



Análisis del estado de los paisajes ganaderos en el área de intervención del Proyecto **ProRural.**

Basado en el **Marco Global de Indicadores
de Sostenibilidad** de la Agenda 2030 y en
el **Marco Nacional de Referencia de los
Paisajes Ganaderos Sostenibles (MNRPGS)**.

Publicado por:

Deutsche Gesellschaft für
Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH

Domicilios de la Sociedad
Bonn y Eschborn, Alemania

Calle 125 # 19 – 24
Bogotá, Colombia
T +57 432 3550
E pedro.valderramasalazar@giz.de
I <https://www.giz.de/en/es/colombia>

Esta publicación es apoyada por el proyecto/programa ProRural que está siendo implementado por la Cooperación Alemana para el Desarrollo (GIZ) GmbH y sus contrapartes colombianas, por encargo del Ministerio Federal de Cooperación Económica y Desarrollo (BMZ) de Alemania. Las ideas vertidas en imagen y texto son responsabilidad exclusiva de los y las autores, para cualquier duda o aclaración relacionada con el contenido, favor remitirse directamente a los mismos.

Tabla de Contenido

1. Introducción	6
2. Paso a paso del análisis de paisaje de los paisajes ganaderos evaluados en las zonas de intervención del proyecto ProRural	7
2.1. Caracterización Social	10
2.1.1. Población	10
2.1.2. Educación	11
2.1.3. Salud	11
2.1.4. Tenencia de la tierra y servicios públicos	11
2.2. Caracterización Económica	11
2.2.1. Usos del Suelo	12
2.2.2. Producción Agrícola (2019–2022):	12
2.2.3. Producción Animal(2023):	12
2.2.4. Turismo de Naturaleza	12
2.2.5. Minería y Petróleo:	12
2.3. Contexto socioecológico (comunidades y entorno natural/transformado)	13
2.3.1. Cambio en superficie de Bosques	13
2.4. Mapa de los paisajes ganaderos con el límite de microcuenca, análisis de la cobertura de la tierra (CLC) y análisis técnico de la identificación	14
2.5. Cobertura de la tierra	16
Caracterización de los paisajes ganaderos con el límite de microcuenca	17
2.5.1. Caracterización abiótica	17
2.5.2. Clima	18
2.5.3. Geología y Geomorfología	21
2.5.4. Suelos	24
2.5.5. Hidrología	31
2.5.6. Caracterización Biótica	36
2.5.7. Caracterización de Amenazas	45
3. Análisis del paisaje bajo el contexto socio- ecológico	52
3.1. Principio I: MULTIFUNCIONALIDAD	55
3.2. Principio II. PRODUCTIVIDAD	57
3.3. Principio III: BIENESTAR	59

3.4. Uso de la información en planes de mejora predial	61
4. Conclusiones y recomendaciones	65
4.1. Impactos aún por cimentar	65
42. Recomendaciones para la planificación de futuros proyectos	65
5. Referencias	66

Índice de Figuras

Figura 1. Pasos a paso para la generación del análisis de sostenibilidad.....	7
Figura 2. Paso 1. Identificación de las unidades de análisis.....	8
Figura 3. pasos para selección de fincas para toma de información primaria.	9
Figura 4. Diagrama tipo árbol del muestreo heterogéneo para el departamento del Caquetá.....	9
Figura 5. Diagrama tipo árbol del muestreo heterogéneo para el departamento del Meta.....	10
Figura 6. Paso a paso para el análisis del contexto socio ecológico. Fuente: Elaboración propia	13
Figura 7. Cambio de superficie en el área de interés de ProRural. Fuente: Elaboración propia (http://smbyc.ideam.gov.co , 2023)	16
Figura 8. Imágenes sentinel S2A y s2B periodo 2023. Fuente: https://www.esa.int/ESA_Multimedia/Missions/Sentinel-2/(result_type)/images	17
Figura 9. Caracterización abiótica en términos de clima, geología, geomorfología, suelos e hidrología. Fuente: Elaboración propia.....	18
Figura 10. Zonificación climática – Caldas Lang a). Meta b). Caquetá. Fuente: Elaboración propia a partir de (MADS, 2021)	20
Figura 11. Temperatura máxima, mínima y media periodo 1993–2023. Fuente: Estaciones climáticas de Colombia (http://www.siac.gov.co/dhime)	21
Figura 12. Unidades cronoestratigrafías. Fuente: Elaboración propia a partir del (Gómez-Tapias, Montes- Ramírez, Rey-León, Marín-Rincón, & Mateus-Zabala, 2023)	23
Figura 13. Unidades morfológicas. Fuente: Elaboración propia a partir de mapa de suelos de Colombia – 1:100.000 IGAC.	24
Figura 14. Mapa de unidades cartográficas de suelos del Meta y Caquetá. Fuente: Elaboración propia a partir del mapa de suelos de Colombia (IGAC, 2018)	26
Figura 15. Mapa de capacidad de uso de la tierra.	28
Figura 16. Mapa de fertilidad. Fuente: Elaboración propia	29
Figura 17. Mapa de densidad aparente en los suelos.	31
Figura 18. Mapa de la jerarquía de ríos	33
Figura 19. Mapa de regulación hídrica. Fuente: Elaboración propia a partir de (IDEAM, 2022)	35
Figura 20. Caracterización biótica en términos de especies y ecosistemas. Fuente: Elaboración propia	36
Figura 21. Mapa de registro de especies de insectos, peces, anfibios, reptiles, aves y mamíferos para los paisajes del Meta y Caquetá. Fuente: Elaboración propia a partir de información del GBIF	36
Figura 22. Mapa de registro especies de plantas. Fuente: Elaboración propia a partir del Instituto Alexander von Humboldt (IAvH, 2023), GBIF (https://www.gbif.org/es/ , 2023), Field Museum (https://www.rapidinventories.fieldmuseum.org/reports?lang=es , 2023)	38

