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

Tomo 2 de 5

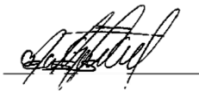
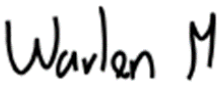
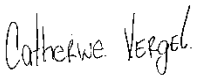
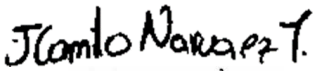
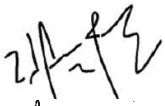
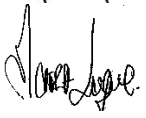
Fase II Formulación

Componente diagnostico

Área de Recreación Parque Ecológico Humedal Zuria

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	

Contenido

1 Medio Biótico 9
1.1 Componente Flora 9
1.1.1 Metodología de la caracterización vegetal 9
1.2 Componente Fauna 33
1.2.1 Metodología de la caracterización de la fauna local 33
1.2.2 Mamíferos 42
2 Medio Físico 64
2.1 Localización Y Delimitación 64
2.2 Clima 65
2.2.1 Temperatura 66
2.2.2 Precipitación 69
2.2.3 Evapotranspiración 73
2.2.4 Balance hídrico 76
2.2.5 Clasificación climática 81
2.3 Geología 83
2.3.1 Marco Geológico Regional 83
2.3.2 Marco tectónico y estructural 85
2.3.3 Estratigrafía Local 86
2.3.4 Geología Estructural 90
2.4 Geomorfología 91
2.4.1 Unidades Geomorfologicas 92
2.4.2 Procesos Morfodinámicos 97
2.4.3 Pendientes topográficas 100
2.5 Hidrogeología 103
2.5.1 Unidades Hidrogeológicas 106
2.5.2 Zonas de carga y descarga 111

2.5.3 Zonificación del potencial de recarga potencial 113
2.5.4 Metodología para la determinación de la vulnerabilidad intrínseca de los acuíferos a la contaminación por el método GOD 120
2.6 Hidrología 127
2.6.1 Zonificación hidrográfica 127
2.6.2 Principales Cuerpos de Agua 130
2.6.3 Oferta Hídrica 132
2.6.4 Humedales Presentes en la Zona 134
2.6.5 Índice de aridez 136
2.7 Suelos y Amenazas 140
2.7.1 Suelos 140
2.7.2 Conflicto de uso del suelo 157
2.7.3 Amenazas Naturales 162
2.7.4 Amenaza por movimientos en masa 170
2.7.5 Amenaza por inundación 174
2.8 Riesgos de desastres 177
3 Socioeconómico Y Cultural 183
3.1 Caracterización De Actores Sociales Estratégico 183
3.1.1 Clasificación De Actores Sociales 184
3.1.2 Actores Estratégicos Para El Área Protegida 191
3.2 Proceso De Participación Comunitaria 192
3.2.1 Metodología 192
3.2.2 Proceso De Convocatoria 194
3.2.3 Talleres O Encuentros Participativos 196
3.2.4 Recolección De Información 197
3.2.5 Contexto Territorial 199
3.2.6 Tasa Poblacional 204

3.2.7 Caracterización De Condiciones De Vida 207
3.2.8 Propiedad Del Área (predial) 208
3.2.9 Actividades Productivas Desarrolladas En El Área Protegida 209
3.2.10 Caracterización Turística Del Área Protegida 210
4 Referencias bibliográficas 212

Hidroambiental
Ingenieros constructores y consultores S.A.S

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 himedales 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.

1.1.1.1 Composición florística de la cobertura de bosque ripario

Presentó una composición florística conformada por 27 familias, 37 géneros y 37 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, con 7 especies, y Melastomataceae, con 5 especies; seguidas de Arecaceae, con 3 especies. Posteriormente se registraron Hypericaceae, Urticaceae y Myrtaceae, con 2 especies respectivamente. El resto de las familias botánicas estuvo representado por una única especie (Tabla 1).

Tabla 1.

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

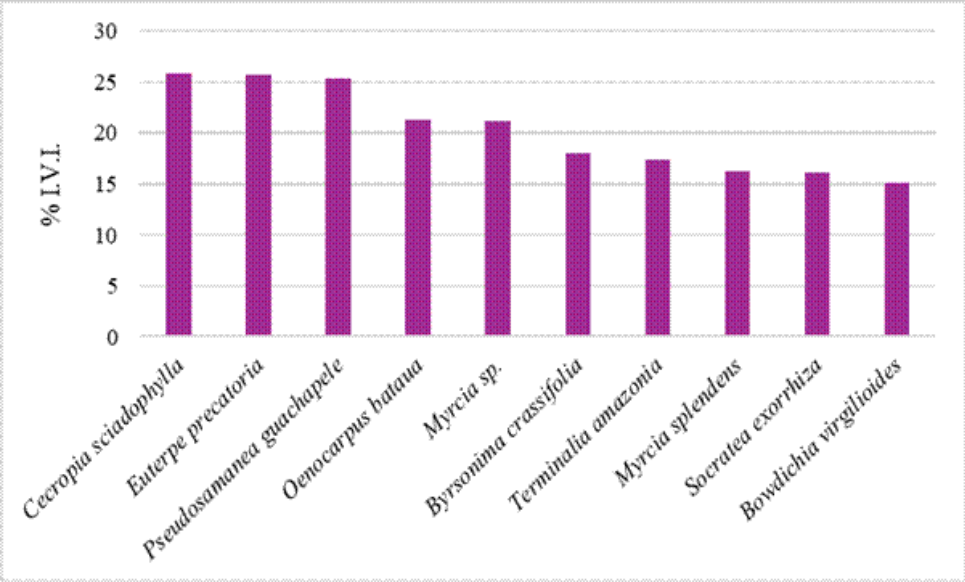
Familia	No. de géneros	No. de especies
Fabaceae	7	7
Arecaceae	3	3
Melastomataceae	2	5
Urticaceae	2	2
Hypericaceae	1	2
Myrtaceae	1	2

1.1.1.2 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 Figura 1.

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 4.86 % y 25.91 %, sin registrarse dominancias extremas, lo que muestra una composición estructural que se distribuye entre varias especies sin 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 *Cecropia sciadophylla* (25.91 %), *Euterpe precatoria* (25.68 %) y *Pseudosamanea guachapele* (25.30 %), seguidas por *Oenocarpus bataua* (21.27 %), *Myrcia sp.* (21.16 %), *Byrsonima crassifoli*a (17.97 %), *Terminalia amazonia* (17.42 %), *Myrcia splendens* (16.28 %) y *Socratea exorrhiza* (16.18 %). Estas especies pertenecen a géneros característicos de bosques húmedos de tierras bajas y formaciones ribereñas, varios de ellos reconocidos como componentes que responden rápidamente a condiciones de apertura o claros, favoreciendo su establecimiento en áreas con dinámicas sucesionales activas (Bastidas et al., 2016; Chazdon, 2014).

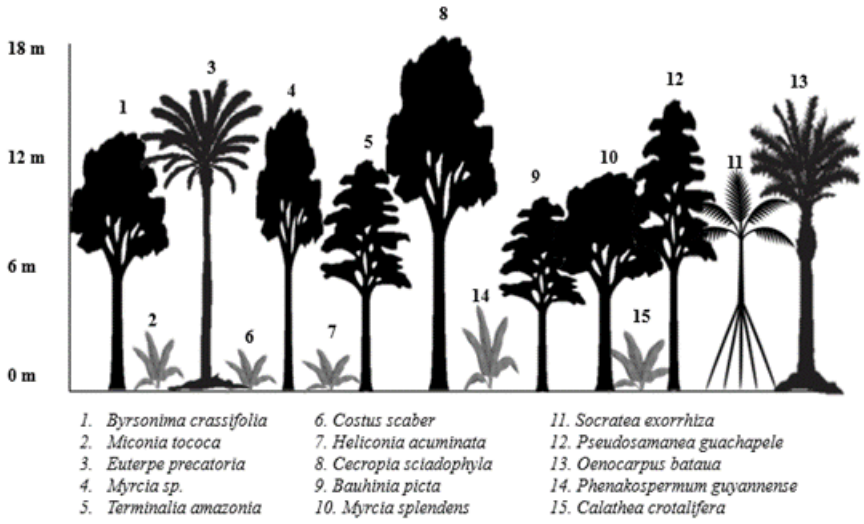
En un segundo grupo estructural se ubicaron especies como *Bowdichia virgilioides* (15.16 %), *Didymopanax morototoni* (13.29 %), *Bauhinia picta* (12.20 %), *Stryphnodendron guianense* (10.99 %) y *Urera baccifera* (10.71 %). Estas especies son componentes frecuentes de bosques ribereños y formaciones húmedas de tierras bajas en diferentes estados sucesionales del ecosistema, tolerantes a aperturas moderadas 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 18 m (Figura2), conformando un dosel bajo y fragmentado dominado por especies como *Cecropia sciadophylla*, *Euterpe precatoria*, *Oenocarpus bataua*, *Terminalia amazonia*, *Myrcia sp*. y *Socratea exorrhiza*, 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. *Byrsonima crassifolia*
2. *Miconia tococa*
3. *Euterpe precatoria*
4. *Myrcia sp.*
5. *Terminalia amazonia*
6. *Costus scaber*
7. *Heliconia acuminata*
8. *Cecropia sciadophyla*
9. *Bauhinia picta*
10. *Myrcia splendens*
11. *Socratea exorrhiza*
12. *Pseudosamanea guachapele*
13. *Oenocarpus bataua*
14. *Phenakospermum guyannense*
15. *Calathea crotalifera*

El estrato medio, con alturas aproximadas entre 5 y 12 m, concentra la mayor parte de los individuos registrados y está compuesto principalmente por especies con estrategias ecológicas pioneras, tales como *Byrsonima crassifolia*, *Myrcia splendens*, *Bauhinia picta* y *Costus scaber*, agrupadas de forma densa y discontinua. Esta distribución de alturas corresponde a comunidades con procesos ecológicos sucesionales dominados por especies de crecimiento rápido y adaptación a ambientes con un dosel abierto, frecuente 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 crotalifera* (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 que, pese a las condiciones, son típicas de los ecosistemas naturales de la región (Chazdon, 2014; Junk et al., 2011).

1.1.1.3 Composición florística de la vegetación secundaria

Se registraron 22 familias, 22 géneros y 22 especies, configurando un ensamble florístico típico de comunidades donde predomina la vegetación secundaria, con especies pioneras y de rápido crecimiento que estructuran este tipo de ecosistemas (Poorter et al., 2021).

Tabla 2.

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

Familia	No. de géneros	No. de especies
Fabaceae	7	7
Arecaceae	3	3
Melastomataceae	2	5

Las familias más representativas fueron Fabaceae y Melastomataceae, con 4 y 3 especies respectivamente (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 Arecaceae, con 3 especies, grupo frecuente 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).

Otras familias como Costaceae, Malvaceae, Convolvulaceae, Siparunaceae, Boraginaceae, Urticaceae, Cyperaceae e Iridaceae tuvieron una representación menor, pero característica de coberturas secundarias donde coexisten especies pioneras dominantes con elementos de fases sucesionales intermedias (Schorn et al., 2024). Para las familias restantes, la representación fue de una única especie, rasgo común de comunidades secundarias

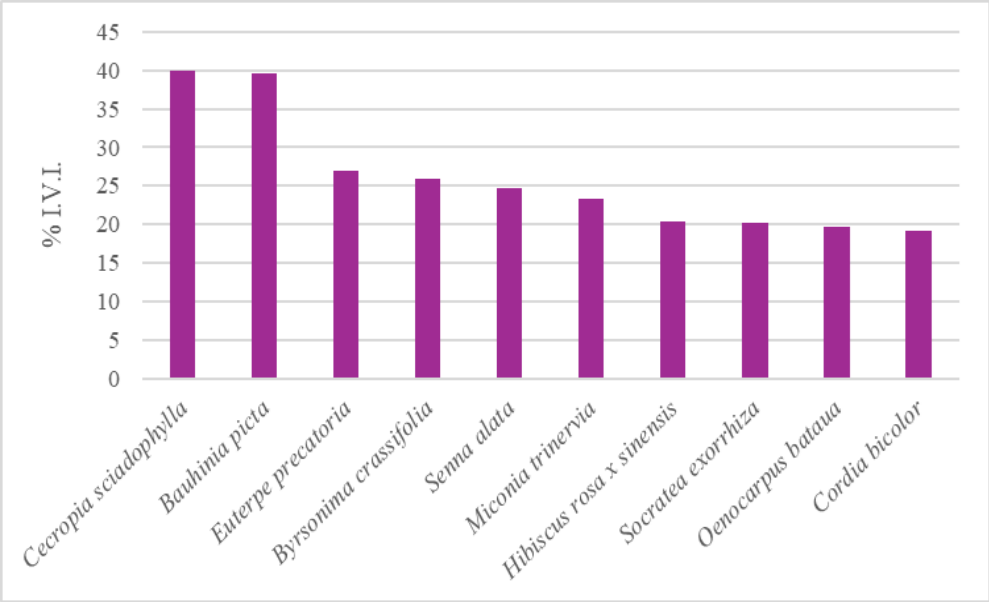
tropicales donde un número reducido de especies domina la estructura del ecosistema, mientras numerosas especies aparecen de forma escasa contribuyendo a la riqueza florística sin alcanzar pesos estructurales elevados (Poorter et al., 2021).

1.1.1.4 Estructura horizontal y vertical de la vegetación secundaria.

Los valores de I.V.I., evidencian una estructura dominada por especies asociadas a ambientes abiertos, con escasa diferenciación funcional del dosel debido al grado de intervención antrópica (Chazdon, 2014). Las especies que más destacan son *Cecropia sciadophylla* (39.99 %) y *Bauhinia picta* (39.63 %), como las especies con mayor peso estructural (Figura3), debido a su elevada densidad, frecuencia y dominancia relativa. Ambas se encuentran ampliamente documentadas como especies pioneras capaces de aprovechar la apertura del dosel y los nutrientes disponibles en suelos perturbados, estableciéndose con rapidez en escenarios de regeneración secundaria y bordes de bosque (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 valores de I.V.I. moderados incluyen *Euterpe precatoria* (26.96 %), *Byrsonima crassifolia* (25.91 %), *Senna alata* (24.62 %), *Miconia trinervia (*23.29 %), *Hibiscus rosa-sinensis* (20.36 %), *Socratea exorrhiza* (20.28 %), *Oenocarpus bataua* (19.77 %), *Cordia bicolor* (19.11 %) y *Miconia multispicata* (17.92 %). Este conjunto está conformado por especies pioneras y secundarias tempranas ampliamente distribuidas en coberturas intervenidas, lo que explica su presencia en áreas abiertas y su capacidad para colonizar suelos con disturbios (Poorter et al., 2021; Rüger et al., 2023).

Los valores bajos de I.V.I. (≤ 15 %) incluyen especies como *Miconia tococa* (12.44 %) y *Bodwichia virgilioides* (9.67 %), que registran aportes reducidos de densidad, frecuencia o

dominancia. Este comportamiento es típico de comunidades secundarias donde pocas especies concentran gran parte del peso estructural mientras otras contribuyen principalmente a la riqueza florística (Poorter et al., 2021; Schorn et al., 2024).

La estratificación vertical muestra una estructura de baja estatura y distribución discontinua, lo que evidencia procesos de regeneración continua sometidos a perturbaciones recurrentes propias de áreas periurbanas, como tránsito de ganado, apertura de senderos y extracción selectiva. El dosel superior alcanza aproximadamente 10 m de altura y está conformado por un número reducido de árboles dispersos, entre los que se incluyen *Cecropia sciadophylla*, *Bauhinia picta*, *Byrsonima crassifolia*, *Senna alata*, y palmas como, *Euterpe precatoria* y *Oenocarpus bataua* (Figura4). Su distribución irregular refleja la falta de consolidación de un dosel continuo.

Hidroambiental
Ingenieros constructores y consultores S.A.S

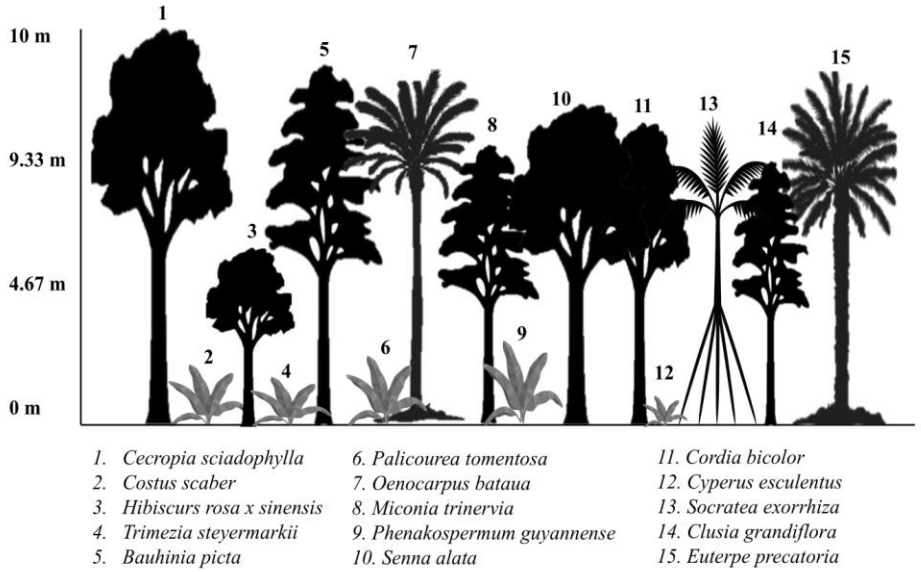


Figura4. Perfil de estructura vertical del bosque secundario con las principales especies representativas de cada estrato.

El estrato medio (4 a 7 m) está conformado por especies arbóreas jóvenes, palmas y arbustos altos como *Socratea exorrhiza*, *Miconia trinervia*, *Cordia bicolor*, y *Phenakospermum guyannense*, que concentran gran parte de la cobertura leñosa. Este estrato responde a la alta disponibilidad lumínica propia de ambientes con dosel fragmentado, donde especies de crecimiento rápido y tolerantes a perturbación logran establecerse con mayor éxito (Oberleitner et al., 2021).

El sotobosque (0 a 3 m) está dominado por herbáceas y arbustivas como *Costus scaber*, *Trimezia steyermarkii*, *Cyperus esculentus* y regeneración natural de especies del género Miconia e Ipomoea, que conforman parches densos asociados a la apertura del dosel y a la

ausencia de sombra permanente. Este patrón evidencia una alta variabilidad en la entrada de luz y una estratificación simplificada, característica de bosques secundarios con intervención relevante (Sun et al., 2024; Rüger et al., 2023).

1.1.1.5 Composición florística de la cobertura de humedal

La cobertura de la zona de humedales reportó una composición florística conformada por 20 familias, 21 géneros y 21 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 3 especies, Costaceae, con 2 especies, y Melastomataceae, con 2 especies (Tabla 3). Estos grupos incluyen macrófitas emergentes, palustres y especies de rápido crecimiento que prosperan en ambientes lénticos con influencia antrópica, donde dominan gramíneas y plantas hidrófitas de alta capacidad colonizadora como *Pontederia crassipes, Paspalum repens, Panicum repens* y *Urochloa mutica* (do Nascimento et al., 2021). El resto de las familias se encuentra representado por una única especie.

Tabla 3.

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

Familia	No. de géneros	No. de especies
Costaceae	1	2

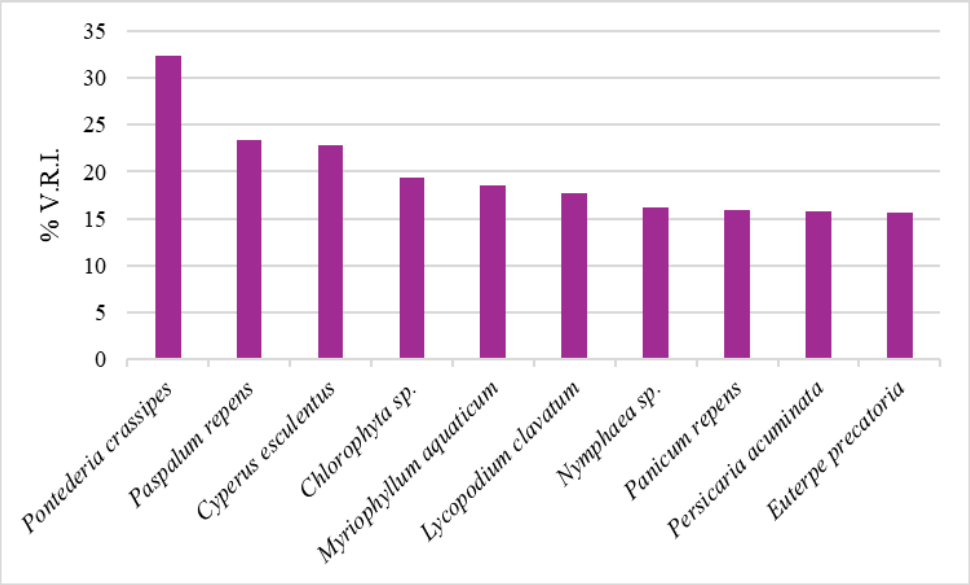
Fabaceae	2	2
Melastomataceae	1	2
Poaceae	3	3

1.1.1.6 Estructura de los ecosistemas de humedal

Se evidencia una comunidad donde unas pocas especies presentan mayor peso estructural, sin que ello implique una dominancia extrema sobre el humedal (Misteli et al., 2022). Destaca *Pontederia crassipes* (V.R.I. = 32.27), reconocida como buchón de agua (Figura5), la cual, aunque no conforma mantos continuos ni cubre grandes extensiones del espejo de agua, sí aparece como la especie con mayor representatividad estructural debido a su abundancia y distribución en sectores someros y orillas encharcadas. Su patrón espacial indica una presencia estable, aún acotada, pero con un potencial de expansión asociado a su habilidad colonizadora en ambientes con nutrientes disponibles y baja movilidad del agua (Addis & Desta, 2024; Ma et al., 2023). Este comportamiento refleja un estadio temprano o moderado de proliferación, más que un proceso avanzado de invasión, aunque mantiene la capacidad de aumentar su cobertura bajo condiciones favorables.

Figura 5.

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



En el siguiente nivel de importancia se ubicaron *Paspalum repens* (V.R.I. = 23.43) y *Cyperus esculentus* (V.R.I. = 22.78), ambas especies emergentes y palustres ampliamente documentadas como indicadoras de ambientes con enriquecimiento de nutrientes y baja dinámica hidrológica (Corli et al., 2022; Pinero-Rodríguez et al., 2021; Wasserman & Dalu, 2022). Su presencia dominante en los márgenes y zonas someras refuerza la interpretación de un humedal sometido a eutrofización y procesos de colmatación.

En el rango intermedio del V.R.I. se ubicaron especies como *Chlorophyta sp.* (19.32), *Myriophyllum aquaticum* (18.47), *Lycopodium clavatum* (17.69), *Nymphaea sp.* (16.13),

Panicum repens (15.89), *Persicaria acuminata* (15.80) y *Euterpe precatoria* (15.56). Este grupo conforma un ensamble mixto de algas filamentosas, macrófitas sumergidas, flotantes, emergentes y elementos leñosos ribereños que prosperan en sectores con fluctuación del nivel hídrico, compactación del sustrato y disturbios recurrentes (Ahumada Pulido et al., 2022; Bastidas et al., 2016). Aunque muestran tolerancia a las condiciones del humedal, su desarrollo se ve limitado por la competencia espacial impuesta por *P. crassipes* y otras especies dominantes (Buitrago, 2024).

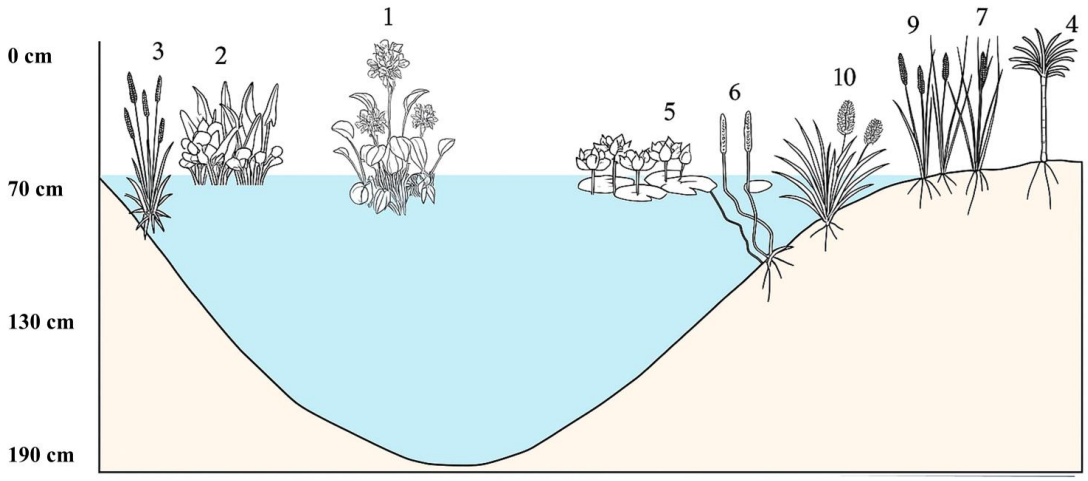
Los valores más bajos del V.R.I. (<10) se restringen a especies ubicadas en sectores puntuales del humedal y tienen una contribución estructural limitada. Su baja representatividad no refleja estabilidad, sino la competencia asimétrica generada por la expansión de macrófitas flotantes y emergentes dominantes que monopolizan luz, nutrientes y espacio (Bastidas et al., 2016; Pinzón, 2024).

La estratificación vertical evidencia una organización simplificada dominada por macrófitas flotantes y emergentes, con una marcada concentración de biomasa en el estrato superficial del espejo de agua (Figura6). Destaca nuevamente *P. crassipes*, que por su número de individuos domina la estructura del humedal; aun así, su distribución no forma mantos continuos ni cubre amplios sectores del cuerpo de agua, sino que se encuentra principalmente restringida a las orillas y a zonas someras donde las condiciones de baja profundidad y acumulación de nutrientes favorecen su establecimiento. Como ya se mencionó, su presencia no está generando un bloqueo del espejo de agua, pero sí constituye

un componente con potencial de expansión que debe ser monitoreado, dado que bajo condiciones favorables puede incrementar su cobertura y competir por luz y espacio con otras macrófitas del humedal (Addis & Desta, 2024; Ma et al., 2023; Misteli et al., 2022).

Figura 6.

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



Como muestra la Figura6 en el estrato emergente–ribereño, localizado hacia los márgenes del humedal, se registran especies gramíneas y palustres, tales como *Paspalum repens*, *Panicum repens* y *Cyperus esculentus*, acompañadas de halófitas ribereñas como *Persicaria acuminata*. En los sectores someros también se presentan elementos acuáticos y subacuáticos como *Myriophyllum aquaticum*, *Lycopodium clavatum*, *Chlorophyta sp*. y

parches de *Nymphaea sp*., que ocupan áreas más tranquilas del espejo de agua. De manera puntual, en el margen superior derecho se observa la presencia de *Euterpe precatoria*, representando el componente leñoso asociado a las transiciones entre tierra y agua típicas de humedales periurbanos (Pinzón, 2024). Este estrato se distribuye de forma discontinua y con baja cobertura, condicionado por la pendiente ribereña, la compactación del sustrato y los disturbios propios de estos sistemas (Ahumada Pulido et al., 2022).

1.1.1.7 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, vegetación secundaria y humedal mostraron diferencias en riqueza y en la estructura relativa de abundancias, aunque en general mantuvieron valores que indican una diversidad moderadamente alta en todos los casos.

El bosque ripario registró la mayor riqueza florística (q_0 = 37), acompañada de valores elevados de q_1 (38.17) y q_2 (40.21) (Tabla 4), lo que refleja una comunidad bien equilibrada, donde muchas especies aportan de manera relativamente similar a la abundancia total (Chazdon, 2014). La equitatividad (J = 0.9653) confirma una baja dominancia y una distribución uniforme de especies, condición coherente con coberturas boscosas que conservan una estructura ecológica estable.

Tabla 4.

Índices de diversidad para la flora encontrada dentro de los diferentes ecosistemas.

Cobertura	q0 (Riqueza)	q1 (Shannon efectivo)	q2 (Simpson efectivo)	J (Equitatividad)
Bosque	37	38.17	40.21	0.9653
Vegetación secundaria	21	19.28	13.81	0.9084
Humedal	22	19.93	16	0.9327

La vegetación secundaria presentó una riqueza menor (q_0 = 21), como es habitual en coberturas en proceso de sucesión. Los valores de q_1 (18.28) y q_2 (13.81) indican que algunas especies pioneras contribuyen con una proporción mayor de individuos; sin embargo, la equitatividad sigue siendo alta (J = 0.9084), lo que sugiere que la comunidad mantiene una diversidad apreciable y no presenta dominancias marcadas, aun bajo escenarios de intervención y regeneración natural (Rüger et al., 2023).

El humedal presentó una riqueza intermedia (q_0 = 22) con valores de q_1 (19.93) y q_2 (16) relativamente cercanos entre sí, indicando que, aunque ciertas especies destacan en abundancia, la comunidad mantiene un aporte distribuido entre varios taxa. La equitatividad alta (J = 0.9327) respalda esta interpretación.

Dentro del conjunto de especies del humedal, Pontederia crassipes (buchón de agua) aparece como uno de los componentes con mayor representación. Si bien su presencia aporta de manera importante a los valores de diversidad efectiva, los datos no evidencian por el momento una dominancia excesiva ni una reducción significativa de la equidad comunitaria. Más bien, su comportamiento refleja una tendencia temprana de establecimiento, especialmente en los bordes del cuerpo de agua, donde la especie es más frecuente. Esto sugiere que, aunque actualmente no genera impactos fuertes sobre la estructura general, sí constituye un elemento a considerar en acciones de manejo preventivo antes de que aumente su abundancia y modifique la composición del humedal (Addis & Desta, 2024).

1.1.1.8 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 conformada 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 funciones ecológicas fundamentales. Palmeras como

Euterpe *precatoria y Oenocarpus bataua* actúan como especies estructurales y recursos tróficos para aves y mamíferos frugívoros, lo cual concuerda con lo reportado para especies de palmas en bosques tropicales (Escriche et al., 1999). De forma complementaria, árboles ampliamente distribuidos en la región como *Inga sp., Byrsonima crassifolia, Didymopanax morototoni o Virola peruviana* contribuyen a la arquitectura del bosque y participan en procesos de regeneración mediante el aporte de frutos, sombra y retención de humedad, funciones también documentadas para especies ribereñas como Genipa americana en otros ecosistemas similares (Wendt et al., 2022).

Asimismo, especies herbáceas, arbustivas y helófitas registradas en el área, tales como *Costus scaber, Piper marginatum, Sagittaria guayanensis, Persicaria acuminata, Cyperus esculentus,* y otras propias de bordes y zonas húmedas, desempeñan roles clave en la estabilización del suelo, la retención de sedimentos y la creación de microhábitats asociados a la hidrología local (Rangel, 2011). Estas funciones resultan esenciales en áreas de transición terrestre–acuática dentro de la matriz de piedemonte.

En cuanto al humedal, la presencia de *Pontederia crassipes* (buchón de agua) debe considerarse como un elemento de seguimiento y manejo preventivo. Aunque la especie no cubre grandes extensiones del espejo de agua y su distribución se restringe principalmente a zonas someras y orillas, sí aporta de manera importante a la abundancia relativa, lo cual indica una tendencia temprana de establecimiento. Como ha sido ampliamente documentado, *P. crassipes* puede afectar la funcionalidad ecológica de los humedales

cuando alcanza coberturas elevadas (Addis & Desta, 2024; Ma et al., 2023), por lo que su control oportuno permite evitar procesos de expansión que, en otros contextos, han derivado en limitaciones a la disponibilidad de luz y oxígeno, disminución del flujo hídrico y alteraciones en la dinámica ecosistémica (Misteli et al., 2022; Pinzón, 2024).

En consecuencia, la estrategia de conservación para este componente no debe orientarse a su protección, sino a su monitoreo continuo y control poblacional, con el fin de mantener la estructura vegetal equilibrada y funcional que caracteriza los humedales del piedemonte (Ahumada Pulido et al., 2022; Wasserman & Dalu, 2022).

Figura 7.

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



Heteranthera reniformis Ruiz & Pav.



Paspalum repens P.J.Bergius



Euterpe precatoria Mart.



Terminalia amazonia (J.F.Gmel.) Exell



Miconia andersonii Fawc. & Rendle



Calathea crotalifera S.Watson

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) y Morales-Martinez (2021) para mamíferos. 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. 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 10 jornadas de campo (5 diurnas y 5 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.

1.2.1.1 Aves

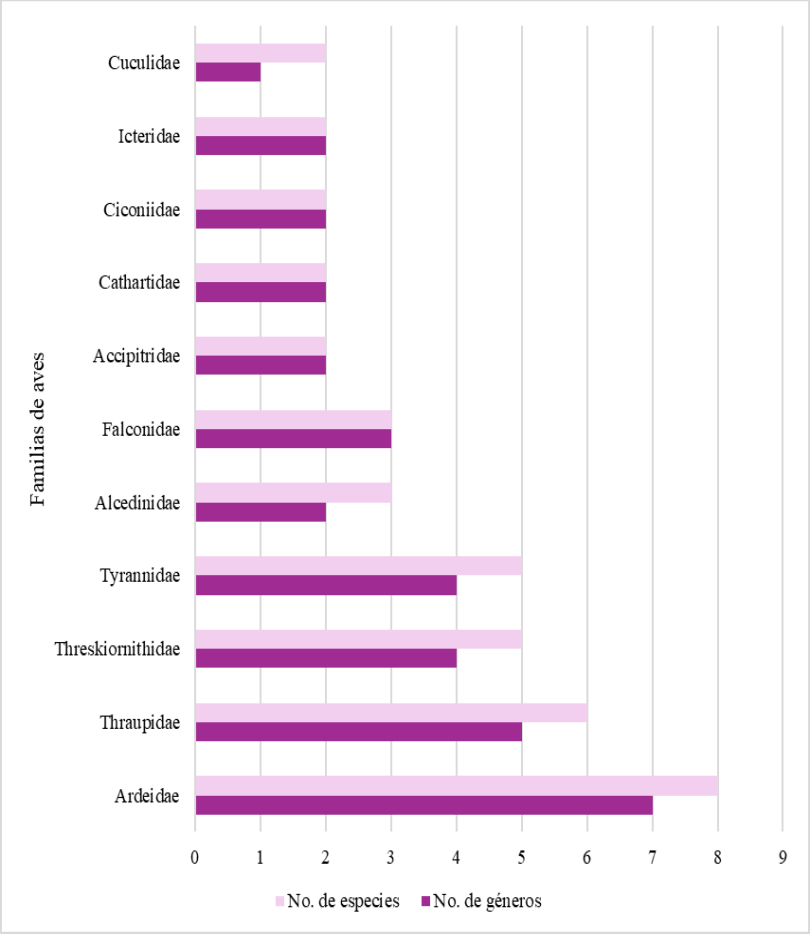
Se registró un total de 60 especies de aves, agrupadas en 31 familias, 53 géneros y 18 órdenes, lo que evidencia una riqueza específica asociada a la heterogeneidad espacial del paisaje, caracterizado por un mosaico de bosques en recuperación, humedales y áreas abiertas en distintos estados de intervención. La mayor parte de los registros provino de bordes de bosque, cuerpos de agua presentes y claros, 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 Ardeidae (8 especies), Thraupidae (6 especies), Threskiornithidae (5 especies) y Tyrannidae (5 especies,), seguidas por Alcedinidae y Falconidae (3 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, humedales y vegetación secundaria, tal como se sintetiza en la Figura 7.

