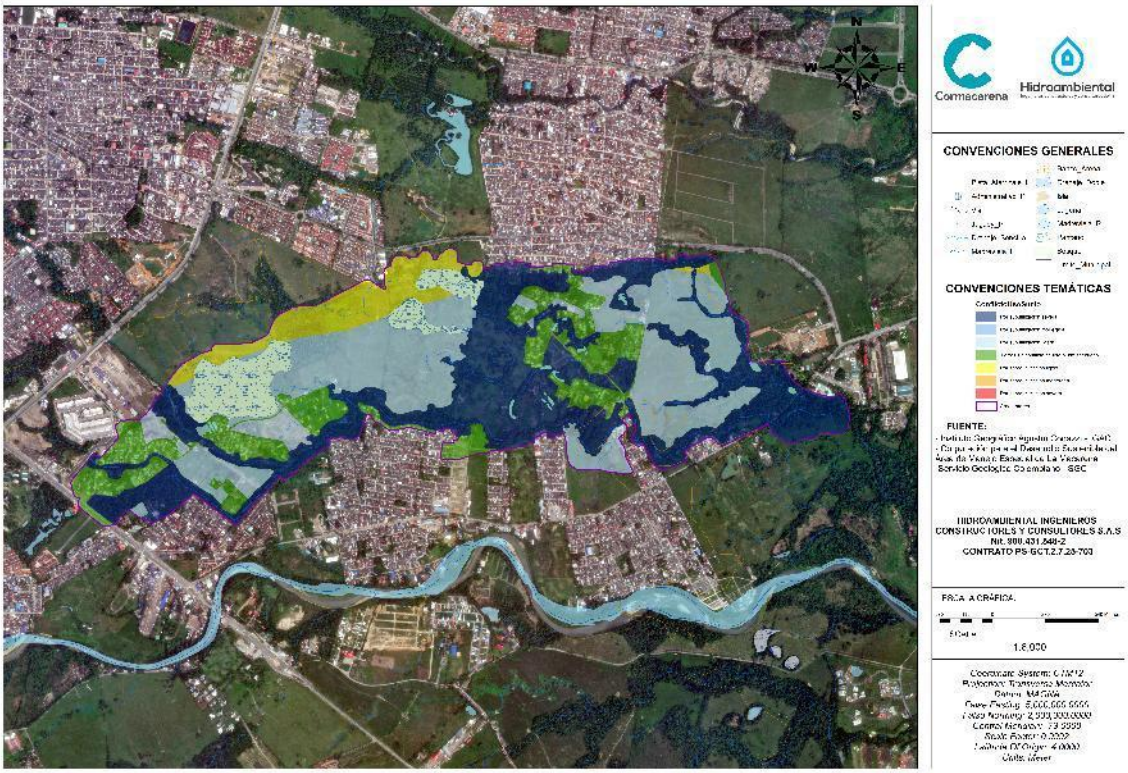
conflictos por subutilización, seguidos por las áreas sin conflicto y, en menor proporción, por zonas de sobreutilización.

En síntesis, el análisis de conflicto de uso del suelo en el DCS Kirpas Pinilla La Cuerera muestra que, aunque existen franjas puntuales de sobreutilización ganadera que requieren medidas de manejo para evitar la degradación del recurso, la mayor parte de las "incongruencias" corresponden a situaciones de subutilización asociadas a la decisión de preservar la integridad del humedal y sus funciones hidrológicas. Este resultado refuerza la necesidad de que el ordenamiento y los instrumentos de manejo ambiental reconozcan explícitamente la función ecológica del área, de manera que los criterios de capacidad de uso se integren con los objetivos de conservación y de regulación del riesgo por inundaciones.

Hidroambiental
Ingenieros constructores y consultores S.A.S

Figura 37.

Conflicto de uso del suelo



2.7.3.1 Tierras sin conflicto de uso o uso adecuado (SC)

Las tierras clasificadas como sin conflicto de uso o con uso adecuado abarcan aproximadamente 67,79 ha, equivalentes a cerca del 23,1 % del área evaluada. En este grupo se incluyen principalmente las superficies ocupadas por cuerpos de agua naturales y zonas adyacentes destinadas a conservación, recreación pasiva y protección ambiental, así como algunos sectores de pastoreo semi-intensivo (PSI) y áreas ya consolidadas con uso

residencial e infraestructura de transporte. En estos casos, el uso actual es coherente con las limitaciones identificadas en la capacidad de uso: los humedales y espejos de agua mantienen su función ecológica como zonas de almacenamiento y laminación de caudales, hábitat de fauna y recarga local; los sectores ganaderos operan con intensidades compatibles con las restricciones de drenaje y fertilidad; y las áreas urbanas e infraestructurales corresponden a zonas en las que la transformación del suelo ya es irreversible, por lo que el conflicto se considera nulo desde la perspectiva estrictamente edáfica. Estas superficies configuran los núcleos donde las estrategias de manejo deben orientarse a mantener las condiciones actuales y evitar nuevas presiones sobre su integridad ambiental.

2.7.3.2 Conflictos por sobreutilización ligera (SOL)

Los conflictos por sobreutilización ligera se concentran en alrededor de 21,69 ha, lo que representa cerca del 7,4 % del área de estudio. Corresponden a sectores donde el uso actual de pastoreo semi-intensivo (PSI) se desarrolla sobre suelos cuya capacidad de uso se limita a pastoreo extensivo (PEX). En estas zonas, ubicadas principalmente hacia los bordes del humedal y en sectores de transición entre las áreas ganaderas y el mosaico urbano, la intensidad de uso supera moderadamente lo recomendado, considerando la baja fertilidad natural, la susceptibilidad a encharcamientos temporales y la presencia de horizontes arcillosos que restringen el drenaje profundo. La sobreutilización se expresa en compactación superficial, reducción de la cobertura vegetal y riesgo de incremento de

erosión laminar, especialmente bajo manejo inadecuado del pastoreo. Aunque el grado de conflicto es calificado como ligero, resulta prioritario implementar prácticas de manejo que reduzcan la carga animal, roten los potreros y mejoren la cobertura herbácea, de tal forma que se estabilice el suelo y se evite su degradación progresiva.

2.7.3.3 Conflictos por subutilización ligera (SUL)

La subutilización ligera abarca del orden de 92,99 ha, equivalentes a aproximadamente el 31,7 % del área analizada. En este caso, el uso actual corresponde principalmente a pastoreo semi-intensivo (PSI) sobre suelos clasificados con capacidad para cultivos transitorios intensivos (CTI). Se trata de superficies localizadas en la franja central del humedal y en algunas terrazas ligeramente elevadas donde, desde el punto de vista edáfico, la profundidad efectiva, la pendiente suave y las condiciones de drenaje permitirían un uso agrícola más intensivo, siempre y cuando se adopten prácticas de manejo adecuadas. La subutilización ligera no implica un problema de degradación del suelo; por el contrario, refleja un escenario en el que la intensidad productiva es menor que el potencial estimado. No obstante, su lectura debe hacerse con cautela en el contexto de Kirpas, donde la presencia de humedales, la dinámica de inundación y las funciones ecológicas del sistema pueden justificar la permanencia de usos ganaderos o de cobertura herbácea, aun cuando la capacidad de uso admita cultivos. En este sentido, más que promover una intensificación indiscriminada, el conflicto por subutilización ligera sugiere áreas con potencial para reconversión productiva estratégica (por ejemplo, sistemas silvopastoriles o agrícolas de

bajo impacto) siempre que sea compatible con los objetivos de conservación y con la regulación hídrica del humedal.

2.7.3.4 Conflictos por subutilización severa (SUS)

Los conflictos por subutilización severa constituyen la categoría de mayor extensión relativa, con aproximadamente 111,28 ha, lo que corresponde a cerca del 37,9 % del área evaluada. En esta clase se agrupan varias combinaciones de uso actual y potencial: zonas destinadas a conservación y/o recuperación de la naturaleza (CRE) sobre suelos con capacidad para pastoreo extensivo (PEX) o cultivos transitorios intensivos (CTI), áreas de pastoreo extensivo y semi-intensivo sobre suelos con capacidad agrícola intensiva y, en menor proporción, superficies donde la vocación para CTI contrasta con usos ganaderos de baja intensidad. Desde una interpretación estrictamente edáfica, estas tierras estarían siendo utilizadas muy por debajo de su capacidad productiva, generando un "déficit de uso" que se califica como severo. Sin embargo, en el contexto del DCS Kirpas Pinilla La Cuerera, buena parte de estas áreas coincide con zonas inundables, corredores de humedal y sectores priorizados para conservación, donde la decisión de mantener coberturas menos intensivas responde a objetivos de regulación hídrica, protección de biodiversidad y contención de la expansión urbana. Por ello, el conflicto de subutilización severa debe entenderse más como una tensión entre la vocación agrícola teórica y la función ambiental del territorio, que como un problema de planificación per se. En términos de ordenamiento, estas zonas ofrecen oportunidades para consolidar estrategias de manejo integral del humedal, pagos

por servicios ecosistémicos o reconversión hacia usos compatibles con la conservación, más que para intensificar el uso del suelo.

2.8 Amenazas

El territorio correspondiente al DCS Kirpas Pinilla La Cuerera presenta un conjunto de condiciones geomorfológicas, hidrometeorológicas y edáficas que determinan un nivel particular de susceptibilidad frente a diversas amenazas naturales. La localización del área de estudio sobre el abanico aluvial del piedemonte de Villavicencio, en un entorno dominado por humedales, planos de inundación, suelos con drenaje imperfecto y fluctuaciones freáticas, configura un ambiente donde la dinámica hídrica y morfodinámica tiene un papel determinante en la generación de procesos potencialmente peligrosos.

Estos factores condicionantes —pendientes bajas a moderadas, suelos asociados a depósitos aluviales recientes (PVAA, PVBA, RVHay), alta humedad edáfica y una red de drenaje compuesta por cuerpos de agua naturales, caños y áreas encharcables— interactúan con presiones antrópicas derivadas del uso del suelo, especialmente en sectores con pastoreo semiextensivo, zonas residenciales emergentes y tránsito rural, generando escenarios de susceptibilidad variable frente a amenazas hidrológicas y geomorfológicas.

2.8.1 Factores condicionantes y procesos asociados

Uno de los elementos más relevantes en Kirpas es la presencia de un sistema freático somero, característico del ambiente aluvial del Ocoa, el cual mantiene niveles de saturación

elevados durante buena parte del año, especialmente en época de lluvias. Esta condición incrementa la probabilidad de encharcamientos prolongados, disminuye la resistencia al corte de los suelos y favorece procesos como:

- Erosión hídrica laminar y en surcos.
- Remoción de material fino y pérdida de estructura del suelo.
- Soca vación ligera en bordes de drenajes naturales.
- Inestabilidad localizada en taludes menores construidos antrópicamente.
- Anegamientos temporales e inundaciones lentas.

La morfología del territorio —caracterizada por topografía suavemente ondulada, depresiones locales y corredores de escorrentía— puede generar microdepósitos o zonas de acumulación de agua, que en eventos de lluvia intensa pueden presentar inundaciones de baja a moderada magnitud, especialmente en sectores donde se han modificado los drenajes naturales por urbanización o actividades agropecuarias.

2.8.2 Influencia del material parental y características del suelo

El predominio de materiales aluviales recientes, limo-arenosos y franco-arcillosos, sumado a una baja permeabilidad en algunas unidades cartográficas (como PVBA y sectores de RVHay), incrementa la susceptibilidad a problemas asociados a:

- Hidromorfía estacional.
- Encostramiento superficial.

- Encharcamientos por drenaje deficiente.
- Compactación por pisoteo de ganado, reduciendo infiltración.

En particular, las unidades PVBa y RVHay, que dominan la zona central y sur del DCS, presentan horizontes arcillosos más densos, que restringen la percolación, generando escurrimientos superficiales concentrados, claves en la aparición de microerosión y afectación de la infraestructura menor (caminos terciarios, drenajes abiertos, accesos rurales y cercas).

2.8.3 Dinámica hidrológica local

La red hídrica de Kirpas se articula principalmente con los caños Cuerera, Marengo, Aguas Claras y Rodas, además de una multiplicidad de espejos de agua y lagunas asociadas a procesos de inundación natural. Durante los picos de lluvia, los niveles freáticos ascienden y los drenajes naturales funcionan como receptores hidráulicos con baja pendiente. Esto favorece:

- Inundaciones lentas y progresivas, típicas de humedal.
- Desbordamientos menores en sectores aledaños a los caños.
- Encharcamientos prolongados en depresiones internas.
- Movilidad restringida debido a la acumulación temporal de agua.

Aunque estas condiciones forman parte de la dinámica ecológica del humedal, representan una amenaza para infraestructura vial local, viviendas dispersas y áreas ganaderas sometidas a pastoreo semiextensivo, en especial en zonas donde se han rellenado o intervenido drenajes.

2.8.4 Amenaza sísmica

La amenaza sísmica en el territorio correspondiente al DCS Kirpas Pinilla La Cuerera se enmarca dentro de las condiciones regionales definidas por la zonificación oficial de la NSR-10 para el municipio de Villavicencio, la cual se basa en el modelo probabilístico de amenaza sísmica elaborado por el Servicio Geológico Colombiano y la AIS. Según esta clasificación, el municipio y su zona inmediata se encuentran ubicados en un dominio de amenaza sísmica alta, condición que implica la posibilidad de registrar aceleraciones significativas del terreno ante la ocurrencia de eventos sísmicos regionales, principalmente aquellos asociados a la subducción de la placa de Nazca bajo la placa Suramericana y a la actividad de fallas corticales en la Cordillera Oriental. Esta ubicación en el piedemonte llanero determina que los sismos intermedios y superficiales que han afectado históricamente el centro-oriente del país puedan incidir sobre la dinámica del área de estudio, aun cuando los focos más activos se concentran en los sistemas de fallas ubicados hacia el occidente.