Figura 23. Mapa de los distritos biogeográficos (dominios). Fuente: (Latorre-Parra, Jaramillo-Rodríguez, Corredor-Gil, & Arias-Vargas, 2014)	40
Figura 24. Mapa de los biomas Fuente: Elaboración propia a partir del Mapa de Ecosistemas de Colombia (MADS, 2021)	42
Figura 25. Mapa de Ecosistemas en Peligro. Fuente: Elaboración propia a partir del mapa de ecosistemas en peligro, (Etter, Andrade, Saavedra, Amaya, & Arévalo, 2017)	43
Figura 26. Mapa de integridad. Fuente: Elaboración propia a partir del Mapa de integridad, IAvH, 2023.....	45
Figura 27. Mapa de referencia y escenarios climáticos 2011 – 2100.....	46
Figura 28. Paso a paso para el análisis del contexto socio ecológico. Fuente: Elaboración propia	47
Figura 29. Amenaza a la Remoción en masa. Fuente: Servicio geológico nacional (SGN, 2015)	48
Figura 30. Susceptibilidad a la erosión.....	50
Figura 31. Susceptibilidad a Inundación. Fuente: Mapa de susceptibilidad a inundación (IDEAM, 2010)	51
Figura 32. Susceptibilidad a Inundación. Fuente: Mapa de susceptibilidad a inundación (IDEAM, 2010)	53
Figura 33. Ejemplo visual de la valoración predial en las características socio – ecológicas. Fuente: Elaboración propia	62
Figura 34. Ejemplo visual de la valoración predial en susceptibilidad del paisaje y riesgos (principio de multifuncionalidad).Fuente: Elaboración propia	63
Figura 35. Ejemplo visual de la valoración predial en indicadores de productividad y bienestar (principios de productividad y bienestar). Fuente: Elaboración propia.....	64

Índice de Tablas

Tabla 1. Cambios en la superficie de bosque 2014 – 2020	13
Tabla 2. Unidades de paisaje por el clima en hectáreas para las unidades de paisaje	19
Tabla 3. Ordenes de los cauces inmersos en las zonas hidrográficas del río Caguán, Caquetá y Guaviare.	34
Tabla 4. Orden, familias y especies de peces presentes en el área de estudio	37
Tabla 5. Fuentes de información alfanumérica y cartográfica para el cálculo de los indicadores	53
Tabla 6. Fuentes bibliográficas que permitieron definir umbrales de cálculo de indicadores	53

1. Introducción

El estudio realiza una caracterización integral de fincas ganaderas en Caquetá y Meta, considerando variables físicas, biológicas, ambientales y socioeconómicas. Se identifican recursos, ecosistemas clave y condiciones productivas, evaluando además la aptitud territorial para la ganadería sostenible. Este enfoque permite anticipar riesgos naturales y fortalecer la planificación ante el cambio climático, articulando conservación ambiental con desarrollo rural.

Beneficios clave del análisis:

- Gestión optimizada de recursos naturales.
- Identificación del uso comunitario del entorno.
- Estrategias frente a riesgos climáticos.
- Promoción del desarrollo rural equitativo.
- Conservación de biodiversidad y servicios ecosistémicos.
- Soporte para políticas públicas inclusivas.
- Base para mejorar planes de ordenamiento territorial y manejo de cuencas
- Base para la planificación predial bajo la conservación de bosques, aumento de la conectividad y planeación para cobertura forestal

El enfoque socioecológico facilita decisiones sostenibles, alineando productividad ganadera, bienestar comunitario y conservación ambiental en regiones estratégicas para Colombia. De esta manera, el Estudio de Paisaje Ganadero desarrollado por el Proyecto ProRural demostró ser una herramienta estratégica para la transformación sostenible de la ganadería, permitiendo intervenciones más precisas y fundamentadas en las realidades ecológicas, biofísicas y socioeconómicas del territorio. Sin embargo, su verdadera utilidad depende de su integración efectiva a la planificación operativa y política de los proyectos, superando percepciones de alto costo y tecnificación. La clave no es si el estudio es costoso o complejo, sino cómo se traduce en decisiones prácticas que optimicen inversiones y resultados a largo plazo. Para futuros proyectos,

la apropiación institucional y comunitaria del estudio, desde el diseño mismo, será determinante para maximizar su impacto.