Figura 7.

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



1.2.1.2 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). Bajo este esquema se identificó que la vegetación secundaria presentó la mayor riqueza de especies ($q_0 = 55$), seguida por el humedal ($q_0 = 30$) y el bosque ($q_0 = 9$) (Tabla 5). Esto coincide con la estructura espacial del paisaje, donde la matriz de vegetación secundaria está conformada por un mosaico de claros, bordes de bosque ripario, sotobosques en regeneración y áreas abiertas, además de la presencia de cuerpos de agua, lo que incrementa la heterogeneidad de hábitats disponibles y favorece la coexistencia tanto de especies forestales como de especies generalistas de amplia distribución (Croci et al., 2008; McKinney, 2006).

Tabla 5.

Índices de biodiversidad para la comunidad de aves encontrada en el ARPE Humedal Zuria.

Cobertura	q0 (Riqueza)	q1 (Shannon efectivo)	q2 (Simpson efectivo)	J (Equitatividad)
Bosque	9	9,52	10,04	0,9414
Vegetación secundaria	55	58,15	63,78	0,9725
Humedal	30	34,71	40,88	0,9648

El número efectivo de especies comunes (q_1) mostró valores muy cercanos a la riqueza observada en cada cobertura (bosque: $q_1 = 9.52$; vegetación secundaria: $q_1 = 58.15$; humedal: $q_1 = 34.71$), lo que indica comunidades con alta equidad en abundancias, donde

una fracción importante de las especies registradas contribuye de manera similar a la estructura de la comunidad, sin una concentración marcada en unas pocas especies (Chao et al., 2014; Jost, 2006).

Al considerar el número efectivo de especies dominantes (q_2), las coberturas mantienen el mismo orden de importancia (bosque: q_2 = 10.04; vegetación secundaria: q_2 = 63.78; humedal: q_2 = 40.88), lo que refuerza la ausencia de dominancias extremas y sugiere que, aunque existen especies algo más abundantes, en general las comunidades están conformadas por múltiples especies de abundancias intermedias (Tabla 5). Este comportamiento es típico de paisajes fragmentados y ecosistemas modificados donde la mezcla de hábitats genera ensambles diversos sin que se presenten colapsos de la diversidad local (Croci et al., 2008; Sol et al., 2014).

Los valores de equitatividad de Pielou fueron consistentemente altos en las tres coberturas evaluadas (bosque: J = 0.94; vegetación secundaria: J = 0.97; humedal: J = 0.96), lo que indica que la distribución de abundancias es relativamente uniforme en todas ellas (Tabla 5). La vegetación secundaria presentó la mayor equitatividad y, junto con su alta riqueza y los valores elevados de q_1 y q_2, se configura como el principal hotspot de diversidad de aves dentro del área, favorecida por la heterogeneidad de microhábitats asociados a bordes, claros y parches sucesionales (Croci et al., 2008; McKinney, 2006).

El bosque, aunque registra un número reducido de especies, muestra una estructura muy homogénea, sin especies muy dominantes, lo que refleja una comunidad pequeña pero balanceada. Por su parte, el humedal mantiene una diversidad intermedia con abundancias también distribuidas de manera uniforme, condición típica de ambientes transicionales donde convergen especies asociadas a cuerpos de agua, orillas y sabanas arboladas. De manera conjunta, estos resultados sugieren que las tres coberturas sostienen comunidades de aves estructuralmente equilibradas, incluso bajo un contexto de paisaje intervenido (McKinney, 2006).

1.2.1.3 Especies de interés de aves para la conservación

En cuanto al estado de conservación, todas las especies registradas en el área se encuentran en la categoría de Preocupación Menor (LC) de acuerdo con la documentación revisada. No obstante, tres especies registradas se encuentran incluidas en el Apéndice II de la CITES: *Amazona ochrocephala*, *Eudocimus ruber y Pandion haliaetus*, lo que implica que, aunque no presentan riesgo global, sí requieren regulación de su comercio internacional debido a la presión potencial por captura y tráfico.

La composición del ensamble está dominada por especies de amplia distribución y alta tolerancia a la transformación del hábitat, condición coherente con el carácter periurbano del paisaje evaluado. Entre las coberturas inventariadas predominan el bosque ripario secundario, la vegetación en sucesión temprana y áreas de humedal intervenido, ambientes donde prosperan especies de amplia distribución (McKinney, 2006).

Si bien no se registraron especies estrictamente dependientes de bosques primarios o de alta integridad estructural, la presencia simultánea de múltiples gremios tróficos insectívoros, frugívoros, granívoros, piscívoros, carroñeros y omnívoros indica que el área mantiene una funcionalidad ecológica básica, incluso bajo un contexto de degradación moderada (Ocampo-Peñuela & Etter, 2013). En este sentido, el conjunto de coberturas funciona como un refugio local y un corredor ecológico periurbano, relevante para especies comunes y de amplia distribución, contribuyendo al mantenimiento de la conectividad ecológica y de la fauna silvestre en el 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.



Dendrocygna viduata *Ardea ibis*



Columbina talpacoti



Pteroglossus castanotis



Eudocimus ruber



Opisthocomus hoazin

1.2.2 Mamíferos

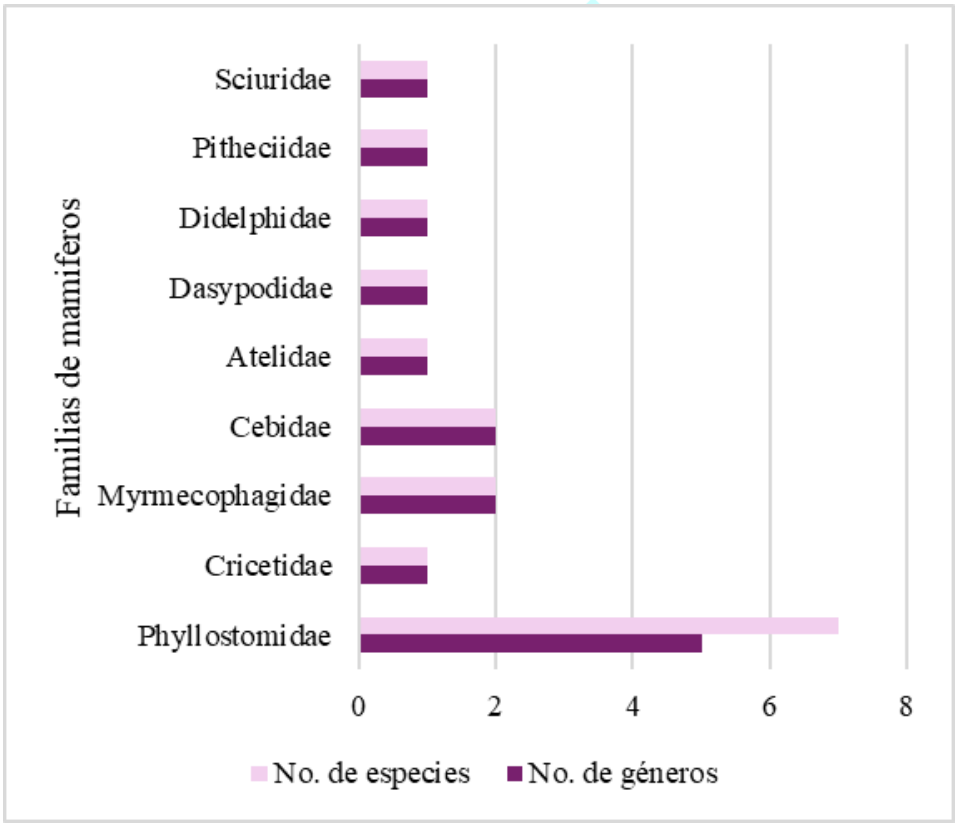
La composición de la mastofauna del área protegida corresponde a 15 especies, agrupadas en 11 familias, 15 géneros y 7 órdenes. La mayor parte de los registros se concentró en la cobertura de bosque, aunque también se detectaron individuos en vegetación secundaria y

la zona de humedal, lo que evidencia el uso del mosaico de hábitats disponibles en un paisaje periurbano con distintos grados de intervención (McKinney, 2006).

La mayor riqueza específica se concentró en la familia Phyllostomidae, con 7 especies. Otras familias representadas fueron Myrmecophagidae con 2 especies, Cebidae con 2 especies, las demás familias tienen cada una un solo representante (Figura 9).

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* sp., que dominan la matriz y reflejan la disponibilidad de frutos pioneros, flores y refugios en árboles y estructuras abandonadas (Fino Hernández, 2019).
- **Osos hormigueros**, como *Myrmecophaga tridactyla* y *Tamandua tetradactyla*, cuya presencia indica la existencia de parches forestales funcionales y una oferta mínima de hormigas y termitas asociadas a bosques y áreas en regeneración (Patton, et al., 2015).
- **Primates**, entre ellos *Callicebus ornatus*, *Sapajus apella* y *Saimiri sciureus*, cuyo uso del bosque y corredores ribereños resalta la importancia de los remanentes arbóreos como corredores funcionales para su desplazamiento (Defler, 2010; Marsh & Chapman, 2013; Stevenson et al., 2010).
- **Marsupiales generalistas**, como *Didelphis marsupialis*, especie indicadora de ambientes periurbanos con alta adaptabilidad (Saldaña et al., 2019).

1.2.2.1 Diversidad de la mastofauna

La diversidad efectiva de mamíferos mostró variaciones moderadas entre las tres coberturas evaluadas (Tabla 6). Tanto el bosque como la vegetación secundaria registraron la misma riqueza ($q_0 = 9$), mientras que el humedal presentó un valor ligeramente menor ($q_0 = 8$). Este comportamiento es coherente con paisajes fragmentados donde la mezcla de

coberturas y la presencia de hábitats en distintos estados sucesionales permiten la persistencia de especies generalistas y de amplia distribución (Magle et al., 2012).

Tabla 6.

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

Cobertura	q0 (Riqueza)	q1 (Shannon efectivo)	q2 (Simpson efectivo)	J (Equitatividad)
Bosque	9	9,64	10,54	0,9512
Vegetación secundaria	9	8,32	6,58	0,8725
Humedal	8	7,87	7,43	0,9041

Al analizar el número efectivo de especies comunes (q_1), se observa que los valores son relativamente cercanos entre coberturas, con el bosque mostrando la mayor uniformidad en abundancias ($q_1 = 9.64$), seguido del humedal ($q_1 = 7.87$) y la vegetación secundaria ($q_1 = 8.32$). Esto sugiere que, aunque la riqueza total es similar, el bosque mantiene un ensamble con leve mayor equilibrio en abundancias, mientras que en la vegetación secundaria algunas especies tolerantes al disturbio incrementan su aporte relativo, condición frecuente en matrices de sucesión temprana (Chao et al., 2014; Lizcano & Ramírez-Chaves, 2025; Wendt et al., 2022).

El número efectivo de especies dominantes (q_2) refleja una tendencia similar: el bosque registró el valor más alto ($q_2 = 10.54$), indicando una comunidad muy poco dominada, mientras que el humedal ($q_2 = 7.43$) y la vegetación secundaria ($q_2 = 6.58$) mostraron

valores más bajos pero aún dentro de rangos propios de ensambles equilibrados en paisajes intervenidos (Jost, 2006; Solari et al., 2013). Las diferencias entre q_1 y q_2 en la vegetación secundaria sugieren una mayor contribución relativa de algunas especies generalistas, aunque sin llegar a constituir dominancia marcada.

La equitatividad de Pielou fue alta en todas las coberturas (J = 0.87 a 0.95), lo que evidencia comunidades estructuralmente balanceadas. El bosque presentó la mayor equidad (J = 0.95), seguido del humedal (J = 0.90), mientras que la vegetación secundaria mostró una equitatividad ligeramente menor (J = 0.87), reflejando una influencia más fuerte de especies adaptadas al disturbio (Mena et al., 2011). Sin embargo, estas diferencias no son extremas, lo que sugiere que, pese al grado de intervención del paisaje, las tres coberturas mantienen una estructura funcional relativamente estable.

Estos resultados indican que el mosaico de bosque y vegetación secundaria sostiene la mayor diversidad funcional de mamíferos del área evaluada, mientras que el humedal, aunque con menor riqueza, contribuye a una comunidad altamente equitativa. Este patrón coincide con paisajes periurbanos donde la conectividad local y la heterogeneidad ambiental favorecen la persistencia de un ensamble diverso de especies generalistas (Croci et al., 2008; McKinney, 2006).

1.2.2.2 Especies de interés de mamíferos para la conservación

En cuanto al estado de conservación de la mastofauna registrada, se identificaron algunas especies con categorías relevantes según la UICN, los apéndices de CITES y la normativa nacional vigente para especies amenazadas en Colombia (Resolución 1912 de 2017 y disposiciones complementarias). Esto refuerza la importancia del área protegida como refugio para fauna en un paisaje periurbano sometido a presión por expansión urbana, actividades agropecuarias y pérdida progresiva de cobertura boscosa.

Destaca *Myrmecophaga tridactyla* (oso palmero), categorizado como Vulnerable (VU) y listado en CITES Apéndice II, cuya vulnerabilidad aumenta en zonas donde la fragmentación del bosque ripario y la interrupción de corredores ecológicos reducen la disponibilidad de hábitat funcional (Shanee, 2023).

Asimismo, *Callicebus ornatus* (mono zocay), endémico del Meta y catalogado como Vulnerable (VU) e incluido en CITES Apéndice II, representa uno de los elementos de mayor valor de conservación. Su presencia indica que el área protegida mantiene parches boscosos y conectividad estructural suficientes para permitir su persistencia dentro del paisaje rural y periurbano de Villavicencio (Ortiz-Moreno et al., 2022).

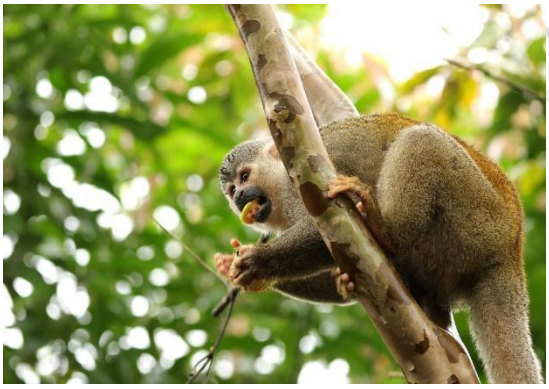
Otras especies como *Sapajus apella*, aunque clasificadas como de Preocupación Menor (LC), también aparecen en CITES Apéndice II, lo que implica riesgo asociado a captura y tráfico ilegal, especialmente en zonas rurales con accesibilidad abierta (Defler, 2010). De

igual manera, especies de importancia ecológica como *Tamandua tetradactyla*, *Saimiri sciureus y Didelphis marsupialis* forman parte del ensamble registrado y cumplen funciones esenciales en procesos de control de insectos, dispersión de semillas y ciclado ecológico (Mena et al., 2011).

Por otro lado, la mayoría de los murciélagos registrados se encuentran en la categoría LC, coherente con su amplia distribución y tolerancia a ambientes intervenidos; no obstante, su presencia mantiene procesos clave como dispersión y polinización dentro de la matriz ecológica del área (Kunz et al. 2011).

Figura 10.

Registro fotográfico de algunas de las especies de mamíferos identificadas dentro del área protegida.



Saimiri sciureus



Sciurus sp.



Didelphis marsupialis



Carollia castanea

Nota. Fotografías: Equipo consultor.

1.2.2.3 Herpetos

Los anfibios registrados en el área protegida conformaron un ensamble compuesto por 16 especies, agrupadas en 9 géneros y 5 familias, todas pertenecientes al orden Anura (Figura9). Aunque la riqueza observada es menor que la reportada para ecosistemas de piedemonte mejor conservados, corresponde a la estructura típica de comunidades que persisten en paisajes intervenidos, donde la disponibilidad de humedad, la cobertura vegetal remanente y la presencia de microhábitats locales determinan la composición del ensamble bajo condiciones de fragmentación (Nori et al., 2015; Saboyá Acosta & Urbina-Cardona, 2023).

La familia Hylidae fue la más representativa, con 7 especies, seguida por Leptodactylidae, que aportó 5 especies. Las familias Aromobatidae, Bufonidae y Ranidae estuvieron representadas por un número reducido de especies, cada una aportando entre 1 y 2 especies al ensamble (Figura9). Los resultados coinciden con lo documentado para paisajes intervenidos del piedemonte, donde predominan especies tolerantes a la perturbación y dependientes de microhábitats húmedos distribuidos de manera heterogénea (Nori et al., 2015; Saboyá Acosta & Urbina-Cardona, 2023).

Figura 11.

Familias encontradas de anfibios en el área protegida.

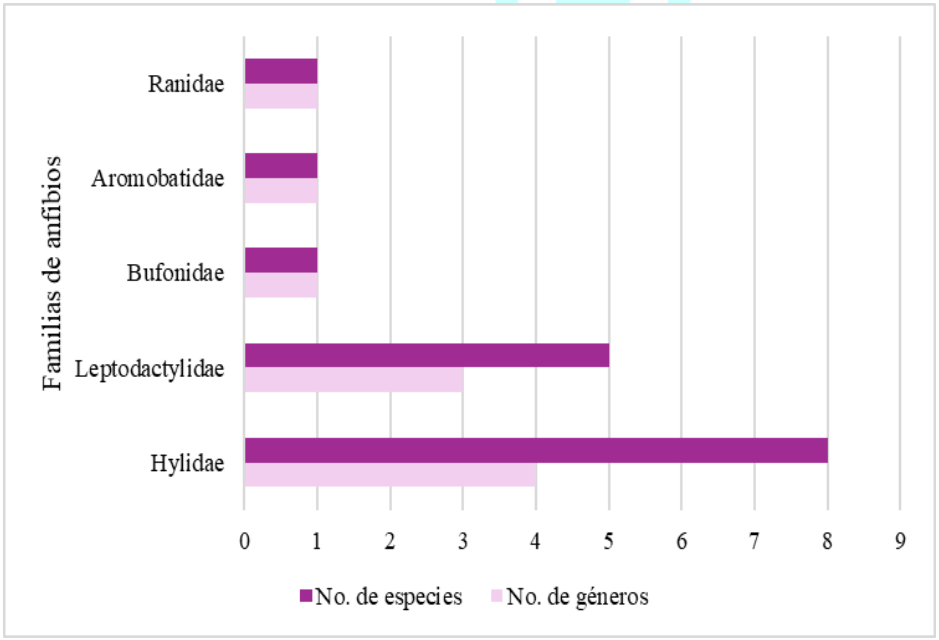


Tabla 7.

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	7	7.78	9.03	0.9999
Vegetación secundaria	7	8.04	10.11	0.9587
Humedal	13	14	14.29	0.9275

La diversidad efectiva para anfibios mostró que la riqueza de especies (q_0) fue mayor en el humedal, con un valor de 13, seguida por la vegetación secundaria con 7 y el bosque también con 7 (Tabla 7). Esta tendencia se mantuvo al considerar los números efectivos de especies comunes (q_1) y de especies dominantes (q_2), con valores máximos nuevamente en el humedal ($q_1 = 14.0$; $q_2 = 14.29$). Este comportamiento es coherente con la disponibilidad de microhábitats húmedos, cuerpos de agua permanentes y bordes encharcados, condiciones que favorecen la coexistencia de un mayor número de especies y sostienen la reproducción y el reclutamiento larval en ambientes intervenidos (Nori et al., 2015; Purrenhage & Boone, 2009; Saboyá Acosta & Urbina-Cardona, 2023).

La vegetación secundaria presentó valores intermedios de riqueza y diversidad ($q_0 = 7$; $q_1 = 8.04$; $q_2 = 10.11$), indicando que los ambientes de borde, claros y zonas en sucesión ofrecen refugio, sitios de alimentación y microhábitats funcionales para especies con diferentes

adaptaciones ecológicas. Estos espacios actúan como zonas de transición entre parches de bosque ripario y áreas húmedas, permitiendo la persistencia de especies tolerantes a la perturbación en matrices periurbanas (Acosta-Galvis, 2018; Angarita-Sierra et al., 2013).

El bosque ripario, aunque registró una riqueza equivalente a la vegetación secundaria (q_0 = 7), mantuvo valores ligeramente menores de diversidad efectiva (q_1 = 7.78; q_2 = 9.03), lo que sugiere la presencia de un ensamble relativamente estable pese a la reducción estructural del hábitat (Tabla 6). La presencia de hojarasca, troncos en descomposición y sombra residual permite sostener poblaciones de anfibios que dependen de microambientes más estables en términos térmicos e hídricos, incluso bajo condiciones de fragmentación (Saboyá Acosta & Urbina-Cardona, 2023).

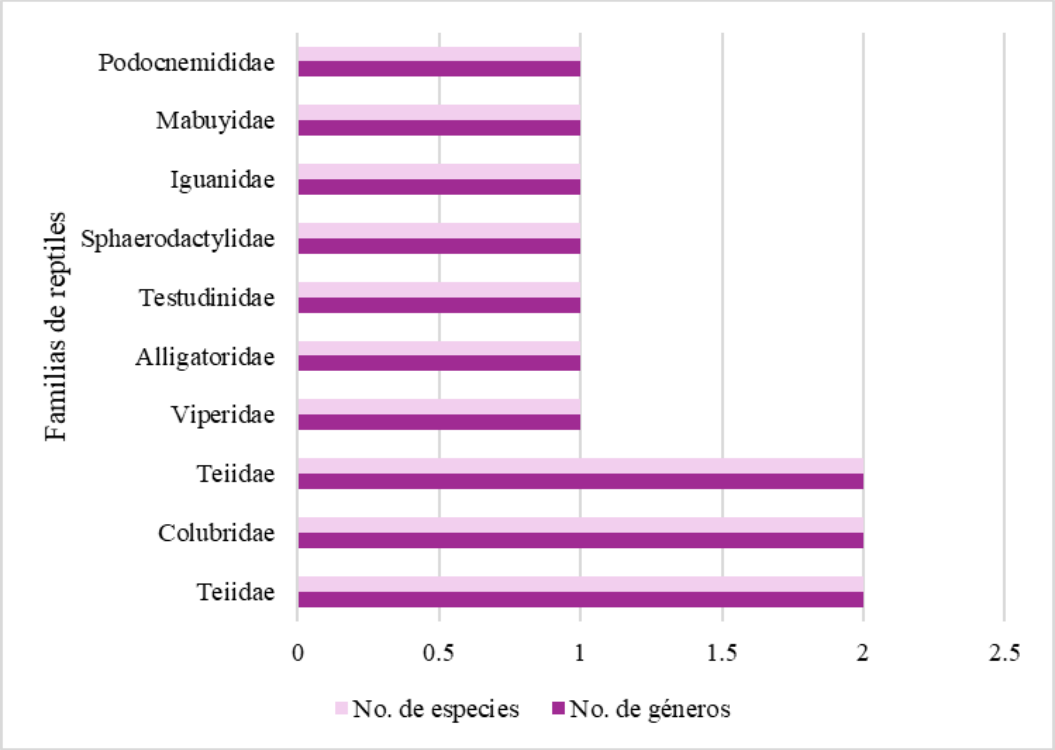
Los valores de equitatividad de Pielou fueron altos en las tres coberturas (bosque: 0.99; vegetación secundaria: 0.96; humedal: 0.93), indicando una distribución relativamente homogénea de abundancias sin dominancia extrema de una o pocas especies, una característica común en anfibios de paisajes intervenidos pero aún funcionales (Nowakowski et al., 2018; Vitt & Caldwell, 2014).

En segundo lugar, los reptiles registrados en el área protegida corresponden a 11 especies, pertenecientes a 3 órdenes (Squamata, Testudines y Crocodylia), distribuidas en 8 familias y 11 géneros. Las familias más representativas fueron Teiidae y Colubridae, ambas con 2 especies, seguidas por Sphaerodactylidae, Iguanidae, Podocnemididae, Testudinidae,

Mabuyidae, Alligatoridae y Viperidae, cada una representada por 1 especie (Figura12). Esta composición refleja un ensamble dominado por especies de amplia tolerancia ecológica y afinidad por ambientes con alta exposición solar, bordes internos y microhábitats térmicamente favorables, coherente con las condiciones del piedemonte llanero intervenido (Vitt & Caldwell, 2013).

Figura 12.

Familias más representativas de reptiles en el área protegida.



La presencia de estas familias y géneros corresponde a comunidades típicas de paisajes fragmentados del piedemonte, donde predominan especies tolerantes a la perturbación y capaces de utilizar un mosaico de coberturas que incluye bosque degradado, vegetación secundaria y humedales alterados (McKinney, 2006). La coexistencia de reptiles de amplia distribución en la región con especies semiacuáticas como *Caiman crocodilus* y *Podocnemis unifilis* ilustra la funcionalidad ecológica residual del paisaje, especialmente en sectores asociados a cuerpos de agua.

Tabla 7.

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

Cobertura	q0 (Riqueza)	q1 (Shannon efectivo)	q2 (Simpson efectivo)	J (Equitatividad)
Bosque	7	8.73	13.75	0.97261
Vegetación secundaria	7	8.45	11.25	0.9385
Humedal	8	10.75	22.50	0.9715

La diversidad efectiva en anfibios mostró diferencias moderadas entre coberturas, La riqueza (q_0) fue ligeramente mayor en el humedal ($q_0 = 8$), mientras que el bosque y la vegetación secundaria presentaron la misma riqueza ($q_0 = 7$) (Tabla 8). Este patrón es coherente con la presencia de microhábitats cálidos y áreas abiertas en el humedal, que

suelen favorecer a reptiles heliotérmicos y a especies asociadas a bordes inundables (Herrera-Montes & Brokaw, 2010).

Al incorporar la abundancia relativa mediante el número efectivo de especies comunes (q_1), el humedal mostró el valor más alto ($q_1 = 10.75$), seguido por el bosque ($q_1 = 8.73$) y la vegetación secundaria ($q_1 = 8.45$). Esto indica que, en ambientes hidromórficos, varias especies alcanzan abundancias intermedias, contribuyendo a una estructura menos dominada por pocos taxones (Acosta-Galvis et al., 2010; Jolliff, 2005).

El número efectivo de especies dominantes (q_2) reforzó este patrón: el humedal presentó el valor más alto ($q_2 = 22.50$), evidenciando una mayor contribución relativa de las especies dominantes en esta cobertura. En contraste, el bosque ($q_2 = 13.75$) y la vegetación secundaria ($q_2 = 11.25$) mostraron valores menores, aunque igualmente indicativos de baja dominancia y ausencia de dominancia extrema dentro del ensamble (Vitt & Caldwell, 2013).

Los valores de equitatividad de Pielou fueron elevados en las tres coberturas, destacándose el bosque y el humedal con J = 0.97, mientras que la vegetación secundaria presentó un valor levemente inferior (J = 0.94). Esto sugiere comunidades balanceadas en términos de abundancia, aun bajo condiciones de disturbio moderado (Acosta-Galvis et al., 2010; Herrera-Montes & Brokaw, 2010). Es así como, el área protegida mantiene un ensamble de reptiles funcional y representativo de paisajes intervenidos del piedemonte llanero, donde

los humedales actúan como núcleos de diversidad, mientras que el bosque degradado y la vegetación secundaria aportan especies complementarias, reforzando la conectividad ecológica a nivel local (McKinney, 2006).

1.2.2.4 Especies de interés de herpetos para la conservación

En cuanto al estado de conservación de los anfibios y reptiles registrados, la mayoría de las especies se encuentran clasificadas como Preocupación Menor (LC) según la UICN, lo que evidencia un ensamble dominado por especies generalistas y tolerantes a condiciones de perturbación, típicas de paisajes intervenidos. No obstante, se destaca la presencia de *Allobates juanii*, especie En Peligro (EN) y endémica de Colombia, cuya distribución restringida y alta sensibilidad a alteraciones del hábitat subrayan la importancia de fortalecer las medidas de conservación y monitoreo en el área protegida. Su presencia indica que, a pesar del grado de intervención del paisaje, aún persisten microhábitats suficientemente estables para sostener especies de alta vulnerabilidad.

En el grupo de reptiles, aunque la mayoría también corresponde a especies con preocupación menor, se registraron especies con categorías de amenaza y regulación internacional relevantes *Chelonoidis carbonaria* (VU según IUCN y resolución 0126 de 2024 y en CITES hace parte del Apéndice II), *Iguana iguana* (LC en IUCN y en CITES Apéndice II), Podocnemis unifilis (VU en IUCN y Resolución 0126 de 2024 y en CITES Apéndice II) y *Tupinambis teguixin* también encontrado en CITES Apéndice II. Estas especies están sujetas a presiones por tráfico ilegal, cacería o pérdida de hábitat, lo que

resalta la necesidad de mantener vigilancia y acciones de manejo preventivo dentro del área protegida.

De esta manera, aunque la mayor parte del herpetofauna registrada corresponde a especies tolerantes, la presencia de especies amenazadas, endémicas y reguladas por CITES refuerza el valor del área protegida como refugio dentro del paisaje periurbano. La conservación de la vegetación ribereña, la calidad de los cuerpos de agua y la conectividad entre parches de bosque resulta esencial para garantizar su persistencia en un entorno sometido a fragmentación, compactación del suelo y creciente presión antrópica (McKinney, 2006; Vitt & Caldwell, 2013).

Figura 13.

Registro fotográfico de algunas de las especies de herpetos identificadas dentro del área protegida.



Boana crepitans



Rhinella marina



Mabuya sp.



Iguana iguana

1.2.2.5 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 sectores sometidos a disturbios antrópico continuo, característicos del paisaje periurbano de Villavicencio. La especie invasora más representativa identificada en el distrito fue el buchón de agua (*Pontederia crassipes*), ampliamente distribuido en cuerpos de agua someros, drenajes secundarios y áreas encharcadas asociadas a la microcuenca local. Esta macrófita flotante posee una alta capacidad de proliferación, favorecida por cargas de nutrientes, sedimentación y escorrentías provenientes de zonas intervenidas, condiciones habituales en sistemas hídricos alterados (Addis & Desta, 2024; Ma et al., 2023; Misteli et al., 2022). Su presencia constituye un factor de riesgo para la dinámica hidrobiológica del distrito, ya que reduce la disponibilidad de oxígeno, disminuye la penetración de luz y altera la estructura y funcionalidad de los ecosistemas acuáticos, afectando especialmente

los humedales que funcionan como núcleos de diversidad local (Saboyá Acosta & Urbina-Cardona, 2023).

Figura 14.

Registro fotográfico del buchón de agua (Eichhornia crassipes) en el área protegida.



Hidroambiental
Ingenieros constructores y consultores S.A.S

Nota 1. 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 ARPEH Zuria durante el levantamiento, su presencia documentada

en zonas adyacentes sugiere que pueden establecerse dentro del área (Fitzherbert et al., 2008; Savilaakso et al., 2014)

1.2.2.6 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 área de estudio 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 6.
Registro fotográfico del caracol africano (Lissachatina fulica) en el área protegida.



Nota 1. Fotografía: Equipo consultor.

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 área 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.

1.2.2.7 Componente de conectividad ecológica con el entorno

La conectividad ecológica del Área de Recreación Parque Ecológico Humedal Zuria está fuertemente influenciada por su ubicación dentro de una matriz urbana y periurbana que ha reducido la continuidad de los ecosistemas del piedemonte llanero. Aun así, el área mantiene un conjunto representativo de fragmentos de bosque ripario, vegetación

secundaria y sectores de humedal con macrófitas palustres que sostienen procesos ecológicos esenciales y constituyen uno de los pocos remanentes funcionales en la zona.

La composición florística es característica de sistemas en etapas sucesionales tempranas, dominada por géneros pioneros como Vismia, Cecropia y Bauhinia, lo que refleja una estructura vertical simplificada y una regeneración incompleta (Chazdon, 2014; Poorter et al., 2021; Rüger et al., 2023). La vegetación ribereña, aunque persistente en algunos tramos, está sometida a compactación del suelo, tránsito constante y reducción progresiva de cobertura arbórea.

El humedal evidencia procesos de eutrofización moderada y proliferación de macrófitas flotantes como el buchón de agua (*Pontederia crassipes*), cuya presencia indica enriquecimiento de nutrientes y cambios hidromorfológicos que requieren manejo preventivo (Addis & Desta, 2024; Pinero-Rodríguez et al., 2021).

En el componente faunístico, el área mantiene una riqueza destacable para un entorno periurbano, registrando numerosas especies de aves, mamíferos, reptiles y anfibios que hacen uso del mosaico de hábitats disponibles. Aunque predominan especies de amplia distribución adaptadas a la perturbación (McKinney, 2006; Magle et al., 2012), destaca la presencia de especies con categorías de conservación relevantes, lo que indica que el área aún conserva elementos críticos de conectividad y refugio.