El polígono del DCS Kirpas Pinilla La Cuerera se encuentra completamente inserto en este mismo dominio de amenaza, por lo que cualquier intervención dentro de su perímetro debe partir del reconocimiento de que toda infraestructura construida o proyectada deberá cumplir los parámetros de diseño y comportamiento sísmico exigidos por la normativa vigente. Esto incluye vías internas, senderos, estructuras de control hidráulico, edificaciones de apoyo y demás elementos sensibles a deformaciones del terreno. En términos normativos, el comportamiento sísmico de cualquier elemento a construir debe ser evaluado considerando la demanda sísmica definida para Villavicencio en la NSR-10, independientemente de la escala de la infraestructura.

En el caso particular de Kirpas, los condicionantes locales tienen un papel determinante en la respuesta del terreno frente a movimientos sísmicos. El área de estudio se desarrolla mayoritariamente sobre depósitos aluviales recientes, dominados por texturas franco-arenosas, franco-arcillosas y limosas, con perfiles profundos y presencia frecuente de horizontes con humedad elevada o saturación temporal. Estas características son propias de los sistemas de humedal del piedemonte y de las planicies de inundación asociadas al río Ocoa y a los caños adyacentes. Los suelos resultantes tienden a ser relativamente blandos, con baja resistencia dinámica y una elevada capacidad para amplificar ondas sísmicas, especialmente en sectores donde el nivel freático se mantiene somero durante gran parte del año.

La presencia de unidades como PVAA, PVBA y RVHay, las cuales poseen drenaje imperfecto, estructura débil en horizontes inferiores y materiales finos periódicamente saturados, incrementa la susceptibilidad a fenómenos de amplificación local del movimiento sísmico. Esto significa que, aunque la amenaza sísmica regional es uniforme, la respuesta local puede ser más severa en sectores donde los suelos presentan menor rigidez, mayor humedad o presencia de sedimentos depositados recientemente. Dichas condiciones favorecen la deformación no elástica del terreno y la transmisión irregular de la energía sísmica, afectando particularmente a estructuras superficiales o cimentaciones poco profundas.

A esta condición edáfica se suma la influencia de actividades antrópicas desarrolladas históricamente en el área de influencia. Sectores intervenidos mediante rellenos antrópicos, nivelaciones irregulares y zonas con compactación insuficiente debido al tránsito de ganado o maquinaria presentan, en eventos sísmicos, un comportamiento menos estable, con mayores probabilidades de asentamientos diferenciales y deformaciones localizadas. Esto es especialmente relevante en zonas periféricas donde la urbanización ha avanzado sin una preparación integral del terreno, generando microrelieves que pueden concentrar esfuerzos y afectar la estabilidad de estructuras ligeras.

En consecuencia, aunque el humedal y sus áreas adyacentes funcionan como un sistema ecológico complejo donde predominan materiales recientes, humedad elevada y baja pendiente, estas mismas características se traducen en consideraciones técnicas adicionales

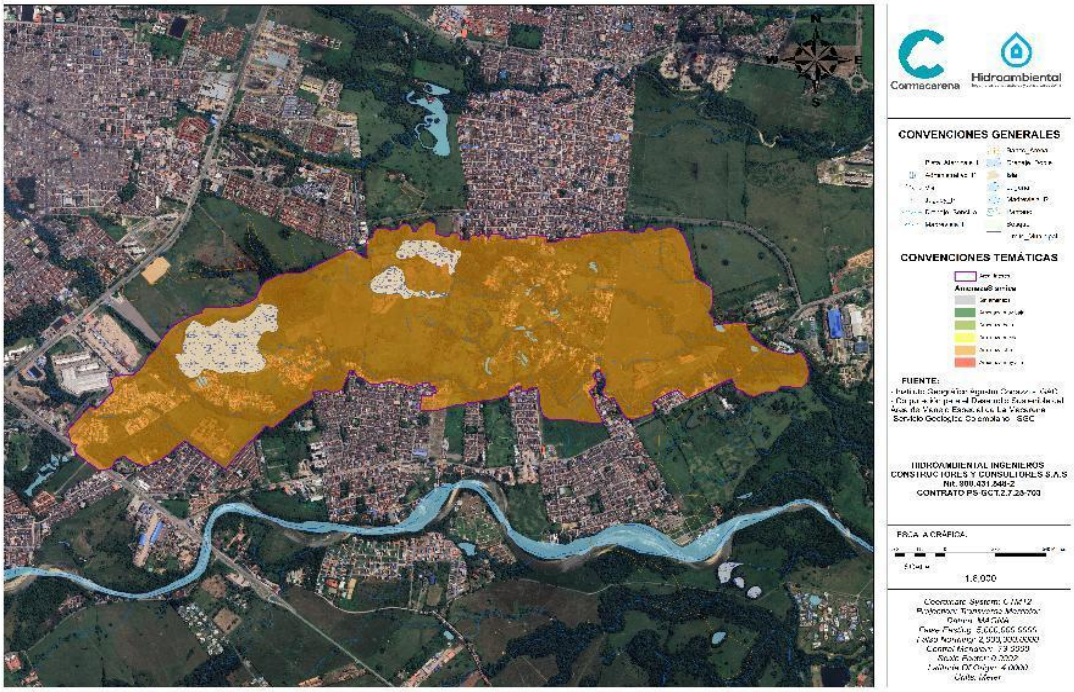
para la gestión del riesgo sísmico. La infraestructura existente o futura —incluyendo viviendas dispersas, vías terciarias, cercas, pequeñas edificaciones comunitarias y obras de drenaje— deberá ser evaluada teniendo en cuenta la probabilidad de amplificación sísmica y la necesidad de implementar diseños más robustos en cimentación, refuerzo o control de asentamientos.

De esta manera, la amenaza sísmica en Kirpas no solo refleja la peligrosidad regional definida por la NSR-10, sino también la respuesta diferencial del suelo asociada al contexto geomorfológico del humedal. El reconocimiento de estas condiciones es fundamental para orientar adecuadamente los procesos de planificación territorial, la formulación del PMA y la definición de medidas de mitigación que fortalezcan la seguridad y resiliencia del territorio frente a eventos sísmicos.

Hidroambiental
Ingenieros constructores y consultores S.A.S

Figura 38.

Unidades cartográficas de suelo



Hidroambiental
Ingenieros constructores y consultores S.A.S

2.8.5 Amenaza por avenidas torrenciales

El análisis integrado de las condiciones geomorfológicas, topográficas, hidrológicas y de materiales superficiales del territorio correspondiente al DCS Kirpas Pinilla La Cuerera permite establecer con claridad que el área de estudio no presenta condiciones favorables para la ocurrencia, tránsito ni acumulación de avenidas torrenciales. Esta conclusión se fundamenta en la caracterización detallada desarrollada para el predio, complementada con la revisión de información normativa y cartográfica externa, dentro de la cual el Plan de Ordenamiento Territorial (POT) vigente para el municipio de Villavicencio clasifica este

sector como área de amenaza baja por avenidas torrenciales, concordante con las observaciones técnicas recopiladas.

Geomorfológicamente, el predio se localiza en la parte baja del sistema de drenaje, dentro de una superficie de acumulación cuaternaria que conforma una llanura aluvial–palustre y planicie de inundación, caracterizada por pendientes entre 0–3 %, con algunos relieve ligeramente más inclinados que no superan el 7 %. Estas condiciones corresponden a ambientes de flujo de baja energía, donde predominan procesos de deposición sedimentaria fina, escurrimiento difuso y drenajes no confinados. La combinación de falta de gradientes fuertes, escasa energía hidráulica y estabilidad morfológica del paisaje constituye evidencia inequívoca de la ausencia de condiciones predisponentes para avenidas torrenciales.

Desde el punto de vista hidrológico, las corrientes que drenan el polígono —como Caño La Cuerera y microdrenajes internos— presentan trazos cortos, pendientes mínimas y cauces someros, los cuales no permiten la acumulación ni concentración de caudales energéticos capaces de movilizar detritos gruesos. El flujo superficial responde de manera lenta incluso durante eventos de lluvia intensa, debido a la textura fina predominante en los suelos, a la cobertura vegetal mixta y a la presencia de zonas húmedas que atenúan la escorrentía. No se identifican cañones, cárcavas profundas, rupturas de pendiente ni encajonamientos que pudieran dar origen a incrementos súbitos de energía fluvial.

Los materiales superficiales que conforman el área de estudio corresponden principalmente a sedimentos finos aluviales y palustres —franco–arcillosos y franco–arenosos— de alta

cohesión, estructura estable y permeabilidad moderada, lo cual elimina la probabilidad de aportar bloques, gravas o detritos inestables indispensables para el desarrollo de flujos torrenciales. Esta condición es crítica, pues los fenómenos torrenciales exigen una combinación de pendientes fuertes, aporte masivo de detritos y canales confinados, características que no se observan en ningún sector del predio.

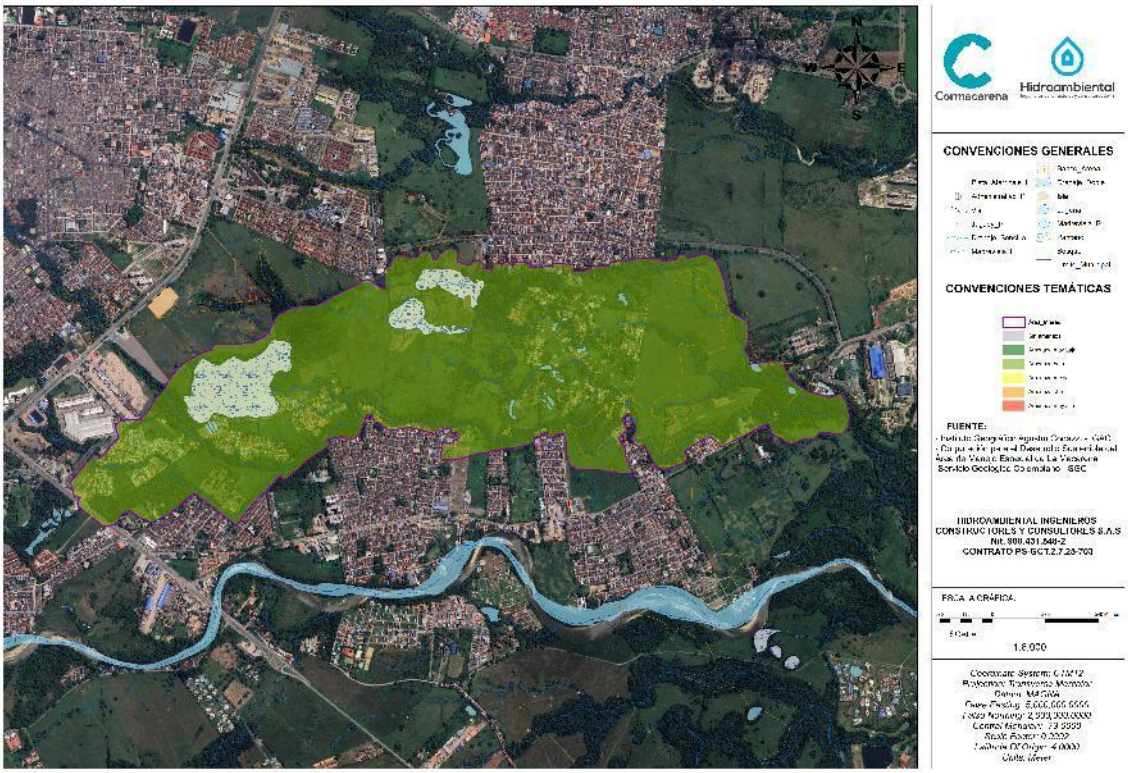
Desde la perspectiva morfodinámica, no existe dentro del polígono ninguna zona con pendientes mayores al 15–20 %, umbral mínimo generalmente requerido para generar movimientos súbitos de lodos y flujos hiperconcentrados. Tampoco se reconocen cabecearas activas, cicatrices de remoción en masa, aporte de laderas desestabilizadas o taludes susceptibles de suministrar material suelto al sistema de drenaje. Esta ausencia casi total de factores condicionantes implica que, incluso bajo detonantes climáticos intensos —tales como lluvias extraordinarias o tormentas convectivas—, la configuración geomorfológica del terreno no permitiría la evolución hacia eventos torrenciales, limitando la respuesta hidrológica a desbordamientos lentos, avenamientos superficiales y encharcamientos locales propios de planicies de baja energía.

La evaluación realizada coincide plenamente con la clasificación oficial del POT de Villavicencio, que asigna al sector de Kirpas la condición de amenaza baja o no aplicable por avenidas torrenciales, reforzando la validez técnica del análisis. La convergencia entre la evidencia geomorfológica, la homogeneidad de los materiales, la estabilidad topográfica

y la dinámica hidrológica de baja energía confirma que el predio carece de los elementos estructurales esenciales para la ocurrencia de este tipo de procesos.

Figura 39.

Amenaza por avenidas torrenciales



En síntesis, la combinación de relieve plano a suavemente ondulado, drenajes no confinados, ausencia de aporte de detritos, materiales finos estables, dinámica fluvial pasiva y ubicación dentro de la parte baja de la cuenca, sumada a la clasificación del POT municipal, permite concluir que la amenaza por avenidas torrenciales en el área de estudio es Baja – No Aplica. La ausencia absoluta de factores condicionantes hace técnicamente

imposible la ocurrencia de este tipo de procesos, independiente de la presencia de detonantes climatológicos extremos.

2.8.6 Amenaza por movimientos en masa

El análisis detallado de las condiciones geomorfológicas, topográficas, geotécnicas y de materiales superficiales del área de estudio permite establecer que el DCS Kirpas Pinilla La Cuerera no presenta condiciones predisponentes para la ocurrencia de movimientos en masa, lo cual coincide con la clasificación oficial del POT de Villavicencio, donde el sector se registra como área de amenaza baja o no aplicable para esta tipología de proceso. La configuración natural del terreno y el comportamiento de los suelos del predio determinan un escenario morfodinámicamente estable, en el cual es técnicamente improbable el desarrollo de deslizamientos, reptaciones, flujos de lodos o caídas de roca.