2. Paso a paso del análisis de paisaje de los paisajes ganaderos evaluados en las zonas de intervención del proyecto ProRural

Para la generación del análisis del paisaje, se realizaron 4 pasos para el levantamiento y revisión de información primaria y secundaria para las áreas analizadas.



Figura 1. Pasos a paso para la generación del análisis de sostenibilidad.

El proceso metodológico se inicia con la ubicación de predios participantes en el proyecto, integrando su distribución en las zonas y subzonas hidrográficas (IDEAM, 2022). Con base en esta información:

- Se generaron microcuencas preliminares mediante el modelo digital del terreno de 12 m (NASA, 2012) y el módulo ArcGIS Hydrology.
- Se incorporó la red hidrográfica nacional (IGAC, 2022), jerarquizando los drenajes según su orden hidrológico.
- Finalmente, se redefinieron las microcuencas definitivas, estableciendo así las unidades de paisaje a nivel de cuenca de menor jerarquía dentro de cada subzona hidrográfica.

Estas unidades constituyen la base espacial para el análisis de sostenibilidad del paisaje ganadero.



Figura 2. Paso 1. Identificación de las unidades de análisis

Junto con la delimitación del paisaje, se realizó la búsqueda y organización de datos provenientes de fuentes públicas y privadas, abarcando componentes bióticos, abióticos, productivos, culturales y políticos. Se aseguró la representatividad de la muestra mediante un proceso estratificado y aleatorio, usando árboles de muestreo.

Se definieron 12 categorías organizadas en cinco dimensiones clave:

- Dimensión espacial: Departamento, municipio, núcleo, microcuenca.
- Dimensión organizacional: Empresa, asociación.
- Caracterización de finca: Tamaño del predio, porcentaje de pasturas.
- Caracterización productiva: Número de bovinos.
- Caracterización social: (no detallada en este fragmento, pero mencionada como dimensión clave).

Este diseño garantizó una muestra diversa, válida y alineada con la complejidad del territorio y sus sistemas ganaderos (Figura 3).



Figura 3. pasos para selección de fincas para toma de información primaria.

A partir de la estructura jerárquica de las categorías definidas, se realizó el muestreo heterogéneo, a través de diagramas tipo de árbol para cada uno de los departamentos dentro del área de estudio, como se muestra en la Figura 4 y Figura 5.

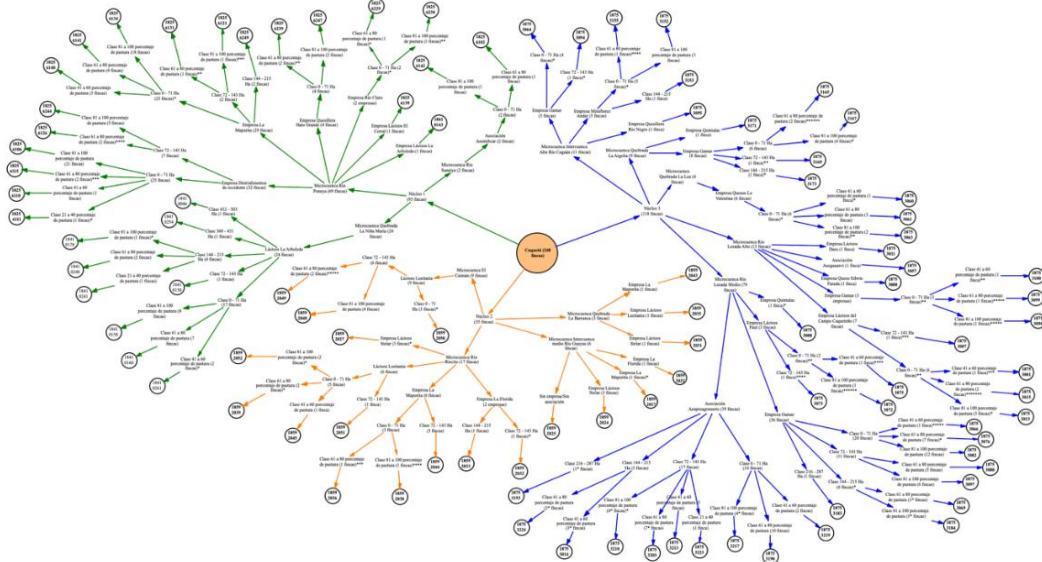


Figura 4. Diagrama tipo árbol del muestreo heterogéneo para el departamento del Cauca.