Entre estas especies se encuentran anfibios endémicos en categoría En Peligro (*Alobates juanii*), así como reptiles y mamíferos categorizados como Vulnerables o incluidos en CITES Apéndice II (*Chelonoidis carbonaria y Podocnemis unifilis*), cuyo mantenimiento depende estrechamente de la disponibilidad de microhábitats húmedos, conectividad arbórea y calidad de la vegetación ribereña. Asimismo, la presencia de primates endémicos del Meta (*Callicebus ornatus*) resalta la importancia del bosque remanente como corredor funcional, dado que estos taxones requieren continuidad del dosel y acceso estable a recursos alimenticios (Defler, 2010; Ortiz-Moreno et al., 2022; Stevenson et al., 2010).

La integridad ecológica del sistema es baja a moderada, reflejada en la estructura simplificada del bosque ripario, la vegetación secundaria sometida a disturbios continuos y un humedal afectado por sedimentación, proliferación de macrófitas y pérdida de complejidad estructural. Factores como escorrentías contaminadas, residuos sólidos, pérdida de sombra ribereña y reducción de microhábitats limitan la persistencia de especies más sensibles (Acosta-Galvis et al., 2010; Vitt & Caldwell, 2013).

El grado de amenaza del área continúa siendo alto, debido a presiones constantes como tránsito peatonal no regulado, vertimientos, ruido urbano, iluminación artificial nocturna, disposición inadecuada de residuos y aislamiento progresivo de parches vegetales, condiciones que afectan la resiliencia de los ensambles biológicos (McKinney, 2006; Pinzón, 2024).

A pesar de ello, el Humedal Zuria funciona como un nodo ecológico estratégico, permitiendo la circulación de fauna, la dispersión de semillas y la regulación hidrológica local, roles fundamentales para la infraestructura ecológica urbana de Villavicencio (Chazdon, 2014; Rüger et al., 2023; Schorn et al., 2024). Su importancia radica en que, incluso bajo condiciones de intervención, mantiene procesos ecológicos esenciales y soporta especies de relevancia para la conservación, especialmente aquellas con categorías de amenaza o endemismo.

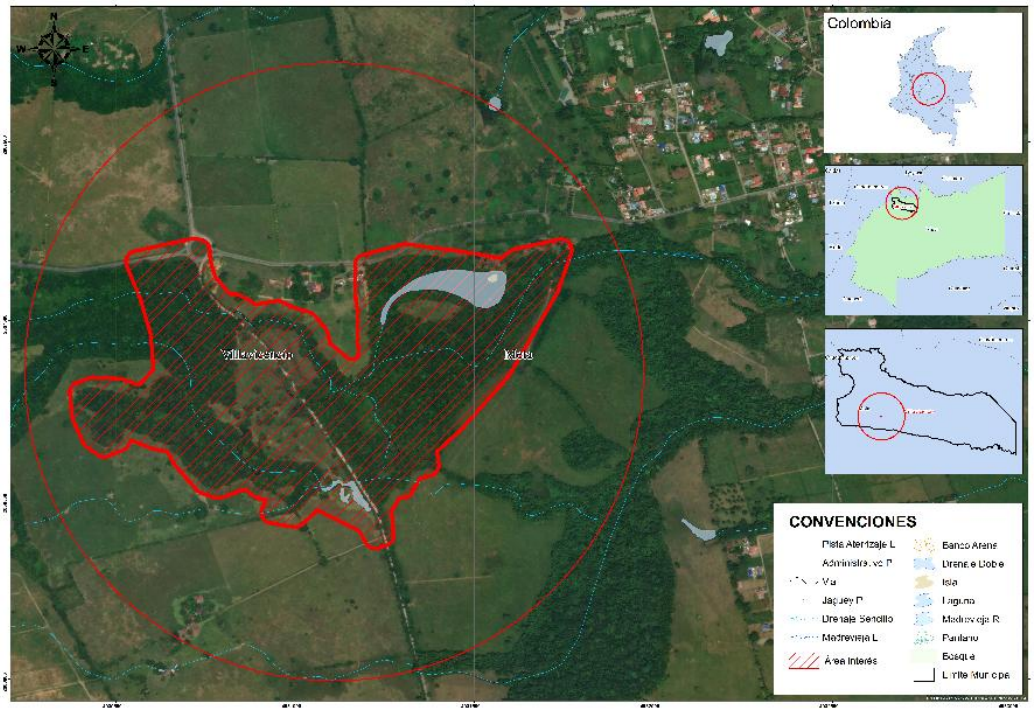
2 Medio Físico

2.1 Localización Y Delimitación

El Área de Recreación Parque Ecológico Humedal Zuria, con una extensión total de 67,88 ha. esta ubicada en el municipio de Villavicencio, deparpatamento del Meta, entre las Veredas Cocuy, Barcelona y El Amor. Esta área protegida se encuntra al sur del casco urbano de la ciudad de Villavicencio sobre la via del corredor ecológico. Geográficamente y como punto de referenciaia se ubica en las coordenadas 4°03”34.03´ N 73°37” 16.34´, según Acuerdo No. PS-GJ.1.2.42.2.11.013. de 2011.

Figura 15.

Mapa de Ubicación de 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** 8 con registros multianuales IDEAM 1989 a 2023.

Tabla 8.

Estaciones que miden precipitación cercanas a la Microcuenca del Caño Zuria.

Código	Tipo	Nombre	Subcuenca	Depto.	Municipio	Coord.
35035070	CP	UNILLANOS	Rio Guatiquia	Meta	Villavicencio	0470N 7338W
35030030	PG	SENA	Rio Ocoa	Meta	Villavicencio	0412N 7363W
3503501	SS	BASE AEREA APIAY	Rio Ocoa	Meta	Villavicencio	0450N 7334W
35010020	PM	ACACIAS	Guayuriba	Meta	Villavicencio	0399N 7376W

Nota 1. Fuente: Equipo consultor

2.2.1 Temperatura

La serie de temperatura mensual muestra un comportamiento muy estable a lo largo del año, con variaciones suaves entre aproximadamente 29,6 y 30,0 °C para las cuatro estaciones analizadas (35010020, 35030030, 35035010 y 35035070), ubicadas en el entorno de la zona de estudio. En general, todas las curvas siguen un patrón común, lo que indica que el campo térmico regional es homogéneo y que las diferencias entre estaciones obedecen más a particularidades muy locales (microclima, altura puntual, cercanía a río o zona urbana) que a contrastes climáticos marcados.

En términos temporales, se observa que las temperaturas más altas se registran al inicio del año, principalmente en enero y febrero, cuando los promedios superan ligeramente los 29,9–30,0 °C en todas las estaciones. A partir de marzo y especialmente entre abril y junio, la temperatura muestra una tendencia descendente gradual, alcanzando los valores mínimos alrededor de mayo–junio, con promedios próximos a 29,6–29,7 °C. Esta fase del año corresponde a un periodo relativamente más fresco dentro del contexto del clima cálido del

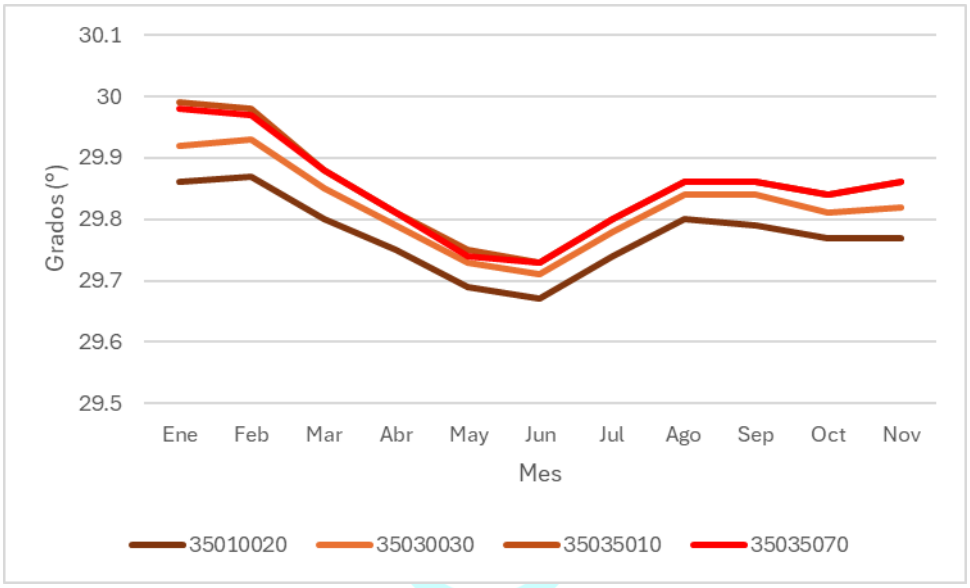
piedemonte, aunque la amplitud térmica total sigue siendo reducida, del orden de 0,3–0,4 °C.

Después de junio se evidencia una recuperación térmica progresiva: las temperaturas comienzan a incrementarse durante julio y alcanzan un nuevo máximo relativo en agosto y septiembre, cuando los promedios vuelven a situarse en torno a 29,8–29,9 °C. Posteriormente, hacia octubre se presenta una ligera disminución, seguida de un repunte en noviembre, manteniéndose siempre dentro de un rango muy estrecho de variación. Este comportamiento confirma que, aunque existen oscilaciones intra-anuales, el clima de la zona se caracteriza por una marcada estabilidad térmica, típica de ambientes tropicales de baja altitud.

En cuanto a las diferencias entre estaciones, la serie 35035070 (línea roja) se mantiene sistemáticamente como la más cálida del conjunto, mientras que 35010020 (línea marrón más oscura) tiende a registrar las temperaturas ligeramente más bajas. La separación entre curvas es pequeña (del orden de 0,1–0,15 °C), pero sugiere que la estación 35035070 podría estar más expuesta a superficies urbanas o áreas abiertas, en tanto que 35010020 podría ubicarse en un entorno con mayor influencia de vegetación o condiciones microclimáticas moderadoras. Para el área de estudio, situada entre estas estaciones, puede inferirse que las temperaturas medias mensuales se encuentran dentro del mismo rango estrecho mostrado por las series, reforzando la clasificación de clima cálido húmedo de alta estabilidad térmica que se obtuvo en el análisis espacial.

Figura 15.

Temperatura mensual multianual.



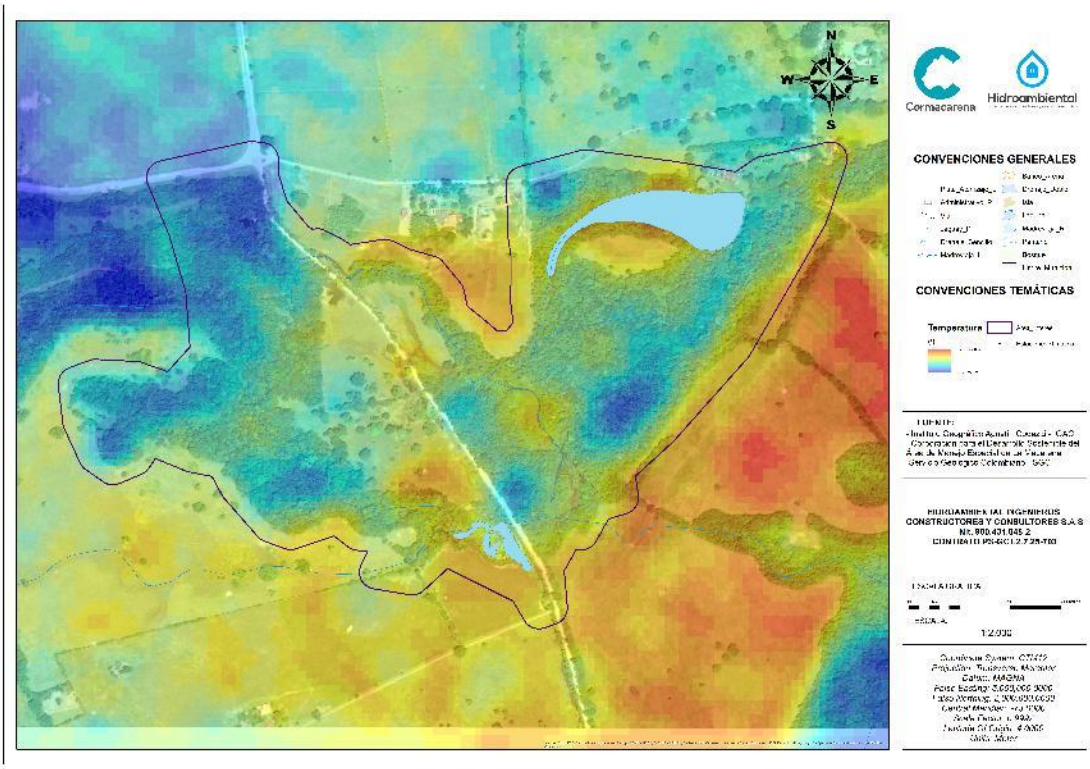
Nota 1. Fuente: Equipo consultor

La temperatura media anual, con valores comprendidos entre 29,827 y 29,835 °C, confirma que el área se encuentra en un ambiente térmico estable y típicamente cálido, característico de las zonas bajas del piedemonte. El comportamiento espacial muestra que las temperaturas menores se concentran en los sectores con mayor densidad de vegetación, especialmente en las zonas boscosas del occidente y centro del polígono, donde el sombreado, la evapotranspiración y la presencia de humedad superficial generan condiciones microclimáticas más frescas. Por el contrario, las temperaturas más elevadas se registran en las áreas de pastos limpios, coberturas abiertas y sectores agropecuarios, donde la exposición directa a la radiación solar y la menor capacidad de regulación térmica del

suelo favorecen el incremento de la temperatura superficial. Aunque la amplitud térmica interna es reducida, estas diferencias resultan significativas para la dinámica ecológica local, pues determinan variaciones en la disponibilidad de humedad, el estrés térmico y la estabilidad del hábitat.

Figura 2.

Temperatura media anual.



Nota 1. Fuente: Equipo consultor

2.2.2 Precipitación

El régimen pluvial registrado en las estaciones cercanas al área de estudio confirma el comportamiento típico del piedemonte llanero, con una marcada concentración de las lluvias entre marzo y noviembre y una estación relativamente seca corta entre diciembre y febrero. En los meses de enero y febrero los promedios oscilan alrededor de 60–100 mm, lo que, si bien no representa una sequía absoluta, sí constituye el periodo de menor aporte hídrico del año. Esta disminución se asocia con el desplazamiento de la Zona de Convergencia Intertropical y se manifiesta en el campo como una reducción de días lluviosos, mayor insolación y ligera subida de la temperatura del aire.

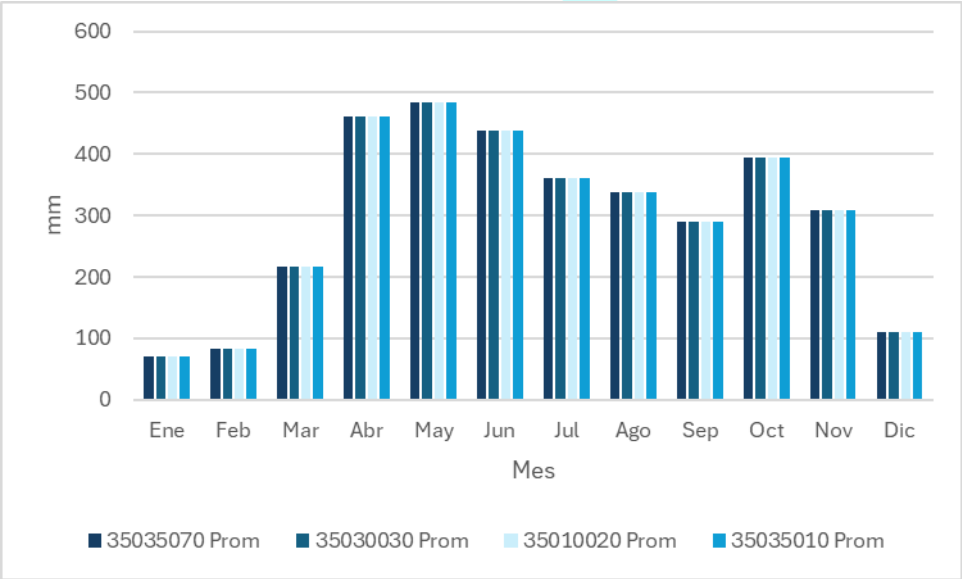
A partir de marzo se observa un incremento muy rápido de la precipitación, con valores que ya superan los 200 mm mensuales y marcan el inicio de la temporada lluviosa principal. Los máximos se alcanzan entre abril y junio, cuando las lluvias promedian entre 400 y más de 650 mm/mes, dependiendo de la estación, con un pico especialmente marcado en mayo. Este trimestre concentra una fracción importante de la lluvia anual, genera suelos persistentemente húmedos y controla buena parte de la recarga del acuífero cuaternario. Posteriormente, entre julio y septiembre, las precipitaciones disminuyen parcialmente pero se mantienen en rangos todavía muy altos (280–460 mm/mes), de manera que no se configura una segunda estación seca, sino más bien una fase de lluvias moderadas dentro de un periodo húmedo continuo.

Hacia octubre se registra un nuevo incremento de los totales mensuales, con valores que vuelven a ubicarse en torno a 400–490 mm, lo que puede considerarse un segundo máximo

relativo dentro de la misma temporada lluviosa. En noviembre las lluvias empiezan a descender, aunque siguen por encima de 240–470 mm, y es solo en diciembre cuando se consolida nuevamente la fase seca relativa, con montos de ≈100–230 mm. En conjunto, el régimen puede describirse como unimodal con una larga temporada de lluvias (marzo–noviembre) y una estación seca corta (diciembre–febrero), con una ligera disminución intermedia en julio–agosto que no alcanza a definirse como un "veranillo" marcado.

Figura 16.

Precipitación mensual multianual.

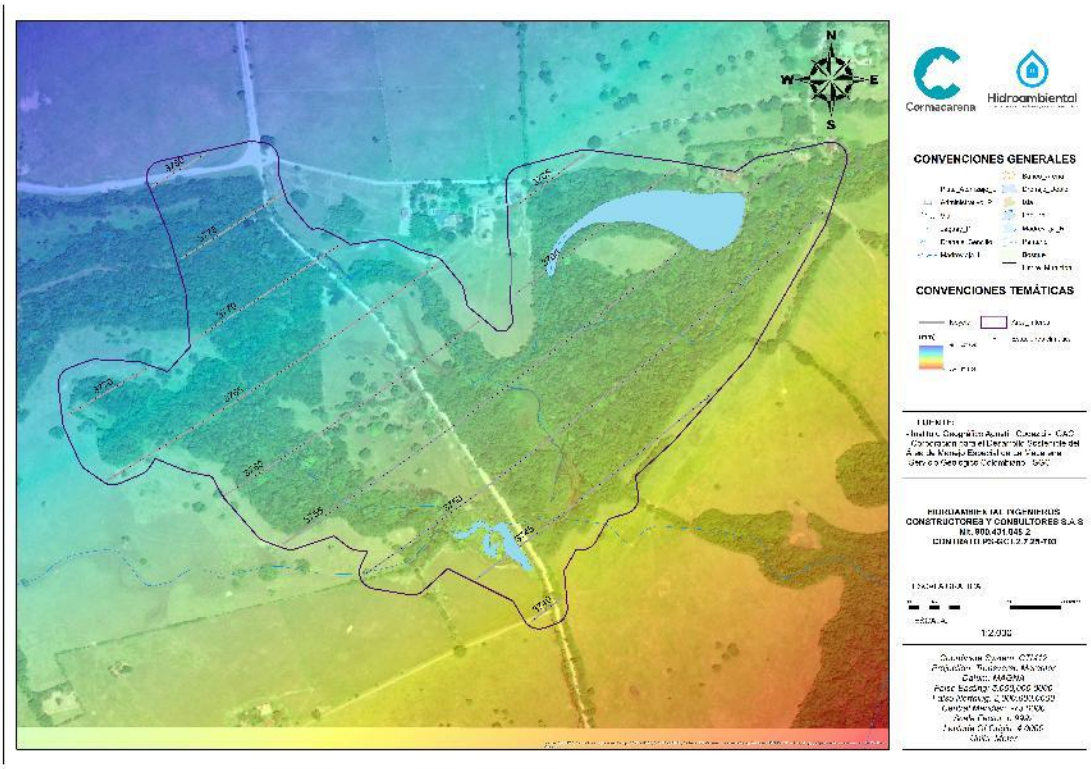


Las cuatro estaciones muestran un patrón temporal muy similar, lo que indica homogeneidad regional del clima, aunque con diferencias en la magnitud de los totales. La estación 35010020 es de manera sistemática la más húmeda, alcanzando los mayores valores mensuales (por ejemplo, más de 650 mm en mayo), mientras que 35035010 tiende a

registrar los montos menores en casi todos los meses. Esta gradiente sugiere variaciones locales asociadas a la ubicación exacta de las estaciones (mayor influencia orográfica, proximidad a la montaña o a la llanura, diferente exposición a los vientos húmedos), pero sin alterar el esquema general del régimen. Para el área de estudio, situada entre estas estaciones, puede inferirse un total anual cercano a 3.700–3.800 mm, distribuido principalmente a lo largo de la temporada lluviosa.

Figura 17.

Mapa de precipitación media anual acumulada multianual (mm/año).



Nota 1. Fuente: Equipo consultor

La distribución espacial de la precipitación multianual (Figura 17) evidencia que el área de estudio se ubica dentro de un régimen marcadamente húmedo, coherente con las condiciones climáticas propias del piedemonte llanero en el municipio de Villavicencio. Los valores obtenidos, que oscilan entre 3.738 y 3.781 mm/año, indican una alta disponibilidad hídrica que se mantiene relativamente constante en todo el polígono evaluado, aunque con ligeros gradientes internos. Las zonas ubicadas hacia el occidente y noroccidente presentan los valores más altos de precipitación, asociados a la presencia de coberturas boscosas continuas y a la cercanía de drenajes locales que favorecen la retención de humedad y el ascenso de masas de aire saturado proveniente de la planicie. En contraste, los sectores del suroriente y oriente muestran precipitaciones ligeramente menores, aunque aún muy elevadas dentro del contexto regional, coincidiendo espacialmente con áreas más abiertas, pasturas y superficies intervenidas. Esta variación, aunque sutil, sugiere la influencia combinada de la cobertura vegetal, la humedad edáfica y la transición fisioFiguradesde el piedemonte hacia la llanura.

2.2.3 Evapotranspiración

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 9.

Valores Totales de Evapotranspiración Real ARPEH Zuria

ESTACIÓN	EVT (mm)												
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANO
35010020	180	101	228	220	226	217	223	224	219	226	216	224	-
35030030	122	86	214	219	225	217	222	223	219	225	215	222	-
35035010	30	67	163	220	226	217	223	224	219	226	216	203	-
35035070	70	82	217	217	224	215	221	221	217	223	214	210	-

Nota 1. Fuente: Equipo consultor

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 de evapotranspiración real (EVT) calculada con la ecuación de Budiko para las estaciones 35010020, 35030030, 35035010 y 35035070 muestra un comportamiento temporal muy coherente con el régimen térmico y pluvial descrito para el área de estudio. En términos generales, la EVT mensual presenta valores relativamente bajos durante la estación seca corta (diciembre–febrero) y se incrementa de forma marcada a partir de

marzo, manteniéndose en niveles elevados y bastante estables entre abril y noviembre, cuando predominan condiciones de alta disponibilidad hídrica y elevada energía disponible para la evaporación.

En los meses de enero y febrero se registran los mínimos de EVT: entre 30–180 mm en enero y 67–101 mm en febrero, según la estación. Estos valores reducidos reflejan la combinación de menores lluvias y progresivo agotamiento de la humedad almacenada en el suelo al final del periodo seco, de manera que el proceso de evapotranspiración se vuelve claramente limitado por el agua disponible. A partir de marzo la EVT aumenta de manera abrupta, con valores que ya superan los 160–220 mm, en respuesta al inicio de la temporada lluviosa principal, al incremento de la humedad del suelo y al mantenimiento de temperaturas del orden de 29,7–30 °C. Desde abril hasta noviembre los valores mensuales de EVT se sitúan de forma muy uniforme en torno a 215–230 mm en casi todas las estaciones, lo que indica que, durante este largo periodo húmedo, el sistema se comporta como un medio donde la evapotranspiración real está próxima a la evapotranspiración potencial, es decir, donde la energía (radiación y temperatura) pasa a ser el factor predominante y el agua deja de ser limitante.

Las diferencias entre estaciones son pequeñas y se expresan más en la magnitud anual que en el patrón mensual. La estación 35010020 presenta el mayor total de EVT, con aproximadamente 2.500 mm/año, seguida de 35030030 y 35035070 (≈2.330–2.410 mm/año), mientras que 35035010 registra el valor más bajo, del orden de 2.230 mm/año.

Estas variaciones pueden asociarse a diferencias locales de exposición, cobertura y condiciones microclimáticas, pero todas las estaciones coinciden en un rango elevado de evapotranspiración real anual si se compara con la precipitación media multianual de la zona (≈3.700–3.800 mm/año). En términos hidrológicos, esto implica que entre un 60 y un 65 % de la lluvia anual se devuelve a la atmósfera por evapotranspiración, mientras que el excedente hídrico se destina a escorrentía y recarga subterránea. Este balance es coherente con el clima cálido húmedo del piedemonte llanero y explica, junto con la alta permeabilidad de los depósitos cuaternarios, el elevado potencial de recarga del acuífero identificado en los análisis anteriores.

2.2.4 Balance hídrico

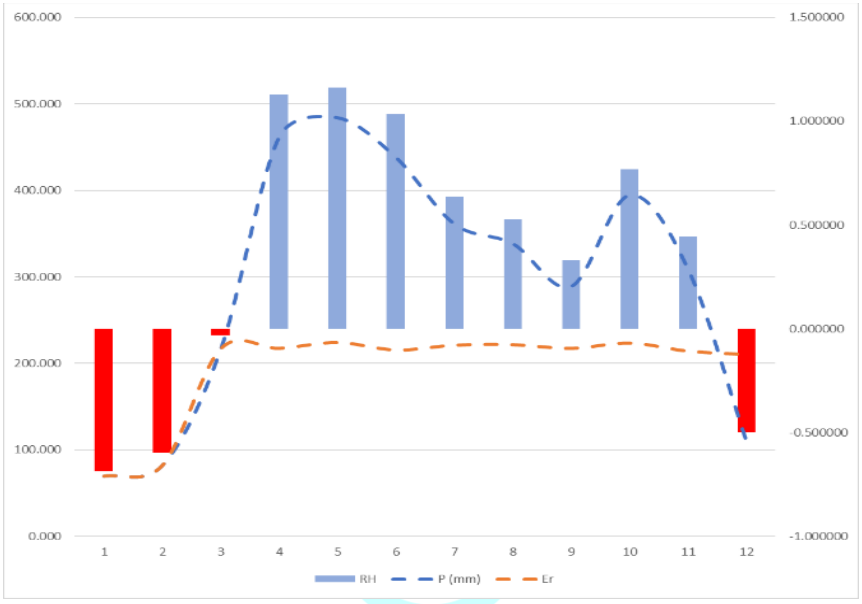
Los balances hídricos elaborados para las cuatro estaciones analizadas muestran un comportamiento muy consistente entre sí y coherente con el régimen climático del piedemonte llanero. En todos los casos se evidencia una estación seca corta al inicio y final del año, representada por las barras rojas que indican déficit hídrico (precipitación menor que la evapotranspiración real) principalmente en enero, febrero y diciembre, y en algunos casos con remanentes en marzo. Durante estos meses la lluvia es relativamente baja y la atmósfera mantiene una alta demanda evaporativa; en consecuencia, el agua almacenada en el suelo se agota parcial o totalmente, y la evapotranspiración pasa a estar controlada por la disponibilidad de humedad edáfica. Este déficit es, sin embargo, moderado y de corta duración, lo que evita que se desarrollen condiciones de sequía prolongada en la zona.

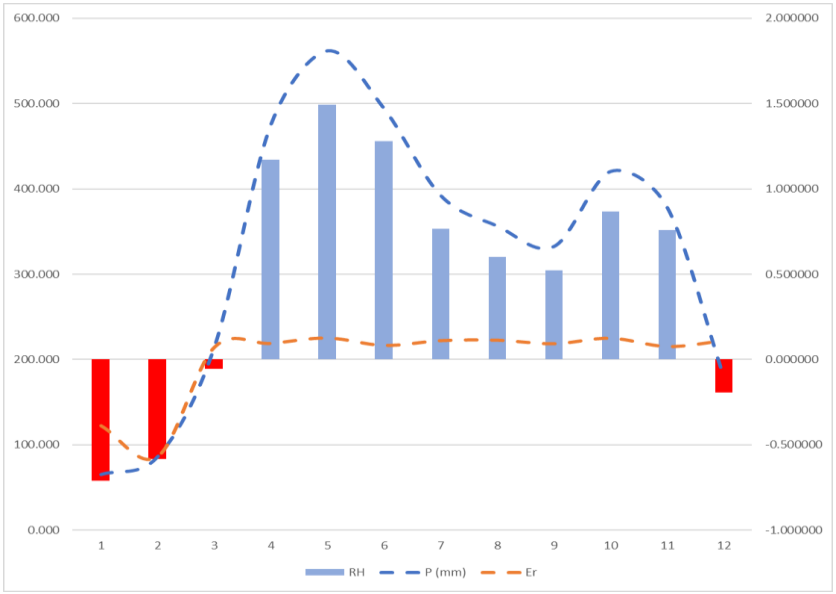
A partir de marzo–abril, cuando se inicia la temporada lluviosa principal, los balances se invierten rápidamente: las barras azules muestran un marcado excedente hídrico mensual, con valores que se mantienen elevados desde abril hasta, al menos, octubre, dependiendo de la estación. En este periodo la precipitación supera ampliamente a la evapotranspiración real, de modo que, una vez satischas las necesidades de humedad del suelo, se genera un importante superávit de agua que se destina a escorrentía superficial y, especialmente, a recarga del acuífero cuaternario. La línea azul discontinua (precipitación) alcanza sus máximos entre abril y junio, mientras que la línea naranja (evapotranspiración real) se mantiene relativamente estable, lo que se traduce en los mayores excedentes del año. Esta situación es particularmente evidente en la estación 35010020, donde los picos de precipitación son más altos, pero también se observa en 35030030 y 35035070, confirmando un patrón regional robusto.

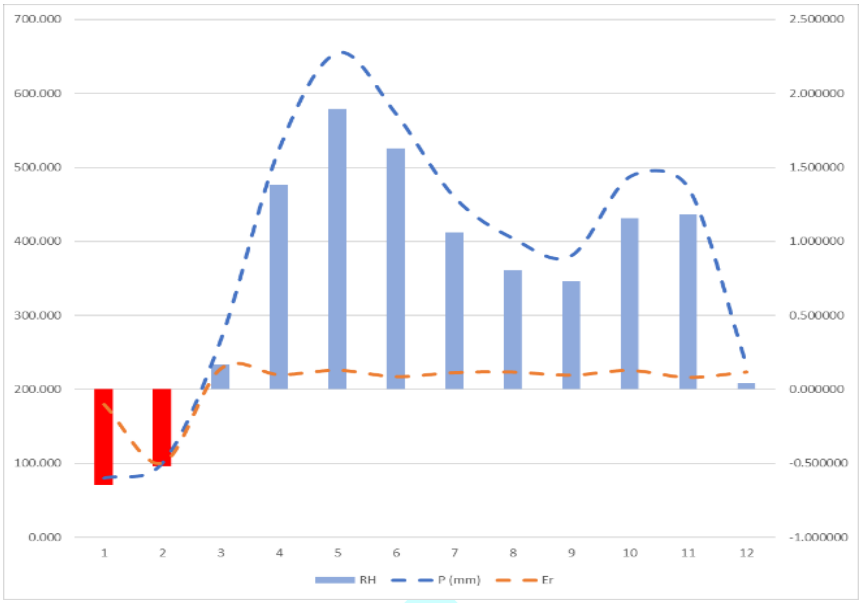
Hidroambiental
Ingenieros constructores y consultores S.A.S

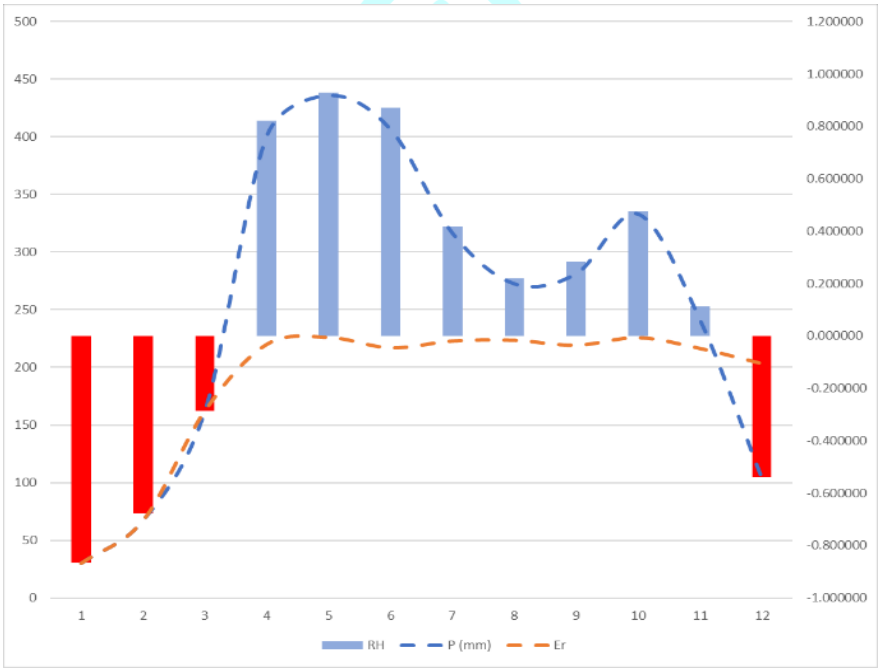
Figura 18.

Balances hídricos para las estaciones de estudio









Nota 1. Fuente: Equipo consultor

En los meses de julio a septiembre se aprecia una ligera disminución de la precipitación respecto al máximo de abril–mayo, reflejada en una reducción de la altura de las barras azules; sin embargo, la lluvia continúa siendo suficiente para cubrir sobradamente la demanda evaporativa y los balances siguen indicando superávits positivos. Este tramo del año corresponde a una fase de lluvias moderadas dentro de un periodo húmedo continuo, en la que el suelo permanece cercano a la capacidad de campo y el aporte a la recarga subterránea se mantiene, aunque con magnitudes inferiores a las del pico lluvioso. Hacia octubre y noviembre, los balances muestran un nuevo incremento de los excedentes, asociado al repunte de las lluvias de final de temporada; únicamente en diciembre se retoma claramente el déficit, cerrando el ciclo anual.