Geomorfológicamente, el predio se emplaza dentro de una planicie aluvial–palustre y llanura de inundación, conformada por superficies casi planas con pendientes entre 0–3 %, y sectores suavemente ondulados que excepcionalmente alcanzan 5–7 %, valores muy inferiores a los umbrales típicamente asociados a inestabilidad en laderas. Estas condiciones generan un relieve bajo, amplio y sin rupturas marcadas de pendiente, sin evidencias de terrazas colgadas, conos de derrubio, escarpes, cicatrices de antiguas remociones o morfologías asociadas a procesos gravitacionales. La ausencia de tales elementos morfoestructurales es uno de los indicadores más robustos de estabilidad frente a movimientos en masa.

Desde la perspectiva geotécnica, los materiales superficiales corresponden a sedimentos cuaternarios finos, cohesionados, con altos contenidos de arcillas y limos, los cuales presentan una buena consistencia en estado natural y una permeabilidad relativamente baja. Estas condiciones inhiben la infiltración profunda rápida y reducen la formación de superficies potenciales de falla. Adicionalmente, no se identifican taludes naturales o antrópicos de altura considerable dentro del predio que pudieran generar superficies críticas de rotación o traslación. Los suelos dominantes —como PVAa, PVBa y asociaciones con unidades orgánicas y aluviales recientes— exhiben un comportamiento mecánico estable bajo condiciones de saturación moderada, particularmente en ausencia de pendientes fuertes.

La hidrología superficial del área, dominada por drenajes no confinados, someros y de baja energía, tampoco favorece procesos erosivos que puedan desencadenar movimientos en masa. No se observan socavaciones en bases de taludes, erosión lateral significativa ni dinámica fluvial capaz de debilitar estructuras del suelo. Aunque se presentan zonas con encharcamientos temporales y niveles freáticos someros debido al carácter del humedal, estos fenómenos se manifiestan en forma de saturación superficial y no producen inestabilidad gravitacional, pues la topografía suave evita la concentración de esfuerzos cortantes.

En relación con el uso del suelo, las actividades actuales —principalmente ganadería extensiva o semi-intensiva, áreas de conservación y sectores urbanos consolidados— no generan cargas adicionales, cortes inestables ni modifican la topografía en una magnitud capaz de inducir procesos de remoción. Las intervenciones antrópicas existentes se desarrollan sobre superficies planas y no implican excavaciones profundas ni terraplenes que puedan alterar el equilibrio geotécnico del terreno.

Figura 39.

Amenaza por movimientos en masa.



En términos de factores desencadenantes, si bien la región puede experimentar periodos de lluvias intensas asociados a variabilidad climática, la ausencia de pendientes pronunciadas, la homogeneidad de los materiales y la falta de estructuras morfológicas susceptibles hacen que, incluso bajo escenarios de saturación extrema, no sea posible la evolución hacia deslizamientos o flujos gravitacionales. Las respuestas hidrológicas del predio frente a las lluvias se limitan a encharcamientos locales y escurrimiento difuso, sin inestabilidad de taludes.

El análisis coincide plenamente con la clasificación del POT de Villavicencio, que identifica la zona como de amenaza baja por movimientos en masa, validando la totalidad de las observaciones técnicas recopiladas en el proceso de evaluación.

En síntesis, la combinación de pendientes suaves, sedimentos finos estables, drenajes poco energéticos, ausencia total de taludes o rupturas de pendiente, cobertura vegetal protectora y estabilidad geotécnica comprobada, permite concluir que la amenaza por movimientos en masa en el área de estudio es Baja – No Aplica. La carencia absoluta de factores condicionantes geomorfológicos y geotécnicos hace técnicamente imposible la ocurrencia de este tipo de fenómenos dentro del predio, incluso ante la presencia de detonantes extremos de origen meteorológico.

2.8.7 Amenaza por inundación

La determinación preliminar de la amenaza por inundación en el área de estudio del DCS Kirpas Pinilla La Cuerera parte de la información oficial establecida en el Plan de Ordenamiento Territorial (POT) vigente del municipio de Villavicencio, el cual clasifica la totalidad del polígono como zona de Amenaza Baja por inundación. Esta categorización municipal responde a criterios generales de dinámica hidrológica, comportamiento de la planicie aluvial, exposición de infraestructuras y susceptibilidad del territorio frente a procesos de anegamiento.

No obstante, al contrastar la delimitación del POT con la caracterización ambiental y geomorfológica desarrollada específicamente para el presente estudio, es necesario precisar que, si bien la amenaza se clasifica como baja, el entorno físico de Kirpas sí presenta condiciones naturales que permiten la ocurrencia de inundaciones locales y encharcamientos, típicos de los sistemas aluviales de baja energía asociados a microdepresiones, suelos arcillosos y drenajes poco definidos. Esta situación no contradice la clasificación municipal, sino que la complementa desde la escala del predio, donde la amenaza se entiende como baja pero existente, y propia de ambientes húmedos y planos en sectores bajos de cuenca.

El terreno de Kirpas se ubica sobre depósitos cuaternarios aluviales recientes, con materiales finos de alta plasticidad (limos y arcillas) y una permeabilidad variable dependiendo de la textura del suelo. La pendiente natural oscila entre 0 % y 3 %, con predominio claro de planicies de acumulación, lo que favorece el estancamiento temporal

del agua durante eventos de lluvia prolongada. Estas condiciones son típicas de humedales interiores y llanuras de inundación subordinadas al comportamiento hidrológico del río Ocoa y de sus cauces secundarios.

Adicionalmente, la red de drenaje natural del área presenta trazados meándricos, canales discontinuos y escaso confinamiento, condiciones que facilitan que las aguas lluvias se dispersen y avancen lentamente hacia áreas adyacentes. La baja rugosidad del relieve y la limitada capacidad de evacuación hidráulica favorecen la presencia de láminas someras de inundación, especialmente en zonas con microrelieves cerrados.

Figura 40.
Amenaza por inundación



Nota 1. Información tomada del POT Villavicencio 2015

La dinámica hidrológica está influenciada por la presencia de suelos franco-arcillosos y franco-arenosos con horizontes superficiales susceptibles a saturación, asociados a fluctuaciones del nivel freático. En temporadas lluviosas, el ascenso del nivel freático reduce la capacidad de infiltración y favorece la acumulación temporal de agua.

Los sectores boscosos identificados como bosques de galería regulan parte del escurrimiento, pero las áreas intervenidas y de uso ganadero muestran compactación superficial que incrementa la escorrentía y prolonga los tiempos de retención de agua sobre la superficie.

Estas condiciones explican por qué, aunque Kirpas no registra antecedentes de inundaciones súbitas o desbordamientos violentos, sí puede presentar eventos de anegamiento de baja energía, típicos de llanuras aluviales.

En síntesis, para el área de estudio del DCS Kirpas Pinilla La Cuerera, la amenaza por inundación se clasifica como Baja, en coherencia con el POT municipal y con los análisis geomorfológicos, hidrológicos y edáficos realizados. Aunque el área posee condiciones que permiten la formación de encharcamientos y láminas de agua someras durante épocas de lluvia, la ausencia de pendientes pronunciadas, la naturaleza fina de los materiales, la baja energía hidráulica y la limitada capacidad de los cauces descartan la ocurrencia de inundaciones de magnitud relevante. Por tanto, se trata de una amenaza baja pero existente, intrínseca al funcionamiento ambiental del humedal y sin implicaciones significativas sobre infraestructura o seguridad territorial.

1.2 Riesgo de desastres

La gestión del riesgo en el DCS Kirpas Pinilla La Cuerera se orienta a identificar los peligros presentes en el territorio, evaluar la susceptibilidad de los elementos expuestos y establecer medidas básicas que permitan reducir la posibilidad de afectaciones sobre los ecosistemas del humedal, la infraestructura menor y los usuarios del área. El análisis integra los resultados de las amenazas naturales evaluadas —sismo, inundación, movimientos en masa y avenidas torrenciales— junto con las características geomorfológicas, hidrológicas y de uso del suelo del predio.

En términos generales, el área presenta amenazas naturales bajas, condición que coincide con la clasificación incluida en el POT del municipio de Villavicencio. No obstante, la vulnerabilidad ambiental del humedal y la presencia de ocupaciones dispersas obligan a mantener un enfoque preventivo orientado a conservar la dinámica natural del ecosistema y a evitar actividades que aumenten la exposición.

La amenaza sísmica es de carácter regional y no se origina en las condiciones locales, por lo que su manejo se remite al cumplimiento de los parámetros de diseño establecidos por la NSR-10, especialmente en suelos aluviales blandos donde puede presentarse amplificación ligera de ondas. Por su parte, la amenaza por avenidas torrenciales es baja o no aplicable, dado que el territorio no cuenta con pendientes críticas, cauces confinados ni aporte de detritos que permitan el transporte de flujos hiperconcentrados. Asimismo, la amenaza por

movimientos en masa es baja, asociada únicamente a saturación superficial del terreno, sin evidencias de inestabilidad en taludes ni condiciones para remociones profundas. La amenaza por inundación es también baja, aunque pueden presentarse encharcamientos o láminas de agua someras propios de la planicie aluvial y de la cercanía al humedal.

Con base en lo anterior, el riesgo existente se considera bajo, aunque requiere acciones básicas de control. Entre las principales medidas se destacan: evitar rellenos y modificaciones que alteren la circulación natural del agua en el humedal, regular prácticas como el pastoreo para disminuir la compactación del suelo, mantener y restaurar coberturas vegetales protectoras, y asegurar que cualquier infraestructura ligera cumpla con los criterios sísmicos vigentes. Adicionalmente, se recomienda monitorear de manera periódica las zonas donde se registran encharcamientos y realizar mantenimiento preventivo de drenajes menores.

Hidroambiental
Ingenieros constructores y consultores S.A.S

En síntesis, aunque el DCS Kirpas no presenta amenazas significativas, la gestión del riesgo debe centrarse en conservar la integridad ambiental del humedal, minimizar intervenciones incompatibles con su dinámica natural y fortalecer el manejo preventivo del territorio para reducir la vulnerabilidad futura.

3 Socioeconómico Y Cultural

3.1 Introducción

El Distrito de Conservación de Suelos Kirpas–Pinilla–La Cuerera, ubicado en la ciudad de Villavicencio, constituye un área estratégica para la conservación de los ecosistemas y la biodiversidad regional. En las últimas décadas, estas zonas han estado expuestas a presiones derivadas del crecimiento poblacional, la ocupación progresiva del territorio, la transformación de coberturas naturales y la contaminación de fuentes hídricas, así como a los efectos del cambio climático. Estas dinámicas evidencian la necesidad de implementar medidas de protección y manejo sostenible, considerando los múltiples servicios ecosistémicos que proporcionan los bosques y ecosistemas asociados, como la regulación del ciclo hidrológico, la captura de carbono y el sustento de las comunidades locales.

Colombia, reconocida como un país megadiverso y con aproximadamente el 52% de su territorio cubierto por bosques, ha enfrentado pérdidas importantes de cobertura forestal debido a actividades humanas, alcanzando cerca de 2,8 millones de hectáreas entre 2000 y 2019. La conservación de estas áreas es fundamental no solo para la biodiversidad, sino también para la calidad de vida de las poblaciones rurales y la mitigación de las emisiones de gases de efecto invernadero (Ospina Moreno y otros, 2020).

El país ha adoptado compromisos legales e institucionales para proteger sus ecosistemas, incluyendo la ratificación del Convenio sobre la Diversidad Biológica mediante la Ley 165 de 1994 y la creación del Sistema Nacional de Áreas Protegidas (SINAP), que establece lineamientos para la conservación de los ecosistemas estratégicos. Adicionalmente, el CONPES 4021 – Política Nacional para el Control de la Deforestación y la Gestión

Sostenible de los Bosques (2020-2030) plantea estrategias orientadas a promover el uso sostenible de los bosques, articular acciones entre los sectores gubernamentales y comunidades, prevenir actividades ilegales y fortalecer la información para la toma de decisiones.

A nivel regional, las Corporaciones Autónomas Regionales, como autoridades ambientales, tienen la responsabilidad de ejecutar políticas, programas y proyectos que garanticen la conservación de los recursos naturales y la sostenibilidad del territorio, de acuerdo con lo establecido en la Ley 99 de 1993. En este marco, cada área protegida debe contar con un Plan de Manejo con vigencia de cinco años, que establezca acciones y actividades para atender problemáticas socioambientales y garantizar la conservación de los ecosistemas.

La actualización del Plan de Manejo del Distrito Kirpas–Pinilla–La Cuerera busca consolidar la conservación de la biodiversidad, asegurar la continuidad de los procesos ecológicos y fortalecer la provisión de servicios ecosistémicos para las comunidades locales. Este instrumento permite evaluar el estado actual del área, identificar presiones socioambientales, involucrar a la comunidad en la gestión del territorio y orientar recursos y proyectos hacia un manejo sostenible.

Para la caracterización del área y su población, se recopilaron datos sobre la dinámica poblacional, actividades económicas, tenencia de tierra, condiciones de vida, acceso a servicios públicos, organización comunitaria y presiones ambientales, con el fin de comprender la interacción entre las comunidades y los ecosistemas. Esta información

constituye un insumo fundamental para planificar estrategias de conservación, ecoturismo comunitario y manejo sostenible del territorio.

Las principales fuentes consultadas incluyen el Departamento Administrativo Nacional de Estadística – DANE, Departamento Nacional de Planeación – DNP, Agencia Nacional de Hidrocarburos – ANH, Agencia Nacional de Minería – ANM, Instituto Colombiano de Antropología e Historia – ICANH, así como información de la Secretaría de Medio Ambiente, Planeación y Desarrollo Rural de Villavicencio, entre otros entes locales y regionales.