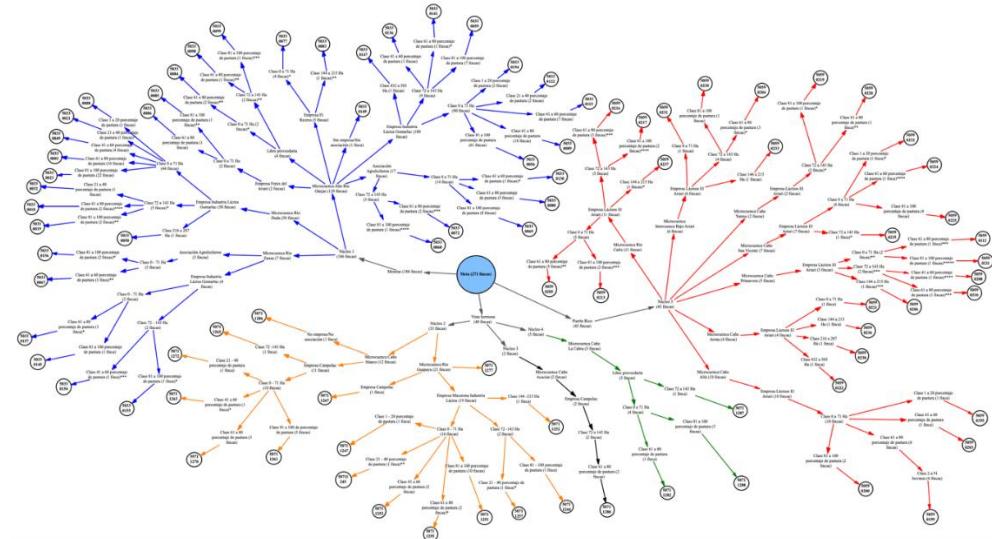


Figura 5. Diagrama tipo árbol del muestreo heterogéneo para el departamento del Meta.

En los extremos de las redes tipo árbol se encuentran el conjunto de todas las fincas que comparten la dimensión social, la dimensión organizacional y la dimensión de caracterización de la finca. En ese espectro, cualquiera de los elementos que se seleccione comparte las características de los demás, así que de forma aleatoria se tomó una que representaría a las demás. Este tipo de análisis de información permitió seleccionar un número de fincas especiales por en cada municipio y microcuenca para levantar información que permitiera extrapolar datos al ser representativas.

2.1. Caracterización Social

Este componente permite identificar la configuración y las dinámicas de la población en el territorio, así como comprender las transformaciones que experimenta. Para ello, se analizaron datos oficiales sobre aspectos demográficos, servicios básicos (educación y salud), tenencia de la tierra y servicios públicos (acueducto, alcantarillado, energía y gas).

2.1.1. Población

En la zona de estudio de los departamentos de Caquetá y Meta, se registran en total 86.100 habitantes, con una proporción de género constante del 55% hombres y 45% mujeres. Los municipios con mayor población son Puerto Rico (Caquetá), San Vicente del Caguán y La Macarena, mientras que los de menor población son Cartagena del Chairá, Milán y Uribe. En términos de distribución etaria, la mayoría de la población se concentra entre los 10 y 19 años (21% en Caquetá y 19% en Meta), seguido del grupo entre 0 y 9 años. Las personas mayores de 70 años representan el menor porcentaje (4% en Meta y 3% en Caquetá). Se reportan 29.856 hogares, siendo Puerto Rico (Caquetá) y La Macarena (Meta) los municipios con mayor número de viviendas.

2.1.2. Educación

Se obtuvieron los datos tanto de las sedes educativas oficiales y no oficiales reportadas para el área, así como los datos de número de estudiantes en: i) preescolar, prejardín y básica primaria, ii) básica secundaria, media técnica y normalista, iii) técnica profesional, tecnológica y universitario, y iv) especialización, maestría y doctorado.

Hay 271 establecimientos educativos, de los cuales 264 son oficiales. Puerto Rico (Caquetá), San Vicente del Caguán y Mesetas son los municipios con más instituciones. El 66% de los estudiantes en Caquetá y el 64% en Meta cursan niveles de preescolar y primaria. Solo el 2% cursa estudios superiores. Los municipios con más estudiantes son Puerto Rico (Caquetá), San Vicente del Caguán y La Macarena (Meta).

2.1.3. Salud

La información se obtuvo a partir de la información reportada en planes de desarrollo de los municipios del área de estudio. En ella, se reporta una red de hospitales y puestos de salud con coberturas variables. En varios municipios persisten dificultades como mala calidad del agua, baja cobertura en zonas rurales y falta de articulación entre medicina tradicional y el sistema de salud formal. Destacan la cobertura parcial en municipios como Uribe, con solo el 45% de la población asegurada.

2.1.4. Tenencia de la tierra y servicios públicos

En Meta, el 45% del territorio corresponde a propiedades medianas (20-200 ha) y el 35% a latifundios (>200 ha). En Caquetá, la propiedad media representa el 58% y los latifundios el 27%. Las zonas con mayor concentración de latifundios son el alto río Guejar y el río Lozada alto.

En servicios públicos, el acueducto en Mesetas y Vista Hermosa presenta las mayores coberturas. Cartagena del Chairá y Puerto Rico (Meta), las más bajas. En el alcantarillado, la cobertura alta en Mesetas y Montañita; baja en San Juan de Arama y Cartagena del Chairá; y la recolección de basuras tiene mayor cobertura en La Montañita y San Vicente del Caguán.

La energía eléctrica se encuentra en 12.649 viviendas; los municipios con mejor cobertura son El Paujil y Mesetas. La cobertura en internet es baja en todos los municipios; La Macarena y Mesetas destacan ligeramente. En cuanto a la provisión de gas, en ningún municipio supera las 35 viviendas conectadas a la red pública de gas.