En síntesis, los balances hídricos confirman que el clima de la zona se caracteriza por una disponibilidad de agua muy alta durante la mayor parte del año, con un largo periodo de excedentes hídricos y un déficit corto y moderado concentrado en el primer bimestre (y, en menor medida, en diciembre). Desde el punto de vista hidrogeológico, este patrón es consistente con el elevado potencial de recarga estimado para el área: la presencia de depósitos cuaternarios muy permeables, combinada con excedentes sostenidos entre marzo y noviembre, favorece la infiltración profunda y explica la importancia de la zona como área de recarga del acuífero libre. Al mismo tiempo, la brevedad del periodo de déficit implica que los ecosistemas locales están expuestos a un estrés hídrico limitado, lo que

contribuye a la persistencia de coberturas boscosas húmedas y a la estabilidad del funcionamiento hidrológico del sistema.

2.2.5 Clasificación climática

De acuerdo con la metodología planteada por Caldas-Lang, se realizó la clasificación climática del área de estudio empleando como insumo la precipitación media anual, la temperatura media y la relación entre ambas (índice de efectividad de la precipitación P/T). A partir de los valores obtenidos para la estación de referencia y su interpolación espacial, el índice P/T resulta elevado, reflejando que la precipitación anual es muy superior a la requerida por el régimen térmico local. Bajo estos parámetros, la totalidad de la unidad funcional analizada queda incluida dentro de la categoría “cálido húmedo (V1)”, tal como se representa en la zonificación climática mostrada en la .

Integrando ambos parámetros, el índice de Lang calculado para la zona alcanza un valor aproximado de 126, lo cual clasifica el clima del área dentro de la provincia climática húmeda según el sistema Caldas–Lang. Cuando este resultado se contrasta con el rango altitudinal registrado (414–437 m s.n.m.) y las condiciones térmicas previamente mencionadas, se confirma la pertenencia del área al piso térmico cálido (v1), caracterizado por temperaturas altas y disponibilidad hídrica permanente durante gran parte del año. Este clima cálido húmedo es un factor determinante en la estructura y funcionamiento de los ecosistemas locales, favoreciendo el desarrollo de bosques densos, humedales y vegetación secundaria vigorosa, así como una elevada productividad biológica. Asimismo, las ligeras

diferencias térmicas y pluviométricas observadas entre sectores boscosos y áreas intervenidas resaltan el papel de la cobertura vegetal en la regulación microclimática y sustentan la relevancia de las estrategias de conservación y restauración para mantener la estabilidad ecológica del territorio (19).

Figura 19.

Mapa de Clasificación climática de Caldas Lang.



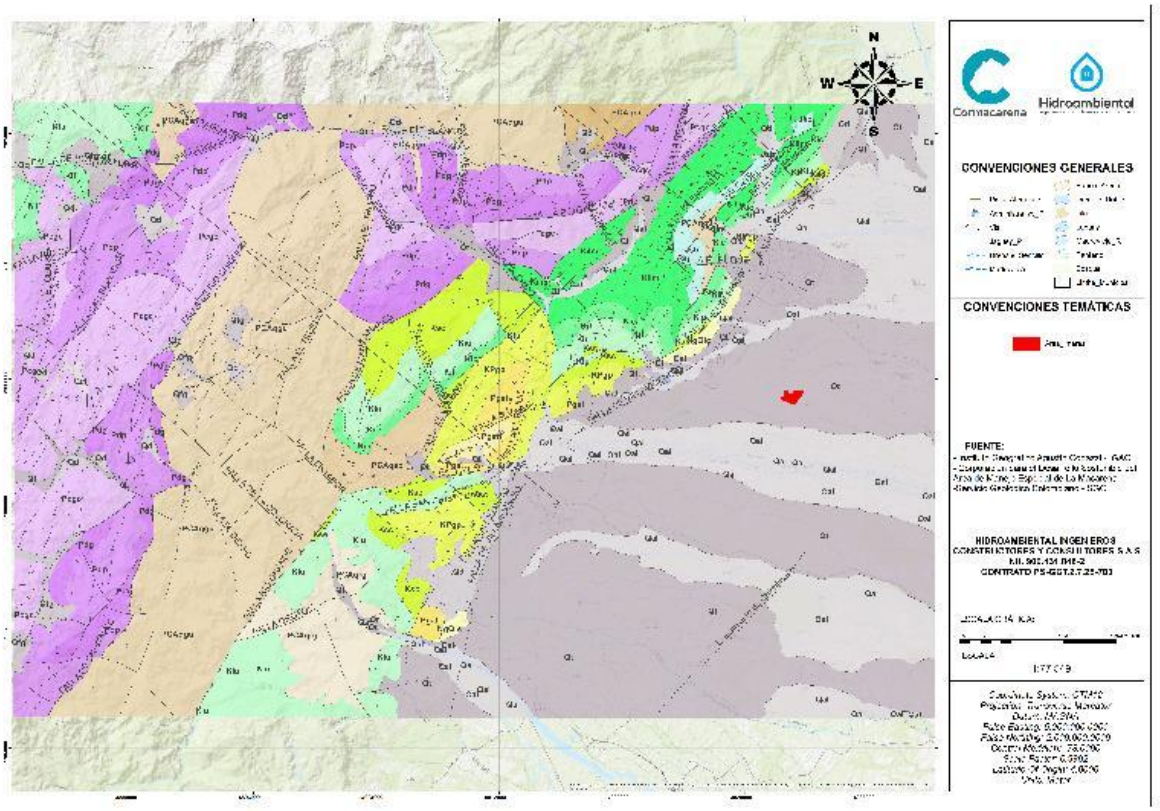
2.3 Geología

2.3.1 Marco Geológico Regional

El área de estudio se localiza en el sector occidental de los Llanos Orientales, en la transición directa entre la Cordillera Oriental y la Depresión Tectónica del Alto Meta, dentro del dominio estructural conocido como Piedemonte Llanero. Esta región corresponde a una zona de deformación activa donde las unidades sedimentarias del Mesozoico y Cenozoico han sido levantadas, plegadas y falladas por la acción de las fallas inversas de rumbo norte-sur y noroccidente-sureste, asociadas al frente orogénico andino. En el mapa geológico regional 1:100.000 (SGC) se identifica claramente este sistema estructural, compuesto por las fallas Guaicaramo, Servitá, Río Guatiquía, Río Guayuriba, San Cristóbal y Balsillas, entre otras, las cuales controlan la disposición de las unidades estratigráficas y la geometría del relieve.

El área de interés se sitúa en el borde distal de este sistema estructural, donde la deformación disminuye hacia el oriente y da paso a la acumulación de depósitos cuaternarios aluviales y coluviales propios de la llanura aluvial del río Meta y sus afluentes. En este contexto, la región es tectónicamente activa, con evidencia de estructuras compresivas recientes y control estructural sobre la red de drenaje, lo que condiciona la geomorfología, la hidrología y la sedimentación actual.

Figura 20. Mapa Geológico regional. Fuente: Equipo consultor



En el entorno regional se presentan dos grandes dominios litológicos:(1) Unidades sedimentarias mesozoicas y cenozoicas plegadas, expuestas hacia el piedemonte y la montaña baja, y (2) Depósitos cuaternarios recientes, que conforman la llanura aluvial donde se ubica el área de estudio (unidad Qal) sobre el que se asienta el área de interés.

2.3.2 Marco tectónico y estructural

La geodinámica regional está dominada por la acción compresiva de la placa Suramericana contra el frente orogénico andino, generando un sistema de fallas inversas que afecta las unidades mesozoicas y cenozoicas. Entre las fallas más importantes se encuentran:

- **Falla de Guaicaramo**: una de las estructuras principales del piedemonte, con comportamiento inverso y componente de rumbo.
- **Fallas Río Guatiquía, Río Blanco, Balsillas y Dorotea**: responsables del plegamiento y levantamiento local, condicionando el buzamiento de las unidades cretácicas.
- **Fallas transversales menores**: que controlan el drenaje local y explican los cambios bruscos en la dirección de los caños.

Estas estructuras disminuyen su influencia hacia el oriente, donde la tectónica es más suave, permitiendo la acumulación de los sedimentos cuaternarios en ambiente de llanura aluvial.

2.3.2.1 Evolución geológica regional

La evolución geológica de la zona puede resumirse en cuatro grandes fases:

Sedimentación marina y transicional (Cretácico): depósito de lutitas, areniscas y limolitas en ambientes deltaicos y marinos, representando la cuenca Cretácica de antepaís.

Sedimentación continental (Paleógeno–Neógeno): transición a ambientes fluviales y aluviales asociados al levantamiento progresivo de la Cordillera Oriental.

Compresión andina y desarrollo del piedemonte (Neógeno–Cuaternario): plegamiento y fallamiento de las unidades sedimentarias, generando la faja estructural del frente orogénico.

Agradación cuaternaria y configuración actual de la llanura del Meta: sedimentación de materiales aluviales recientes (Qal) que conforman la plataforma geomorfológica donde se asienta el área de estudio.

2.3.3 Estratigrafía Local

El área de estudio se emplaza sobre la llanura aluvial del piedemonte llanero, en un sector caracterizado por la acumulación de sedimentos cuaternarios no consolidados asociados a la dinámica reciente del caño Zuria y otros drenajes secundarios que descienden desde las terrazas y planicies fluviales del río Guatiquía y del sistema del río Meta. A diferencia del piedemonte estructurado ubicado hacia el occidente, donde dominan unidades plegadas del Cretácico Superior afectadas por grandes fallas inversas, el entorno inmediato del área presenta un comportamiento netamente deposicional, sin evidencias de estructuras mayores que controlen la disposición de las unidades cuaternarias.

Los depósitos que afloran en la zona corresponden a materiales de muy baja consolidación, de origen aluvial, coluvio-aluvial, lacustre y antropogénico, distribuidos en parches

irregulares que reflejan la migración lateral del drenaje, la presencia de antiguos cauces y la existencia de depresiones de inundación. Este arreglo estratigráfico y espacial es coherente con la dinámica geomorfológica activa del sector, donde predominan procesos de inundación temporal, sedimentación fina, agradación local y relleno de paleocanales.

En el área de estudio se identifican cuatro unidades geológicas principales:

Depósitos de Llanura de Inundación (Qlla): La unidad ocupa alrededor de 23,70 ha, equivalentes a cerca del 35,0 % del área, y se dispone principalmente en el núcleo central y en el sector sur del polígono, siguiendo la traza del cauce principal y de pequeños drenajes secundarios. Morfológicamente representa la planicie de inundación activa del sistema, con microrelieves suaves, presencia de paleocanales y zonas de encharcamiento temporal. Está formada por sedimentos finos a muy finos de origen fluvial, dominados por limos y arcillas grises a beige, plásticos y de baja resistencia al corte, con intercalaciones subordinadas de arenas muy finas depositadas durante episodios de desbordamiento y flujo laminar. Los espesores son someros, generalmente no superiores a dos metros, apoyados directamente sobre los depósitos de terraza aluvial subyacentes. Se trata de materiales blandos, fácilmente saturables, de muy baja consolidación y con comportamiento característico de suelos de llanura de inundación, altamente sensibles a cargas adicionales y a modificaciones del drenaje superficial.

Depósitos de Abanicos Aluviales (Qtab): La unidad de Depósitos de terraza aluvial baja (Qtab) es la de mayor extensión, con aproximadamente 39,55 ha, lo que equivale a cerca

del 58,4 % del área de estudio. Se distribuye de manera casi continua desde el sector occidental hacia el centro y el nororiente del polígono, conformando una franja envolvente sobre la cual se apoyan las demás unidades más jóvenes. Corresponde a superficies ligeramente elevadas respecto a la llanura de inundación activa, interpretadas como terrazas y abanicos aluviales bajos asociados a antiguos cursos del caño Zuria y drenajes adyacentes. Litológicamente está constituida por sedimentos relativamente sueltos, conformados por una matriz areno-arcillosa en la que se encuentran incrustados cantos y bloques subangulares a subredondeados de cuarcitas, filitas, brechas y lodolitas, con tamaños que pueden alcanzar hasta un metro y valores medios del orden de 30 cm. Estos depósitos presentan espesores que, hacia el piedemonte, pueden superar varias decenas de metros, aunque en el área de estudio se comportan como un paquete distal de menor potencia. Su grado de selección es moderado, la porosidad es alta a media y la permeabilidad es buena, lo que convierte a esta unidad en un medio importante para la infiltración y el almacenamiento de agua subterránea.

Relleno Antrópico (Qran): la unidad cubre cerca de 2,16 ha, que corresponden aproximadamente al 3,2 % del polígono, y se concentra en pequeños parches adyacentes a la vía de acceso en el sector norte y en áreas intervenidas alrededor del borde del humedal. Se trata de depósitos de origen artificial vinculados a la construcción de terraplenes viales, rellenos para cimentación, nivelación de terrenos y disposición de materiales de corte. Litológicamente está constituida por una mezcla heterométrica y caótica de gravas, arenas,

limos, fragmentos de roca, bloques, suelos removidos y, de manera local, escombros y restos de construcción, apoyados sobre los depósitos aluviales recientes. Los materiales se encuentran poco a moderadamente compactados y con estructuras desordenadas, generando cambios locales en la microtopografía y en el patrón de drenaje superficial. Su espesor es variable, desde decímetros hasta algunos metros, y su presencia tiene implicaciones geotécnicas relevantes, ya que puede favorecer procesos de encharcamiento, desvío de escorrentías naturales y asentamientos diferenciales en caso de nuevas obras o cargas estructurales.

Depósitos Lacuestres (Ql): Estos Depósitos tienen una representación areal más restringida, con aproximadamente 2,36 ha, es decir, cerca del 3,5 % del área de estudio. Se localizan de manera concentrada en el sector nororiental, coincidiendo con una depresión topoFiguradonde actualmente se reconoce un cuerpo de agua tipo laguna y zonas de humedal asociado. Estos depósitos agrupan sedimentos finos acumulados en ambientes de agua estancada o de circulación muy lenta, asociados a antiguas cubetas de inundación y depresiones de la llanura aluvial. Están constituidos principalmente por limos y arcillas plásticas de tonos gris oscuro a pardo, con alto contenido de materia orgánica y niveles turbosos, dispuestos en estratos delgados a masivos de muy baja consistencia. Presentan muy baja permeabilidad, elevada compresibilidad y baja resistencia al corte, por lo que se comportan como materiales blandos y saturados, susceptibles a procesos de subsidencia,

encharcamiento prolongado y pérdida de capacidad portante cuando son sometidos a cargas antrópicas.

Figura 20.

Mapa Geológico ARPEH Zuria, escala 1:5.000, mostrando la distribución de los depósitos cuaternarios, en los que se destacan las Terrazas Aluviales Altas y Bajas, los depósitos de Llanura de Inundación y los aluviales recientes. Fuente: Equipo consultor



La distribución espacial indica que la geomorfología deposicional domina completamente el área, con más del 90 % ocupada por depósitos aluviales recientes (Qtab + Qlla).

2.3.4 Geología Estructural

El análisis del mapa geológico local para el área de estudio se encuentra completamente fuera del dominio estructural activo del piedemonte, el cual está controlado por fallas inversas mayores como la Falla de Villavicencio, Falla de Guaicaramo, Falla Río Guatiquía, San Cristóbal y Balsillas. Aunque estas estructuras definen el marco tectónico regional, no tienen expresión ni control directo sobre la zona de estudio debido a:

- Su distancia al frente orogénico (la falla de Villavicencio se ubica al borde del piedemonte, varios kilómetros al occidente).
- La ausencia de fracturas, lineamientos o flexiones identificables en la cartografía local.
- El dominio litológico cuaternario, cuya baja consolidación no preserva rasgos estructurales heredados.
- El evidente control fluvial sobre la configuración geomorfológica del área (paleocanales, llanura de inundación y abanicos aluviales).

Por lo tanto, el marco tectónico local puede describirse como un ambiente esencialmente sedimentario y no estructurado, donde la dinámica fluvial y la evolución cuaternaria gobiernan completamente la disposición de las unidades geológicas.

2.4 Geomorfología

El área de estudio correspondiente al Parque Ecológico Humedal Zuria (ARPEH Zuria) se localiza en la zona periurbana de Villavicencio (Meta), dentro del sector geomorfológico transicional que conecta el piedemonte llanero con la llanura aluvial reciente del sistema hídrico del Río Negro y su red de drenajes menores, entre ellos el Caño Zuria, cauce que estructura y condiciona la dinámica hidrológica del humedal. Este entorno geomorfológico corresponde a las superficies depositacionales cuaternarias típicas de la Provincia de Llanuras de la Orinoquia, caracterizadas por topografías muy suaves, procesos fluviales de baja energía, drenajes meandriformes y ambientes palustres vinculados al nivel freático somero y a la conectividad lateral entre terrazas bajas y planicies de inundación.

El análisis geomorfológico se desarrolló a escala 1:5.000, combinando insumos del Modelo Digital de Elevación (DEM) de alta resolución, mapas geomorfológicos y geológicos de la Plancha 266 – Villavicencio, cartografía temática derivada de sensores remotos y verificación de campo. La integración de estas fuentes permitió reconocer las variaciones de microrelieve, los patrones de drenaje y los rasgos morfodinámicos que gobiernan el funcionamiento hidrológico del humedal Zuria, así como delimitar con precisión las unidades geomorfológicas presentes en el área de estudio.

2.4.1 Unidades Geomorfologicas

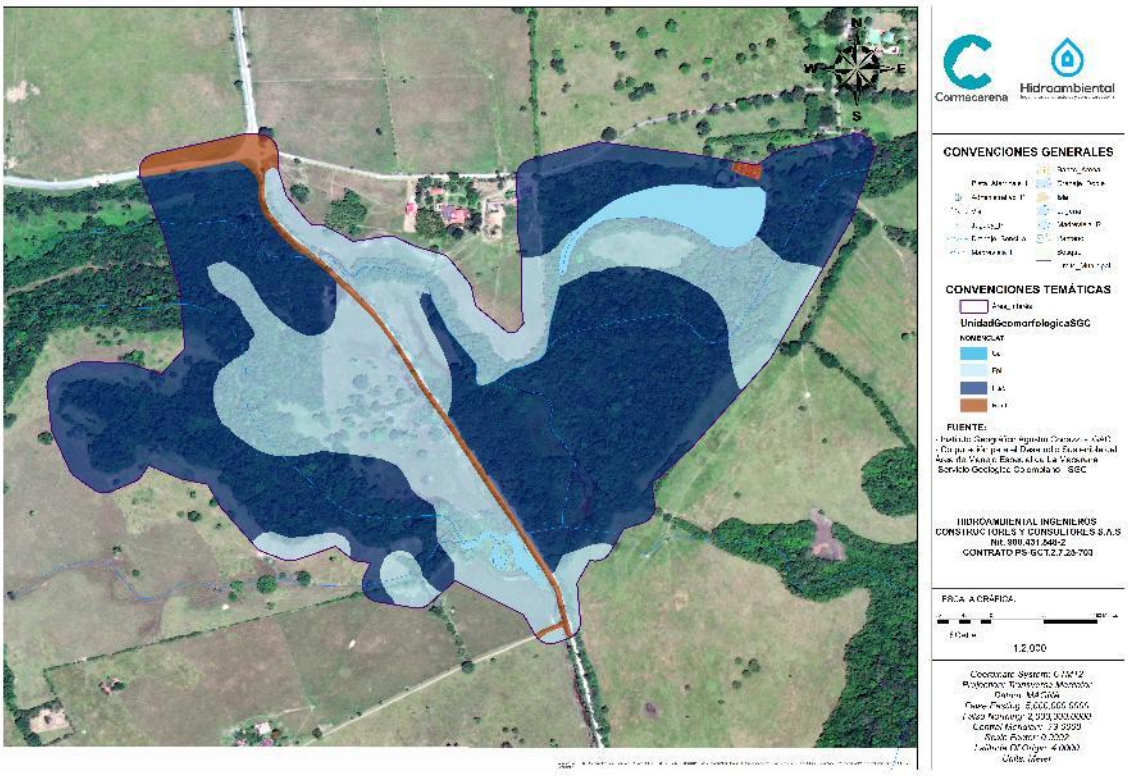
La caracterización se enfocó en identificar la morfogénesis, morfología, materiales sedimentarios, grado de actividad y posición geomorfológica de cada unidad, diferenciando superficies fluviales activas (planicie de inundación), relictos fluvio–denudacionales (terrazas bajas), ambientes palustres y zonas modificadas por intervención antrópica.

La distribución espacial de las unidades evidencia que el área de estudio corresponde a un sistema fluvio–palustre activo, donde predominan superficies modeladas por inundación periódica y alta saturación hídrica. La planicie de inundación (Fpi) constituye el núcleo funcional del humedal Zuria, tanto desde la perspectiva hidrogeomorfológica como ecológica, mientras que las terrazas aluviales bajas delimitan su contorno y representan posiciones topográficas ligeramente elevadas que suministran escorrentía y sedimentos finos al sistema.

Hidroambiental
Ingenieros constructores y consultores S.A.S

Figura 21.

Mapa de Unidades Geomorfológicas del ARPEH Zuria. Fuente: Equipo consultor



Los cuerpos de agua permanentes y la presencia de paleocanales reconocidos en el DEM indican una migración histórica del drenaje, así como procesos de colmatación fina que continúan activos. La influencia del Caño Zuria como eje hidromorfológico es evidente en la orientación de las formas, en la conectividad hídrica lateral y en la persistencia de microdepresiones.

Finalmente, las áreas intervenidas mediante rellenos generan discontinuidades geomorfológicas que modifican la dinámica natural del humedal, pudiendo generar desviaciones de flujo, represamientos locales o afectaciones a la recarga superficial, aspectos críticos para la gestión ambiental del área.

2.4.1.1 Planicie de Inundación (Fpi)

La planicie de inundación activa constituye la unidad geomorfológica dominante del humedal Zuria, ocupando aprox. 51,1 ha (86,5 % del área total). Se trata de una superficie baja y ligeramente deprimida, modelada por procesos fluviales recientes asociados al Caño Zuria, donde convergen escorrentías superficiales, flujos difusos de la microcuenca y aportes laterales provenientes del entorno agropecuario. Esta unidad se caracteriza por cotas suavemente variables, pendientes menores al 1 %, microrelieves ondulados de inundación, paleocanales colmatados y huellas de meandros abandonados, rasgos evidentes en el análisis de sombras y en la textura del DEM.

Litológicamente está compuesta por depósitos aluviales finos a muy finos (limos y arcillas de tonalidades grises y pardo–amarillentas), con intercalaciones locales de arenas muy finas asociadas a eventos de mayor energía. El nivel freático es somero y existe permanente saturación hídrica, lo que favorece el desarrollo de ambientes palustres, zonas encharcables y suelos hidromórficos. La forma y distribución de esta unidad reflejan una dinámica deposicional reciente, con subsidencia diferencial y renovación sedimentaria periódica, elementos que constituyen el soporte físico del ecosistema humedal.

2.4.1.2 Terrazas Aluviales Bajas (Ftab)

Las terrazas aluviales bajas ocupan aprox. 6,6 ha (11,2 % del área) y representan relictos de superficies fluviales ligeramente más elevadas que la planicie activa. Corresponden a depósitos aluviales antiguos asociados a posiciones previas del sistema de drenaje, probablemente vinculados a migraciones laterales del caño o a pulsos de mayor energía del río Negro durante episodios paleohidrológicos. Presentan pendientes suaves (1–3 %), bordes de terraza muy atenuados y un drenaje más eficiente que la planicie de inundación, lo que se manifiesta en menor saturación del suelo y menor susceptibilidad al encharcamiento.

Litológicamente están conformadas por arenas limosas, limos arenosos y niveles esporádicos de gravas finas en la base, con mayor compactación relativa y menor contenido de materia orgánica respecto a la planicie. Estas terrazas funcionan como superficies de transición entre el entorno rural intervenido y el humedal, constituyendo áreas estables desde la perspectiva geomorfológica, aunque con evidencia de modificación antrópica en sus bordes.

2.4.1.3 Cuerpos de agua (Ca)

Esta unidad ocupa aprox. 0,54 ha (0,9 % del área) y corresponde a espejos de agua permanentes asociados al humedal y a sectores deprimidos de la planicie de inundación. Representan zonas de acumulación hídrica controlada por topografía cóncava y drenaje

interno limitado, en las cuales se desarrollan procesos de sedimentación fina, colmatación progresiva y acumulación de limos orgánicos. Estructuralmente están vinculados al comportamiento hidrológico del Caño Zuria y constituyen un indicador directo de la saturación permanente del ecosistema.

2.4.1.4 Rellenos y superficies explanadas antrópicas (Rant)

Los rellenos antrópicos abarcan aprox. 0,81 ha (1,4 % del total) y se concentran en los márgenes noroccidentales y orientales del área de estudio, asociados a intervenciones para conformación de vías, explanaciones, adecuaciones prediales y nivelaciones de terreno. Estos depósitos son heterogéneos en textura y composición: incluyen mezclas de arenas, gravas, fragmentos líticos, suelos removidos, bloques y escombros, con estructura caótica y compactación variable. La presencia de esta unidad modifica localmente la microtopografía, altera patrones naturales de escorrentía y afecta los procesos de infiltración y drenaje del humedal, lo cual requiere especial manejo en el marco del PMA.

2.4.2 Procesos Morfodinámicos

En el humedal Zuria la morfodinámica está dominada por procesos fluviales y palustres de baja energía, propios de una llanura aluvial reciente con pendientes muy suaves y nivel freático somero. La planicie de inundación (Fpi) actúa como zona de expansión de caudales del caño Zuria y de las escorrentías difusas de la microcuenca, por lo que los procesos principales son la inundación periódica, el flujo laminar (sheet flow) y la deposición de

sedimentos finos sobre el tapete de vegetación. Cada episodio de desborde genera láminas de agua poco profundas que redistribuyen limos y arcillas, favoreciendo la colmatación progresiva de depresiones y la expansión lateral de ambientes palustres. El mapa de la Figura evidencia precisamente estos sectores donde se acumulan paquetes delgados de material fino, asociados a una morfodinámica dominada por la decantación más que por la erosión.

Las terrazas aluviales bajas (Ftab) muestran una dinámica más estable, al constituir superficies ligeramente elevadas respecto a la planicie activa. En ellas la energía del flujo es menor y predominan procesos de escorrentía superficial concentrada en surcos y cunetas, con baja capacidad erosiva pero con potencial para generar aporte de sedimentos hacia el interior del humedal, especialmente desde zonas de uso ganadero o de pastos limpios. Estas terrazas funcionan como áreas fuente de sedimentos finos y materia orgánica que, durante los eventos de lluvia intensa, son transferidos hacia la planicie de inundación y los cuerpos de agua, alimentando los procesos de colmatación y relleno del sistema.

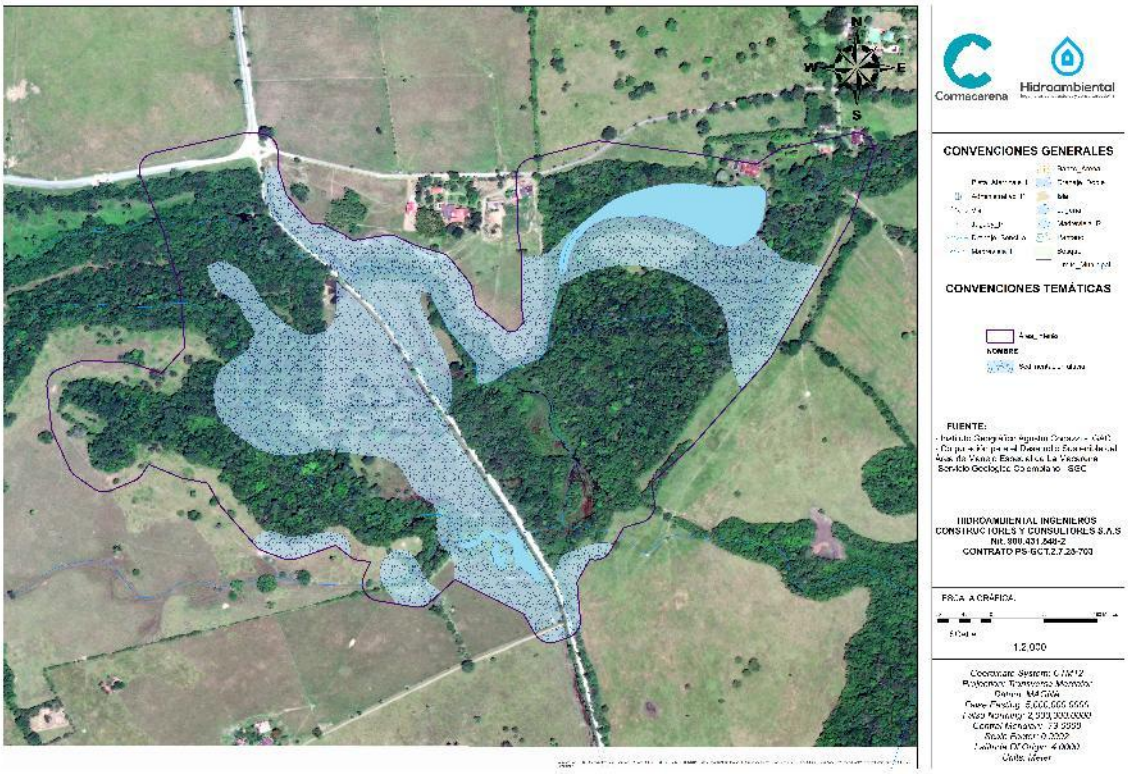
En los cuerpos de agua (Ca) la morfodinámica está controlada por la saturación permanente, el estancamiento relativo del flujo y la alta carga de sedimentos en suspensión, lo que se traduce en tasas elevadas de sedimentación fina y acumulación de materia orgánica. Se desarrollan procesos de paludificación y formación de suelos orgánicos con muy baja consolidación, acompañados de subsidencia local por consolidación de los fangos y compactación de los paquetes arcillo–limosos. Estos procesos favorecen la evolución del

espejo de agua hacia marismas encharcadas y, a largo plazo, hacia planicie de inundación colonizada por vegetación hidrófila.

La presencia de rellenos y explanaciones antrópicas (Rant) introduce una morfodinámica local distinta, asociada al cambio en la microtopografía y a la alteración de las trayectorias de flujo superficial. Los terraplenes viales y nivelaciones generan barreras parciales al drenaje natural, provocando en algunos puntos concentraciones de escorrentía, erosión localizada de taludes y encharcamientos aguas arriba. Además, la compactación de estos rellenos reduce la infiltración y aumenta el coeficiente de escorrentía, incrementando la entrega puntual de caudales y sedimentos al humedal. En conjunto, la geomorfología plana, la topografía de muy baja pendiente y la ubicación en la llanura aluvial del sistema Río Negro–Caño Zuria configuran un entorno donde la inundación recurrente, la sedimentación aluvial fina, la colmatación de depresiones y la modificación antrópica del drenaje son los procesos morfodinámicos clave que deben considerarse en la gestión y manejo ambiental del ARPEH Zuria.

Figura 22.

Procesos morfodinamicos. Fuente: Equipo consultor



Hidroambiental
Ingenieros constructores y consultores S.A.S

2.4.3 Pendientes topográficas

El área de estudio se localiza dentro del piedemonte llanero, específicamente en un ambiente fluvial y aluvial caracterizado por depósitos recientes y modelados planos a suavemente ondulados, propios de las terrazas bajas y llanuras aluviales que bordean los humedales suburbanos de Villavicencio. Este contexto se evidencia en el diagnóstico geomorfológico del área, donde se describen unidades asociadas a llanura aluvial, zonas de encharcamiento, microrelieves ondulados y una dinámica controlada por procesos

agradacionales de origen fluvial y coluvial. La distribución de pendientes obtenida del modelo topográfico confirma estos atributos.

De las 67,8 ha del área de interés, el rango predominante corresponde a pendientes ligeramente inclinadas (3–7 %) con 30,7 ha, equivalentes al 45,3 % del total. Estas pendientes se distribuyen ampliamente sobre la superficie del predio y constituyen el rasgo fisiográfico dominante, representando zonas donde la dinámica fluvial ha generado planos de desborde, abanicos de baja energía y superficies agradacionales ligeramente onduladas. En este tipo de morfología es común la presencia de escurrimientos difusos y drenajes de baja jerarquía, que en épocas de lluvia incrementan su actividad, facilitando el transporte de sedimentos finos y la redistribución hídrica superficial típica del piedemonte.

El segundo rango en importancia corresponde a pendientes moderadamente inclinadas (7–12 %), con 18,8 ha (27,8 %). Estas áreas aparecen en parches y bordes del polígono, asociadas a transiciones entre terrazas aluviales bajas y la llanura aluvial, lo que concuerda con las geoformas descritas para el humedal Zuria (formas de terreno en subfamilias onduladas y lomeríos suaves) . Estas pendientes actúan como zonas de aceleración del flujo superficial y marcan límites naturales entre unidades deposicionales y áreas de mayor disección. Desde el punto de vista funcional, incrementan la susceptibilidad a erosión laminar cuando las coberturas son abiertas, y favorecen pequeños drenajes que conectan con los cuerpos de agua internos.

Las pendientes ligeramente planas (1–3 %) abarcan 9,4 ha (13,9 %) y corresponden a las porciones más bajas y deposicionales del predio, estrechamente vinculadas al comportamiento hidrológico del humedal. Se ubican preferentemente hacia sectores donde se observan depresiones someras, canales antiguos y zonas de inundación temporal, coherentes con los ambientes “terrazas aluviales bajas” y “llanuras de inundación” señalados en el documento técnico. En estas áreas predominan procesos de anegamiento estacional y acumulación de sedimentos finos, razón por la cual se relacionan con las zonas más fértiles pero también más susceptibles a encharcamientos prolongados.