3.2 Caracterización De Actores Locales

La caracterización socioeconómica del Distrito de Conservación de Suelos Kirpas–Pinilla La Cuerera se fundamenta en la necesidad de comprender las interacciones entre los sistemas humanos y los procesos biofísicos presentes en el área protegida. Este análisis permite identificar patrones de ocupación, dinámicas productivas, formas de organización social y relaciones institucionales que inciden directamente en la funcionalidad ecológica del territorio y en la efectividad de las acciones de conservación.

El reconocimiento, identificación y tipificación de los actores sociales incluyendo unidades domésticas, organizaciones comunitarias, instituciones estatales y actores territoriales de nivel municipal y departamental constituye un insumo crítico para la planificación adaptativa.

La caracterización de estos actores permite establecer sus intereses, niveles de influencia, capacidad operativa y grado de interacción con el área protegida, información indispensable para orientar procesos de gestión territorial bajo criterios de sostenibilidad.

Asimismo, se implementaron estrategias de relacionamiento institucional y comunitario orientadas a consolidar mecanismos formales de comunicación y participación. Estas acciones han favorecido la generación de confianza y la adopción de acuerdos operativos que reduzcan la conflictividad socio ambiental y fortalezcan la gobernanza del territorio. La sistematización de estos procesos contribuye a definir rutas de gestión que articulan actores, competencias y recursos en el marco del Plan de Manejo.

La priorización de actores estratégicos permite, además, establecer un marco analítico para la coordinación interinstitucional y la integración de iniciativas locales en los procesos de conservación. Este enfoque facilita la identificación de riesgos y oportunidades para la gestión ambiental y garantiza que las medidas implementadas respondan a las dinámicas socio territoriales actuales, asegurando la pertinencia y viabilidad del Plan de Manejo a largo plazo.

3.2.1 Clasificación De Actores Sociales

3.2.1.1 Actores Públicos

Los actores públicos corresponden a las instituciones del Estado que cuentan con competencias legales, recursos técnicos y responsabilidades directas en la gestión, manejo y

protección del Distrito de Conservación de Suelos Kirpas-Pinilla-La Cuerera, estos actores participan en la planificación, ejecución y seguimiento de las acciones orientadas a la conservación del área y al fortalecimiento de la gobernanza ambiental local. se describen en la Tabla 15.

Tabla 15.

Actores sociales e institucionales en el contexto territorial del área protegida en el municipio de Villavicencio.

Actor	Escala	Misionalidad	Incidencia en el A. P.	Análisis final
Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible	Nacional	Orientar y regular el ordenamiento ambiental del territorio, además de definir las políticas y regulaciones, para asegurar un desarrollo sostenible en concordancia con la protección del patrimonio natural.	El Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS) tiene incidencia en el Distrito de Conservación de Suelos Kirpas-Pinilla-La Cuerera mediante la formulación de políticas y lineamientos nacionales que orientan la conservación, restauración y manejo sostenible de ecosistemas estratégicos. Brinda orientación técnica y normativa a las autoridades locales, en	Estás acciones son fundamentales en el proceso de conservación y manejo del área protegida, ya que permiten el fortalecimiento de las capacidades institucionales, comunitarias y locales en la gestión integral de los ecosistemas del área, además de ser una apuesta por la conservación que propende por la conectividad ecosistémica.

Actor	Escala	Misionalidad	Incidencia en el A. P.	Análisis final
			especial a Cormacarena, para garantizar la protección del suelo, la regulación hídrica y la preservación de la biodiversidad en el distrito.	
Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (IAvH)	Nacional	Es el encargado de realizar investigación básica y aplicada sobre los recursos bióticos, hidrobiológicos y genéticos de flora y fauna del país, con el fin de elaborar el inventario científico de la biodiversidad en el territorio nacional.	El Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (IAvH) tiene incidencia en el Distrito de Conservación de Suelos Kirpas-Pinilla-La Cuerera mediante el apoyo técnico y científico en temas de biodiversidad, restauración ecológica y monitoreo ambiental. Aporta información y metodologías que fortalecen la gestión del conocimiento y la toma de	El Instituto puede ser un aliado estratégico para la implementación de acciones orientadas al fortalecimiento del conocimiento, el uso sostenible de la biodiversidad y la protección de la riqueza natural y sociocultural del área protegida.

Actor	Escala	Misionalidad	Incidencia en el A. P.	Análisis final
			decisiones para la planificación y manejo sostenible del área protegida, en coordinación con Cormacarena y otras entidades del Sistema Nacional Ambiental (SINA).	
Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC)	Nacional	Fomentar la producción masiva, estandarizada, simple y el mantenimiento sostenible de datos geográficos, cartográficos, geodésicos, agrológicos y catastrales, para la generación de información y conocimiento del territorio.	El IGAC genera información catastral del territorio, necesario para la actualización catastral predial, debido a que el municipio no cuenta con información catastral actualizada.	Esta entidad es clave para la actualización catastral que se adelante por iniciativa del municipio o de los propietarios al interior de la nueva área protegida.
Ministerio de Comercio, Industria y Turismo	Nacional	Encargado de adelantar acciones que tienen que ver con el Registro Nacional del Turismo, inscribiendo los	Se encuentran activos en el territorio con el Registro Nacional de Turismo a establecimientos	En el área protegida se pueden prestar servicios de turismo ligados a la educación ambiental, el avistamiento de

Actor	Escala	Misionalidad	Incidencia en el A. P.	Análisis final
		diferentes actores sociales que prestan servicios turísticos en el país. Dicho registro, es requisito para las diferentes promociones ligadas a la actividad turística.	legalizados.	aves
Servicio Nacional de Aprendizaje - SENA	Nacional	Encargado de cumplir la función de invertir en el desarrollo social y técnico de los trabajadores, ofreciendo y ejecutando formación profesional integral.	En el territorio, transfiere conocimientos y capacidades, orientadas a fortalecer las capacidades informáticas, digitalización y de telares.	es un actor clave para el proceso de formación de operadores turísticos e intérpretes ambientales del área protegida
CORMACARENA	Regional	Como Autoridad Ambiental, CORMACARENA regula, protege, controla y emite permisos orientados y en función de la conservación del patrimonio natural del área de su	Entidad encargada de administrar el área protegida, al igual que garantizar la elaboración del Plan de Manejo Ambiental. Presente en el territorio en la	Presentes activamente en el territorio, desarrollando estrategias y acciones que propenden por la conservación en el área protegida y la estrategia de manejo. Además, su interacción con los actores

Actor	Escala	Misionalidad	Incidencia en el A. P.	Análisis final
		jurisdicción. Además, propende por la protección de los ecosistemas estratégicos, el recurso hídrico y la diversidad biológica de la región desde la implementación de instrumentos de planificación, inversión ambiental y estudios de análisis de los recursos naturales y sus servicios ecosistémicos.	implementación de diferentes acciones orientadas a mitigar los impactos ambientales por actividades humanas, dadas estás bajo alianza con otros actores sociales e institucionales, incidiendo en la nueva área protegida ejerciendo control, vigilancia y permisos para el aprovechamiento de los recursos naturales.	sociales e institucionales conlleva a espacios de articulación, participación y corresponsabilidad para consolidar un esquema de gobernanza que garantice el cumplimiento de los OC del AP.
Gobernación del Meta	Regional	Dirigir y coordinar la acción administrativa del departamento, actuando en su nombre como gestor y promotor del desarrollo integral del territorio, de conformidad con	Asesoría y asistencia técnica, desde la gestión e inversión de recursos para la ejecución de proyectos y programas para el fortalecimiento del territorio y de las comunidades de base local.	Se encuentran presentes en el territorio. Puede ser un aliado estratégico para el desarrollo de proyectos de turismo de naturaleza y de fortalecimiento comunitario.

Actor	Escala	Misionalidad	Incidencia en el A. P.	Análisis final
		la constitución y las leyes.		
Alcaldía Municipal de Villavicencio	Local	Administrar los asuntos municipales, además de prestar los servicios públicos que determine la Ley. Es su función ordenar el desarrollo de su territorio y ejecutar inversiones en las áreas que demanden con fines de progreso municipal.	Asesoría y asistencia técnica, desde la gestión e inversión de recursos para la ejecución de proyectos y programas para el fortalecimiento del territorio y de las comunidades de base local.	Es un aliado estratégico para el manejo, control y seguimiento de la nueva área protegida. Al igual que de proyectos de turismo de naturaleza y de fortalecimiento comunitario.
Policía Metropolitana de la ciudad de Villavicencio	Municipal	La Policía Ambiental se encarga de prevenir y controlar los delitos ambientales, así como de proteger la biodiversidad y los recursos naturales. Sus funciones incluyen vigilar y sancionar actividades ilícitas como la contaminación	La Policía ambiental del municipio ha participado activamente en campañas de educación y sensibilización ambiental	La policía ambiental se propone como un aliado en la estrategia de manejo del área protegida

Actor	Escala	Misionalidad	Incidencia en el A. P.	Análisis final
		atmosférica y del suelo, la deforestación, la minería ilegal y el tráfico de fauna. Además, realizan labores de educación y sensibilización, trabajan en coordinación con autoridades ambientales y realizan operativos para proteger el medio ambiente y promover su sostenibilidad.		
Juntas de Acción Comunal (JAC)	Local	Las JAC son las encargadas de velar por el cumplimiento de los derechos humanos de las comunidades ante las autoridades municipales y departamentales, además de ser dirigentes del desarrollo integral y sostenible de una comunidad.	Las JAC han estado activas y presentes durante los desarrollos de socialización y participación promovidos para el reconocimiento del papel del territorio con relación a la conservación del área protegida.	Las Juntas de Acción Comunal son actores claves en la estrategia de manejo del área protegida, al igual que en su protección y salvaguarda de actividades que puedan afectar al área.

3.2.1.2 Actores Privados

Los actores privados se definen como aquellos cuya participación en el territorio emerge a partir de iniciativas individuales o colectivas de carácter no estatal. Su presencia suele asociarse a actividades productivas, de aprovechamiento sostenible, conservación, investigación, prestación de servicios o emprendimientos locales que pueden influir en la dinámica socio ambiental del área protegida.

En el caso del DCS Kirpas–Pinilla–La Cuerera, no se identificaron actores privados con incidencia directa o con actividades formales dentro del territorio. Esta ausencia constituye un elemento relevante para la planificación, dado que permite focalizar las estrategias de gestión en los actores comunitarios e institucionales que sí presentan vínculos activos con el área protegida.

3.2.1.3 Actores Comunitarios

Los actores comunitarios son aquellos conformados por la población local que habita en la zona de influencia de un área protegida y que participa de manera directa en su uso, cuidado y gestión. Representan la voz de las comunidades rurales y urbanas cercanas, y su papel es fundamental porque son quienes conviven diariamente con el territorio representados en la Tabla 3.

Las JAC son las encargadas de velar por el cumplimiento de los derechos humanos de las comunidades ante las autoridades municipales y departamentales, además de ser dirigentes

del desarrollo integral y sostenible de una comunidad. Son escenarios idóneos para promover en lo local el fortalecimiento comunitario en el manejo ambiental.

Se identificaron en el área protegida las juntas de acción comunal conformadas en cada asentamiento informal, así como las asociaciones existentes; todas ellas participaron activamente a lo largo de las mesas de trabajo para la actualizacion.

Tabla 16.

Actores comunitarios relacionados con la nueva área protegida

Entidad	Nivel De Ejecución	Nombre
Juntas de Acción Comunal (JAC)	Municipal	San Camilo, Rincón de las Colinas, Balcones de Aguas Claras, Quintas de Aguas Claras Santa Cecilia, Viña del Mar, Villa Melida y la Sabana
Asociaciones	Municipal	Asociacion de Vecinos Barrio las Margaritas , Asociacion por la Vida y el Progreso

3.2.1.4 Actores Mixtos

Se refiere a actores que combinan capital privado y función pública, o a capitales público privados, pero sus intereses se expresan, en intereses de grupos específicos como es el caso de la comunidad científica mixta, empresas mixtas de servicios públicos y medios de comunicación. Para este caso, no se reconocieron este tipo de actores.

3.2.2 Actores Estratégicos Para El Área Protegida

Considerando la clasificación de actores sociales mencionada previamente, durante el proceso se identificaron los actores estratégicos vinculados al cuidado, la preservación y la gestión sostenible del área protegida

La participación de estos actores será determinante para fortalecer, en los próximos años, los vínculos de confianza y legitimidad frente al accionar de la autoridad ambiental y para resaltar la importancia de conservar los ecosistemas estratégicos presentes en el territorio, como medida de adaptación y mitigación frente a los efectos del cambio climático.

El Distrito de Conservación de Suelos Kirpas Pinilla La Cuerera, tenemos diferentes actores que por las diferentes problemáticas socioambientales, dadas por la ocupación irregular y los usos del suelo contrarios a lo establecido en el plan de manejo. Dadas estas condiciones adversas, ha sido un reto lograr la identificación de estos actores ya que en su mayoría no presentan ningún dato personal por la desconfianza general que existe hacia este tipo de proyectos. De igual manera se presentó una matriz con los actores identificados previamente del área protegida la cual hace parte de la fase de aprestamiento del actual Plan de Manejo.