2.2. Caracterización Económica

La caracterización económica del área de estudio destaca la importancia de la agricultura familiar gestionada por comunidades campesinas e indígenas, así como el uso agropecuario del suelo. Según datos recientes del IGAC-UPRA. El 13,27% del área agrícola total fue de 91.381 ha, dividida en Caquetá con 56.917 ha y en Meta con 34.464 ha. En estas áreas núcleo se destaca la

presencia y la prioridad de organizar y planificar las subzonas del río Guejar, río Lozada y río Caguán Alto para evitar su degradación dada la importancia ambiental y al aumento de cambio de coberturas en el área.

A nivel productivo, se cuenta con un área de Frontera Agrícola (2024) de 501.003 ha, en la cual el Meta posee 156.730 ha y Caquetá: 344.273 ha.

Existen 131.543 ha con restricciones legales o zonas restringidas, de estas 48.354 ha restringidas por acuerdos de cero deforestación y 7.887 ha excluidas por razones técnicas.

2.2.1. Usos del Suelo

El 47% del suelo es de uso pecuario (pastos intensivos y semintensivos)

17% uso forestal (bosques y protección), con 10% uso agroforestal (silvopastoriles, barbechos).

2.2.2. Producción Agrícola (2019–2022):

Los productos que más produce el departamento del Meta son: plátano, palma de aceite, piña y caña. Por otra parte, Caquetá produce caña, yuca y plátano.

Siendo los municipios líderes: San Vicente del Caguán, Puerto Rico y La Macarena.

Existe una aptitud para Cadenas Productivas en 47 cadenas evaluadas.

2.2.3. Producción Animal(2023):

- Bovinos: 2.355.455 cabezas (Caquetá 1.535.246 / Meta 820.199)
- Bufalinos: 15.803 (mayoría en Caquetá)
- Porcinos: 47.804 (77% en Caquetá)
- Aves: 217.040 (27% en San Vicente del Caguán)
- Caprinos: 2.790 (mayoría en Meta)
- Ovinos: 28.539 (destacan Mesetas y La Macarena)
- Equinos: 57.878 (líderes San Vicente y La Macarena)

2.2.4. Turismo de Naturaleza

- Potencial muy alto en el 6% del área (42.741 ha)
- Potencial alto en el 5% (38.624 ha)
- Zonas destacadas: Río Duda, Alto Río Guejar, Río Riequito, Río Peneya

2.2.5. Minería y Petróleo:

- 22 títulos mineros activos (19 en Caquetá, 3 en Meta)
- 63 solicitudes en evaluación

- Se hallan solo pozos petroleros activos en Caquetá, en las subzonas del Río Lozada y Lozada Medio.

2.3. Contexto socioecológico (comunidades y entorno natural/transformado)

La integración de variables espaciales mediante álgebra de mapas, para categorizar el contexto socioecológico de paisajes ganaderos según límites de microcuencas fue la metodología usada. La ponderación para ello, utiliza datos oficiales y proyectados, clasificando los valores en categorías (alto, medio, bajo).

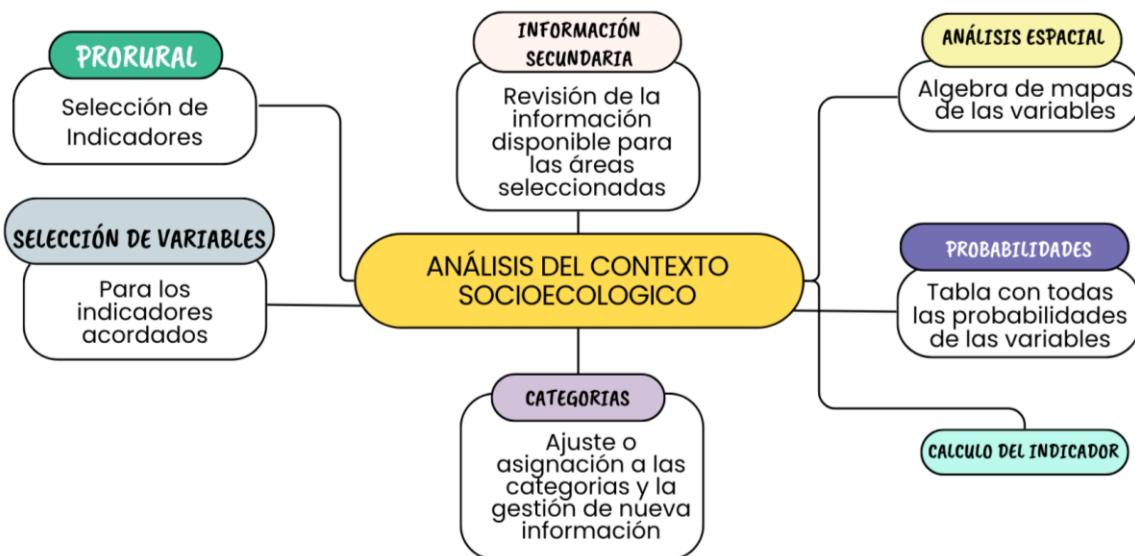


Figura 6. Paso a paso para el análisis del contexto socioecológico. Fuente: Elaboración propia

2.3.1. Cambio en superficie de Bosques

Entre 2014 y 2020, según el Sistema de Monitoreo de Bosques y Carbono (SMByC), la superficie de bosque estable en las unidades de análisis disminuyó en 12.290 hectáreas, mientras que el área de no bosque estable aumentó en 12.913 hectáreas. Durante este periodo se registró una deforestación acumulada de 11.506 hectáreas y una regeneración de bosque de apenas 27 hectáreas. (Tabla 1).