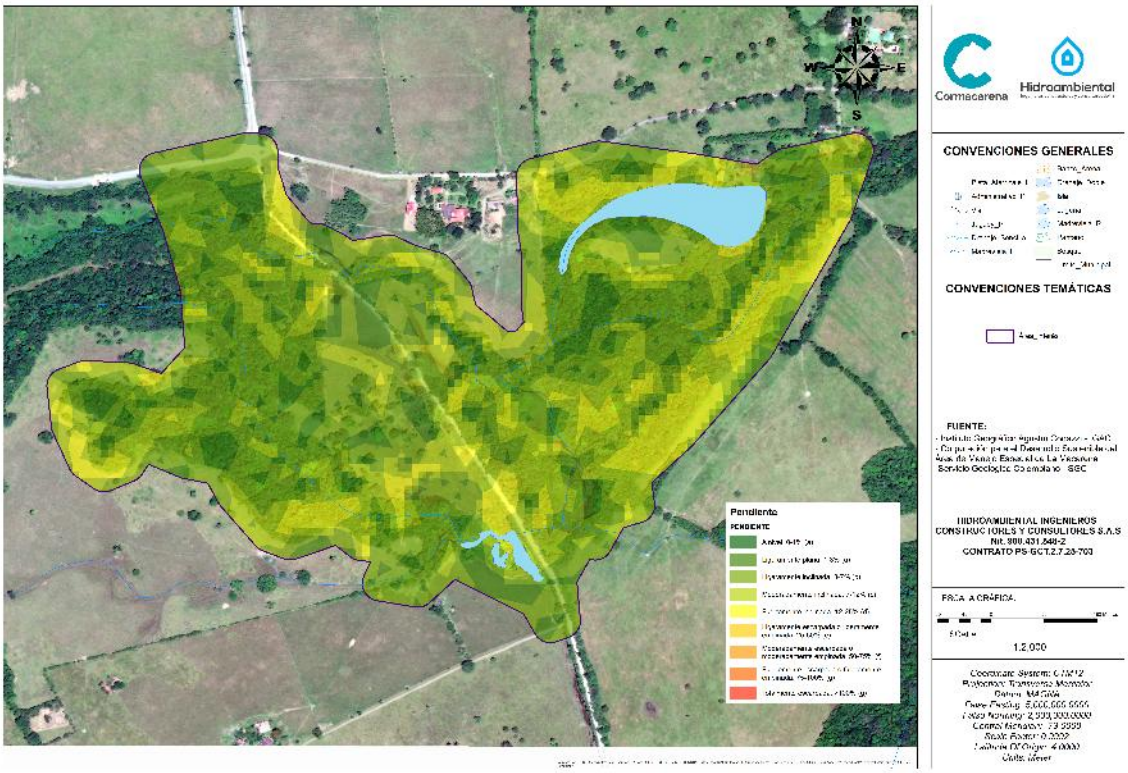
Finalmente, las pendientes fuertemente inclinadas (12–25 %) ocupan 8,8 ha (13,0 %). Estas aparecen de manera puntual y se asocian a taludes naturales o cortes antrópicos, así como a rupturas locales de pendiente que en muchos casos reflejan antiguas márgenes de canales o erosión remontante en microcuencas internas. Aunque representan una fracción menor, constituyen sectores de mayor restricción para intervención física, pues concentran procesos denudacionales más activos, mayores tasas de escorrentía y sensibilidad a erosión superficial.

En conjunto, la topografía del área refleja un sistema ampliamente dominado por pendientes suaves (menos del 7 % en casi el 60 % del predio), característico de ambientes fluviales recientes y altamente regulados por la hidrodinámica del piedemonte. Esta configuración permite un funcionamiento ecológico coherente con el humedal Zuria descrito en el documento: zonas bajas inundables, bosque de galería conservado en

márgenes, pasillos ribereños y áreas abiertas asociadas a pastos y vegetación secundaria, todas influenciadas por el relieve plano–ondulado que favorece la conectividad hídrica superficial y la movilidad de fauna.

Figura 23.

Mapa de pendientes topográficas. Fuente: Equipo consultor



2.5 Hidrogeología

El área del humedal Zuria se inserta dentro del Sistema Acuífero Villavicencio–Granada–Puerto López (SAP-3.1), uno de los sistemas hidrogeológicos más extensos y productivos

de la provincia hidrogeológica PP3 Llanos Orientales, caracterizado por la presencia de potentes paquetes sedimentarios cuaternarios depositados en un ambiente de piedemonte y llanura aluvial. Este sistema constituye la principal reserva de agua subterránea para el piedemonte de la Cordillera Oriental y el corredor Villavicencio–Acacías–Granada–Puerto López, donde la interacción entre los aportes de montaña, los abanicos aluviales y las llanuras de inundación determina un régimen hidrogeológico altamente dinámico.

Desde el punto de vista estratigráfico e hidrogeológico, el SAP-3.1 está compuesto por depósitos aluviales arenosos y gravo-arenosos de origen torrencial hacia el piedemonte, los cuales gradan lateralmente a sedimentos más finos (arenas limosas, limos y arcillas orgánicas) en dirección a la llanura del río Meta. En el sector de Villavicencio y sus alrededores —incluida la microcuenca del Caño Zuria— el acuífero libre está constituido principalmente por depósitos recientes y subrecientes de origen fluvial, con espesor variable entre 2 y 8 m para la sección superficial no consolidada, subyacida por areniscas y gravas de grano medio a grueso que conforman niveles de mayor productividad hidráulica.

Este arreglo sedimentario da lugar a un acuífero multicapa, donde los materiales más someros funcionan como acuífero libre de permeabilidad media a alta, mientras que las capas más profundas —constituidas por gravas y arenas mejor seleccionadas— presentan conductividades hidráulicas significativamente superiores, comportándose como un acuífero semiconfinado de alto potencial. En sectores más distales de la llanura, aparecen capas intercaladas de limos y arcillas que reducen la permeabilidad y generan condiciones

de confinamiento parcial, pero en el piedemonte y sus llanuras asociadas predomina el flujo libre y la recarga directa.

En términos de recarga, los estudios regionales del IDEAM establecen que el SAP-3.1 recibe aproximadamente 600 mm/año, principalmente a través de la infiltración directa de la lluvia y del aporte de los caudales de escorrentía provenientes de la Cordillera Oriental. Esta recarga alóctona es fundamental, ya que los abanicos aluviales del piedemonte —como el que sustenta la zona de estudio— actúan como zonas preferenciales de infiltración, transmisión lateral y recarga hacia la llanura. La interacción entre la topografía suavemente inclinada, los materiales de alta porosidad y los drenajes menores como el Caño Zuria, favorece el intercambio constante entre aguas superficiales y subterráneas, generando condiciones típicas de humedales alimentados por flujos subterráneos someros.

La hidroquímica regional describe aguas de buena a moderada calidad, dominadas por facies bicarbonatadas cálcicas y magnésicas, con baja mineralización y parámetros físico-químicos aptos para consumo humano (IDEAM, 2022). La mayor variabilidad se observa en zonas urbanas y periurbanas de Villavicencio, donde se registran incrementos en sólidos disueltos y coliformes asociados a actividades antrópicas; sin embargo, en zonas de humedales y áreas verdes, como en Zuria, predominan aguas subterráneas dulces, influenciadas por la recarga local y los aportes laterales provenientes de la llanura aluvial.

En este contexto, el ARPEH Zuria se emplaza sobre un acuífero cuaternario libre, superficial, de permeabilidad moderada a alta, controlado por materiales aluviales poco

consolidados y por el régimen hídrico de la microcuenca del Caño Zuria. La presencia de planicies de inundación, terrazas bajas y depósitos lacustres genera un mosaico hidrogeológico donde el nivel freático se encuentra somero, altamente sensible a las variaciones estacionales de lluvia, lo cual explica la persistencia de áreas encharcadas, surgencias locales y ambientes palustres. Este comportamiento es clave para la funcionalidad ecológica del humedal, para su capacidad de almacenamiento temporal de aguas y para su papel en la regulación hídrica del sistema Río Negro–Caño Zuria.

De esta manera, la hidrogeología regional proporciona el marco fundamental para comprender el funcionamiento del humedal Zuria, identificar sus dinámicas de recarga y descarga, y sustentar las evaluaciones posteriores de vulnerabilidad intrínseca (método GOD) y dinámica hidrológica del sistema.

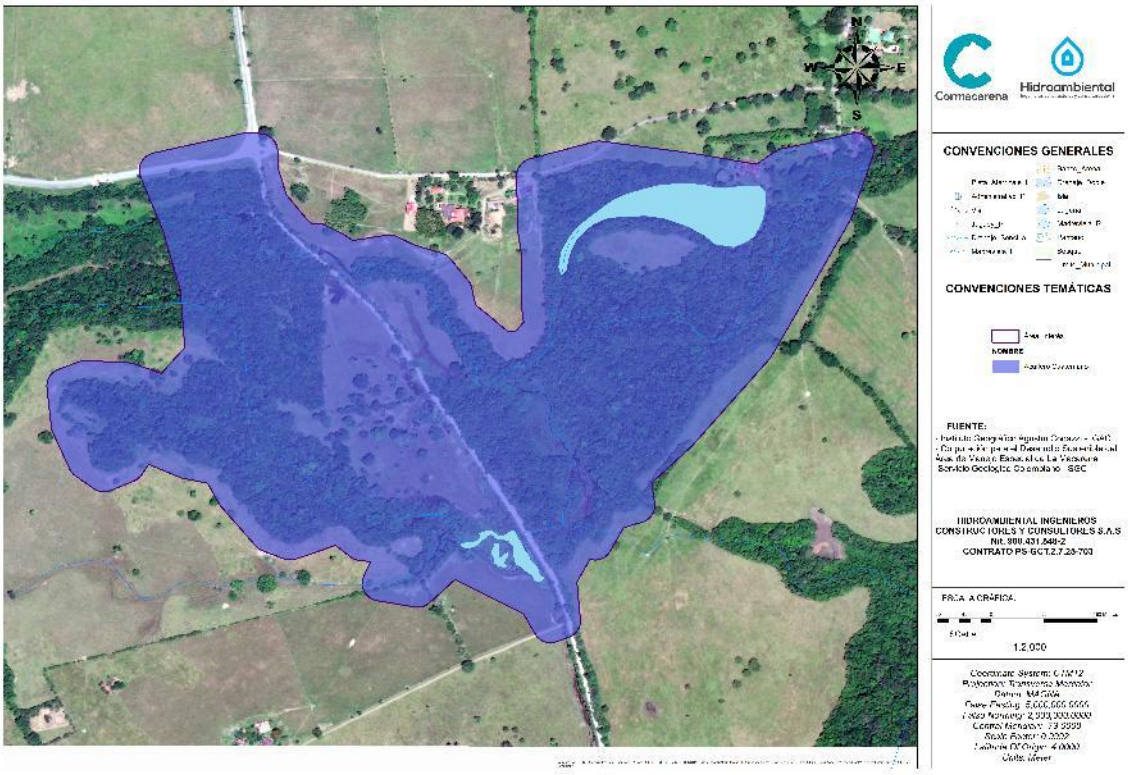
2.5.1 Unidades Hidrogeológicas

El área de estudio del ARPEH Zuria se emplaza en el sector nororiental del piedemonte llanero, en jurisdicción del municipio de Villavicencio (Meta), dentro de la provincia hidrogeológica Llanos Orientales y específicamente sobre el Sistema Acuífero Villavicencio–Granada–Puerto López (SAP 3.1). Esta provincia se caracteriza por la presencia de depósitos cuaternarios de origen aluvial y fluviodeltaico, con una marcada influencia de los procesos de agradación y retrabajo hidrogeomorfológico asociados a los drenajes que descienden desde la Serranía de La Macarena y la Cordillera Oriental. En este contexto, el comportamiento hidrogeológico local está fuertemente condicionado por la

litología no consolidada, la topografía de muy baja pendiente, la presencia de paleocanales y humedales, y la interacción directa entre el agua subterránea y los cuerpos superficiales.

Figura 3.

Mapa de unidades hidrogeologicas. Fuente: Equipo consultor



2.5.1.1 Acuífero Cuaternario (Ql – Qlla – Qtab): Sedimentos y rocas con flujo intergranular

Toda el área de estudio se encuentra implantada sobre el Acuífero Cuaternario, un sistema somero compuesto por depósitos recientes de llanura aluvial e inundación, caracterizados

por su granulometría predominantemente arenosa y su porosidad primaria granular. Este acuífero integra sedimentos aluviales, abánicos y de terrazas bajas provenientes del piedemonte, con intercalaciones laterales de limos, arcillas y gravas, lo cual determina variaciones locales en la permeabilidad y en la profundidad del nivel freático.

Con base en la bibliografía regional (Cormacarena, 2009) y en la interpretación geofísica disponible para el predio, este acuífero presenta espesores entre 20 y 40 m, con sectores donde alcanza mayores desarrollos debido a paleocanales enterrados. La transmisividad promedio reportada para esta unidad es del orden de 155 m²/día, coherente con un medio poroso granular de permeabilidad media a alta. El nivel de la tabla de agua se registra típicamente entre 1 y 3 m de profundidad, lo que favorece una fuerte dependencia del régimen de humedad superficial y de las condiciones de inundación estacional.

Los resultados de los sondeos eléctricos verticales (SEV) realizados en campañas previas (Corpollanos, 2006) refuerzan esta interpretación. Las curvas de resistividad indican valores que oscilan entre 50 y 1 700 ohm-m, asociados a arenas húmedas, arenas y gravas parcialmente saturadas, arcillas limosas y depósitos arenosos más limpios. El patrón general muestra un primer paquete de sedimentos no consolidados, permeables y con variaciones de humedad, extendiéndose aproximadamente hasta los 20–40 m, seguido de un nivel de menor conductividad hidráulica correspondiente a capas limo-arcillosas que localmente confinan o semiconfinan los horizontes superiores.

La correlación litológica obtenida a partir de los SEV evidencia la presencia de intercalaciones arenosas y arenoso-gravosas, alternadas con niveles arcillosos que generan cambios laterales de facies típicos de ambientes fluviales de llanura aluvial. Estas condiciones, sumadas a la topografía suavemente ondulada y a los sectores deprimidos que acumulan escorrentía, permiten afirmar que el acuífero es libre a localmente semiconfinado, dependiendo de la continuidad lateral de las capas arcillosas.

2.5.1.2 Acuífero Profundo (Conglomerados y areniscas terciarias)

Bajo el acuífero Cuaternario se reconocen unidades más cementadas de la Formación Coneta y, posiblemente, de la Formación Areniscas del Limbo, que conforman un acuífero de mayor profundidad y menor productividad. Estas capas presentan composiciones dominadas por areniscas medias a gruesas, conglomerados y niveles areno-limosos cementados, con espesor variable entre 120 y 180 m. Se han registrado en la región pozos con caudales modestos (2 a 5 L/s), lo que confirma su condición de acuífero semiconfinado, con permeabilidad controlada por la porosidad intergranular remanente y por fracturas locales vinculadas al fallamiento distal de la Cordillera Oriental.

Si bien este acuífero profundo no participa directamente en la dinámica hídrica del ARPEH Zuria, su presencia estratiFiguracondiciona el flujo regional hacia el sureste, tal como ha sido documentado para la provincia hidrogeológica Llanos Orientales.

El mapa de unidades hidrogeológicas confirma que el predio se asienta completamente sobre el Acuífero Cuaternario, lo cual implica una fuerte interacción entre el agua subterránea y la dinámica superficial generada por el Caño Zuria y los microrelieves asociados al sistema de llanura de inundación del piedemonte. Las pendientes suaves, la presencia de zonas deprimidas y las unidades geomorfológicas identificadas (planicie de inundación, terrazas aluviales bajas y cuerpos de agua) favorecen la existencia de una tabla freática somera, estacionalmente influenciada por la recarga directa y por los pulsos de inundación del caño y sus drenajes secundarios.

En sectores ligeramente más elevados, como las terrazas bajas, el predio funciona como zona de recarga local, permitiendo una infiltración eficiente debido a la textura arenosa predominante. En contraste, las áreas deprimidas, humedales y paleocanales actúan como zonas de descarga, captando el flujo subsuperficial proveniente de los bordes del predio y generando saturación temporal del suelo.

Esta configuración hidrogeomorfológica es consistente con el funcionamiento típico del piedemonte llanero, donde los acuíferos someros son altamente productivos, de circulación local, y con una marcada relación con los caños y drenes superficiales. La permeabilidad del medio granular favorece la conectividad hidráulica entre los distintos microambientes del predio, dando lugar a un acuífero reactivo, sensible a los ciclos de lluvia y a las variaciones en la lámina de agua de los cuerpos superficiales.

En conjunto, la hidrogeología local evidencia que el ARPEH Zuria se encuentra sobre un acuífero activo, somero y permeable, con recarga predominante por infiltración directa y drenaje hacia los humedales internos y el Caño Zuria, lo cual condiciona tanto la ecología del humedal como la dinámica hídrica del predio.

2.5.2 Zonas de carga y descarga

En el contexto del ARPEH Zuria, el área de estudio se ubica completamente sobre el Acuífero Cuaternario, desarrollado en depósitos aluviales, de llanura de inundación y terrazas aluviales del piedemonte (Qlla, Qlli, Qaa, Qt). Se trata de sedimentos inconsolidados de gravas, arenas, limos y arcillas con porosidad primaria granular, que conforman un acuífero libre a localmente confinado, de espesor entre 20 y 40 m, nivel freático somero (1–9 m) y buena transmisividad (≈155 m²/día). La exploración geofísica (SEV) identifica además dos cuerpos acuíferos separados por un horizonte de baja permeabilidad, con una primera capa saturada desde 2–3 m de profundidad y una segunda entre 20 y 70 m, lo que refuerza el funcionamiento multicapa del sistema en este tramo del piedemonte.

Bajo este marco geológico e hidrogeológico, y considerando la geomorfología fluvial y la topografía suave del predio, las zonas de recarga se ubican principalmente en los sectores ligeramente inclinados y moderadamente inclinados que dominan el área de interés (pendientes de 3–7 % y 7–12 %, que en conjunto abarcan cerca de tres cuartas partes de la superficie). Estas corresponden a superficies de terrazas aluviales bajas y abanicos

agradacionales donde los suelos presentan texturas de medias a finas, buena a moderada infiltración y escurrimiento difuso. Allí la precipitación efectiva se infiltra de manera areal hacia el Acuífero Cuaternario, alimentando la capa freática somera y, en menor medida, el acuífero más profundo a través de la matriz arenosa y niveles conglomeráticos. La conexión hidráulica descrita entre el acuífero y los ríos del sistema Guatiquía–Ocoa implica que los tramos altos de los drenajes locales y los sectores de terraza mejor drenados actúan como zonas de recarga indirecta, donde parte del flujo superficial se pierde hacia el subsuelo.

Las zonas de descarga se concentran, en cambio, en las porciones más bajas y planas del relieve, asociadas a la llanura de inundación y al humedal Zuria propiamente dicho, así como a los cauces y microdepresiones por donde drena la microcuenca del Caño Zuria. En estos ambientes, la pendiente se reduce (1–3 %), el nivel freático se aproxima a la superficie y los materiales finos favorecen la saturación y los encharcamientos temporales. De acuerdo con el modelo hidrogeológico, el Acuífero Cuaternario descarga su flujo tanto a través de aljibes y pozos someros como mediante la aportación base a los ríos y caños más cercanos, siguiendo una dirección regional de flujo subterráneo hacia el sureste; en el predio esto se traduce en descarga difusa hacia el humedal, los cuerpos de agua internos y el cauce del caño que lo atraviesa.

En síntesis, el área de estudio funciona como un tramo de alta recarga local sobre terrazas aluviales suavemente inclinadas, donde la precipitación y las pérdidas de caudal en los drenajes alimentan el Acuífero Cuaternario, y como zona de descarga hacia el humedal y el

sistema de drenaje superficial que conforma la microcuenca del Caño Zuria. Sobre este marco se superpone el Acuífero Cuaternario–Terciario, más profundo y regional, que infrayace al primero y participa sobre todo en el flujo a escala de cuenca, pero cuya influencia directa en la dinámica de carga y descarga superficial del predio es secundaria frente al comportamiento del acuífero cuaternario somero.

2.5.3 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, 20101; Charles, 19932; Silva, 20073). Este análisis se basa en la evaluación de factores físicos del terreno, como la topografía, el tipo y textura del suelo, la litología, la cobertura vegetal y el uso del suelo, los cuales determinan en conjunto la aptitud del área para funcionar como zona de recarga.

Hidroambiental
Ingenieros constructores y consultores S.A.S

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

[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.

variables mediante sistemas de información geoFigura(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** 10:

Tabla 10.

Valoración del potencial de recarga

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 muestra un comportamiento espacial claramente definido (Ver Figura), donde predominan las categorías Muy Alta y Alta, mientras que las clases Moderada, Baja y Muy Baja se restringen a sectores específicos. De acuerdo con las áreas calculadas, el polígono de estudio presenta un total aproximado de 67,78 ha, de las cuales 46,66 ha (68,84 %) corresponden a la categoría Muy Alta, 18,96 ha (27,97 %) a la categoría Moderada, y apenas 2,16 ha (3,19 %) a la categoría Baja. Esta distribución confirma que el sistema hidrogeológico y las condiciones físicas del terreno favorecen ampliamente la infiltración y la recarga natural del acuífero cuaternario subyacente.

Las zonas clasificadas como de recarga Muy Alta, que constituyen casi siete de cada diez hectáreas del área de estudio, coinciden espacialmente con el núcleo central y las franjas boscosas de conservación. En estas áreas predominan pendientes suaves (1–7 %), suelos PVBa y PVAa con texturas moderadamente finas a finas pero bien drenadas, un acuífero granular altamente permeable (clase Aq con la máxima ponderación) y coberturas destinadas a la conservación, recuperación ecológica y recreación de bajo impacto. La combinación de estas variables reduce la escorrentía superficial, incrementa los tiempos de residencia del agua en superficie y facilita la infiltración profunda, condiciones que explican el predominio de tonalidades verdes intensas (Muy Alta) en el mapa.

La categoría Moderada, que representa cerca de 28 % del área, se dispone como una franja de transición perimetral y en algunos enclaves internos asociados a coberturas de pastoreo semi-intensivo, áreas abiertas o vegetación secundaria. En estos sectores las pendientes tienden a ser ligeramente mayores (7–12 % e incluso localmente 12–25 %), y aunque los suelos siguen siendo aptos para la infiltración, la combinación de mayor escurrimiento superficial y usos del suelo más intervenidos limita parcialmente el aporte a la recarga. Este comportamiento se identifica en el mapa como un cinturón amarillo que bordea el área de conservación y actúa como zona de amortiguación hidrológica entre el núcleo de Muy Alta recarga y las áreas más intervenidas.

Finalmente, la categoría Baja, que apenas ocupa 3,19 % del área (2,16 ha), se localiza principalmente en franjas lineales asociadas a la vía principal, pequeños sectores

residenciales y áreas compactadas o sin suelo desarrollado (unidades ZU y CA). Estos polígonos se caracterizan por superficies selladas o fuertemente intervenidas que reducen al mínimo la infiltración y concentran la escorrentía superficial. Aunque su superficie es reducida, su presencia es relevante desde la perspectiva de la gestión del recurso hídrico, ya que pueden interrumpir localmente la conectividad hidrológica entre las zonas de alta recarga y los drenajes naturales.

Tabla 11.

Potencial de recarga hídrica potencial

RECARGA POTENCIAL DEL ACUÍFERO	ÁREA (HA)	ÁREA (%)
Muy Alta	46,660	68,84 %
Alta	0	0
Moderada	18,956	27,97 %
Baja	2,162	3,19 %
Muy Baja	0	0
TOTAL	67,779	100%

En conjunto, los resultados evidencian que el área de estudio funciona como una zona estratégica de recarga para el acuífero cuaternario local, con una marcada prevalencia de condiciones físicas y de uso del suelo favorables a la infiltración. Las franjas moderadas

constituyen zonas de transición sensibles a cambios de uso, mientras que las áreas de baja recarga representan puntos críticos donde la intervención antrópica podría amplificar la pérdida de conectividad hídrica. Este patrón espacial debe ser considerado de forma prioritaria en la zonificación ambiental y en las estrategias de manejo y conservación del área protegida.

Figura 23.

Mapa de zonas de recarga potencial. Fuente: Equipo consultor



2.5.3.1 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.

2.5.4 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:

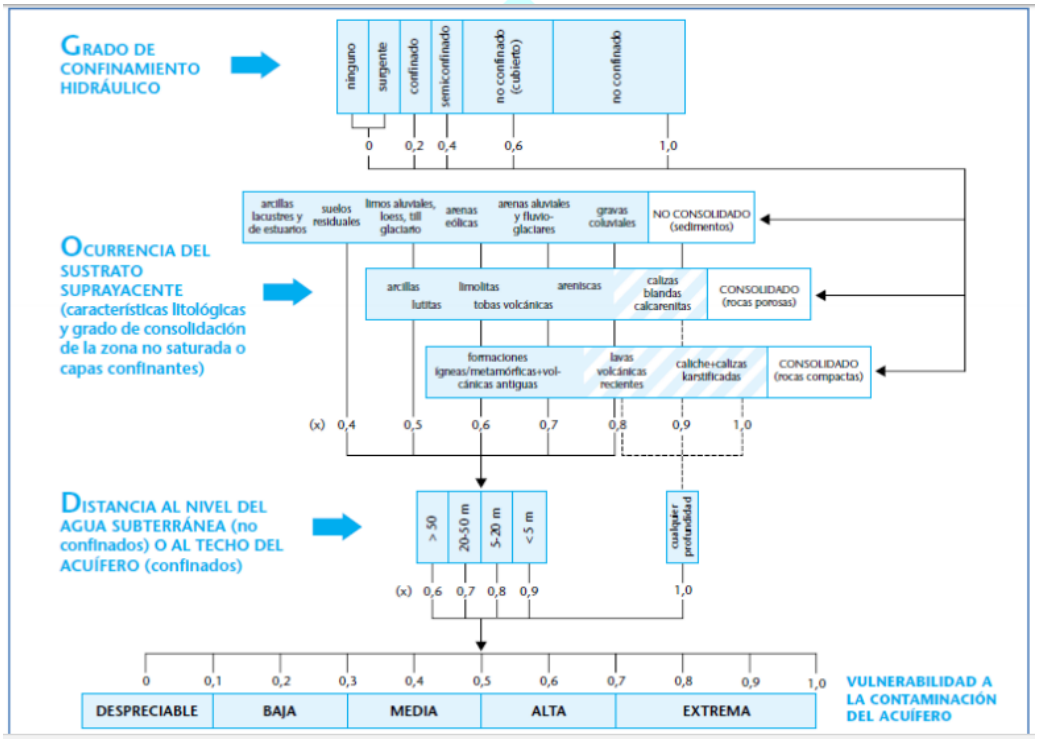
Groundwater – G: Se refiere a la condición de confinamiento del acuífero y establece las siguientes categorías: no confinado, no confinado-cubierto, semiconfinado, confinado y sin presencia de acuífero.

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 4.

Sistema de indexación GOD para la vulnerabilidad de los acuíferos a la contaminación. Fuente: Groundwaterpollution, aquiferrecharge and vulnerability, 1998.



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 **Figura 4**24.

Por tanto, se definen las siguientes categorías de vulnerabilidad de acuerdo con el método de indexación GOD, como se presentan en la Tabla 12**.**

Tabla 12.

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.

La unidad hidrogeológica correspondiente a los depósitos cuaternarios del área de estudio fue evaluada mediante el método GOD, el cual permite estimar la vulnerabilidad intrínseca del acuífero en función de tres parámetros: grado de confinamiento hidráulico (G), ocurrencia del sustrato suprayacente (O) y distancia al nivel freático (D) cuyo resultado **se** presenta en la **Tabla 13**13. Este sistema, ampliamente aplicado en evaluaciones de susceptibilidad a la contaminación en acuíferos sedimentarios, integra las características físicas intrínsecas del medio poroso, sin considerar presiones externas o cargas contaminantes específicas. En el caso particular del acuífero cuaternario del piedemonte llanero evaluado, su condición geológica, estratiFiguray geomorfológica conduce a niveles elevados de vulnerabilidad, coherentes con lo observado en sistemas acuíferos no consolidados de alta recarga.

El parámetro G, que representa el grado de confinamiento hidráulico, fue calificado con un valor de 0,9, correspondiente a un acuífero no confinado. Esta asignación se fundamenta en que los depósitos cuaternarios presentes en el área están conformados por arenas, limos arenosos, niveles de gravas y materiales finos no consolidados que permiten una comunicación directa entre la superficie y la zona saturada. No existe evidencia de capas

confinantes continuas o de baja permeabilidad que limiten verticalmente el flujo, por lo que el acuífero funciona de manera libre, con respuesta relativamente rápida a la infiltración y a las variaciones hidrológicas del entorno. En el método GOD, esta condición se ubica en la banda de mayor vulnerabilidad, debido a que la ausencia de confinamiento facilita el ingreso de contaminantes hacia la zona saturada.

El parámetro **O**, correspondiente a la ocurrencia y naturaleza del sustrato suprayacente, fue valorado con **0,8**, lo cual representa un medio formado por sedimentos **no consolidados, muy permeables** y con alto grado de porosidad primaria. Los materiales que conforman la zona no saturada del acuífero son aluviales y coluviales recientes, con presencia de arenas, limos arenosos y gravas, lo que favorece notablemente la infiltración y limita la capacidad de atenuación natural de contaminantes. De acuerdo con el diagrama GOD, estos materiales corresponden a las clases litológicas más vulnerables, pues carecen de cementación, presentan abundante interconexión de poros y poseen escasa capacidad de adsorción de compuestos contaminantes. En consecuencia, la calificación asignada refleja fielmente las condiciones geológicas y texturales predominantes.

Tabla 13.

Grado de vulnerabilidad a la contaminación de acuíferos

NOMBRE	G	O	D	GOD	ÁREA (HA)	ÁREA (%)	VULNERABILIDAD

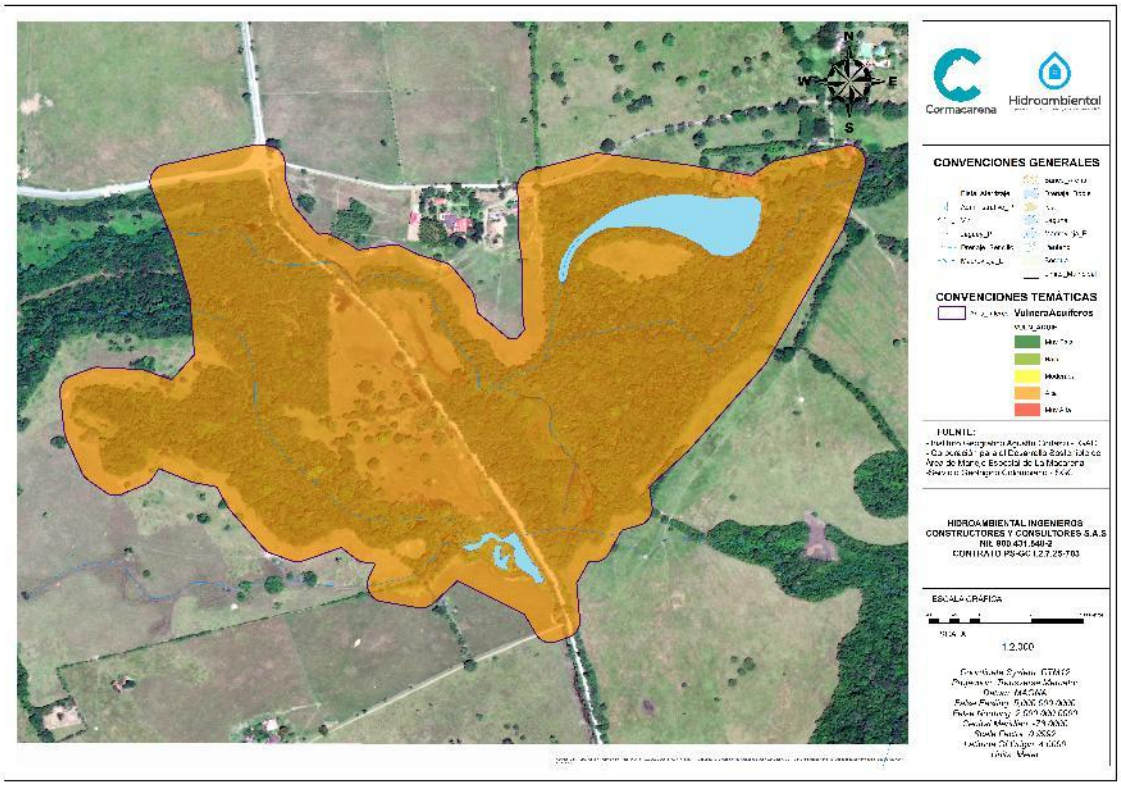
NOMBRE	G	O	D	GOD	ÁREA (HA)	ÁREA (%)	VULNERABILIDAD
Unidad hidrogeológica Depósitos Cuaternarios	0.9	0.8	0.9	0.648	67,779	100%	Alta

Nota 1. Fuente: Equipo Consultor

El parámetro **D**, que representa la distancia entre la superficie del terreno y el nivel freático, fue asignado con valor **0,9**, dado que la profundidad del agua subterránea en el piedemonte húmedo tiende a ser **somera**, generalmente inferior a **5 metros**. Esta condición ha sido corroborada por la presencia de sectores encharcables, drenajes someros y características de suelos hidromórficos en áreas cercanas. La proximidad del nivel freático reduce el espesor efectivo de la zona no saturada—capa clave para la atenuación, filtración y retardo de contaminantes—lo que incrementa significativamente la vulnerabilidad del acuífero. En el esquema GOD, profundidades menores a 5 m se ubican en el intervalo de mayor susceptibilidad a la contaminación, razón por la cual el valor asignado es consistente con la dinámica hidrogeológica local.

Figura 25.

Grado de vulnerabilidad intrínseca de los acuíferos a la contaminación. Fuente: Equipo Consultor



La combinación de los tres parámetros evaluados arroja un valor GOD de 0,65, producto de multiplicar los valores asignados (0,9 × 0,8 × 0,9). Este resultado ubica al acuífero dentro de la categoría de Vulnerabilidad Alta, la cual corresponde al rango de 0,5 a 0,7 según la clasificación del MAVDT (2011). Esta categoría implica que el acuífero es susceptible a una amplia variedad de contaminantes y que el tiempo de respuesta frente a una carga contaminante potencial sería relativamente corto, dadas las características de permeabilidad, ausencia de confinamiento y escasa capacidad de filtración del sustrato.