3.3 Proceso De Participación Comunitaria

3.3.1 Metodología

Para desarrollar el proceso de actualización del Plan de Manejo del DCS Kirpas–Pinilla–La Cuerera, se implementó una estrategia metodológica de carácter participativo que garantizó la convocatoria, vinculación e inclusión de las comunidades locales y demás actores con incidencia en el territorio. Este enfoque permitió recopilar información biofísica y socioeconómica fundamental para la elaboración de los documentos técnicos, el análisis del estado actual del área y la evaluación de la efectividad en su gestión. Paralelamente, se generaron espacios de diálogo y construcción colectiva en los que los habitantes compartieron aspectos de su cotidianidad, sus percepciones, y las formas de relación que establecen con el entorno y los recursos naturales. Este intercambio de saberes facilitó una comprensión más profunda de sus prácticas, valoraciones y expectativas frente al área protegida, fortaleciendo además los canales de comunicación y los vínculos de confianza entre las comunidades y la autoridad ambiental.

La metodología empleada se basó en un enfoque dinámico, interactivo y orientado al desarrollo rural y la apropiación territorial, articulado mediante la herramienta del Diagnóstico Rural Participativo (DRP). Esta metodología integra diversas técnicas que permiten a las comunidades reconocer y analizar sus experiencias, socializar sus conocimientos y construir de manera conjunta su propio diagnóstico (FAO,2008). Su implementación favoreció el fortalecimiento de capacidades locales para la planificación y gestión del territorio, al tiempo que permitió alinear las condiciones, necesidades y expectativas de los habitantes del área de influencia con los objetivos de conservación y

manejo del Distrito. De esta manera, se promovió un proceso autónomo de reflexión, corresponsabilidad y apropiación comunitaria en torno a la protección y uso sostenible del territorio.

El proceso metodológico incluyó convocatorias abiertas, mesas participativas con comunidades e instituciones, ejercicios de cartografía social, recorridos de campo para el reconocimiento territorial, visitas prediales y la revisión de información secundaria disponible. Todas estas actividades se ejecutaron a partir de la identificación previa de los actores sociales estratégicos, tanto de incidencia directa como indirecta, cuyo rol es determinante para la gestión integral del área protegida.

En el marco de la compleja relación institucional entre Cormacarena y las comunidades asentadas dentro del área protegida, marcada por tensiones históricas, dificultades de comunicación y percepción de limitaciones frente al uso del territorio, se implementó un proceso estructurado de diálogo social. Para ello, se desarrollaron múltiples mesas de trabajo, encuentros comunitarios y espacios de concertación orientados a reconstruir la confianza, aclarar las competencias institucionales y promover la participación activa de los habitantes en las decisiones relacionadas con la gestión del área protegida.

Gracias a este proceso progresivo de acercamiento, se alcanzó una participación amplia y representativa de los pobladores, quienes aportaron información social, económica, ambiental y cultural necesaria para enriquecer el diagnóstico y fundamentar la construcción participativa del Plan de Manejo, en concordancia con los lineamientos establecidos en la

Guía para la Planificación de las Áreas Protegidas. La información suministrada por la comunidad resultó esencial para comprender dinámicas locales, identificar problemáticas territoriales y reconocer prácticas tradicionales de uso de los recursos naturales, lo que permitió integrar una visión más integral y realista del territorio.

La cartografía social es una metodología que permite comprender el sentido de pertenencia de las comunidades hacia su territorio a partir de representaciones gráficas de su realidad. Este enfoque facilita la identificación de fenómenos sociales, ambientales y culturales presentes en una comunidad, así como sus relaciones territoriales, mediante el uso de signos, símbolos y palabras con significados compartidos y construidos colectivamente.En este sentido, a través del ejercicio de cartografía social desarrollado con las comunidades, se utilizaron mapas físicos que incluían la delimitación predial y el polígono preliminar del área protegida. Estos insumos cartográficos incorporaron puntos de referencia clave, como cuerpos de agua, vías de acceso y zonas de uso tradicional por parte de los habitantes. A través de este ejercicio, fue posible identificar la ubicación espacial de los predios y recopilar aportes de la comunidad sobre los usos del territorio, su importancia ecológica y social, así como sobre las principales problemáticas ambientales presentes en la zona.

De acuerdo con Betancurth, Vélez y Sánchez (2020), este tipo de ejercicios reconoce las particularidades individuales, sociales y políticas de cada comunidad, manteniendo un enfoque comprensivo–crítico que contribuye a revelar aspectos simbólicos que orientan la manera en que las personas interpretan y transforman su entorno.

Como resultado del trabajo conjunto y del compromiso adquirido entre la autoridad ambiental y las comunidades, se suscribieron siete (7) acuerdos de participación comunitaria. Estos acuerdos, anexos al presente documento, fueron establecidos como instrumentos de corresponsabilidad que orientan la participación social en la implementación, seguimiento y evaluación del Plan de Manejo. Su firma representa un avance significativo en la gobernanza del área protegida, al consolidar mecanismos de cooperación y articulación entre Cormacarena y los diferentes asentamientos humanos involucrados.

3.3.2 Proceso De Convocatoria

Para la convocatoria de los actores estratégicos se implementó una estrategia mixta de comunicación orientada a garantizar la participación amplia y representativa de los diferentes sectores vinculados al territorio. Esta estrategia incluyó la realización de llamadas telefónicas a líderes comunitarios, conformación de grupos en whatsapp y el envío de invitaciones formales a la Alcaldía Municipal y la difusión de piezas gráficas de invitación a través de medios digitales y redes locales. Gracias a estas acciones fue posible asegurar la vinculación de representantes institucionales, comunitarios y sociales a las actividades de socialización del proceso de actualización del Plan de Manejo del área protegida.

Las mesas de trabajo participativas se desarrollaron de manera presencial en diferentes fechas entre los meses de junio y septiembre de 2025. En total, se llevaron a cabo siete

reuniones, en las cuales participaron aproximadamente sesenta (60) actores, entre ellos representantes de entidades ambientales, organizaciones sociales, comunidades rurales y líderes locales del municipio de Villavicencio.

Es importante señalar que no todos los asistentes firmaron las listas de participación debido a inconvenientes previos y experiencias negativas con la corporación, situación que influyó en el registro formal de la asistencia.

A pesar de ello, estos espacios permitieron un diálogo abierto, la articulación interinstitucional y la construcción colectiva de información relevante para el análisis territorial y la gestión integral del área protegida.

Figura 41.

Convocatorias a mesas de trabajo.



3.3.3 Talleres O Encuentros Participativos

Durante el desarrollo de las mesas de trabajo se avanzó en la validación de la información y en la identificación predial correspondiente, tomando como referencia tanto la cartografía social construida junto a los participantes como los datos oficiales suministrados por el Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC).

Asimismo, se generaron espacios de diálogo e intercambio orientados a resolver dudas relacionadas con los procesos de sustracción, las actividades permitidas en los predios, la prestación de servicios públicos y otros aspectos vinculados con la actualización del Plan de Manejo. Estos espacios permitieron fortalecer la comprensión de la comunidad sobre el proceso y promover una participación informada y activa.

Estos encuentros fortalecieron el trabajo articulado entre las instituciones y la población local, aportando una visión plural del territorio y garantizando la inclusión de distintos enfoques en las decisiones técnicas y participativas relacionadas con el área protegida.

Figura 42.

Taller comunitario en el DCS Kirpas



Es importante señalar que, durante el proceso de convocatoria, se identificaron factores que influyeron en la limitada participación de algunos miembros de la comunidad. Uno de los aspectos más relevantes fue la percepción de distanciamiento y desconfianza hacia la autoridad ambiental, en este caso Cormacarena, derivada de experiencias previas que la comunidad consideró como poco concertadas o insuficientemente comunicadas. Estas situaciones generaron sentimientos de inconformidad y una percepción de afectación por parte de ciertos habitantes, quienes manifestaron reservas frente a los procesos liderados por la entidad.

Este contexto de tensiones históricas propició que algunos actores comunitarios mostraron reticencia a vincularse a las actividades de actualización del Plan de Manejo. En consecuencia, fue necesario generar en las mesas de trabajo los espacios de diálogo para

brindar información clara y oportuna, y promover escenarios de participación donde la comunidad pudiera expresar sus inquietudes y expectativas, con el fin de avanzar hacia la reconstrucción de confianza y la participación efectiva en la gestión del área protegida.

A pesar de estas dificultades iniciales, la participación comunitaria pudo consolidarse progresivamente. Gracias a la realización de las siete mesas de trabajo, espacios de explicación y jornadas de diálogo directo, fue posible aclarar dudas, atender inquietudes y fortalecer la confianza con la comunidad. Este esfuerzo permitió mejorar la asistencia y el involucramiento de los habitantes en las actividades del proceso, contribuyendo así a una participación más activa y constructiva en la gestión del área protegida.

Los talleres participativos con los actores sociales se desarrollaron tanto de manera virtual como presencial, tal como se describe a continuación:

3.3.4 Recolección De Información

A pesar de los desafíos históricos en la relación entre Cormacarena y algunos habitantes del área protegida de Kirpas–Pinilla–La Cuerera, fue posible consolidar un proceso participativo con la comunidad local. Si bien inicialmente se evidenció desconfianza y reservas frente a la entidad ambiental producto de experiencias pasadas que la población percibió como desventajosas o poco concertadas, la realización de varias sesiones informativas y mesas de trabajo permitió mejorar gradualmente el ambiente de diálogo.

Mediante estos espacios de socialización, aclaración de inquietudes y construcción colectiva, se fortaleció la confianza y se generaron condiciones más favorables para la participación comunitaria en la actualización del instrumento de planificación del área protegida.

En el caso del DCS Kirpas–Pinilla–La Cuerera, la cartografía social se consolidó como una herramienta fundamental para el reconocimiento del territorio, al permitir la integración de los actores locales y facilitar la identificación de elementos comunitarios relevantes para la gestión y conservación del área protegida.

Figura 43.

Taller comunitario en el DCS Kirpas



A partir de la información recolectada, se facilitó la identificación y la ubicación territorial de los predios y consolidar datos relacionados con las dinámicas sociales, económicas y ambientales del área.

Como complemento a este proceso, se aplicó la Encuesta de Caracterización Socioeconómica (Anexo en la carpeta Encuestas DCS), diseñada en un formulario digital en línea y diligenciada por un integrante de cada hogar o núcleo familiar. Esta herramienta permitió recopilar información cuantitativa y cualitativa sobre la composición familiar, las condiciones de vivienda, el acceso a servicios públicos, las actividades económicas y los factores de vulnerabilidad social.

3.3.5 Contexto Territorial

El municipio de Villavicencio se localiza en el departamento del Meta, dentro de la región de la Orinoquía colombiana. El territorio municipal forma parte de la unidad ecológica del piedemonte llanero, que se caracteriza por la transición entre los sistemas montañosos andinos y las extensas llanuras orientales. Esta ubicación estratégica determina una alta diversidad de ecosistemas, una marcada influencia hídrica y dinámicas socioambientales que requieren una gestión integral del territorio.

Villavicencio posee una extensión aproximada de 1.328 km², dentro de los cuales se distribuyen áreas urbanas consolidadas, zonas de expansión y una extensa área rural conformada por veredas, centros poblados y unidades productivas campesinas. El municipio presenta gradientes altitudinales que oscilan entre los 300 y 1.000 m s. n. m., generando variaciones en clima, cobertura vegetal y oferta hídrica. Estos factores favorecen la presencia de bosques de galería, relictos de vegetación secundaria, humedales y zonas de

recarga, los cuales cumplen funciones esenciales para la regulación hídrica y la conectividad ecológica regional.

Según las proyecciones demográficas oficiales (2023), Villavicencio registra una población aproximada de 577.875 habitantes, lo que lo convierte en el principal núcleo urbano, económico y administrativo del departamento. La mayor concentración poblacional se localiza en el área urbana, mientras que la zona rural mantiene actividades agropecuarias, aprovechamientos forestales de bajo impacto, ocupaciones dispersas y áreas de importancia para la provisión de servicios ecosistémicos.

Desde el componente institucional, Villavicencio cuenta con una estructura administrativa encabezada por la Alcaldía Municipal, acompañada por el Concejo, la Personería y entidades sectoriales como las Secretarías de Medio Ambiente, Planeación, Agricultura y Desarrollo Rural, Infraestructura, Gobierno, Salud y Educación, entre otras. Esta estructura soporta la implementación de instrumentos de planificación, ordenamiento territorial y gestión ambiental, en coordinación con la autoridad ambiental competente, Cormacarena.

El territorio se organiza política y administrativamente en comunas urbanas y corregimientos rurales, integrados a través de una red vial que conecta el casco urbano con la zona de piedemonte y con áreas de producción agrícola y ganadera. Esta configuración territorial refleja procesos de expansión urbana, presión sobre áreas ambientalmente sensibles y dinámicas asociadas a la transformación del uso del suelo.

En este contexto, el Distrito de Conservación de Suelos Kirpas–Pinilla–La Cuerera se constituye como un espacio estratégico para la conservación de valores ambientales asociados a la regulación hídrica, la protección de suelos y la conectividad ecosistémica del piedemonte. Su proximidad al centro urbano de Villavicencio y su función ambiental dentro del sistema municipal de áreas protegidas hacen necesaria la formulación de acciones de manejo, conservación, recuperación y participación comunitaria que garanticen la sostenibilidad del territorio y la permanencia de los servicios ecosistémicos que provee a la ciudad.

El contexto socioeconómico de Villavicencio plantea una serie de desafíos y oportunidades relevantes para la gestión del Distrito de Conservación de Suelos Kirpas–Pinilla–La Cuerera. El crecimiento poblacional y urbano, sumado a la heterogeneidad económica del municipio, demanda una articulación equilibrada entre la conservación ambiental y el desarrollo social. En este sentido, la presencia de comunidades vulnerables —con limitaciones de ingreso, acceso a servicios y empleo formal exige incorporar estrategias integrales que combinen acciones de manejo ambiental con iniciativas orientadas al bienestar y la sostenibilidad social.

Asimismo, la predominancia de actividades comerciales y de servicios, junto con altos niveles de informalidad laboral, genera condiciones de inestabilidad económica para numerosas familias. Esto implica que su participación efectiva en los procesos de

conservación depende de la oferta de incentivos socioeconómicos, el fortalecimiento comunitario y la promoción de alternativas productivas sostenibles.