Tabla 1. Cambios en la superficie de bosque 2014 – 2020

Cambio superficie	2014-2015	2015-2016	2016-2017	2017-2018	2018-2019	2019-2020
Bosque Estable	191.596	176.441	170.770	177.094	182.130	179.306
Deforestación	1.390	2.191	3.087	2.677	944	1.217
No Bosque Estable	495.257	496.467	498.465	502.504	505.610	508.170
Regeneración		1		26		
Sin Información	542	13.686	16.464	6.486	104	94

Fuente: Elaboración propia a partir mapa de cambio de superficie de bosques
(<http://smbyc.ideam.gov.co>, 2023)

Durante el periodo analizado, el Meta perdió 6.493 hectáreas de bosque, pasando de 19.031 ha (7,2% del territorio) en 2014 a 12.538 ha (4,8%) en 2020, con mayor pérdida en las zonas del río Duda y el Alto río Guejar. En contraste, Caquetá registró un aumento de 173 hectáreas de bosque, pasando de 24.046 ha (5,70%) a 24.219 ha (5,72%), con incrementos en varias unidades de análisis como la Intercuenca Alto Río Caguán y pequeños descensos en otras áreas como el Medio Río Guayas y el Río Peneya.

2.4. Mapa de los paisajes ganaderos con el límite de microcuenca, análisis de la cobertura de la tierra (CLC) y análisis técnico de la identificación

La distribución de las coberturas de la tierra en las unidades de paisaje de Meta y Caquetá se analizó a partir de imágenes de satélite Sentinel-2A (febrero de 2023) utilizando la leyenda adaptada del sistema Corine Land Cover (IDEAM, 2010).

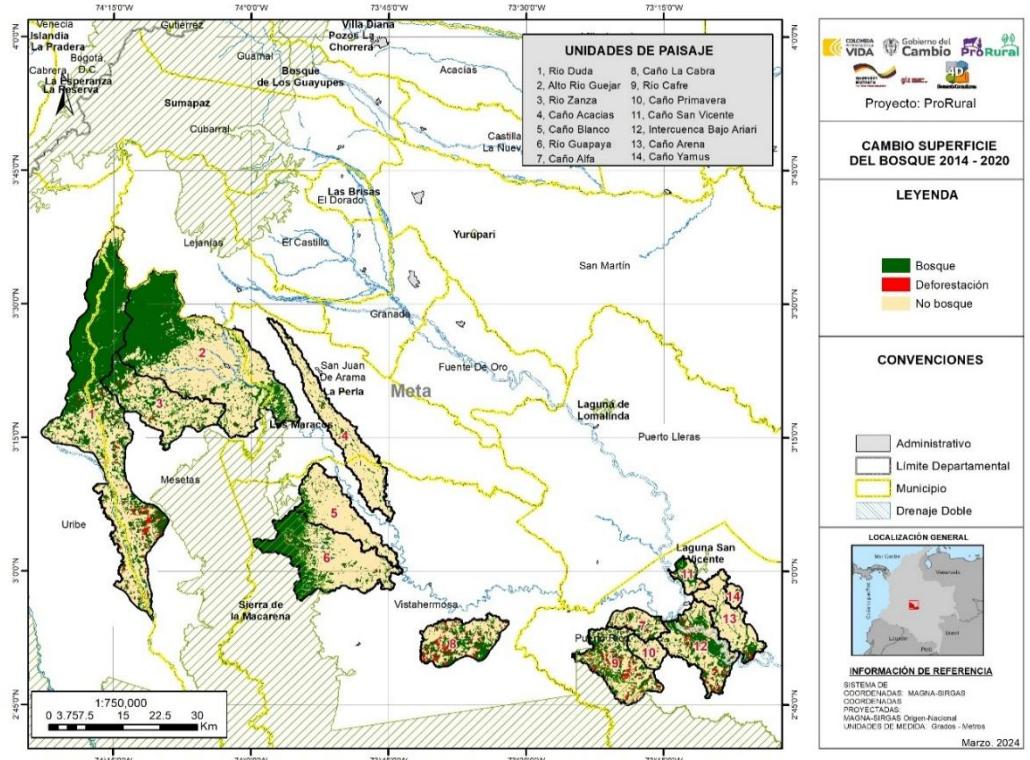
En el departamento del Meta se encontró:

- **Pastos:** Ocupan 101.458 ha (38,2%), predominando pastos limpios con 92.434 ha, seguidos de pastos enmalezados (8.411 ha) y arbolados (624 ha).
- **Bosques:** Representan el 79.043 ha (30%).
- **Mosaicos:** Cubren 44.344 ha (17%).
- **Vegetación seminatural:** 30.277 ha (11,3%), incluyendo bosques fragmentados y vegetación secundaria.
- **Otras coberturas:** Áreas agrícolas (5.289 ha, 2%), superficies de agua (2.999 ha, 1%), territorios artificializados (1.206 ha, 0,45%) y vegetación de pantano (559 ha, 0,21%).