Aunque el valor no alcanza la categoría extrema, es importante resaltar que el acuífero cuaternario del piedemonte se comporta como un sistema altamente sensible, donde la capacidad de atenuación natural es limitada y la protección del recurso hídrico subterráneo depende fuertemente de las condiciones de uso del suelo y del control de actividades de potencial impacto.

En síntesis, la vulnerabilidad alta asignada es coherente con la naturaleza del acuífero cuaternario evaluado, caracterizado por materiales no consolidados, elevada recarga, profundidad somera del nivel freático y ausencia de confinamiento. Este diagnóstico refuerza la importancia de establecer medidas de manejo orientadas a prevenir la introducción de contaminantes, controlar actividades de riesgo y mantener coberturas naturales que favorezcan procesos de filtración y protección del acuífero. En el marco de la zonificación ambiental, estos resultados permiten identificar al área como un sector estratégico para la regulación hídrica subterránea y para la preservación de los servicios ecosistémicos asociados al ciclo hidrológico local.

2.6 Hidrología

2.6.1 Zonificación hidrográfica

El Área de Recreación Parque Ecológico Humedal Zuria se localiza en el sector suroriental del municipio de Villavicencio, dentro de la cuenca hidroFiguradel río Orinoco, específicamente en la zona hidroFiguraMeta (35) y en la subzona hidroFiguraRío Negro

(Meta) – 3510. A una escala regional, el humedal se inserta en la franja de piedemonte–llanura que se desarrolla entre la Cordillera Oriental y los llanos del Meta, donde convergen múltiples drenajes tributarios del río Negro que drenan de occidente a oriente. La zonificación hidrológica adoptada indica que el ARPEH Zuria forma parte de la subzona hidroFigurade orden inferior Caño Zuria, unidad funcional que integra la microcuenca que recoge los escurrimientos superficiales y subsuperficiales del entorno inmediato del humedal y los conduce hacia el sistema del río Negro. En la imagen se ilustra la posición del área protegida dentro del sistema de cuencas que la conectan aguas arriba y aguas abajo, mientras que en la siguiente tabla se sintetiza su pertenencia jerárquica a la cuenca Orinoco–Meta y a la subzona Río Negro–Caño Zuria, lo que permite enmarcar la gestión del humedal en el contexto de la planificación hídrica regional.

Hidroambiental
Ingenieros constructores y consultores S.A.S

Figura 26.

Cuencas Hidrográficas de los Ríos que Conectan al ARPEH Zuria. Fuente: Equipo Consultor

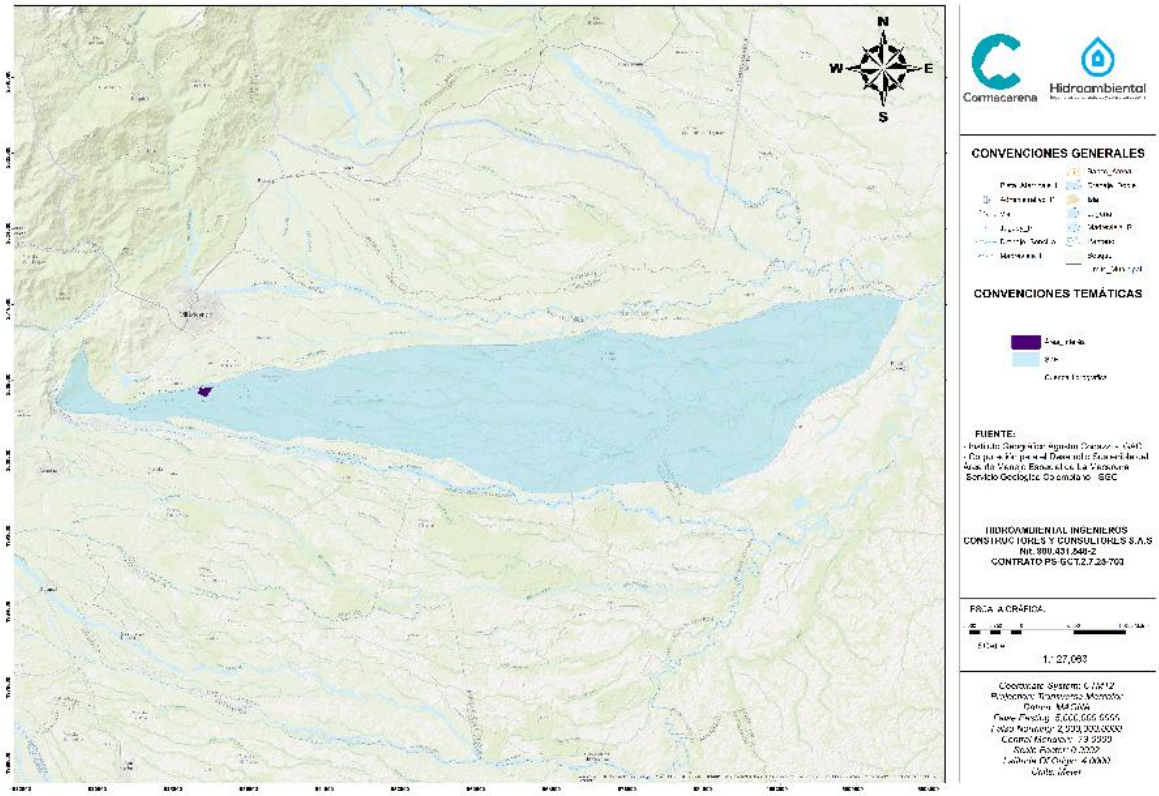


Tabla 13.

Zonificación hidrograficas

CUENCA	ZONA HIDROGRAFICA	SUBZONA HIDROGRAFICA	SUBZONA HIDROGRAFICA	HUMEDAL
Orinoco (3)	Meta (35)	Río negro (meta) - 3510	Caño Zuria	Zuria

Nota 1. Fuente: IDEAM, 2025

2.6.2 Principales Cuerpos de Agua

El sistema hídrico del ARPEH Zuria está dominado por una red de drenaje de pequeño orden que conforma la microcuenca del Caño Zuria, colector natural que integra los flujos superficiales y subsuperficiales del predio antes de descargar hacia el sistema hídrico mayor del piedemonte llanero. El Caño Zuria se origina por la confluencia de múltiples escorrentías y pequeños cauces efímeros que drenan las laderas suaves y las planicies de inundación internas del humedal, configurando un patrón típicamente meándrico y de baja energía. Este caño constituye el eje drenante principal y actúa como regulador del nivel freático local, garantizando la evacuación gradual de los excedentes hídricos obtenidos durante los periodos de alta precipitación.

Uno de los elementos hidrológicos más importantes del área es el sistema lagunar del Humedal Zuria, conformado por cuerpos de agua asociados a los depósitos lacustres y planicies de inundación activa. Estas lagunas presentan una morfología elongada y somera, con bordes suavemente curvados y una ocupación estrechamente ligada a las zonas de microdepresión del terreno, lo que permite catalogarlas como ambientes palustres y semipermanentes. Su dinámica depende fuertemente de la conectividad superficial con el Caño Zuria durante eventos de lluvia intensa y del ascenso del nivel freático propio del acuífero cuaternario subyacente, jugando un papel fundamental en la retención temporal de agua, la atenuación de crecientes y el mantenimiento de hábitats acuáticos y ribereños.

Figura 27.

Red de Drenaje Principal que Conecta el ARPEH Zuria. Fuente: Equipo Consultor



Ingenieros constructores y consultores S.A.S

El análisis integrado de la red de drenaje (**Figura** 27) evidencia que el Caño Zuria posee continuidad hidráulica hacia el Caño Manzanares, ubicado al noroeste del área de estudio, mediante el cual los flujos son transferidos posteriormente hacia cursos de mayor jerarquía de la subzona hidroFiguraRío Negro (3510). A su vez, este sistema tributa hacia el río Ocoa y posteriormente al río Guatiquía, integrándose finalmente a la cuenca del Orinoco. La posición del predio dentro de este sistema determina una marcada influencia de los procesos hidromorfológicos del piedemonte, caracterizados por la infiltración en terrazas

aluviales bajas, la capacidad de almacenamiento temporal del humedal y la baja pendiente regional que favorece la permanencia estacional del agua en las zonas lagunares.

En conjunto, los cuerpos de agua del ARPEH Zuria —tanto el Caño Zuria como las lagunas internas— conforman un sistema hídrico interdependiente, donde la interacción entre drenaje superficial, ascenso freático y retención palustre controla la disponibilidad de agua, la funcionalidad ecológica del humedal y los patrones de inundación que caracterizan al predio. Este sistema resulta estratégico tanto para la conservación de la biodiversidad local como para el amortiguamiento hidrológico de la subcuenca.

2.6.3 Oferta Hídrica

.

El balance hídrico climatológico construido para la subzona hidroFiguraCaño Zuria evidencia una oferta hídrica netamente excedentaria a escala anual, coherente con el régimen pluvial muy húmedo característico del piedemonte de Villavicencio. La curva de precipitación (P) muestra un rápido ascenso desde marzo, con máximos entre abril–mayo, donde las lluvias superan ampliamente los 450–500 mm mensuales, y un segundo repunte en octubre. En contraste, la evapotranspiración real (Er) se mantiene relativamente estable a lo largo del año, alrededor de 200–230 mm/mes, dada la escasa variación térmica anotada previamente. Esta combinación de alta precipitación y demanda evaporativa casi constante se traduce en un excedente hídrico mensual positivo (RH) marcado entre marzo y noviembre, reflejado en las barras azules del gráfico, que indican volúmenes significativos

de agua disponible para escorrentía superficial, almacenamiento en el humedal y recarga del acuífero cuaternario.

Los únicos meses con déficit hídrico corresponden a enero, febrero y diciembre, representados por las barras rojas, cuando la precipitación cae por debajo de la evapotranspiración real. No obstante, aun en este periodo seco la magnitud del déficit es moderada, en parte porque la Er no se incrementa de forma drástica y porque el sistema cuenta con la inercia hídrica asociada al almacenamiento previo en el suelo, en el acuífero somero y en las lagunas del humedal Zuria. Desde la perspectiva de oferta hídrica, esto implica que el sistema Caño Zuria dispone de agua excedentaria durante al menos nueve meses del año, con capacidad de mantener caudales base y niveles freáticos relativamente altos incluso hacia el final de la estación seca, lo que favorece la persistencia de áreas encharcadas y la permanencia del espejo de agua en el humedal.

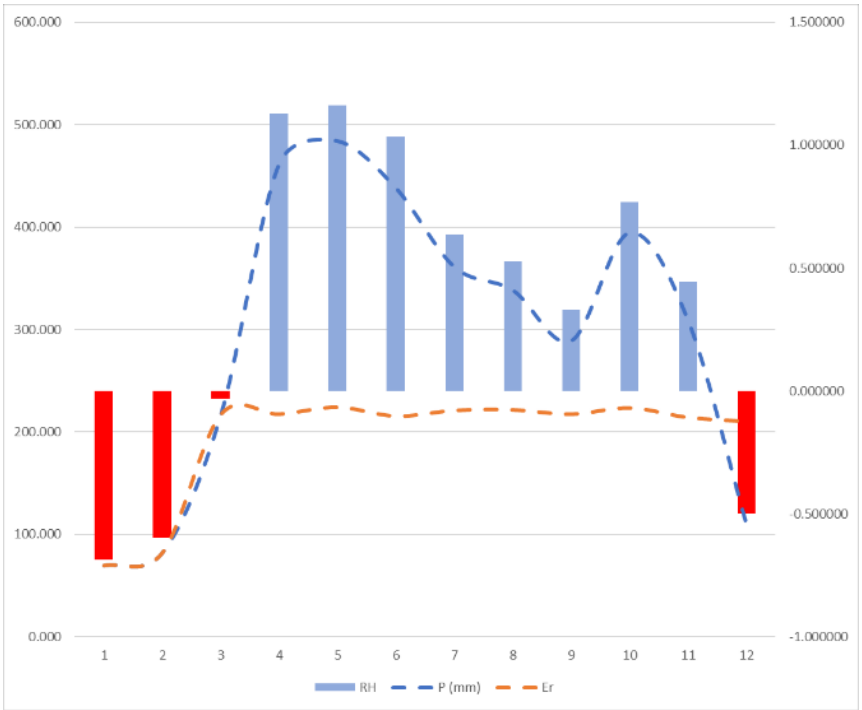
Hidroambiental
Ingenieros constructores y consultores S.A.S

En términos de gestión, el balance hídrico sugiere que la subzona presenta una alta disponibilidad de agua para procesos ecológicos y recarga natural, pero también una elevada susceptibilidad a encharcamientos e inundaciones estacionales en las planicies de inundación y depresiones internas. Los excedentes registrados en el periodo abril–noviembre representan la ventana crítica en la que se produce la mayor recarga del acuífero cuaternario y el mayor aporte al Caño Zuria y al Caño Manzanares aguas abajo. Por ello, cualquier intervención antrópica que modifique la cobertura vegetal, la microtopografía o la

conectividad del drenaje en estos meses puede alterar significativamente la oferta hídrica disponible y la funcionalidad reguladora del humedal, reduciendo su capacidad de laminar crecientes y sostener caudales ambientales en la red de drenaje local.

Figura 28.

Balance Hidrico para la unidad hidro Figuradel humedal de Zuria. Fuente: Equipo Consultor



2.6.4 Humedales Presentes en la Zona

El ARPEH Zuria corresponde a un humedal suburbano localizado en el sector sur de Villavicencio, inserto en la franja de piedemonte llanero y directamente asociado a la

microcuenca del Caño Zuria. Desde el punto de vista hidromorfológico, se trata de un sistema palustre–fluvial desarrollado sobre planicies de inundación y terrazas aluviales bajas, donde la topografía suavemente deprimida, la alta pluviosidad anual y la presencia de sedimentos finos favorecen la acumulación y permanencia del agua. La red de drenaje está constituida por cauces estrechos y de poca pendiente, con sinuosidad moderada, que responden rápidamente a los pulsos de escorrentía generados en la época lluviosa y mantienen un flujo base alimentado por el acuífero cuaternario subyacente.

El humedal integra distintos ambientes acuáticos y semiacuáticos: zonas encharcadas de carácter casi permanente, espejos de agua someros asociados a lagunas internas, tramos de agua corriente en el cauce principal del Caño Zuria y cuerpos de agua intermitentes que se activan durante los meses de mayor excedente hídrico. Estos ambientes conforman un mosaico de sistemas lóticos y lénticos que funcionan como áreas de retención temporal de caudales, laminación de crecientes y recarga–descarga del acuífero somero, además de proveer hábitats críticos para la biodiversidad de la franja de piedemonte. La dinámica hidrológica del humedal está fuertemente controlada por el régimen de lluvias monomodal: entre abril y noviembre predominan condiciones de inundación y saturación del suelo, mientras que en el periodo seco (diciembre–marzo) persisten charcas y sectores anegados gracias al almacenamiento en el subsuelo y al flujo base del Caño Zuria.

En este contexto, el humedal Zuria se consolida como un complejo natural de alta importancia ecológica y eco–paisajística para el municipio y el departamento, al actuar simultáneamente como regulador hidrológico local, sumidero de energía fluvial de baja magnitud y espacio de conservación de fauna y flora asociada a ambientes palustres del piedemonte llanero. Estas características justifican la necesidad de mantener su conectividad hidrológica con la microcuenca del Caño Zuria y de minimizar intervenciones que alteren la microtopografía, la cobertura vegetal o los patrones de escorrentía superficial dentro del área protegida.

2.6.5 Índice de aridez

El índice de aridez (IA) constituye un parámetro hidrometeorológico fundamental para evaluar el grado de disponibilidad natural de agua en un territorio y la relación entre la oferta climática (precipitación) y la demanda atmosférica (evapotranspiración). Para el ARPEH Zuria, el IA fue estimado mediante la metodología del IDEAM (ENA, 2014), empleando información climatológica secundaria debidamente homologada con respecto a la estación climática más cercana y representativa de la subzona hidroFiguraCaño Zuria (Código 3510). El cálculo se realizó de forma mensual a partir del cociente entre la precipitación (P) y la evapotranspiración real (EVR), cuyos resultados se presentan en la **Tabla**14**.**

Tabla 14.

Índice de Aridez del ARPEH Zuria.

VARIABLE	PERIODO												
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	AÑO
PRECIP (mm)	101,0	98,0	207,0	432,0	491,0	470,0	362,0	333,0	319,0	431,0	308,0	110,0	3662,0
EVP (mm)	102,0	98,0	88,0	74,0	69,0	63,0	68,0	77,0	83,0	87,0	83,0	89,0	981,0
EVR (mm)	70,4	68,0	78,7	70,9	66,6	60,9	64,9	72,7	77,8	82,8	77,7	67,7	918,3
IA (%)	30,9	30,6	10,6	4,1	3,4	3,3	4,5	5,5	6,2	4,8	6,4	23,9	6,4
CAT													

Nota 1. Fuente: Equipo Consultor

Los valores obtenidos permiten identificar variaciones intra-anuales en la humedad climática, estrechamente relacionadas con los pulsos hidrológicos que regulan el funcionamiento del humedal, incluyendo la saturación de suelos, la conectividad hídrica del Caño Zuria y el comportamiento de los cuerpos lénticos internos.

El análisis del IA evidencia que el mes de diciembre presenta el valor más bajo del año (IA ≈ 0,4), lo que caracteriza el inicio de un periodo transitorio de tres meses con condiciones relativamente deficitarias, donde la precipitación disminuye y la evapotranspiración mantiene niveles estables. Si bien este descenso no alcanza condiciones de aridez severa, sí

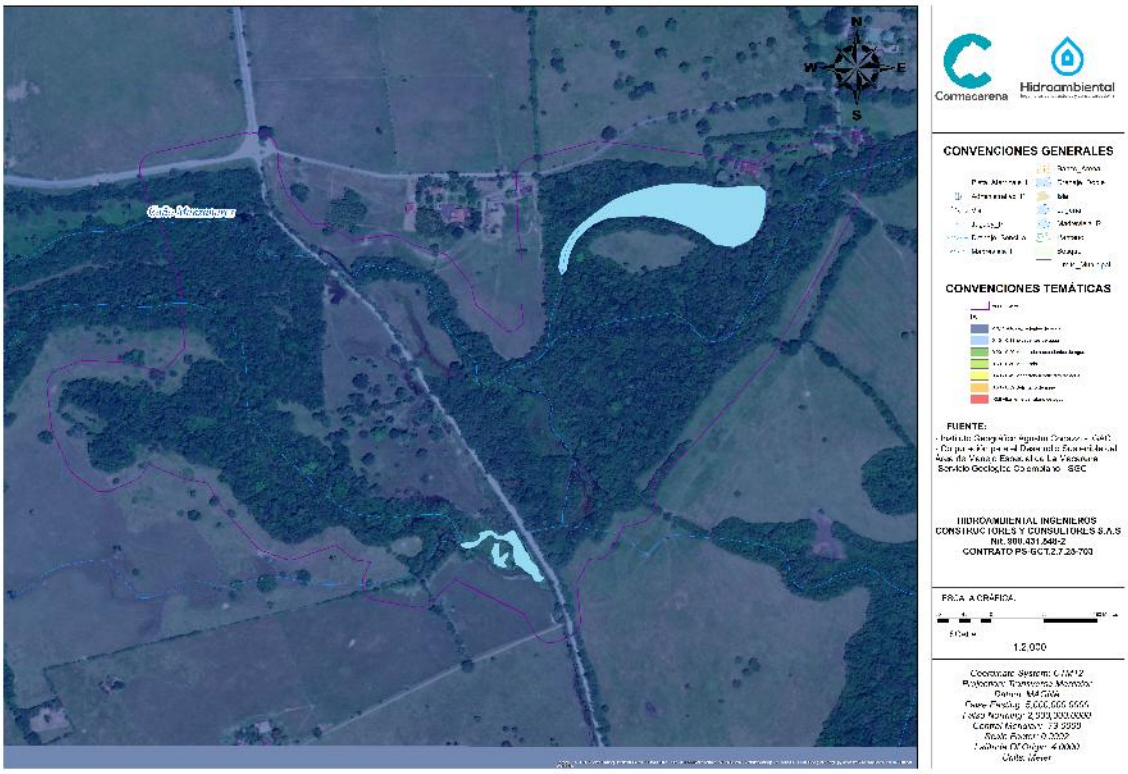
indica un periodo de recarga reducida, durante el cual el humedal tiende a depender de la humedad edáfica remanente y del aporte base proveniente del acuífero cuaternario subyacente.

Durante la mayor parte del año, los valores del índice (IA > 3) reflejan un marcado predominio de condiciones húmedas, coherente con el régimen climático del piedemonte llano-oriental, donde las lluvias superan ampliamente la demanda evaporativa. Estas condiciones garantizan la recarga continua del sistema hídrico superficial y subterráneo, permiten mantener los niveles freáticos someros y favorecen la presencia de zonas permanentemente anegadas, canales laterales y espejos de agua internos característicos del humedal Zuria.

El comportamiento anual del IA confirma que la cuenca presenta alta disponibilidad natural de agua, sustentando una oferta estable para el soporte de la flora y fauna local y para el mantenimiento de los procesos ecológicos clave del humedal, particularmente durante las épocas de máxima precipitación (abril–julio y octubre). Esta condición se encuentra espacialmente representada en la **Figura** 29, donde se observa la distribución de humedad relativa y zonas con mayor susceptibilidad a saturación.

Figura 29.

Indice de Aridez Fuente: ENA 2014.



El comportamiento del índice de aridez confirma que el ARPEH Zuria funciona como un ecosistema húmedo permanente, donde la saturación de suelos es un rasgo dominante durante la mayor parte del año. El leve déficit hidroclimático de final de año no compromete la estabilidad hídrica del humedal debido a:

- La presencia de niveles freáticos someros asociados al acuífero aluvial cuaternario.
- La morfología deprimida y pobremente drenada de las planicies de inundación.
- La capacidad de almacenamiento interno del humedal en sus lagunas, canales laterales y zonas palustres.

- La baja pendiente que favorece encharcamientos prolongados incluso en meses secos.

En síntesis, el IA confirma que el humedal mantiene condiciones de humedad alta a muy alta durante casi todo el año, lo que sustenta su importancia como regulador hídrico local, estabilizador ecológico y nodo de biodiversidad para el sector sur de Villavicencio.

2.7 Suelos y Amenazas

2.7.1 Suelos

El área de estudio del ARPEH Zuria, localizada en el piedemonte sur de Villavicencio y en contacto directo con la planicie aluvial del Caño Zuria, presenta un mosaico edáfico característico de los ambientes de transición piedemonte–llanura. La configuración de sus suelos es el resultado de la interacción entre materiales parentales aluviales recientes, la topografía suavemente ondulada y planos cóncavos del humedal, así como la alta humedad ambiental propia de la Subzona HidroFiguraRío Negro–Caño Zuria.

La caracterización partió del Estudio General de Suelos del Meta – IGAC (escala 1:100.000), cuyo contenido metodológico incluye fotointerpretación geomorfológica, descripción de calicatas modales, análisis físico–químicos y clasificación taxonómica hasta nivel de subgrupo. Sobre esta base se realizó:

- Actualización por fotointerpretación detallada (escala 1:5.000) utilizando ortoimágenes recientes del proyecto.

- Ajustes geomorfológicos finos considerando las formas locales: planicies de inundación, cubetas del humedal, espaldones, bordes de pie de monte y microdrenajes.
- Verificación de campo específica para el ARPEH Zuria, enfocada en textura superficial, drenaje, nivel freático, horizonte superficial y aptitud de uso.
- Delimitación de unidades cartografiables propias del sitio, seleccionando solo aquellas realmente presentes en las 67.779 ha del humedal.

Con base en esta integración—cartografía, fotointerpretación y calicatas—se delimitaron y describieron las unidades cartográficas de suelo, se estableció el uso actual del suelo a partir de la leyenda Corine Land Cover armonizada al proyecto, y se evaluaron la capacidad de uso y el conflicto de uso contrastando las aptitudes edáficas con las prácticas presentes.

El diagnóstico aporta una línea base operativa para orientar zonificación, selección de usos compatibles y medidas de manejo—drenaje parcelario en depresiones, conservación de coberturas, corrección de acidez y reposición de bases—reconociendo como limitaciones la heterogeneidad micro-relieve de la llanura y el número acotado de perfiles analíticos, que deberán ampliarse en fases prediales.

2.7.1.1 Unidades Cartográficas de Suelos

Cada unidad cartoFiguraestá 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.

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

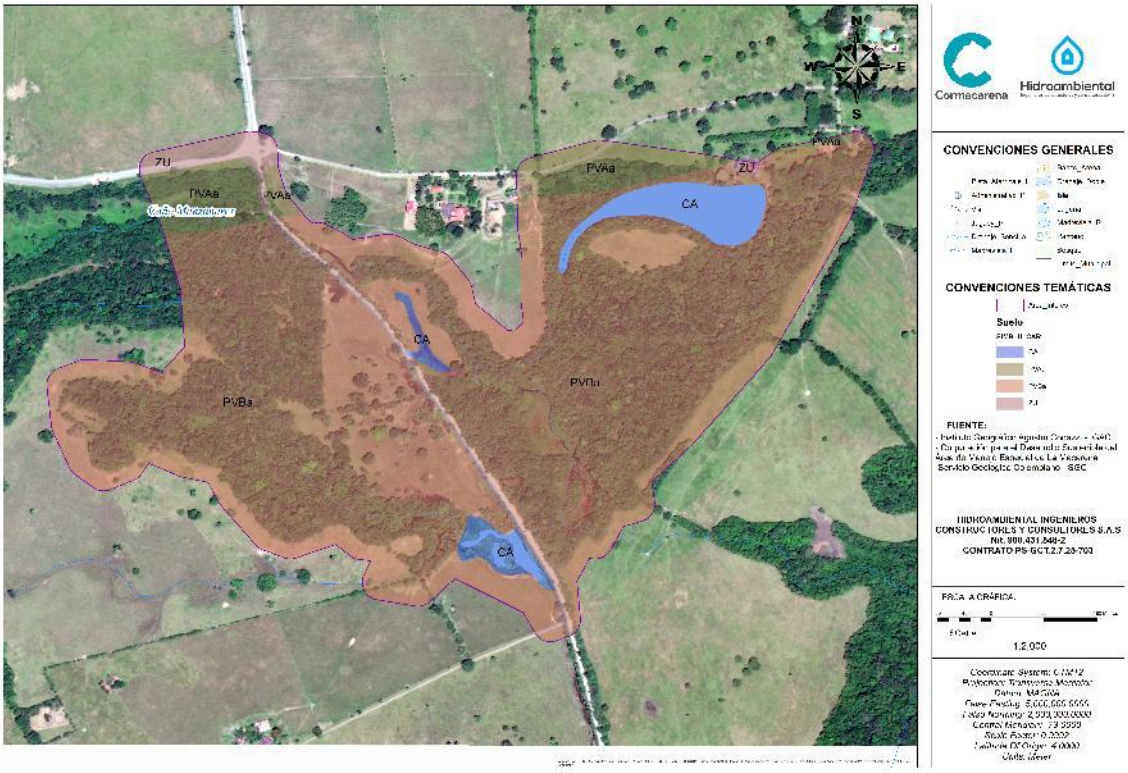
2.7.1.2 Unidad Cartografiable de suelo – PVBa

La unidad PVBa es la que domina ampliamente el ARPEH Zuria, ocupando cerca de 57,8 ha que se extienden casi de manera continua desde el sector central del predio hacia el sur y el occidente, siguiendo el corredor del humedal y sus áreas boscosas asociadas. Estos suelos se desarrollan a partir de materiales aluviales y coluviales finos del piedemonte llanero, con importante influencia de fluctuaciones freáticas que favorecen la formación de horizontes plínticos. Morfológicamente corresponden a perfiles profundos, con un horizonte superficial de textura franco-arcillosa sobre horizontes B de colores rojizos y amarillentos, con moteados y concreciones ferruginosas que evidencian procesos de hidromorfía periódica. Desde el punto de vista físico-químico presentan 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: se observa escurrimiento difuso y encharcamientos temporales sobre las porciones más deprimidas, debido a la presencia de horizontes

arcillosos más densos que restringen la percolación. En conjunto, la fertilidad natural es baja, lo que limita su uso intensivo sin la aplicación de enmiendas y prácticas de manejo que corrijan la acidez y mejoren la estructura.

Figura 5.

Unidades cartográficas de suelo. Fuente: Equipo Consultor



2.7.1.2.1 Unidad Cartografiable de suelo - PVAa

La unidad PVAa se distribuye en el borde norte y nororiental del área de estudio, sobre franjas ligeramente más elevadas que actúan como transición entre el piedemonte y la planicie de inundación, con una superficie cercana a 4,6 ha. Estos suelos derivan de

depósitos aluviales finos del piedemonte medio, sometidos a procesos de meteorización más avanzados y lavado de bases. Sus perfiles son igualmente profundos, aunque con un horizonte A relativamente delgado y un horizonte B bien estructurado, de color rojo a rojo-amarillento, típico de suelos oxídicos de clima cálido húmedo. Las texturas son franco-arcillosas a arcillosas, con estructura granular fina en superficie y subangular en el subsuelo, lo que les otorga una buena estabilidad estructural. Químicamente se caracterizan por altos niveles de acidez, fuerte lixiviación de nutrientes y muy baja fertilidad natural; predominan óxidos de hierro y aluminio, con baja capacidad de intercambio y deficiencias marcadas de fósforo, calcio y magnesio. El drenaje es, sin embargo, bueno a moderado debido a la ligera pendiente y a la ausencia de saturación prolongada, de modo que el agua se evacúa con relativa facilidad. A pesar de esas condiciones favorables de drenaje, la fertilidad es muy baja, por lo que su potencial productivo depende de un manejo intensivo de corrección de acidez y fertilización.

2.7.1.3 Fertilidad del Suelo

Los análisis físico–químicos que sustentan este apartado provienen de evaluaciones edáficas desarrolladas en campañas de campo anteriores dentro del ARPEH Zuria (Contratos PS-GCT-2.7.17–385 Comcamarena y Consorcio PMA, 2017) constituyen un insumo válido para comprender las condiciones intrínsecas del suelo en esta área protegida y permiten interpretar las limitaciones, potencialidades y requerimientos de manejo del sustrato dominante del humedal. Los resultados incluyen dos zonas de muestreo que

abarcan los principales ambientes geomorfológicos del predio —planicies de inundación y superficies de terraza baja—, por lo que reflejan adecuadamente la variabilidad edáfica local.

- **pH**

Los suelos evaluados presentaron valores de pH entre 4,33 y 4,45, lo cual los ubica dentro del rango de suelos fuertemente ácidos. Esta condición es típica en ambientes de piedemonte y planicies recientes del Meta, donde la lixiviación intensa y la dinámica de inundación favorecen la pérdida de bases intercambiables y la acumulación relativa de H^+ y Al^{3+}. Un pH en este intervalo limita la disponibilidad de nutrientes esenciales como Ca, Mg, K y P, e incrementa la solubilidad del aluminio intercambiable, el cual puede afectar el desarrollo radicular de especies sensibles. Esta acidez marca un condicionante central para cualquier actividad de restauración ecológica o manejo silvopastoril dentro del humedal.

- **C.E**

La conductividad eléctrica obtenida (<0,10 dS/m) indica que los suelos del ARPEH Zuria son no salinos y que no presentan riesgos asociados a acumulación de sales solubles. Esta característica es coherente con la geodinámica del humedal, donde la recarga frecuente por escorrentía difusa y lluvias torrenciales favorece la dilución de sales y evita procesos de salinización secundaria. La baja CE también sugiere disponibilidad limitada de elementos

nutritivos en solución, compatible con suelos de textura franca a franca-arcillosa sometidos a fuertes procesos de lixiviación.

- **Materia Orgánica**

Los contenidos de materia orgánica oscilaron entre 1,19 % y 2,05 %, valores considerados bajos a moderadamente bajos para ecosistemas de humedal. Este comportamiento se asocia al tipo de sustrato (materiales fluviales recientes), a la remoción periódica de residuos vegetales por inundación y a la alta tasa de oxidación superficial promovida por la aireación intermitente del suelo. La limitada MO reduce la capacidad de intercambio catiónico, la retención de humedad y la agregación estructural, factores clave para la estabilidad de suelos anegables. No obstante, la presencia de horizontes delgados con mayor contenido orgánico en depresiones internas demuestra que los pulsos hídricos del humedal sí contribuyen a la acumulación local de carbono edáfico en las zonas más encharcables.

- **Densidad aparente y textura**

Los suelos mostraron densidades aparentes entre 1,48 y 1,37 g/cc, lo que indica moderada compactación, típica de materiales aluviales con alta proporción de arenas y limos. La textura identificada —franco-arcillo-arenosa— se corresponde con agregados firmes y poco cohesivos, resistentes a la ruptura manual. Esto explica la elevada infiltración inicial en zonas de terraza baja, pero también su susceptibilidad al sellamiento superficial y erosión laminar cuando disminuye la cobertura vegetal. En las áreas de mayor arcillosidad, los

suelos presentan plasticidad moderada, pequeños agregados persistentes y mayor retención hídrica, factores que favorecen procesos de anegamiento temporal en el humedal.

- **Bases intercambiables y elementos mayores**

Los análisis revelaron bajos contenidos de Ca, Mg, K y Na intercambiables, coherentes con la acidez extrema del suelo y la intensa lixiviación propia de ambientes de piedemonte húmedo. En contraste, se observaron altas concentraciones de hierro y presencia moderada de manganeso, elementos que tienden a movilizarse en condiciones reductoras características de suelos hidromorfos. La acidez intercambiable presentó valores elevados (entre 3,71 y 5,52 meq/100g), lo que confirma la dominancia de complejos de intercambio saturados por H^+ y Al^{3+}, una condición que restringe el desarrollo de cultivos y limita la regeneración de algunas especies arbóreas no adaptadas.