Por otra parte, la coexistencia de zonas urbanas, periurbanas y rurales dentro del municipio obliga a desarrollar una gestión territorial basada en el ordenamiento, la compatibilización de usos del suelo y la protección de ecosistemas estratégicos. Este enfoque es especialmente relevante en las áreas de transición urbano–rural, donde se presentan presiones por expansión urbana, transformación del paisaje y cambios en las dinámicas tradicionales del territorio.

Finalmente, la estructura empresarial y de servicios de Villavicencio ofrece oportunidades para promover iniciativas de economía local sostenible como turismo ecológico, servicios ambientales y esquemas de gestión participativa que permitan integrar la conservación del área protegida con la generación de empleo, la diversificación productiva y el mejoramiento de la calidad de vida de las comunidades vinculadas al territorio.

3.3.5.1 Caracterización Sociodemográfica

Villavicencio, capital del departamento del Meta, se consolida como el principal centro urbano de la Orinoquia colombiana y como el municipio con mayor concentración demográfica del departamento. Según el Censo Nacional de Población y Vivienda (DANE, 2018), la ciudad registró 531.275 habitantes, evidenciando un crecimiento sostenido impulsado por la expansión urbana, la migración intermunicipal e interdepartamental y la

llegada de población en condición de movilidad, incluyendo personas desplazadas y migrantes internacionales recientes. Esta dinámica ha configurado una estructura poblacional marcadamente joven: el 22,6 % de los habitantes corresponde a personas entre 0 y 14 años, mientras que la mayor proporción se ubica en edades productivas (15–59 años), lo que incrementa la demanda por servicios educativos, salud, empleo, vivienda y transporte (DANE, 2018).

La expansión urbana de Villavicencio ha generado una ocupación progresiva de áreas periféricas, muchas de ellas con vocación ambiental o con restricciones por riesgo. Esta situación ha producido una marcada heterogeneidad socioespacial, donde los centros consolidados contrastan con sectores periféricos en proceso de expansión informal, caracterizados por deficiencias en infraestructura y limitado acceso a servicios públicos. Estudios sobre urbanización en Villavicencio señalan que la presión sobre áreas de borde urbano y rural se ha intensificado en las dos últimas décadas, generando conflictividad en el uso del suelo y ocupación de zonas ambientalmente frágiles (Ramos et al., 2021).

Dentro de este contexto territorial, el Distrito de Conservación de Suelos Kirpas–Pinilla–La Cuerera adquiere relevancia estratégica. Esta área protegida, ubicada en el borde suroriental del municipio, cumple funciones esenciales para la regulación hídrica, el control de erosión y la protección de remanentes de ecosistemas de piedemonte. Sin embargo, a diferencia de otras áreas protegidas del orden municipal, el Distrito presenta una particularidad: alberga asentamientos humanos previamente establecidos, conformados por viviendas, fincas,

barrios de origen progresivo y núcleos familiares con permanencia prolongada en el territorio.

Investigaciones sobre asentamientos periféricos de Villavicencio, como el estudio de La Reliquia —considerado uno de los procesos de urbanización informal más representativos— muestran que estos núcleos están compuestos por familias de larga permanencia, con economías basadas en oficios informales, pequeñas actividades agropecuarias y servicios urbanos de baja remuneración (Rendón, 2017). Esta caracterización es consistente con la población que permanece dentro y en los alrededores del Distrito de Conservación de Suelos, donde las familias mantienen un vínculo directo con la tierra y prácticas productivas de subsistencia, aun cuando el acceso a servicios públicos es parcial o insuficiente.

La presencia de población dentro del área protegida genera un conjunto de interacciones complejas entre las dinámicas sociales y los objetivos de conservación. Estudios de la UNAD sobre humedales y ecosistemas urbanos de Villavicencio evidencian que los asentamientos informales ubicados en zonas ambientalmente sensibles contribuyen a problemáticas como vertimientos domésticos sin tratamiento, disposición inadecuada de residuos sólidos y pérdida de cobertura vegetal, situación que también se observa en sectores del Distrito Kirpas–Pinilla–La Cuerera (Guerrero & Bernal, 2023). Adicionalmente, análisis de riesgo y vulnerabilidad desarrollados por ICLEI (2023) señalan que la ocupación de zonas de ladera y áreas de recarga hídrica incrementa la exposición a

amenazas como erosión, remoción en masa e inundaciones, fenómenos que afectan directamente la estabilidad ecosistémica del área protegida.

Desde el ámbito socioeconómico, la informalidad laboral en Villavicencio constituye un fenómeno estructural. Entre 2015 y 2018, cerca del 60 % de la población ocupada del municipio se encontraba en condiciones de informalidad, especialmente en los sectores periféricos y de consolidación reciente (Sánchez & Díaz, 2020). Esta tendencia coincide con las características de los hogares ubicados en el Distrito de Conservación de Suelos, donde predominan economías familiares sustentadas en oficios independientes, jornales ocasionales, comercio menor y pequeñas prácticas agropecuarias, en un contexto de limitaciones en infraestructura pública y servicios básicos.

En conjunto, la evidencia demográfica, socioeconómica y ambiental respalda la afirmación de que los núcleos familiares ubicados dentro y en el área de influencia del Distrito de Conservación de Suelos Kirpas–Pinilla–La Cuerera se caracterizan por su larga permanencia, composición mayoritariamente joven y adulta en edad productiva, economías basadas en informalidad y una estrecha relación con el territorio. Estas dinámicas, sumadas al crecimiento urbano desordenado de Villavicencio, explican la presión creciente sobre ecosistemas estratégicos y la necesidad de fortalecer las estrategias de conservación, ordenamiento territorial y gestión socioambiental del área protegida.

3.3.6 Tasa Poblacional

Dentro del área protegida y su zona de influencia inmediata se reconocen diferentes formas de ocupación humana, entre ellas viviendas rurales y periurbanas dispersas, barrios conformados mediante procesos de urbanización informal, concentraciones de vivienda en zonas de borde urbano y usos residenciales preexistentes al establecimiento del Distrito. Estas unidades residenciales conforman sectores vecinales con dinámicas propias de movilidad, acceso desigual a servicios públicos y organización comunitaria, lo cual influye en la gestión integral del territorio.

“Según datos del Censo 2018 del DANE, en Villavicencio un 22,6 % de la población tiene entre 0 y 14 años, y la mayoría se encuentra en edad productiva (15–59 años), lo que refleja una estructura poblacional joven y activa. Además, con cerca del 93 % de habitantes residiendo en área urbana, la tendencia de urbanización sugiere la existencia de núcleos familiares consolidados, aunque los datos oficiales no permiten confirmar permanencia histórica o arraigo territorial.”

Las presiones ambientales derivadas de estos asentamientos son significativas y se reflejan en la contaminación por residuos sólidos y aguas domésticas, en la apertura de áreas para uso agropecuario o ampliación de lotes, en la construcción progresiva de nuevas edificaciones, en el aumento de la movilidad vehicular y peatonal en zonas no destinadas para ello, y en la presencia de animales domésticos y ganado que afectan la regeneración natural del ecosistema. Estas actividades generan fragmentación de hábitats, degradación

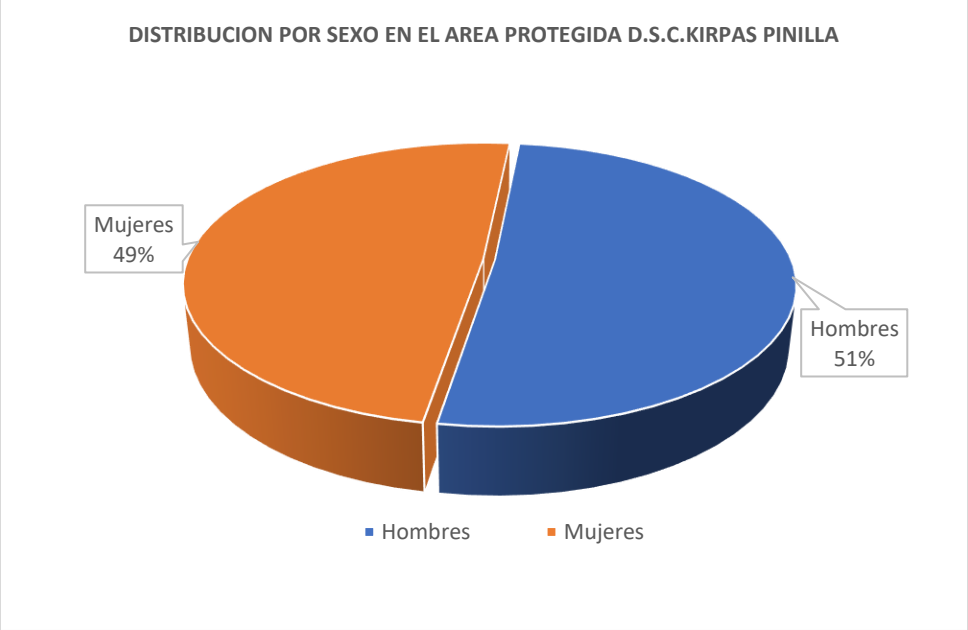
del suelo y transformación del paisaje, lo que exige una gestión ambiental cuidadosa y diferenciada.

Los asentamientos informales existentes se encuentran distribuidos en sectores específicos del área protegida, donde se evidencia un proceso de urbanización progresiva y la conformación de unidades residenciales dispersas o barriales. Estos sectores requieren un tratamiento especial dentro de la zonificación ambiental y del ordenamiento del territorio, a fin de evitar la expansión de nuevas ocupaciones y mitigar los impactos existentes. La planificación debe considerar las dinámicas sociales, económicas y comunitarias que caracterizan estos espacios.

A partir de la encuesta aplicada a los habitantes del área protegida, se obtuvo información clave sobre el estado actual del territorio. La encuesta se aplicó a 578 hogares, constituyendo una muestra representativa de la población, aunque no se cubrió la totalidad del polígono. Los resultados muestran que la población encuestada comprende 1.942 personas, distribuidas en 991 hombres y 951 mujeres, con un promedio aproximado de 3,36 personas por hogar, como se muestra en el siguiente gráfico.

Figura 44.

Proporción de géneros en el DCS Kirpas Pinilla La Cuerera



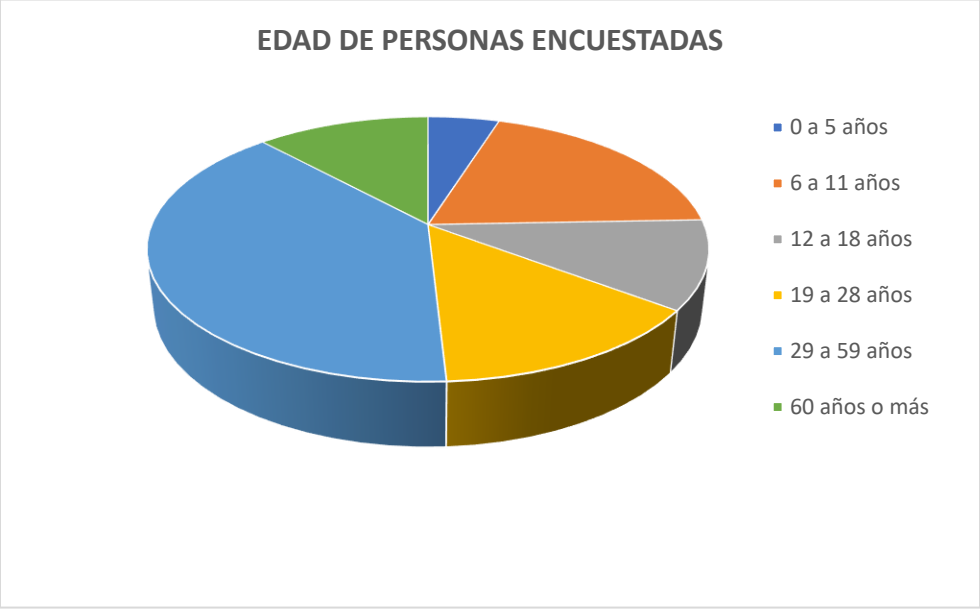
Hidroambiental
Ingenieros constructores y consultores S.A.S

En cuanto a la distribución por rango de edad, se identificó que la población se concentra principalmente en los rangos de adultez (29 a 59 años), con 757 personas (≈39% del total), seguido por la niñez en edad escolar (6 a 11 años) con 379 personas (≈19%). Los rangos de adolescencia (12 a 18 años) y juventud (19 a 28 años) representan 210 (≈11%) y 270 personas (≈14%), respectivamente. La población infantil temprana (0 a 5 años) comprende 95 personas (≈5%) y los adultos mayores (60 años o más) 231 personas (≈12%).

Esta distribución refleja un predominio de población en edad productiva y laboral, junto con una base infantil significativa, mientras que la proporción de adolescentes y adultos mayores es menor pero relevante para el diseño de estrategias sociales y de conservación.

Figura 45.

Resultados de rangos de edades en DCS Kirpas Pinilla La Cuerera



También se identificó que de los 578 hogares encuestados 47 los predios desarrollan actividades económicas dentro del mismo lugar donde residen sus habitantes. La

coexistencia entre la población residente y los objetivos de conservación del área protegida implica la necesidad de implementar estrategias integrales de manejo socio ambiental.

3.4 Caracterización De Condiciones De Vida

La caracterización de las condiciones de vida en el área protegida permite comprender la situación socioeconómica, cultural y ambiental de las comunidades asentadas en su zona de influencia directa. Este análisis resulta fundamental para identificar necesidades, dinámicas locales y factores que influyen tanto en el uso del territorio como en la relación de la población con los recursos naturales.