En el departamento de Caquetá se encontró:

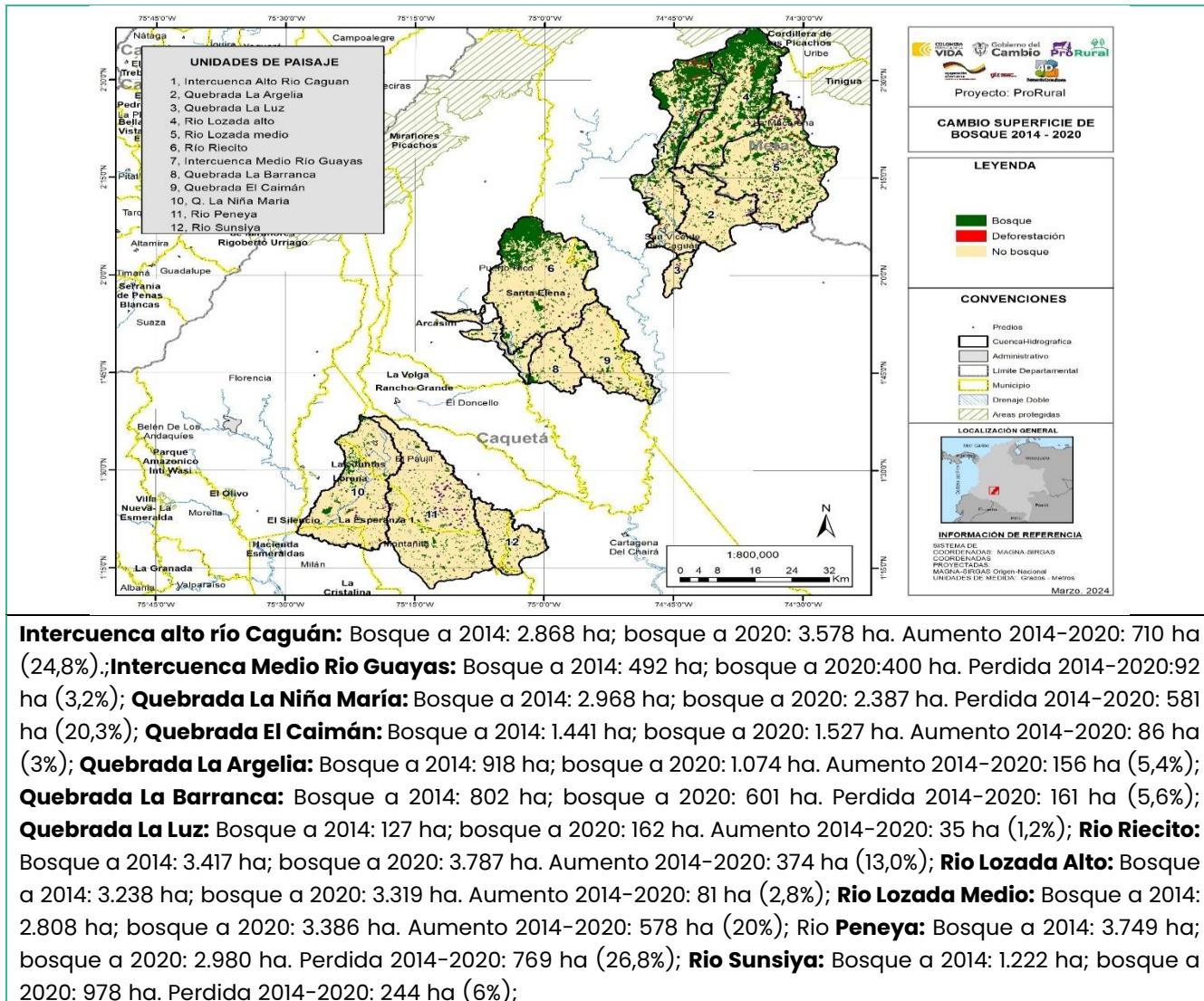
- **Pastos:** Dominan con 263.503 ha (62%), distribuidos en pastos limpios (233.736 ha), enmalezados (28.740 ha) y arbolados (1.026 ha).
- **Mosaicos:** Cubren 58.978 ha (14%).
- **Vegetación seminatural:** 49.381 ha (11,7%), incluyendo bosques fragmentados y vegetación secundaria.
- **Otras coberturas:** Áreas agrícolas (199 ha, 0,05%), superficies de agua (2.867 ha, 0,68%), territorios artificializados (1.959 ha, 0,46%) y vegetación de pantano (224 ha, 0,05%).