Hidroambiental
Ingenieros constructores y consultores S.A.S

En síntesis, los suelos del ARPEH Zuria corresponden a materiales aluviales recientes, de textura franco-arcillo-arenosa, ácidos, de baja fertilidad natural, escaso contenido de materia orgánica y baja saturación de bases. Estas características responden tanto a la dinámica geomorfológica del humedal —marcada por la deposición de sedimentos finos, pulsos de inundación y procesos de escorrentía difusa— como al uso histórico del predio, donde actividades agropastoriles han favorecido la compactación superficial y la pérdida de materia orgánica.

Desde la perspectiva ambiental, estos atributos edáficos condicionan la composición y distribución de la vegetación del humedal, favoreciendo especies adaptadas a suelos pobres, ácidos y temporalmente anegados. Asimismo, establecen criterios técnicos para el manejo del área, en especial la necesidad de conservar la cobertura vegetal existente, evitar la remoción de suelos saturados y promover prácticas de revegetación con especies nativas tolerantes a la acidez y al encharcamiento.

2.7.1.4 Capacidad de uso del suelo

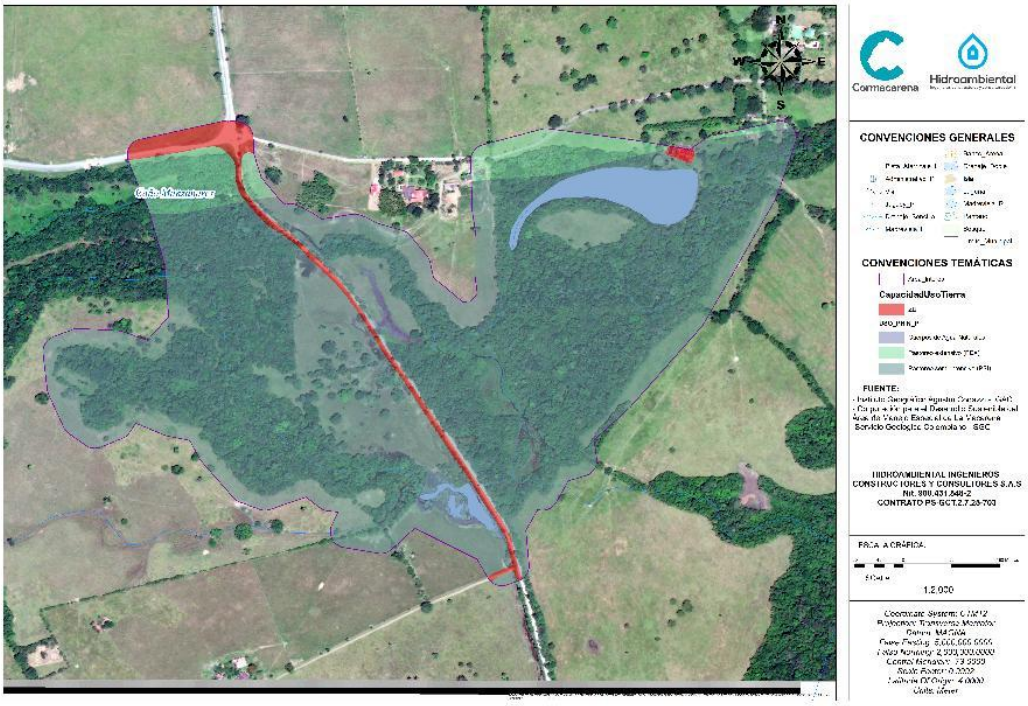
La capacidad de uso del suelo se cartografió para el área de estudio a partir de las unidades cartográficas de suelos previamente delimitadas, integrando su posición en el paisaje, material parental, drenaje y rasgos morfológicos reportados en las calicatas. La clasificación empleada corresponde al esquema IGAC adaptado de USDA (Clases, Subclases y Grupos de manejo). El insumo base fue el mapa de suelos de trabajo a escala 1:5.000.El Mapa de capacidad de uso del suelo (Uso potencial) muestra las categorías presentes en el ámbito del proyecto y su distribución espacial.

En síntesis, el análisis de capacidad de uso del suelo en el ARPEH Zuria confirma que el área de estudio se enmarca en un contexto de tierras con vocación ganadera y con limitaciones químicas importantes para la agricultura, dominadas por la Clase IV Sh-1 de pastoreo semi-intensivo y complementadas por pequeñas áreas de Clase VI S-1 aptas únicamente para pastoreo extensivo o conservación. Esta configuración debe ser

considerada en la formulación de las medidas de manejo del humedal, privilegiando prácticas de ganadería sostenible, control de la carga animal y conservación de la cobertura vegetal como mecanismo principal de protección del suelo y del sistema hídrico asociado.

Figura 20.

Uso potencial del suelo. Fuente: Equipo Consultor



2.7.1.4.1 Clase 4

La Clase 4 agrupa suelos con limitaciones moderadas a severas para la agricultura mecanizada, pero aún aptos para usos agropecuarios bajo niveles de manejo mejorados. En el ARPEH Zuria esta clase constituye la unidad dominante, ocupando aproximadamente

57,79 ha, equivalentes a 92,6 % del área con suelos evaluados. Corresponde principalmente a los sectores de planicie aluvial y superficies ligeramente inclinadas del humedal, donde predominan paisajes de sedimentación fina y condiciones hidromórficas estacionales que restringen la intensidad de aprovechamiento del suelo. Estos terrenos, aunque físicamente accesibles, presentan limitaciones químicas importantes, razón por la cual su uso debe orientarse a sistemas pastoriles de manejo controlado y a actividades que protejan la cobertura vegetal y minimicen la degradación.

2.7.1.4.2 Sh-1

La subclase Sh-1 agrupa los suelos donde la principal limitación corresponde a las propiedades del suelo (S), particularmente la fertilidad natural muy baja, la acidez elevada y la alta saturación de aluminio. Los suelos de esta unidad derivan de depósitos aluviales recientes y finos, con texturas franco-arcillo-arenosas a franco-arcillosas, buena profundidad efectiva y un drenaje interno que oscila entre moderado y algo restringido en sectores deprimidos. El relieve es plano a casi plano (0–3 %), lo que favorece la accesibilidad y permite el uso agropecuario no mecanizado.

En términos edáficos, los estudios del IGAC (Meta 100k) y verificaciones previas en la zona indican que estos suelos presentan baja CIC, baja disponibilidad de nutrientes, presencia significativa de aluminio intercambiable, y condiciones químicas que no permiten la agricultura intensiva sin inversiones costosas. Estas limitaciones justifican la clasificación de la unidad en sistemas de Pastoreo Semi-Intensivo (PSI), donde es viable el

establecimiento de pasturas mejoradas, manejo rotacional, suplementación estratégica y prácticas para favorecer la incorporación de materia orgánica. Espacialmente, esta subclase se distribuye alrededor del cuerpo del humedal y en la mayor parte de la llanura interna, constituyendo la matriz dominante del predio y representando el núcleo del uso potencial ganadero sostenible del ARPEH Zuria.

2.7.1.4.3 Clase 6

La Clase 6 corresponde a terrenos con limitaciones severas que restringen significativamente su uso agropecuario, siendo inapropiados para cultivos y aptos solamente para pastoreo de baja intensidad o conservación. En el ARPEH Zuria esta clase ocupa aproximadamente 4,60 ha, equivalentes a 7,4 % del suelo mapeado. Se asocia a posiciones más elevadas o a suelos más evolucionados químicamente, donde el grado de lixiviación y la acumulación de aluminio intercambiable generan condiciones edáficas restrictivas.

2.7.1.4.4 s-1

La subclase S-1 agrupa suelos donde la limitación dominante es la fertilidad extremadamente baja asociada a saturación de aluminio superior al 60 %, acidez muy fuerte y baja disponibilidad de nutrientes esenciales. Estos suelos, formados sobre materiales aluviales finos más antiguos y con mayor meteorización, presentan texturas entre franco-

arcillosas y arcillosas, elevada acidez y una estructura que puede tornarse compacta en condiciones de humedad.

Aunque el relieve es plano a suavemente ondulado, las limitaciones químicas impiden su uso para agricultura y restringen la productividad del sistema pastoril. Por ello, la subclase se clasifica bajo Pastoreo Extensivo (PEX), con cargas animales bajas, uso controlado y priorización de la conservación de la cobertura vegetal. En términos espaciales, estos suelos se presentan como parches aislados en los bordes de la planicie y colindancias del humedal, actuando como zonas de transición entre los ambientes más húmedos y las áreas externas del predio. Su adecuada gestión implica minimizar la presión ganadera y promover prácticas de restauración o conservación pasiva.

2.7.1.5 Uso Actual

Este subcapítulo presenta el estado de ocupación y aprovechamiento del territorio en el área de estudio. El “uso del suelo actual” se entiende como la combinación observable de coberturas vegetales, prácticas productivas y destinos del terreno que hoy predominan sobre cada unidad cartográfica, independientemente de su aptitud o potencial. La información deriva de la interpretación de coberturas recientes, verificación en campo y su cruce espacial con las unidades edáficas previamente delimitadas, lo que permite reconocer tanto usos antrópicos como coberturas naturales vigentes.

Figura 31.

Uso actual del suelo. Fuente: Equipo Consultor



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.

2.7.1.6 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 fisioFiguradel predio, caracterizado por depresiones suaves, microrelieves planos y drenajes internos que mantienen humedad edáfica y favorecen la regeneración natural.

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

Estas áreas corresponden a crecimientos boscosos continuos que ocupan la mayor proporción del predio, extendiéndose sobre aproximadamente el 80–85% del área total (según el mapa final). Su distribución se concentra hacia el centro, el sur y el occidente, formando un núcleo de cobertura natural que funciona como corredor ecológico interno y soporte para procesos hidrológicos locales asociados al caño Manzanares y a los drenajes menores internos.

El uso CRE es coherente con la vocación natural del sitio: suelos de fertilidad baja, condiciones de drenaje variable, humedad permanente y presencia de cuerpos de agua, lo cual hace más propicia la persistencia de un bosque natural denso que actividades agropecuarias intensivas. El estado actual muestra baja intervención: no se observan talas recientes, las sendas internas son mínimas y se mantiene un mosaico ecológico heterogéneo, favorable para fauna local y funciones de regulación hídrica.

Estas áreas se clasifican como zonas destinadas prioritariamente a conservación y recreación pasiva, en concordancia con la memoria técnica del Meta (IGAC, 2000), que para zonas similares indica vocación hacia protección de recursos hídricos, sostenimiento de biodiversidad y prevención de degradación de suelos.

2.7.1.7 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.

2.7.1.7.1 Pastoreo semi-intensivo (PSI)

El uso PSI ocupa aproximadamente 57,79 ha, equivalentes a cerca del 14–15% del área del predio, distribuidas principalmente hacia el sector norte y nororiental. Se caracteriza por la presencia de pasturas manejadas, con evidencia de rotación de potreros, ramoneo selectivo y presencia puntual de árboles dispersos utilizados como sombra.

De acuerdo con la tipología del IGAC (2000), este uso corresponde a zonas con suelos de fertilidad baja a muy baja, en los que la producción ganadera depende de la implementación de pasturas mejoradas y prácticas básicas de manejo. En el área del proyecto, el PSI se desarrolla sobre suelos de texturas medias, relieve suave y drenaje moderado, donde la intervención no ha sido lo suficientemente intensa como para desplazar totalmente las coberturas naturales.

Aunque es un uso productivo, presenta carácter transicional, pues en sectores adyacentes se observa tendencia a la regeneración natural, lo cual sugiere una disminución reciente de la presión ganadera.

2.7.1.8 Asentamiento – residencial

Las áreas de asentamiento corresponden a pequeñas porciones ocupadas por viviendas rurales y construcciones asociadas (cercas, corrales, bodegas). Su representación dentro del predio es mínima, inferior al 1% del área total, localizándose exclusivamente en el borde norte, junto a la vía principal.

Estas zonas concentran las actividades domésticas del predio y su huella espacial se mantiene estable. La transición entre el área residencial y las zonas ganaderas es gradual, mientras que hacia el bosque ocurre un límite abrupto bien definido.

2.7.1.9 Infraestructura – Trasnporte

Este grupo corresponde a la vía de acceso que atraviesa el límite norte del área de estudio y a pequeños trazados internos de uso restringido. Su representación espacial es reducida, inferior al 1%, pero cumple un papel importante en la accesibilidad del predio.

El tipo de infraestructura es típico de zonas rurales del Meta: vías en afirmado, con drenajes laterales y mantenimiento ocasional. No genera fragmentación significativa del bosque, pero sí determina el patrón de acceso a los diferentes usos internos del predio.

2.7.2 Conflicto de uso del suelo

El conflicto de uso del suelo corresponde a la comparación entre el uso actual identificado en campo y fotointerpretación, y el uso potencial definido previamente con base en la

capacidad agrológica del suelo, teniendo en cuenta la clase, subclase y grupo de manejo asignado a cada unidad cartográfica. Esta relación permite establecer si el territorio está siendo utilizado de forma acorde con su aptitud (sin conflicto), si presenta subutilización (uso actual menos exigente que la capacidad del suelo) o sobreutilización (el uso actual supera la aptitud del suelo, lo cual incrementa el riesgo de degradación física, química o biológica).

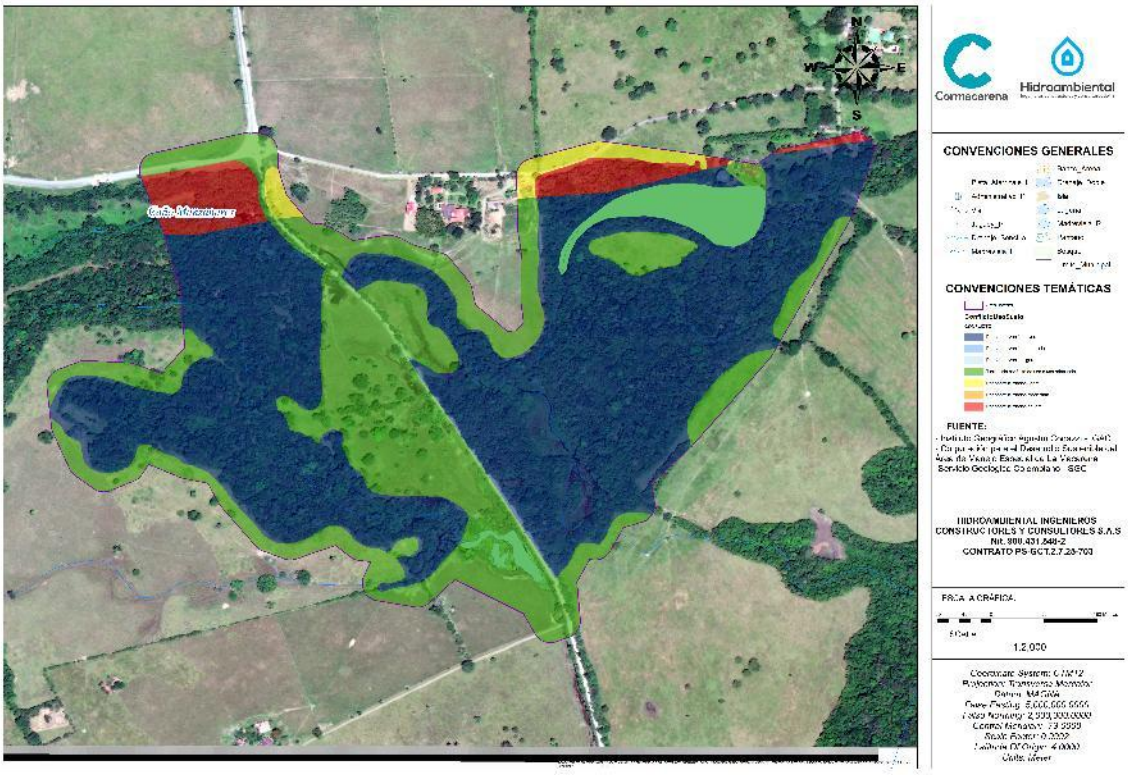
Para el ARPEH Zuria, el proceso se desarrolló mediante la superposición espacial entre el mapa de uso actual y el mapa de capacidad de uso, lo que permitió establecer el tipo de conflicto para cada polígono del área de estudio. Este análisis expresa de manera precisa la relación entre las condiciones biofísicas del suelo, las presiones antrópicas presentes y las dinámicas propias de un sistema húmedo del piedemonte llanero.

En primer lugar, se reconoce un conjunto de áreas que no presentan conflicto de uso. Estas zonas coinciden principalmente con los cuerpos de agua naturales, las lagunas internas y los sectores boscosos que forman parte integral del humedal, donde el uso actual —orientado a conservación ecológica— es compatible con las limitaciones del suelo y con su aptitud potencial. En estas áreas, que representan aproximadamente el 27 % del total del predio, la cobertura vegetal y la presencia del espejo de agua cumplen funciones esenciales en cuanto a retención hídrica, regulación de caudales locales y mantenimiento de la biodiversidad, por lo que su uso actual favorece la estabilidad ecológica y no genera presiones negativas sobre el recurso suelo. La coincidencia entre uso actual y aptitud agrológica refleja una condición

ambientalmente estable, donde la funcionalidad del humedal se mantiene sin interferencias productivas significativas.

Figura 32.

Unidades cartográficas de suelo. Fuente: Equipo Consultor



Por otro lado, el área de estudio presenta una amplia superficie catalogada como subutilizada. Este tipo de conflicto se manifiesta en zonas donde la capacidad de uso permitiría actividades productivas moderadamente más intensivas, como pastoreo extensivo controlado, pero que actualmente se encuentran bajo usos de conservación ecológica. En

total, estas áreas superan las 40 hectáreas y abarcan más del 50 % del predio, principalmente sobre suelos de las unidades PVBa y PVAa, caracterizados por pendientes suaves, drenaje moderado y una textura que permitiría soportar actividades agropecuarias de baja intensidad. Aunque esta condición implica un uso por debajo de la capacidad del suelo, en el contexto particular de un parque ecológico y recreativo, esta subutilización constituye una elección deliberada y ambientalmente adecuada. De hecho, la presencia de coberturas protectoras sobre suelos que podrían soportar mayor uso es funcional a los objetivos del área protegida, al contribuir a la conservación del humedal y a la reducción de riesgos derivados de la compactación o del tránsito de ganado en zonas de alta sensibilidad hidrológica.

En el análisis también se identifican pequeñas áreas donde ocurre sobreutilización del suelo, aunque de manera limitada en extensión. La sobreutilización ligera se localiza en sectores en los que se practica pastoreo semi-intensivo sobre suelos con fertilidad baja, saturación de aluminio elevada y susceptibilidad a encharcamientos estacionales. En estas zonas, el uso pecuario supera la aptitud del suelo y favorece procesos de compactación, pérdida de estructura agregada y disminución del contenido de materia orgánica, lo cual puede comprometer el funcionamiento hidrológico del humedal y afectar la regeneración natural de la vegetación. Si bien la superficie afectada es reducida, cerca de 1,2 hectáreas, estas áreas requieren especial atención, dado que ocupan posiciones del paisaje donde el

drenaje natural es limitado y donde se pueden desencadenar procesos de degradación acelerada si no se corrigen las prácticas actuales.

Finalmente, la categoría identificada en tu tabla como “subutilización severa”, pero que corresponde en términos funcionales a una forma de sobreutilización de mayor intensidad, agrupa superficies donde la actividad ganadera o el tránsito asociado superan ampliamente la capacidad del suelo. Estos sectores, ubicados en franjas cercanas a drenajes naturales y depresiones, presentan limitaciones fuertes —humedad elevada, escorrentía difusa y problemas de aireación del suelo— que se agravan con el pisoteo y la remoción de la cobertura vegetal. Aunque el área reportada en esta categoría coincide con la zona extensa previamente señalada como subutilización, su naturaleza indica que, en las zonas donde coexisten prácticas pecuarias, estas presiones resultan incompatibles con la fragilidad edáfica e hidrológica del humedal.

En síntesis, el conflicto de uso del suelo en el ARPEH Zuria refleja una dinámica dominada por la subutilización, coherente con la vocación ambiental y ecológica del predio, mientras que las áreas de sobreutilización, aunque puntuales, representan focos donde es necesario ajustar prácticas y reducir cargas antrópicas para evitar procesos de degradación. La presencia mayoritaria de usos compatibles con el humedal evidencia una tendencia favorable a la conservación, mientras que la identificación de áreas de sobreuso permite orientar acciones de manejo que mantengan la estabilidad funcional del ecosistema y minimicen impactos sobre el suelo y la dinámica hídrica.

2.7.3 Amenazas Naturales

El territorio correspondiente al ARPEH Zuria presenta un conjunto de condiciones geomorfológicas, hidroambientales y antrópicas que determinan un nivel particular de susceptibilidad frente a diversas amenazas naturales. La ubicación del predio en el piedemonte llanero, sobre un sistema de humedal asociado a depresiones aluviales, caños estacionales y planicies de inundación, configura un ambiente donde la dinámica hídrica y morfodinámica tiene un papel determinante en la generación de amenazas. En este contexto, los factores condicionantes —pendientes bajas, suelos de drenaje imperfecto, alta influencia de la lámina freática, procesos de escorrentía difusa y materiales aluviales recientes— interactúan con presiones antrópicas de baja a moderada intensidad, especialmente asociadas a ganadería y tránsito rural, modificando la estabilidad del sistema.

Uno de los elementos más relevantes es la presencia de un acuífero somero altamente permeable, propio del acuífero cuaternario del piedemonte, que mantiene el nivel freático cercano a la superficie, especialmente en épocas lluviosas. Esta condición favorece el anegamiento temporal, la saturación de suelos y la disminución de su resistencia al corte, incrementando la susceptibilidad a procesos de erosión en masa a pequeña escala, socavación de taludes en los cauces y pérdida de estructura del suelo en zonas intervenidas. A ello se suma la morfología del humedal, donde la topografía suavemente ondulada y los corredores de escorrentía concentrada generan microdepresiones que actúan como zonas de

acumulación de agua y que, en eventos de lluvia extraordinaria, pueden presentar inundación local de carácter lento y progresivo debido a la baja pendiente y a la limitada capacidad de drenaje natural.

En términos geomorfológicos, el predominio de materiales aluviales recientes, limos y arenas finas, junto con la presencia de horizontes arcillosos de baja permeabilidad en algunas unidades de suelo (especialmente PVAa y PVBa), incrementa el riesgo de erosión hídrica superficial, principalmente en bordes de caminos rurales, áreas sin cobertura vegetal densa y sectores que han sido sometidos a remoción o compactación por ganadería. Estas condiciones también favorecen la aparición de cárcavas incipientes o microcanales de drenaje concentrado en épocas de alta precipitación. Aunque el relieve es predominantemente plano, lo cual reduce el riesgo de movimientos en masa.

La dinámica hidrológica constituye otro factor determinante. El Caño Manzanares y el Caño Zuria, junto con los cuerpos lénticos naturales del humedal, actúan como colectores de las aguas de escorrentía local. En periodos de alta lluvia —coherentes con los picos del balance hídrico entre abril y julio— la capacidad de almacenamiento del humedal puede verse temporalmente sobrepasada, generando inundaciones lentas o desbordamientos menores. Aunque estos eventos hacen parte de la dinámica ecológica del humedal, representan una amenaza para infraestructura vial, zonas de asentamiento disperso y pastizales sometidos a pastoreo semi-intensivo.

2.7.3.1 Amenaza sísmica

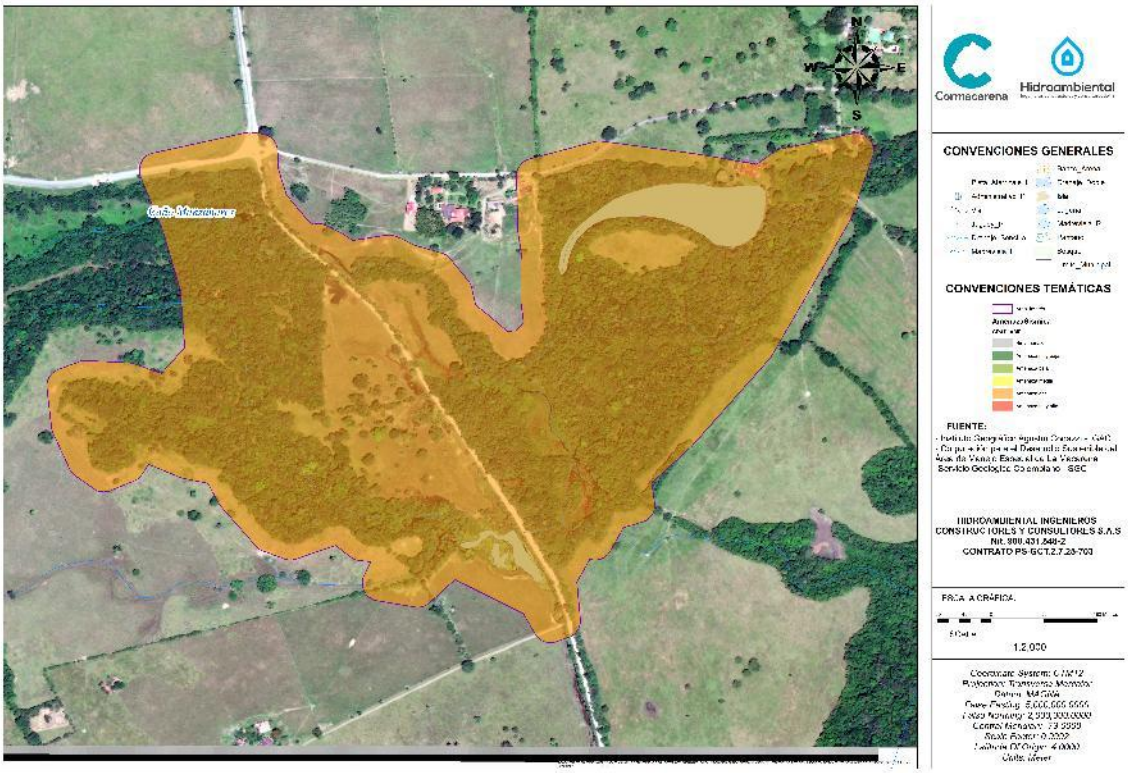
La amenaza sísmica en el ARPEH Zuria se evaluó a partir del mapa oficial de zonificación de la NSR-10 para el municipio de Villavicencio, el cual se basa en el modelo probabilístico de amenaza sísmica elaborado por el Servicio Geológico Colombiano y la AIS para todo el territorio nacional. Este modelo incorpora la sismicidad asociada a la subducción de la placa de Nazca bajo la placa Suramericana y a los sistemas de fallas corticales de la Cordillera Oriental y el piedemonte llanero, que controlan la ocurrencia de sismos intermedios y superficiales en el centro-oriente del país.

De acuerdo con dicha zonificación, Villavicencio y su entorno inmediato se ubican en una zona de amenaza sísmica alta, categoría que corresponde a niveles de aceleración sísmica superiores a los de gran parte de la Orinoquia, pero menores que los registrados en los ejes más activos de la Cordillera Oriental. El polígono del ARPEH Zuria se encuentra completamente incluido en ese mismo dominio de amenaza, por lo que el mapa específico para el proyecto muestra una clase única que cubre la totalidad del humedal y sus áreas adyacentes. En términos normativos, esto implica que toda la infraestructura a construir dentro del parque (senderos, pasarelas, miradores, edificaciones de apoyo, puentes peatonales, etc.) debe diseñarse con los parámetros sísmicos establecidos por la NSR-10 para Villavicencio, sin que existan variaciones significativas de la amenaza dentro del predio.

Los estudios de riesgo sísmico desarrollados para la ciudad de Villavicencio resaltan que, aunque la amenaza es alta a escala nacional, la vulnerabilidad puede ser elevada en sectores urbanos densamente ocupados, debido a la presencia de suelos aluviales relativamente blandos y a la expansión urbana sobre el piedemonte. En el caso del ARPEH Zuria, la configuración geomorfológica y geológica descrita en capítulos previos —depósitos cuaternarios de llanura de inundación y terrazas bajas, con espesores variables y niveles freáticos someros— sugiere un comportamiento de suelos potencialmente amplificador del movimiento sísmico, así como susceptibilidad a deformaciones diferenciales y asentamientos, especialmente en zonas con rellenos antrópicos o materiales orgánicos saturados. No obstante, las pendientes suaves que caracterizan el predio (clases a 0–1 % y b 1–3 % dominantes) reducen prácticamente a cero la probabilidad de movimientos en masa detonados directamente por sismo, concentrando la amenaza principalmente en efectos de respuesta local del suelo y estabilidad de estructuras civiles ligeras.

Figura 33.

Unidades cartográficas de suelo. Fuente: NSR -10.



2.7.3.2 Amenaza por avenidas torrenciales

El análisis integrado de las condiciones geomorfológicas, topográficas, hidrológicas y de materiales superficiales del territorio permite establecer que el área de estudio no presenta condiciones favorables para la generación, tránsito o acumulación de avenidas torrenciales. Esta conclusión se fundamenta tanto en la caracterización realizada en el presente estudio como en la revisión de información normativa y cartoFiguraexterna, dentro de la cual

destaca que el POT vigente del municipio de Villavicencio clasifica este sector como área de amenaza baja por este tipo de fenómeno, lo cual es consistente con las observaciones técnicas efectuadas.

Geomorfológicamente, el predio se emplaza en la parte baja de la cuenca, sobre superficies de acumulación cuaternaria que conforman una llanura aluvial y piedemonte muy suave, con pendientes entre 0–3% y localmente inferiores al 7%. Estas formas del relieve se asocian con ambientes de flujo de baja energía, donde predominan procesos de deposición sedimentaria fina y escurrimiento difuso, sin mecanismos de confinamiento o aceleración hidráulica que promuevan la formación de corrientes hiperconcentradas características de las avenidas torrenciales. La amplitud del valle, la escasa inclinación y la estabilidad del paisaje son indicadores inequívocos de ausencia de condiciones predisponentes.

Desde el punto de vista hidrológico, las microcuencas que drenan el polígono son cortas, de bajo gradiente y con cauces someros, lo cual limita la concentración de caudales y elimina la posibilidad de acumulación energética capaz de movilizar detritos gruesos. El flujo superficial responde de manera lenta incluso durante eventos de lluvia intensa, debido a la textura fina a media de los suelos, la presencia de coberturas vegetales arbóreas y pastizales, y la permeabilidad relativa de los depósitos superficiales. No se identifican cañones, angosturas, rupturas de pendiente o estructuras de encauzamiento que puedan dar origen a incrementos súbitos de energía fluvial.

Los materiales superficiales observados corresponden principalmente a sedimentos finos (limos y arenas) y suelos franco-arenosos y franco-arcillosos, sin evidencia de aporte significativo de bloques, gravas o coluviones inestables. Esta condición es fundamental, pues los flujos torrenciales requieren no solo energía hidráulica, sino también disponibilidad de material grueso susceptible de ser incorporado. En el área de estudio no se registran depósitos previos asociados a flujos de detritos, abanicos torrenciales, frentes de avalancha ni rasgos geomorfológicos que evidencien actividad pasada o potencial. Por el contrario, se observan barras arenosas, márgenes con bosques de galería y secuencias sedimentarias propias de dinámica fluvial estable y no torrencial.

En términos morfodinámicos, no existe ninguna zona dentro del polígono con pendientes mayores al 15–20%, umbral mínimo generalmente requerido para iniciar procesos torrenciales. Tampoco se reconocen cabeceras activas, cicatrices de remoción en masa, aportes de ladera significativos o inestabilidad en taludes que alimenten un eventual flujo de detritos. La ausencia de factores condicionantes implica que, incluso si se presentaran detonantes de origen meteorológico, como lluvias extremas o tormentas convectivas, la configuración geomorfológica del terreno no permitiría la evolución hacia eventos torrenciales, limitando la respuesta hidrológica a desbordamientos lentos o encharcamientos locales.

Figura 34.

Amenaza por avenidas torrenciales. Fuente: Equipo Consultor



Esta conclusión técnica coincide plenamente con la normativa territorial: el Plan de Ordenamiento Territorial (POT) vigente de Villavicencio clasifica esta zona como de amenaza baja por avenidas torrenciales, en concordancia con el comportamiento geomorfológico, la estabilidad de los materiales y la dinámica hidrológica observada en la parte baja de la cuenca. La congruencia entre el análisis del presente estudio y la categorización oficial fortalece la validez de la evaluación realizada.

En síntesis, la combinación de relieve suave, drenajes no confinados, materiales finos estables, ausencia de aporte de detritos, dinámica fluvial de baja energía y localización en la zona baja de la cuenca, sumado a la clasificación del POT de Villavicencio, permite concluir que la amenaza por avenidas torrenciales en el área de estudio es Baja – No aplica. La ausencia total de factores condicionantes hace técnicamente imposible la ocurrencia de este tipo de procesos dentro del predio, independientemente de la presencia de detonantes climatológicos.

2.7.4 Amenaza por movimientos en masa

El análisis integrado de las condiciones topográficas, geomorfológicas, litológicas y de materiales superficiales del área de estudio permite concluir que el territorio evaluado presenta una amenaza baja por movimientos en masa. Esta clasificación se sostiene en evidencias de campo, interpretación morfodinámica, análisis de pendientes y revisión documental, y resulta plenamente coherente con el POT vigente de Villavicencio, el cual también clasifica la zona como de amenaza baja para este tipo de procesos. La convergencia entre ambos enfoques refuerza la solidez de la evaluación realizada.

Desde el punto de vista topográfico, el área de estudio se desarrolla sobre una superficie suavemente ondulada y con pendientes predominantemente menores al 7%, e incluso amplias zonas entre 0% y 3%, lo que evidencia un relieve plano a ligeramente inclinado.

Estas condiciones imposibilitan la acumulación de esfuerzos cortantes suficientes para iniciar procesos de inestabilidad gravitacional. La baja energía del terreno no genera tensiones diferenciales ni favorece la pérdida de equilibrio de los materiales, condición indispensable para la ocurrencia de deslizamientos, reptamientos o flujos gravitacionales.

Geomorfológicamente, el predio se ubica en la parte baja de la cuenca, dentro de un ambiente de llanura aluvial y acumulación cuaternaria. Este tipo de entornos se caracteriza por procesos dominados por deposición, estabilidad relativa y ausencia de rupturas de pendiente significativas. Los depósitos cuaternarios no consolidados presentes en el área corresponden principalmente a materiales finos y medios (limos y arenas), acompañados por horizontes orgánicos y suelos arcillosos orientados a procesos pedogenéticos estables. Si bien estos materiales, por su propia naturaleza, pueden presentar susceptibilidad en zonas de mayor relieve o laderas activas, en superficies planas como las del área de estudio no poseen las condiciones geométricas ni energéticas para desencadenar movimientos en masa.