En el interior del área protegida, los asentamientos informales presentan condiciones de vida marcadas por limitaciones significativas en el acceso a servicios públicos. En varios de estos asentamientos, los hogares no cuentan con redes de acueducto, alcantarillado ni energía eléctrica convencional. Para suplir sus necesidades básicas, algunas familias emplean sistemas inadecuados de disposición de residuos sólidos y saneamiento, los cuales generan contaminación y favorecen la presencia de vectores.

Las estrategias definidas en el Plan de Manejo deben enfocarse en el mejoramiento progresivo del saneamiento básico, con el fin de minimizar los riesgos para la salud pública y reducir las presiones que actualmente afectan la integridad de los ecosistemas del área protegida. De igual manera, es necesario promover la reconversión y sustitución de prácticas productivas y usos del territorio que no resultan compatibles con los objetivos de

conservación, impulsando alternativas sostenibles que favorezcan la resiliencia socioecológica del territorio.

Paralelamente, se requiere fortalecer los mecanismos de gobernanza comunitaria mediante procesos de participación efectiva, formación ambiental y corresponsabilidad de los habitantes en la protección del área protegida. Estas acciones permiten consolidar capacidades locales para la gestión del territorio y fomentan una relación más armónica entre la comunidad y los recursos naturales.

Finalmente, la evaluación de la compatibilidad de los usos del suelo constituye un instrumento esencial para orientar decisiones de ordenamiento y control sobre nuevas ocupaciones, garantizando que cualquier transformación del territorio se ajuste a los valores ecológicos, funcionales y paisajísticos que el Distrito busca conservar.

En cuanto a las viviendas, existe una amplia diversidad en sus características constructivas. Se observan estructuras que van desde viviendas elaboradas en madera y materiales livianos hasta edificaciones tipo casaquinta, reflejando distintos niveles de consolidación y condiciones de habitabilidad dentro del área protegida.

3.5 Propiedad Del Área (Predial)

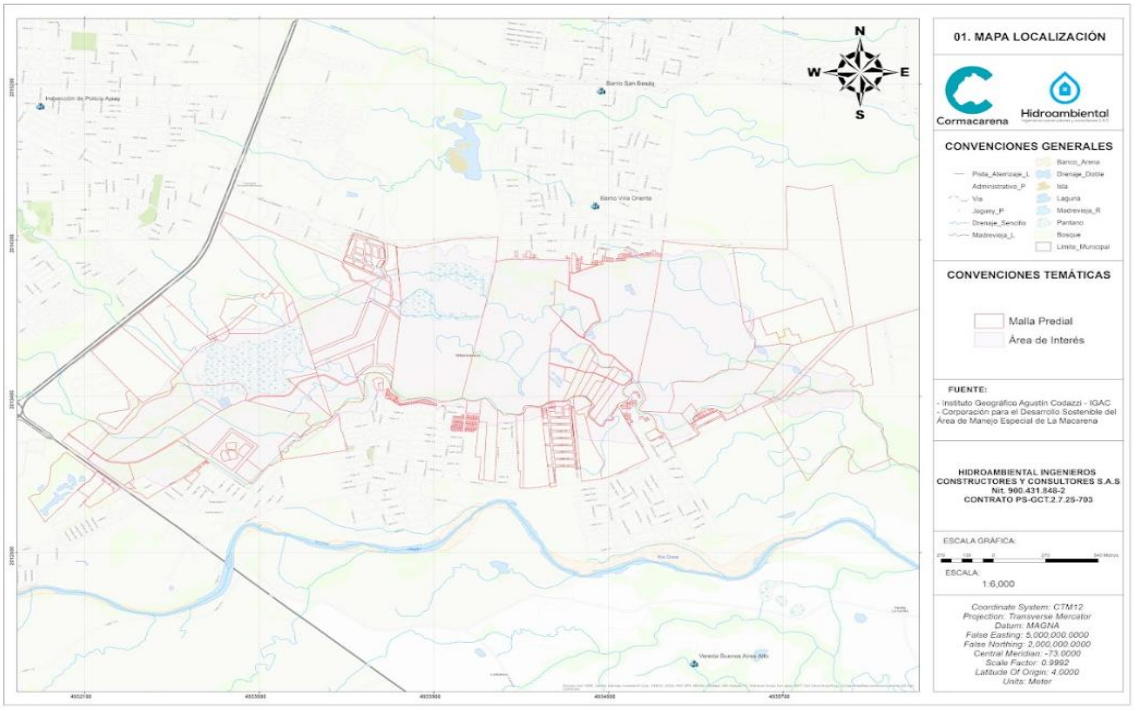
La información suministrada por el Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC) permitió identificar un total de 380 predios ubicados dentro del polígono correspondiente al Área Protegida, actualmente en proceso de actualización del plan de manejo. Estos predios

presentan una diversidad en cuanto a propiedad, uso y extensión, lo que evidencia una ocupación territorial heterogénea dentro del polígono. En el anexo del documento se presenta la tabla detallada con la información catastral.

Figura 46.

Mapa predial del área protegida.

Hidroambiental
Ingenieros constructores y consultores S.A.S



3.6 Actividades Productivas Desarrolladas

El territorio que conforma el área protegida presenta una diversidad de usos del suelo, dentro de los cuales se identifican actividades productivas desarrolladas por las comunidades asentadas tanto en su interior como en su zona de influencia. Estas prácticas, en su mayoría de pequeña escala incluyendo cultivos de pancoger y otras formas de subsistencia han contribuido a transformar el paisaje y a definir la dinámica socioambiental del área.

No obstante, la principal causa de alteración del territorio proviene de las invasiones y la venta ilegal de lotes, así como de los asentamientos y construcciones no autorizadas. Estas

ocupaciones generan presiones significativas sobre el paisaje y los ecosistemas, acelerando la pérdida de cobertura natural y afectando la integridad ambiental del área protegida.

3.6.1 Actividades Extractivas

Al interior del área protegida no desarrollan actividades de extracción de minería ni baja ni alta al interior de los predios. De acuerdo con la información aportada por la Agencia Nacional de Minería revisado el sistema de información geográfico de la plataforma ANNA MINERÍA, el polígono del área protegida no se superpone con ninguna concesión minera.

3.6.1.1 Agencia Nacional de Hidrocarburos – ANH

Para la actualización del Plan de Manejo del Distrito de Conservación de Suelos Kirpas–Pinilla–La Cuerera, se realizó consulta únicamente a la Agencia Nacional de Hidrocarburos (ANH), la ANH indicó que se solicitó información “sobre la existencia de proyectos de exploración o explotación de hidrocarburos superpuestos con el área protegida delimitada, o posibles proyectos contemplados a futuro con su ubicación específica”. La respuesta de la ANH confirmó que no existen proyectos ni permisos de exploración o explotación de hidrocarburos dentro del área protegida, ni se tienen previstos proyectos futuros en esta zona.

3.7 Caracterización Turísticas Del Área Protegida

El Distrito de Conservación de Suelos Kirpas–Pinilla La Cuerera, pese a su condición de área protegida, ha perdido parte de los atributos naturales que en el pasado representaban un potencial para el desarrollo de actividades turísticas de bajo impacto. Las afectaciones acumuladas en los últimos años, entre ellas la transformación del paisaje, la presión antrópica y el deterioro progresivo de los ecosistemas han limitado de manera significativa su aprovechamiento recreativo. En consecuencia, durante el proceso de diagnóstico no se identificaron actividades turísticas formalmente establecidas dentro del territorio.

No obstante, el área aún conserva elementos de biodiversidad y características paisajísticas que podrían ser aprovechados bajo criterios de sostenibilidad. la comunidad que tiene aún predios de gran extension y poco intervenidos expresó el interes de poder realizar actividades de ecoturismo y/o de turismo de naturaleza. Por ello, se recomienda evaluar la viabilidad de reactivar o implementar actividades turísticas, como el avistamiento de fauna y acciones orientadas a la educación y sensibilización ambiental, siempre que se desarrollen bajo lineamientos estrictos de conservación y manejo responsable.

Hidroambiental
Ingenieros constructores y consultores S.A.S

4 Referencias bibliográficas

Acosta-Galvis, A. R. (2018). Anfibios del Escudo Guayanés de Colombia: Una aproximación preliminar. *Lasso, CA & Señaris, JC (Eds.)*, *6*, 61-100.

Acosta-Galvis, A. R., Señaris, J. C., Rojas-Runjaic, F., Riaño-Pinzón, D. R., Lasso, C., Usma, J., & Trujillo, F. (2010). Anfibios y reptiles. *Lasso, CA, JS Usma, F. Trujillo, Rial A. Biodiversidad de la cuenca del Orinoco: bases científicas para la*, 258-289.

Addis, A. D., & Desta, T. T. (2024). The highly invasive water hyacinth (Eichhornia crassipes [Mart.] Solms) and its control methods in Ethiopia's freshwater ecosystems. *CABI Reviews*, *19*(1).

Ahumada Pulido, M. G., Hernández Garzón, J. H., & Carrillo López, J. E. (2022). *Estudio al impacto ambiental generado al costado del humedal caño Maizaro por el desarrollo de la urbanización ciudadela San Antonio Villavicencio/Meta.*

Angarita-Sierra, T., Anganoy-Criollo, M., Ospina-Sarria, J. J., Pedroza-Banda, R., Lynch, J. D., & YOLUKA, O. (2013). Guía de campo de los anfibios y reptiles del departamento de Casanare-Colombia. *Instituto de Estudios Orinocenses*.

Ayerbe-Quiñones, F. (2018). Guía ilustrada de la avifauna colombiana. *Panamericana Formas e Impresos S. A, Bogota, Colombia*.

Basham, E. W., Baecher, J. A., Klinges, D. H., & Scheffers, B. R. (2023). Vertical stratification patterns of tropical forest vertebrates: A meta-analysis. *Biological Reviews*, *98*(1), 99-114.

Bastidas, J. A. O., Sánchez, M. T. C., & Montenegro, A. F. (2016). Valoración económica del recurso natural agua del humedal Coroncoro de Villavicencio. *Lámpsakos*, *16*, 33-43.

Blake, J. G. (1983). Trophic structure of bird communities in forest patches in east-central Illinois. *The Wilson Bulletin*, 416-430.

Buitrago, P. A. V. (2024). Ramsar wetlands protected by complementary conservation strategies and natural areas in Colombia. *Scientia et Technica*, *29*(03), 138-144.

Chao, A., Chiu, C.-H., & Jost, L. (2014). Unifying Species Diversity, Phylogenetic Diversity, Functional Diversity, and Related Similarity and Differentiation Measures Through Hill Numbers. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, *45*(1), 297-324. https://doi.org/10.1146/annurev-ecolsys-120213-091540

Chazdon, R. L. (2014). Second growth: The promise of tropical forest regeneration in an age of deforestation. En *Second Growth*. University of Chicago Press.

Corli, A., Gerdol, R., Orsenigo, S., Rossi, G., Abeli, T., & Brancaleoni, L. (2022). A mesocosm experiment testing the competition between the invasive species Heteranthera reniformis Ruiz & Pav. And the endangered fern Marsilea quadrifolia L. *Aquatic Botany*, *183*, 103576.

Croci, S., Butet, A., & Clergeau, P. (2008). Does urbanization filter birds on the basis of their biological traits. *The Condor*, *110*(2), 223-240.

Curtis, J. T., & McIntosh, R. P. (1951). An upland forest continuum in the prairie-forest border region of Wisconsin. *Ecology*, *32*(3), 476-496.

Defler, T. R. (2010). *Historia natural de los primates colombianos*. Universidad Nacional de Colombia.

do Nascimento Filho, S. L., Gama, W. A., & do Nascimento Moura, A. (2021). Effect of the structural complexity of aquatic macrophytes on epiphytic algal, macroinvertebrates, and their interspecific relationships. *Aquatic Sciences*, *83*(3), 57.

Donegan, T., Quevedo, A., Verhelst, J. C., Herrera, O. C., Ellery, T., & Salaman, P. G. (2015). Revision of the status of bird species occurring or reported in Colombia 2015, with discussion of BirdLife International's new taxonomy. *Conservación colombiana*, *23*, 3-48.

Duellman, W. E., & Trueb, L. (1994). *Biology of amphibians*. JHU press.

Escobar, E., Belarcázar, J., & Rippstein, G. (1993). *Clave de las principales plantas de sabana de la Altillanura de los Llanos Orientales en Carimagua, Meta, Colombia* (Vol. 227). CIAT.

Escriche, I., Restrepo, J., Serra, J., & Herrera, L. (1999). Composition and nutritive value of Amazonian palm fruits. *Food and Nutrition Bulletin*, *20*(3), 361-365.

Espinosa, M. L. C., Rangel, G. F. M., Jerez, A., Orjuela, J. C. R., & López, Y. R. (2019). *Anfibios y reptiles del municipio de San José del Guaviare (Guaviare, Colombia):*

Guía de Campo del Instituto de Ciencias Naturales no 24. Universidad Nacional de Colombia.

Fino Hernández, E. A. (2019). *Murciélagos Filóstomidos Consumidores de Insectos en un Paisaje Urbano-Rural del Piedemonte Llanero Colombiano.*

Fischer, R., Taubert, F., Müller, M. S., Groeneveld, J., Lehmann, S., Wiegand, T., & Huth, A. (2021). Accelerated forest fragmentation leads to critical increase in tropical forest edge area. *Science advances*, *7*(37), eabg7012.

Fitzherbert, E. B., Struebig, M. J., Morel, A., Danielsen, F., Brühl, C. A., Donald, P. F., & Phalan, B. (2008). How will oil palm expansion affect biodiversity? *Trends in ecology & evolution*, *23*(10), 538-545.

Galeano, G., & Bernal, R. (2010). *Palmas de Colombia: Guía de campo.*

Galeano, S., Urbina, J., Gutiérrez-Cárdenas, P. D. A., Rivera-Correa, M., & Páez, V. (2006). *Los anfibios de Colombia, diversidad y estado del conocimiento* (pp. 106-118).

Gentry, A. H. (1982). Patterns of neotropical plant species diversity. En *Evolutionary Biology: Volume 15* (pp. 1-84). Springer.

Gentry, A. H., & Vasquez, R. (1996). *A field guide to the families and genera of woody plants of northwest South America (Colombia, Ecuador, Peru), with supplementary notes on herbaceous taxa* (Número 1). University of Chicago Press Chicago.

Herrera-Montes, A., & Brokaw, N. (2010). Conservation value of tropical secondary forest: A herpetofaunal perspective. *Biological Conservation*, *143*(6), 1414-1422.

Hoffmann, B. D., Abbott, K. L., & Davis, P. (2010). Invasive ant management. *Ant ecology*, 287-304.

Janni, K. D. (2003). Global patterns of plant diversity: Alwyn H. Gentry's forest transect data set. *Economic Botany*, *57*(2), 283-283.

Jolliff, H. A. (2005). The Venomous Reptiles of the Western Hemisphere, Volumes I-II. *Annals of Emergency Medicine*, *45*(4), 466.

Jost, L. (2006). *Entropy and diversity*. *Oikos*, *113*(2), 363-375. https://doi.org/10.1111/j.2006.0030-1299.14714.x

Junk, W. J., Piedade, M. T. F., Schöngart, J., Cohn-Haft, M., Adeney, J. M., & Wittmann, F. (2011). A classification of major naturally-occurring Amazonian lowland wetlands. *Wetlands*, *31*(4), 623-640.

Kent, M. (2012). *Vegetation description and data analysis: A practical approach.*

Lizcano, D. J., & Ramírez-Chaves, H. E. (2025). Guía Ilustrada de los Mamíferos de Colombia. *Mammalogy Notes*, *11*(2), 594-594.

Ma, S., Geng, H., Yan, C., Han, X., Xu, D., Zhao, F., Blake, R. E., Zhou, B., Chen, H., & Yuan, R. (2023). Nutrient dynamics and microbial community response in macrophyte-dominated lakes: Implications for improved restoration strategies. *Journal of Environmental Management*, *325*, 116372.

Magle, S. B., Hunt, V. M., Vernon, M., & Crooks, K. R. (2012). Urban wildlife research: Past, present, and future. *Biological conservation*, *155*, 23-32.

Marsh, L. K., Chapman, C. A., & Arroyo-Rodríguez, V. (2003). Primates in fragments. *Primates in fragments: Ecology and conservation*, 6-7.

Martínez-Ramos, M., Gallego-Mahecha, M. del M., Valverde, T., Vega, E., & Bongers, F. (2021). Demographic differentiation among pioneer tree species during secondary succession of a Neotropical rainforest. *Journal of Ecology*, *109*(10), 3572-3586.

McKinney, M. L. (2006). Urbanization as a major cause of biotic homogenization. *Biological conservation*, *127*(3), 247-260.

Mena, J. L., Solari, S., Carrera, J. P., Aguirre, L., Gómez, H., Herzog, S., Martínez, R., Jørgensen, P., & Tiessen, H. (2011). Small mammal diversity in the tropical Andes: An overview. *Climate change and biodiversity in the tropical Andes. Sao José dos Campos: Inter-American Institute of Global Change Research and Scientific Committee on Problems of the Environment*, 260-275.

Misteli, B., Pannard, A., Labat, F., Fosso, L. K., Baso, N. C., Harpenslager, S. F., Motitsoe, S. N., Thiebaut, G., & Piscart, C. (2022). How invasive macrophytes affect macroinvertebrate assemblages and sampling efficiency: Results from a multinational survey. *Limnologica*, *96*, 125998.

Morales Martinez, D. (2021). Mamíferos (Mammalia) de la Amazonía colombiana. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas Físicas y Naturales*, *45*, 474-488. https://doi.org/10.18257/raccefyn.1318

Nori, J., Lemes, P., Urbina-Cardona, N., Baldo, D., Lescano, J., & Loyola, R. (2015). Amphibian conservation, land-use changes and protected areas: A global overview. *Biological Conservation*, *191*, 367-374.

Oberleitner, F., Egger, C., Oberdorfer, S., Dullinger, S., Wanek, W., & Hietz, P. (2021). Recovery of aboveground biomass, species richness and composition in tropical secondary forests in SW Costa Rica. *Forest Ecology and Management*, *479*, 118580.

Ocampo-Peñuela, N., & Etter, A. (2013). Contribution of different forest types to the bird community of a savanna landscape in Colombia. *Ornitol. Neotrop*, *24*, 35-53.

ORTIZ-MORENO, M. L., ROJAS, N., AGUILAR, L., LOPES, L. E., FERREIRA, P. A., CARRETERO-PINZÓN, X., & PIRES, J. S. R. (2022). Presencia de un primate endémico y amenazado en un paisaje cambiante en los Llanos Orientales de Colombia. *Acta biol. colomb*, 269-281.

Penagos-Tabares, F., Lange, M. K., Vélez, J., Hirzmann, J., Gutiérrez-Arboleda, J., Taubert, A., Hermosilla, C., & Chaparro Gutiérrez, J. J. (2019). The invasive giant African snail Lissachatina fulica as natural intermediate host of Aelurostrongylus abstrusus, Angiostrongylus vasorum, Troglostrongylus brevior, and Crenosoma vulpis in Colombia. *PLoS neglected tropical diseases*, *13*(4), e0007277.

Pinero-Rodríguez, M. J., Fernández-Zamudio, R., Arribas, R., Gomez-Mestre, I., & Díaz-Paniagua, C. (2021). The invasive aquatic fern Azolla filiculoides negatively

impacts water quality, aquatic vegetation and amphibian larvae in Mediterranean environments. *Biological Invasions*, *23*(3), 755-769.

Pinzón, L. E. D. (2024). *The Value of Wetlands in Urban Areas: An Integral Approach*.

Poorter, L., Craven, D., Jakovac, C. C., Van Der Sande, M. T., Amissah, L., Bongers, F., Chazdon, R. L., Farrior, C. E., Kambach, S., & Meave, J. A. (2021). Multidimensional tropical forest recovery. *Science*, *374*(6573), 1370-1376.

Purrenhage, J. L., & Boone, M. D. (2009). Amphibian community response to variation in habitat structure and competitor density. *Herpetologica*, *65*(1), 14-30.

Rangel, J. (2011). *Colombia diversidad biótica XI: patrones de la estructura y de la riqueza de la vegetación en Colombia*.

Renjifo, L. M. (2001). Effect of natural and anthropogenic landscape matrices on the abundance of subandean bird species. *Ecological applications*, *11*(1), 14-31.

Rheingantz, M. L., de Menezes, J. F. S., & de Thoisy, B. (2014). Defining Neotropical otter Lontra longicaudis distribution, conservation priorities and ecological frontiers. *Tropical Conservation Science*, *7*(2), 214-229.

Rüger, N., Schorn, M. E., Kambach, S., Chazdon, R. L., Farrior, C. E., Meave, J. A., Muñoz, R., Van Breugel, M., Amissah, L., & Bongers, F. (2023). Successional shifts in tree demographic strategies in wet and dry Neotropical forests. *Global Ecology and Biogeography*, *32*(6), 1002-1014.

Saboyá Acosta, L. P., & Urbina-Cardona, J. N. (2023). Current state of knowledge of páramo amphibians in Colombia: Spatio temporal trends and information gaps to be

strengthened for effective conservation. *Tropical Conservation Science*, *16*, 19400829231169984.

Salaman, P., Cuadros, T., Jaramillo, J. G., & Weber, W. H. (2001). *Lista de chequeo de las aves de Colombia*. Sociedad Antioqueña de Ornitología.

Saldaña G, I., Cadavid R, A., & Gómez R, D. (2019). Relative abundance and activity patterns of Didelphis marsupialis in a peri-urban area of Medellin, Colombia. *Revista MVZ Córdoba*, *24*(3), 7366-7371.

Savilaakso, S., Garcia, C., Garcia-Ulloa, J., Ghazoul, J., Groom, M., Guariguata, M. R., Laumonier, Y., Nasi, R., Petrokofsky, G., & Snaddon, J. (2014). Systematic review of effects on biodiversity from oil palm production. *Environmental evidence*, *3*(1), 4.

Schorn, M. E., Kambach, S., Chazdon, R. L., Craven, D., Farrior, C. E., Meave, J. A., Muñoz, R., Van Breugel, M., Amissah, L., & Bongers, F. (2024). Tree demographic strategies largely overlap across succession in Neotropical wet and dry forest communities. *Ecology*, *105*(7), e4321.

Seguro, A. M. S., Páez, V. P., Rincón, M. T. G., Betancourt, M. A. M., & Alcalá, C. A. L. (2020). Evaluación de las características de las poblaciones y el uso de los hábitats de Podocnemis vogli (Müller 1935) durante una temporada reproductiva en la reserva natural privada de Bojonawi (Departamento de Vichada, Colombia). *Revista Latinoamericana de Herpetología*, *3*(2), 83-94.

Shanee, S. (2023). Threats and conservation of owl monkeys (Aotus spp.) in the Andes. En *Owl Monkeys: Biology, Adaptive Radiation, and Behavioral Ecology of the Only Nocturnal Primate in the Americas* (pp. 649-671). Springer.

Sol, D., González-Lagos, C., Moreira, D., Maspons, J., & Lapiedra, O. (2014). Urbanisation tolerance and the loss of avian diversity. *Ecology letters*, *17*(8), 942-950.

Solari, S., Muñoz-Saba, Y., Rodríguez-Mahecha, J. V., Defler, T. R., Ramírez-Chaves, H. E., & Trujillo, F. (2013). Riqueza, endemismo y conservación de los mamíferos de Colombia. *Mastozoología neotropical*, *20*(2), 301-365.

SOUZA, V., & LORENZI, H. (2012). Botânica Sistemática. 3ª edição, Instituto Plantarum. *Nova Odessa*.

Stevenson, P., Guzmán-Caro, D., & Defler[2], T. (2010). Conservation of Colombian Primates: An Analysis of Published Research. *Tropical Conservation Science*, *3*, 70-87. https://doi.org/10.1177/194008291000300105

Sun, J. W., Chazdon, R. L., & Rundel, P. W. (2024). Diversity and distribution of monocot understory herbs during tropical forest succession in Northeastern Costa Rica. *Diversity*, *16*(8), 439.

The Angiosperm Phylogeny Group, Chase, M. W., Christenhusz, M. J. M., Fay, M. F., Byng, J. W., Judd, W. S., Soltis, D. E., Mabberley, D. J., Sennikov, A. N., Soltis, P. S., & Stevens, P. F. (2016). An update of the Angiosperm Phylogeny Group

classification for the orders and families of flowering plants: APG IV. *Botanical Journal of the Linnean Society, 181*(1), 1-20. https://doi.org/10.1111/boj.12385

van der Sleen, P., & Albert, J. S. (2017). *Field guide to the fishes of the Amazon, Orinoco, and Guianas*. Princeton University Press.

Villarreal, H., Álvarez, M., Córdoba, S., Escobar, F., Fagua, G., Gast, F., Mendoza, H., Ospina, M., & Umaña, A. M. (2006). *Manual de métodos para el desarrollo de inventarios de biodiversidad*. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt.

Vitt, L. J., & Caldwell, J. P. (2013). *Herpetology: An introductory biology of amphibians and reptiles*. Academic press.

Wasserman, R. J., & Dalu, T. (2022). Tropical freshwater wetlands: An introduction. En *Fundamentals of Tropical Freshwater Wetlands* (pp. 1-22). Elsevier.

Wendt, A. L., Chazdon, R. L., & Vargas Ramirez, O. (2022). Successional trajectories of seed dispersal mode and seed size of canopy tree species in wet tropical forests. *Frontiers in Forests and Global Change*, *5*, 946541.

Wilson, D. E., & Reeder, D. M. (2005). *Mammal species of the world: A taxonomic and geographic reference* (Vol. 1). JHU press.

Betancurth, A., Vélez, C., & Sánchez, M. (2020). *Prácticas sociales y construcción del territorio: aproximaciones desde la investigación participativa*. Universidad Nacional de Colombia.

Congreso de la República de Colombia. (1991). Constitución Política de Colombia. Gaceta Constitucional.

Congreso de la República de Colombia. (1994). Ley 136 del 2 de junio de 1994. Por la cual se dictan normas tendientes a modernizar la organización y el funcionamiento de los municipios. Diario Oficial.

Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE). (2018). Censo Nacional de Población y Vivienda 2018. DANE.

FAO. (2008). Diagnóstico rural participativo: Guía metodológica. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura.

Gobernación del Meta. (2023). Diagnóstico territorial del departamento del Meta. Gobernación del Meta.

Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC). (2021). Cartografía básica y social para la gestión territorial. IGAC.

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS). (2018). Lineamientos para la participación comunitaria en la gestión de áreas protegidas en Colombia. MADS.

Guerrero, D., & Bernal, C. (2023). Análisis del estado socioambiental de los humedales del perímetro urbano de la ciudad de Villavicencio – Meta. Universidad Nacional Abierta y a Distancia (UNAD). https://repository.unad.edu.co/handle/10596/47638

ICLEI. (2023). Análisis de riesgo y vulnerabilidad climática para Villavicencio, Meta. ICLEI América del Sur.

Ramos, J., Torres, L., & Melo, P. (2021). Urbanización, red urbana y extractivismo: una visión del caso de Villavicencio (Meta, Colombia). Universidad de los Andes.

Rendón, M. (2017). Análisis del proceso de urbanización informal en una ciudad intermedia: estudio de caso La Reliquia, Villavicencio (2005–2015). RedCOL – MinCiencias.

Sánchez, F., & Díaz, L. (2020). Analysis of labor informality in Villavicencio, Colombia (2015–2018). Revista de Economía del Rosario, 23(2).

Hidroambiental
Ingenieros constructores y consultores S.A.S