La revisión geomorfológica detallada no evidenció cicatrices de deslizamientos antiguos, depósitos de bloques, fracturamiento de masa, escarpes de origen gravitacional ni huellas de procesos de remoción en masa previos. Tampoco se identificaron terrazas inestables, taludes naturales pronunciados o zonas de rellenos artificiales susceptibles. La vegetación establecida, que incluye bosques de galería y coberturas arbustivas, constituye además un

refuerzo natural que mejora la cohesión superficial, reduce la erosión laminar y mantiene las condiciones de estabilidad en el tiempo.

Desde la perspectiva hidrológica, las microcuencas presentes poseen drenaje de baja energía y no generan concentraciones significativas de caudal que puedan socavar taludes o saturar materiales hasta niveles críticos. El nivel freático es somero únicamente en zonas puntuales de humedal o depresiones, pero estas áreas se encuentran asociadas a superficies prácticamente horizontales donde la saturación no implica riesgo de desplazamiento gravitacional, sino solo condiciones propias de humedal sin relevancia para procesos de remoción.

Hidroambiental
Ingenieros constructores y consultores S.A.S

Figura 35.

Amenaza por movimientos en masa. Fuente: Equipo Consultor



La litología superficial, constituida por depósitos cuaternarios finos y materiales aluviales jóvenes, tampoco presenta rasgos de meteorización profunda, fracturamiento o plasticidad elevada que puedan inducir inestabilidad. Incluso bajo saturación, estos materiales tienden más a la deformación plástica lenta que a la movilización súbita, lo que nuevamente se encuentra limitado por la baja pendiente y la ausencia de mecanismos de concentración de esfuerzos.

Adicionalmente, el análisis de pendientes soportado en el modelo digital de elevación confirma que no existen sectores con inclinaciones superiores al 15%, umbral mínimo generalmente requerido para deslizamientos por esfuerzo gravitacional en suelos no consolidados. La totalidad del polígono cae dentro de las categorías de terreno plano, ligeramente inclinado o moderadamente inclinado suave, todas ellas clasificadas internacionalmente como zonas de muy baja susceptibilidad a movimientos en masa.

Finalmente, es importante resaltar que el Plan de Ordenamiento Territorial de Villavicencio incorpora esta misma área dentro de su zonificación oficial de amenazas naturales, clasificándola formalmente como zona de amenaza baja por movimientos en masa, coherente con el comportamiento geomorfológico y topográfico descrito. Esta correspondencia entre el análisis técnico local y la normativa vigente valida plenamente la conclusión del presente estudio.

En síntesis, la conjunción de baja pendiente, litología cuaternaria estable, ausencia total de morfologías gravitacionales, dinámica hidrológica suave, ubicación en la parte baja de la cuenca y validación normativa del POT, permite concluir que la amenaza por movimientos en masa en el área de estudio es Baja – No aplica. En consecuencia, este tipo de fenómeno no representa un condicionante ambiental relevante para la planificación, manejo o intervención del predio.

2.7.5 Amenaza por inundación

La determinación preliminar de la amenaza por inundación en el área de estudio parte de la cartografía oficial establecida en el Plan de Ordenamiento Territorial – POT vigente del municipio de Villavicencio, el cual clasifica la totalidad del polígono de análisis dentro de la categoría de Amenaza Baja por Inundación. Dicha clasificación municipal se fundamenta en criterios regionales de dinámica hidrológica, exposición de infraestructuras y susceptibilidad del territorio frente a procesos de anegamiento que puedan comprometer asentamientos humanos o elementos estratégicos.

No obstante, al contrastar esta asignación con la caracterización geomorfológica, hidrológica y edáfica desarrollada específicamente para la ARPEH Zuria, es necesario precisar que, si bien la amenaza regional se considera baja, el entorno físico del área presenta condiciones naturales que favorecen la ocurrencia de inundaciones locales y encharcamientos, propios de los ambientes de planicie aluvial en sectores bajos de cuenca. Esta situación no contradice el POT, sino que aclara la escala de análisis y la naturaleza del fenómeno en el contexto del predio evaluado.

Figura 36.

Amenaza por inundación. Fuente:POT Villavicenio, 2015



El área de estudio se ubica sobre depósitos cuaternarios aluviales recientes, caracterizados por materiales sueltos, alta permeabilidad variable según textura (limos, arenas y arcillas), y presencia de microdepresiones naturales. La pendiente predominante oscila entre 0 % y 3 %, lo cual genera una baja energía hidráulica y favorece la acumulación temporal de agua en periodos de lluvia intensa. Adicionalmente, el caño Manzanares y sus drenajes secundarios presentan un trazado meándrico y no confinado, típico de los sistemas fluviales

de piedemonte bajo, donde la lámina de inundación se expande lentamente hacia la llanura inmediata.

En este marco geomorfológico, es importante resaltar que las zonas boscosas identificadas como bosque de galería presentan un régimen natural de inundabilidad, el cual constituye un componente ecológico esencial de estos ecosistemas. La presencia de suelos franco–arcillosos a franco–arenosos, con niveles freáticos relativamente someros y drenaje lento en determinados sectores, favorece que durante eventos de lluvia prolongada puedan presentarse inundaciones de baja energía, extensivas y someras, sin capacidad erosiva ni transporte significativo de sedimentos.

Bajo este enfoque, se establece que aunque la amenaza por inundación desde el punto de vista del POT es baja, en la escala predial y desde una perspectiva ambiental y ecológica, existe una susceptibilidad natural a procesos de anegamiento e inundación temporal, coherente con la dinámica funcional del humedal y la planicie aluvial de la cuenca. Dichos procesos, sin embargo, no representan riesgo alto para infraestructura, edificaciones o actividades humanas, debido a su baja energía, la ausencia de pendientes pronunciadas y la limitada capacidad de los cauces para generar desbordamientos súbitos.

2.8 Riesgos de desastres

La gestión del riesgo en el ARPEH Zuria parte del entendimiento integral del territorio, cuya configuración física —dominio de llanura aluvial, pendientes suaves, alta saturación

hídrica, humedal permanente y depósitos cuaternarios no consolidados— define un escenario donde las amenazas naturales son predominantemente bajas, aunque no inexistentes, y donde la prioridad recae en las medidas de reducción, control y monitoreo frente a procesos hidromorfológicos propios del piedemonte llanero. Dada la ausencia de amenazas de gran magnitud, el enfoque se orienta a garantizar la funcionalidad ecosistémica del humedal, la estabilidad de las intervenciones antrópicas existentes y la protección de visitantes y comunidades vecinas mediante acciones de manejo preventivo.

El ARPEH Zuria se emplaza en un ambiente fluvio–palustre donde el comportamiento hidrológico está determinado por la interacción entre el Caño Zuria, la planicie de inundación y el nivel freático superficial. Las amenazas evaluadas —sísmica, movimientos en masa, avenidas torrenciales e inundación— se clasifican como bajas, en concordancia con la caracterización física y la zonificación del POT. No obstante, los procesos de inundación estacional leve, colmatación, encharcamiento y erosión superficial localizada son inherentes a la dinámica natural del humedal, por lo que deben considerarse dentro de una estrategia de gestión del riesgo sustentada en tres ejes: conocimiento del riesgo, reducción del riesgo y manejo de desastres, conforme a la Ley 1523 de 2012.

2.8.1.1 Conocimiento del riesgo

El conocimiento del riesgo en Zuria se fundamenta en la caracterización detallada del medio físico, donde se definió que:

- La amenaza sísmica es baja, dada la distancia al frente orogénico y la ausencia de estructuras activas locales.
- La amenaza por avenidas torrenciales es nula a baja, por ausencia de cuencas de montaña, pendientes fuertes y canales de concentración; el sistema es estrictamente de llanura.
- La amenaza por movimientos en masa es baja, coherente con las pendientes suaves (1–7 %) y la naturaleza deposicional cuaternaria, aunque pueden existir microdeslizamientos superficiales en taludes de rellenos antrópicos.
- La amenaza por inundación es baja, limitada a eventos de encharcamiento y expansión lateral del humedal, sin presencia de flujos rápidos ni caudales súbitos, y reconocida igualmente con categoría baja en el POT Villavicencio.

El escenario de riesgo en Zuria no se asocia a eventos catastróficos, sino a procesos recurrentes de baja magnitud que afectan principalmente la transitabilidad, la infraestructura menor, el drenaje superficial y la dinámica ecológica del humedal.

2.8.1.2 Reducción del riesgo

Las medidas de reducción se orientan a mantener la funcionalidad hidrológica y geomorfológica del sistema, prevenir afectaciones por saturación del suelo y evitar incrementos del riesgo derivados de intervenciones antrópicas:

- Conservación del humedal y la planicie de inundación, evitando rellenos, compactaciones o cambios en la microtopografía que obstaculicen el drenaje natural.
- Mantenimiento y reconformación de drenajes suaves, preferiblemente naturales, que permitan la circulación de flujos laminares sin generar erosión.
- Control de rellenos antrópicos, los cuales deben prohibirse o someterse a estricta revisión técnica para no alterar la conectividad hídrica ni generar inestabilidad en taludes.
- Protección de las franjas ribereñas del Caño Zuria, garantizando la cobertura vegetal nativa que regula erosión, colmatación y calidad del agua.
- Rehabilitación de zonas degradadas mediante revegetalización con especies propias de humedal que aumenten la estabilidad superficial del suelo.
- Gestión del uso público, mediante senderos elevados, plataformas livianas y zonas de tránsito controlado que eviten compactación de suelos y afectación de áreas encharcables.

Estas acciones permiten disminuir la exposición y mantener el riesgo en niveles bajos acorde a la dinámica natural del humedal.

2.8.1.3 Manejo del riesgo y preparación

Dado que los escenarios de emergencia son de baja magnitud y se manifiestan principalmente como incrementos en la lámina de agua, anegamientos y pérdida temporal de accesibilidad, el manejo del riesgo se orienta a:

- Diseñar rutas de evacuación internas y externas, señalizadas y trazadas sobre las zonas de mayor estabilidad (terrazas aluviales bajas).
- Implementar un plan de cierre temporal de senderos o áreas cuando exista saturación elevada del suelo o crecidas leves del Caño Zuria.
- Monitoreo hidrometeorológico, mediante el seguimiento a lluvias, niveles del caño y humedad del suelo, especialmente en época de lluvias intensas.
- Mantenimiento preventivo de puentes peatonales, pasarelas y estructuras menores en contacto con suelos blandos.
- Articulación con el Sistema Municipal de Gestión del Riesgo (SMGRD) para reportar novedades y coordinar apoyo ante eventos inusuales.

La gestión del riesgo en el ARPEH Zuria se sustenta en un enfoque preventivo y ecosistémico, donde la prioridad es mantener la integridad hidrológica del humedal, evitar intervenciones que aumenten la susceptibilidad y garantizar condiciones seguras para el uso recreativo y ambiental. Si bien las amenazas naturales son clasificadas como bajas, los procesos hidromorfológicos recurrentes exigen un manejo continuo y adaptativo que

fortalezca la resiliencia del área protegida y evite que actividades antrópicas generen incrementos del riesgo actualmente inexistentes.

Hidroambiental
Ingenieros constructores y consultores S.A.S

3 Socioeconómico Y Cultural

3.1 Caracterización De Actores Sociales Estratégico

El reconocimiento de los actores sociales vinculados al Área de Recreación Parque Ecológico Humedal Zuria constituye un paso esencial para consolidar la gestión integral del área. Identificar y caracterizar a las comunidades, instituciones, organizaciones sociales, entes territoriales y demás actores relacionados, permite no solo conocer sus intereses y aportes, sino también diseñar mecanismos de participación efectivos que fortalezcan la gobernanza ambiental.

Para lograr este propósito, se establecieron estrategias de comunicación orientadas a fomentar la confianza y el diálogo entre la población y las autoridades ambientales. Estos espacios de interacción han permitido promover la credibilidad institucional, estimular la participación activa de la comunidad y facilitar la construcción de acuerdos colectivos en favor de la conservación de los recursos naturales.

La priorización de los actores estratégicos en el área protegida brinda además un panorama sobre sus roles, capacidades y vínculos con diferentes instancias locales, regionales y nacionales. Esta información resulta clave para la implementación del Plan de Manejo, pues posibilita coordinar acciones conjuntas, potenciar iniciativas comunitarias y asegurar que las decisiones adoptadas respondan a las realidades sociales y ambientales del territorio.

3.1.1 Clasificación De Actores Sociales

3.1.1.1 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, 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 1.

Tabla 1.

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 la área protegida mediante la formulación de políticas y lineamientos nacionales que orientan la conservación,	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

Actor	Escala	Misionalidad	Incidencia en el A. P.	Análisis final
			restauración y manejo sostenible de ecosistemas estratégicos. Brinda orientación técnica y normativa a las autoridades locales, en especial a Cormacarena, para garantizar la protección del suelo, la regulación hídrica y la preservación de la biodiversidad en el distrito.	la conservación que propende por la conectividad ecosistémica.
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 del área protegida mediante el apoyo técnico y científico en temas de biodiversidad, restauración ecológica y monitoreo	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
			ambiental. Aporta información y metodologías que fortalecen la gestión del conocimiento y la toma de 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.

Actor	Escala	Misionalidad	Incidencia en el A. P.	Análisis final
Ministerio de Comercio, Industria y Turismo	Nacional	Encargado de adelantar acciones que tienen que ver con el Registro Nacional del Turismo, inscribiendo los diferentes actores sociales que prestan servicios turísticos en el país. Dicho registro, es requisito para las diferentes promociones ligadas a la actividad turística.	Se encuentran activos en el territorio con el Registro Nacional de Turismo a establecimientos legalizados.	En el área protegida se pueden prestar servicios de turismo ligados a la educación ambiental, el avistamiento de 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	Entidad encargada de administrar el área protegida, al igual que	Presentes activamente en el territorio, desarrollando estrategias y

Actor	Escala	Misionalidad	Incidencia en el A. P.	Análisis final
		y emite permisos orientados y en función de la conservación del patrimonio natural del área de su 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.	garantizar la elaboración del Plan de Manejo Ambiental. Presente en el territorio en la 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.	acciones que propenden por la conservación en el área protegida y la estrategia de manejo. Además, su interacción con los actores 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	Asesoría y asistencia técnica, desde la gestión e inversión de recursos para la ejecución de	Se encuentran presentes en el territorio. Puede ser un aliado estratégico para el desarrollo de

Actor	Escala	Misionalidad	Incidencia en el A. P.	Análisis final
		nombre como gestor y promotor del desarrollo integral del territorio, de conformidad con la constitución y las leyes.	proyectos y programas para el fortalecimiento del territorio y de las comunidades de base local.	proyectos de turismo de naturaleza y de fortalecimiento comunitario.
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	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
		incluyen vigilar y sancionar actividades ilícitas como la contaminación 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.		

Nota. Elaborado por el equipo técnico de Hidroambiental S.A.S

3.1.1.2 Actores Privado

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 Área protegida, 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.

3.1.1.3 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.

Hidroambiental
Ingenieros constructores y consultores S.A.S

En el caso del Área protegida, no se identificaron actores

3.1.2 Actores Estratégicos Para El Área Protegida

Considerando la clasificación de actores sociales mencionada previamente, durante el proceso de actualización 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 continuar fortaleciendo, 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.

Tabla 4.

Actores estratégicos vinculados a la protección del área protegida

ENTIDAD
CORMACARENA
Gobernación del Meta
Alcaldía Municipal de Villavicencio
Policía Metropolitana de la ciudad de Villavicencio

Hidroambiental
Ingenieros constructores y consultores S.A.S

3.2 Proceso De Participación Comunitaria

3.2.1 Metodología

Para adelantar el proceso de actualización del Plan de Manejo del área protegida, se diseñó una estrategia participativa que posibilitó la convocatoria e inclusión de la comunidad local vinculada a este territorio. Gracias a este ejercicio fue posible recopilar información de carácter biofísico y socioeconómico, necesaria para la elaboración de los documentos

técnicos, el análisis del estado actual y la evaluación de la efectividad en la gestión del área protegida. Asimismo, se generaron espacios de diálogo comunitario, donde los habitantes compartieron su cotidianidad, percepciones y formas de relación con el entorno y los recursos naturales. Este intercambio permitió profundizar en sus creencias, valoraciones y prácticas frente al Parque, al tiempo que se fortalecieron los canales de comunicación y los vínculos de confianza entre las comunidades y la autoridad ambiental.

La metodología utilizada se fundamentó en un enfoque dinámico e interactivo orientado al desarrollo rural y la apropiación territorial, mediante la implementación del Diagnóstico Rural Participativo (DRP). Esta herramienta integra diversas técnicas que permiten a las comunidades expresar sus experiencias, analizar sus saberes y realizar su propio diagnóstico, con el fin de potenciar capacidades en la planificación y gestión de su entorno y de los recursos naturales disponibles. A través de este enfoque se buscó alinear las condiciones y expectativas de las comunidades que habitan la zona de influencia del Parque, reconociendo sus criterios y conocimientos, y fomentando un proceso autónomo de reflexión, apropiación y compromiso en la protección y conservación de su territorio.

El proceso de actualización del Plan de Manejo del área protegida se desarrolló a partir de convocatorias abiertas, la realización de talleres participativos comunitarios e institucionales, actividades de cartografía social, recorridos de campo para reconocimiento del territorio, visitas prediales y recolección de información primaria. Todo esto se llevó a

cabo teniendo en cuenta la identificación previa de los actores sociales estratégicos con incidencia directa e indirecta en la gestión del área protegida.

3.2.2 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, 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, y convocatorias escritas en cada uno de los predios inmersos en el área protegida. 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.

Figura 37.

Convocatorias predio a predio



Nota 1. Visitas predio a predio, con el fin de entregar convocatoria a las mesas de trabajo para la formulación del Plan de Manejo.

Figura 38.

Invitaciones para medios digitales



3.2.3 Talleres O Encuentros Participativos

Los talleres participativos se desarrollaron de manera presencial y virtual en diferentes fechas entre los meses de junio y noviembre de 2025. En total, se contó con la participación de actores provenientes de entidades ambientales, organizaciones sociales, comunidades rurales y líderes locales del municipio de Villavicencio. Estos espacios permitieron un diálogo abierto para resolver inquietudes sobre la metodología aplicada y los avances en la actualización del Plan de Manejo. Durante el desarrollo de los talleres se avanzó en la validación del polígono del área protegida y en la identificación predial correspondiente, tomando como base la cartografía social construida colectivamente con los participantes, complementada con la información oficial suministrada por el Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC). Asimismo, se generaron espacios de orientación para atender dudas, aclarar aspectos del proceso y promover una participación informada y efectiva por parte de las comunidades.

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

Figura 39.

Talleres



Es importante señalar que, durante el proceso de convocatoria, la participación de la comunidad fue limitada debido a bajo nivel de interés por parte de algunos habitantes, quienes no demostraron mayor disposición para involucrarse en las actividades asociadas a la actualización del Plan de Manejo.

Este desinterés estuvo influenciado por experiencias previas en las que la comunidad percibió una comunicación insuficiente y una falta de concertación por parte de la autoridad ambiental. Estas percepciones generan distanciamiento y reservas frente a los procesos institucionales, lo que contribuyó a que algunos actores comunitarios optaron por no participar activamente en las actividades programadas.

3.2.4 Recolección De Información

A pesar de los desafíos, fue posible consolidar un proceso participativo con la comunidad local. Mediante estos espacios de socialización, aclaración de inquietudes y construcción colectiva, 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.

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.

En el caso del área protegida, la cartografía social se consolidó como una herramienta fundamental para el reconocimiento del territorio, al integrar a los actores locales y facilitar la identificación de elementos comunitarios que aportan a la gestión y conservación del área protegida.

Durante los espacios participativos desarrollados con las comunidades del municipio de Villavicencio, se emplearon mapas físicos que incluían la delimitación predial y el polígono preliminar del área protegida. Estos mapas incorporan puntos de referencia relevantes, como cuerpos de agua, vías de acceso y áreas de uso tradicional por parte de los habitantes. El ejercicio permitió la identificación espacial de los predios y, adicionalmente, brindó a los participantes la oportunidad de aportar información sobre los usos del territorio, su importancia ecológica y social, así como sobre las principales problemáticas ambientales presentes en la zona.

Con base en lo anterior, se elaboró un mapa físico orientado a facilitar la ubicación espacial de los predios y recopilar información asociada a las dinámicas sociales, económicas y ambientales del territorio.

Como complemento a este proceso, se aplicó la Encuesta de Caracterización Socioeconómica, diseñada en un formulario digital en línea y diligenciada por un miembro por hogar o núcleo familiar. Esta herramienta permitió consolidar datos cuantitativos y cualitativos relacionados con la composición familiar, condiciones de vivienda, acceso a servicios públicos, actividades económicas y factores de vulnerabilidad social.

3.2.5 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 área protegida 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

Hidroambiental
Ingenieros constructores y consultores S.A.S

El contexto socioeconómico de Villavicencio plantea una serie de desafíos y oportunidades relevantes para la gestión del área protegida. 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.

3.2.5.1 Caracterización Sociodemográfica

El municipio de Villavicencio, capital del departamento del Meta, se constituye como el principal centro urbano de la Orinoquia colombiana y concentra una parte significativa de

la población departamental. Su dinámica demoFiguraestá influenciada por procesos de expansión urbana, migración intermunicipal e interdepartamental, así como por la llegada de población en condición de movilidad, incluyendo desplazamiento y migración reciente. Estas dinámicas han contribuido a un crecimiento continuo y sostenido de la población durante las últimas décadas.

La estructura poblacional del municipio refleja una composición predominantemente joven, con alta participación de grupos en edad productiva, lo cual impulsa la demanda de servicios educativos, de salud, empleo, vivienda y equipamientos colectivos. La urbanización acelerada ha generado una mayor concentración de habitantes en la zona urbana, mientras que el sector rural, aunque menos poblado, mantiene presencia de comunidades con vocación agropecuaria y actividades asociadas a la conservación y el uso sostenible del territorio.

En términos socioeconómicos, Villavicencio presenta una heterogeneidad marcada entre áreas urbanas consolidadas y sectores periféricos en expansión, donde persisten brechas en acceso a servicios públicos, infraestructura y oportunidades laborales. Esta configuración demoFiguray territorial incide directamente en la planificación ambiental y en la presión ejercida sobre ecosistemas estratégicos cercanos, incluidos los que conforman el área protegida.

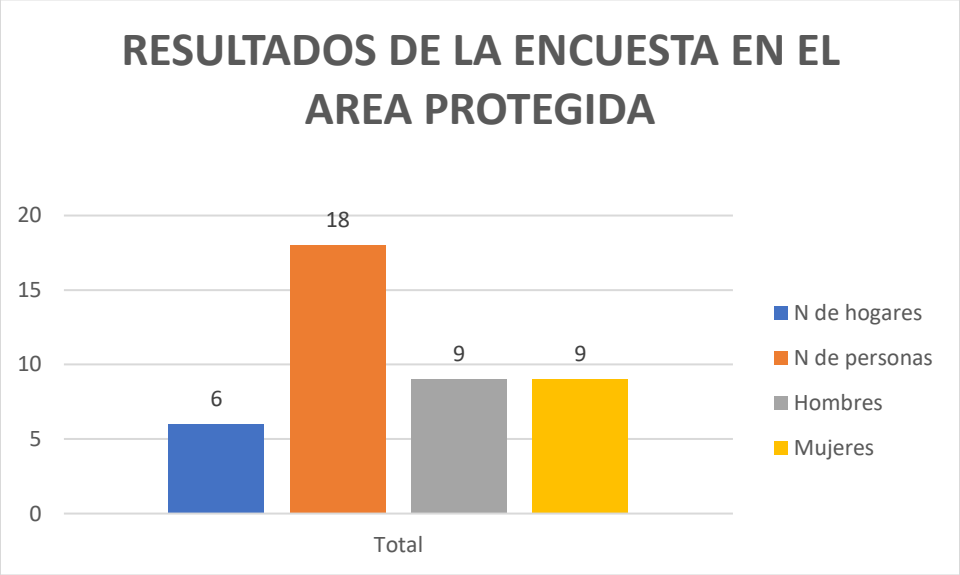
3.2.6 Tasa Poblacional

El área protegida presenta una dinámica favorable de conservación debido a la baja presencia de comunidad. La población residente en el área protegida presenta características diferentes de los sectores periféricos de Villavicencio. Predominan los núcleos familiares pequeños de corta permanencia y arraigo territorial, con una composición mayoritariamente adulta. La economía de estas familias está basada principalmente en actividades informales, oficios independientes, servicios urbanos y pequeñas prácticas agropecuarias. El acceso parcial o limitado a servicios públicos genera problemáticas ambientales adicionales, como vertimientos domésticos sin tratamiento, disposición inadecuada de residuos sólidos y ocupación de zonas de protección hídrica.

Se generó una encuesta aplicada a los habitantes del área protegida, se obtuvo información clave sobre el estado actual del territorio. La encuesta se aplicó a 6 hogares, constituyendo una muestra representativa de la población, aunque no se cubrió la totalidad del polígono. Los resultados muestran que la población encuestada comprende 18 personas, distribuidas en 9 hombres y 9 mujeres.

Figura 40.

Resultados de la encuesta

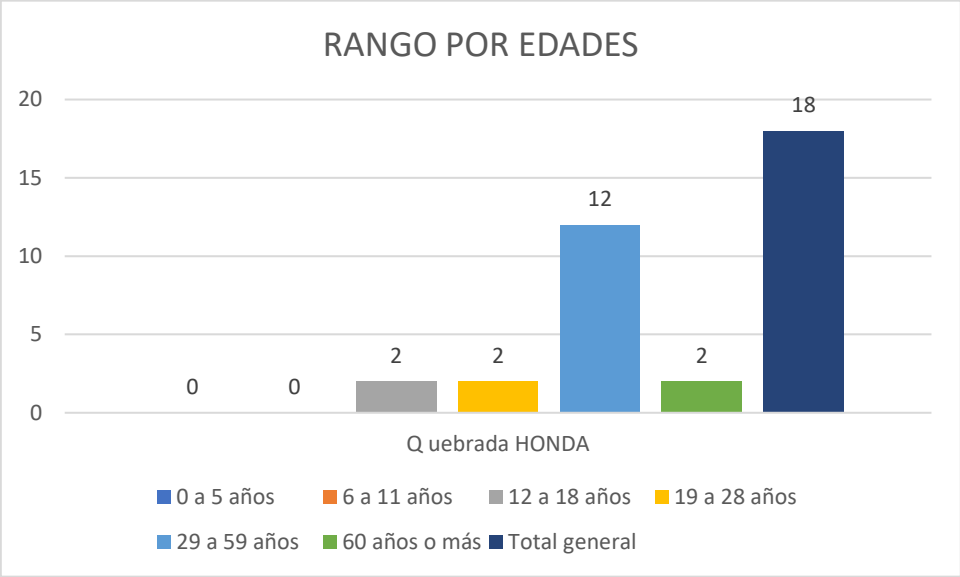


Nota 1. Fuente: Hidroambiental S.A.S, 2025

A partir de la información recopilada en el territorio, se identificó que en el rango de edades predomina la adolescencia y niños no se encontraron.

Figura 41.

Resultados de rangos de edades



Nota 1. Fuente: Hidroambiental S.A.S. 2025

Hidroambiental
Ingenieros constructores y consultores S.A.S

También se identificó que los predios de las encuestas realizadas, 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. Estas deben orientarse a mejorar el saneamiento básico, reducir las presiones sobre los ecosistemas y promover la reconversión de prácticas no compatibles con la conservación. Asimismo, resulta fundamental fortalecer la gobernanza comunitaria, la educación ambiental y la participación activa de los habitantes, garantizando su corresponsabilidad en

el cuidado y preservación del territorio. Finalmente, la evaluación de la compatibilidad de usos del suelo permitirá orientar procesos de ordenamiento que controlen nuevas ocupaciones y contribuyan a la conservación de los valores ecológicos del Distrito.

3.2.7 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 es 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, las comunidades enfrentan condiciones de vida marcadas por limitaciones significativas en el acceso a servicios públicos. Los hogares no cuentan con redes de acueducto, por lo que obtienen el agua mediante aljibes; tampoco disponen de alcantarillado y, en su lugar, utilizan métodos artesanales o pozos sépticos. Aunque sí tienen acceso a energía eléctrica, para cocinar emplean cilindros de gas como principal fuente. Asimismo, algunas familias utilizan sistemas inadecuados para la disposición de residuos y el saneamiento básico.

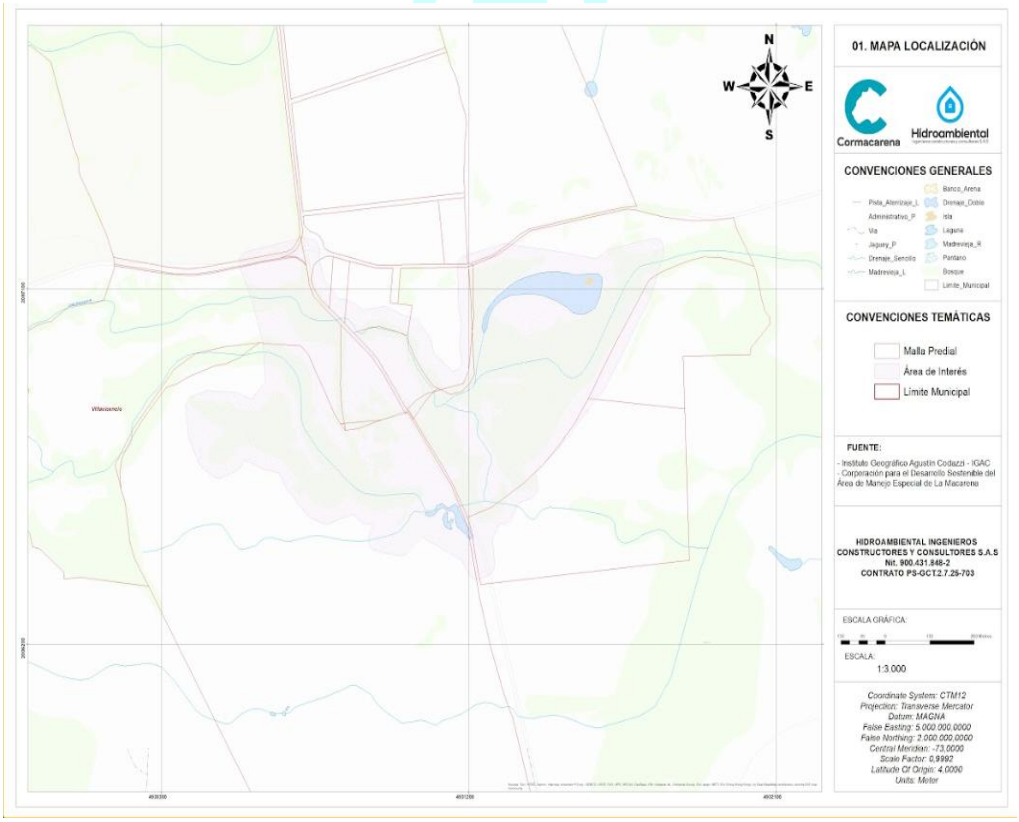
En cuanto a las viviendas, estas son en su mayoría construcciones antiguas, pero elaboradas con materiales resistentes que garantizan estabilidad estructural.

3.2.8 Propiedad Del Área (predial)

La información suministrada por el Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC) permitió identificar un total de 78 predios inmersos en el polígono correspondiente al Área Protegida, actualmente en proceso de la 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. A continuación, se presenta la tabla detallada con la información catastral.

Figura 42.

Información predial del área protegida ARPEH Zuria.



3.2.9 Actividades Productivas Desarrolladas En El Área Protegida

El territorio que conforma el área protegida presenta diversas formas de uso del suelo asociadas a las actividades productivas desarrolladas por las comunidades asentadas en su interior y su zona de influencia.

Estas prácticas, aunque en su mayoría de pequeña escala, han contribuido a modelar el paisaje y a definir la dinámica socio ambiental del área. Comprender su naturaleza, extensión y relación con los ecosistemas permite evaluar de manera integral los retos y oportunidades para la gestión y conservación del territorio.

En este sentido, a continuación, se presenta una caracterización de las actividades productivas identificadas dentro del área protegida, con el propósito de analizar su incidencia sobre el entorno natural, su compatibilidad con los objetivos de conservación y los lineamientos necesarios para promover un uso sostenible y equilibrado del territorio.

3.2.9.1 Actividades Extractivas

Al interior de la nueva área protegida no desarrollan actividades de extracción de minería a baja escala, para uso doméstico 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.

3.2.9.2 Agencia Nacional de Hidrocarburos – ANH

Para la actualización del Plan de Manejo, 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.

3.2.10 Caracterización Turística Del Área Protegida

El área protegida presenta un importante potencial ecoturístico, sustentado en la riqueza de su flora y fauna, así como en la belleza escénica de sus paisajes, los cuales representan un recurso estratégico para el desarrollo de actividades de turismo de naturaleza. No obstante, la ganadería continúa siendo la actividad predominante en el territorio y, durante el proceso de diagnóstico, no se identificaron actividades turísticas formalmente establecidas dentro del área.

A pesar de ello, el territorio conserva elementos de biodiversidad y atributos paisajísticos que podrían ser aprovechados de manera sostenible. En este sentido, se recomienda evaluar la viabilidad de implementar iniciativas turísticas, como el avistamiento de fauna y

actividades de 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.

Bibliografía

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*. Bogotá, D.C.: 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*. Bogotá, D.C.: Diario Oficial.

Departamento Administrativo Nacional de Estadística – DANE. (2018). *Censo Nacional de Población y Vivienda 2018*. Bogotá, D.C.: DANE.

Gobernación del Meta. (2023). *Diagnóstico territorial del departamento del Meta*. Villavicencio: Gobernación del Meta.

Instituto Geográfico Agustín Codazzi – IGAC. (2021). *Cartografía básica y social para la gestión territorial*. Bogotá, D.C.: IGAC.

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible – MADS. (2018). *Lineamientos para la participación comunitaria en la gestión de áreas protegidas en Colombia*. Bogotá, D.C.: MADS.

Hidroambiental
Ingenieros constructores y consultores S.A.S