A. META



Río Duda: Bosque a 2014: 8.418 ha; bosque a 2020: 4.897 ha. Perdida 2014-2020: 3.521 ha (61,4%); **Alto Río Guejar:** Bosque a 2014: 5.731 ha; bosque a 2020: 3.465 ha. Perdida 2014-2020: 2.266 ha (39,64%); **Río Zanza:** Bosque a 2014: 1.186 ha; bosque a 2020: 964 ha. Perdida 2014-2020: 222 ha (3,9%); **Caño Acacias:** Bosque a 2014: 332 ha; bosque a 2020: 310 ha. Perdida 2014-2020: 22 ha (0,38%); **Caño Blanco:** Bosque a 2014: 389 ha; bosque a 2020: 349 ha. Perdida 2014-2020: 40 ha (0,69%); **Río Guapaya:** Bosque a 2014: 828 ha; bosque a 2020: 3.686 ha. Perdida 2014-2020: 142 ha (2,6%); **Caño Alfa:** Bosque a 2014: 221 ha; bosque a 2020: 203 ha. Perdida 2014-2020: 18 ha (0,31%); **Caño La Cabra:** Bosque a 2014: 374 ha; bosque a 2020: 363 ha. Perdida 2014-2020: 11 ha (0,2%); **Río Cafre:** Bosque a 2014: 442 ha; bosque a 2020: 425 ha. Perdida 2014-2020: 17 ha (0,3%); **Caño Primavera:** Bosque a 2014: 117 ha; bosque a 2020: 110 ha. Perdida 2014-2020: 7 ha (0,12%); **Caño San Vicente:** Bosque a 2014: 91 ha; bosque a 2020: 68 ha. Perdida 2014-2020: 23 ha (0,4%); **Intercuenca bajo Ariari:** Bosque a 2014: 531 ha; bosque a 2020: 433 ha. Perdida 2014-2020: 98 ha (1,7%); **Caño Arena:** Bosque a 2014: 269 ha; bosque a 2020: 207 ha. Perdida 2014-2020: 62 ha (1,1%); **Caño Yamus:** Bosque a 2014: 102 ha; bosque a 2020: 58 ha. Perdida 2014-2020: 44 ha (0,76%)

B. CAQUETÁ



Intercuenca alto río Caguán: Bosque a 2014: 2.868 ha; bosque a 2020: 3.578 ha. Aumento 2014-2020: 710 ha (24,8%); **Intercuenca Medio Rio Guayas:** Bosque a 2014: 492 ha; bosque a 2020: 400 ha. Perdida 2014-2020: 92 ha (3,2%); **Quebrada La Niña María:** Bosque a 2014: 2.968 ha; bosque a 2020: 2.387 ha. Perdida 2014-2020: 581 ha (20,3%); **Quebrada El Caimán:** Bosque a 2014: 1.441 ha; bosque a 2020: 1.527 ha. Aumento 2014-2020: 86 ha (3%); **Quebrada La Argelia:** Bosque a 2014: 918 ha; bosque a 2020: 1.074 ha. Aumento 2014-2020: 156 ha (5,4%); **Quebrada La Barranca:** Bosque a 2014: 802 ha; bosque a 2020: 601 ha. Perdida 2014-2020: 161 ha (5,6%); **Quebrada La Luz:** Bosque a 2014: 127 ha; bosque a 2020: 162 ha. Aumento 2014-2020: 35 ha (1,2%); **Rio Rieito:** Bosque a 2014: 3.417 ha; bosque a 2020: 3.787 ha. Aumento 2014-2020: 374 ha (13,0%); **Rio Lozada Alto:** Bosque a 2014: 3.238 ha; bosque a 2020: 3.319 ha. Aumento 2014-2020: 81 ha (2,8%); **Rio Lozada Medio:** Bosque a 2014: 2.808 ha; bosque a 2020: 3.386 ha. Aumento 2014-2020: 578 ha (20%); **Rio Peneya:** Bosque a 2014: 3.749 ha; bosque a 2020: 2.980 ha. Perdida 2014-2020: 769 ha (26,8%); **Rio Sunsiya:** Bosque a 2014: 1.222 ha; bosque a 2020: 978 ha. Perdida 2014-2020: 244 ha (6%);

Figura 7. Cambio de superficie en el área de interés de ProRural. Fuente: Elaboración propia (<http://smbyc.ideam.gov.co>, 2023)

La Figura 7, ilustra la distribución de estas coberturas en ambas regiones, destacando la predominancia de pastos en ambas áreas, seguida de bosques y mosaicos en Meta y mosaicos y vegetación seminatural en Caquetá.

2.5. Cobertura de la tierra

El mapa de cobertura de la tierra, se generó a partir de la interpretación manual del mosaico de imágenes Sentinel-2^a y 2B del 02 y 19 de febrero del 2023 del proyecto Copernicus, desarrollado por la Agencia Espacial Europea ESA, con una resolución de 10 metros (Figura 8). Para la interpretación, se usó el mapa de cobertura de la tierra del 2022 del Instituto de Estudios Amazónicos – SINCHI (SINCHI, 2023). Una vez con esta información y con ayuda de las imágenes e imágenes de alta resolución de Google Earth, se actualizó los polígonos en las que se observó

cambio e igualmente se incluyó información sobre la red vial la cual no se encontraba asociada a este mapa.

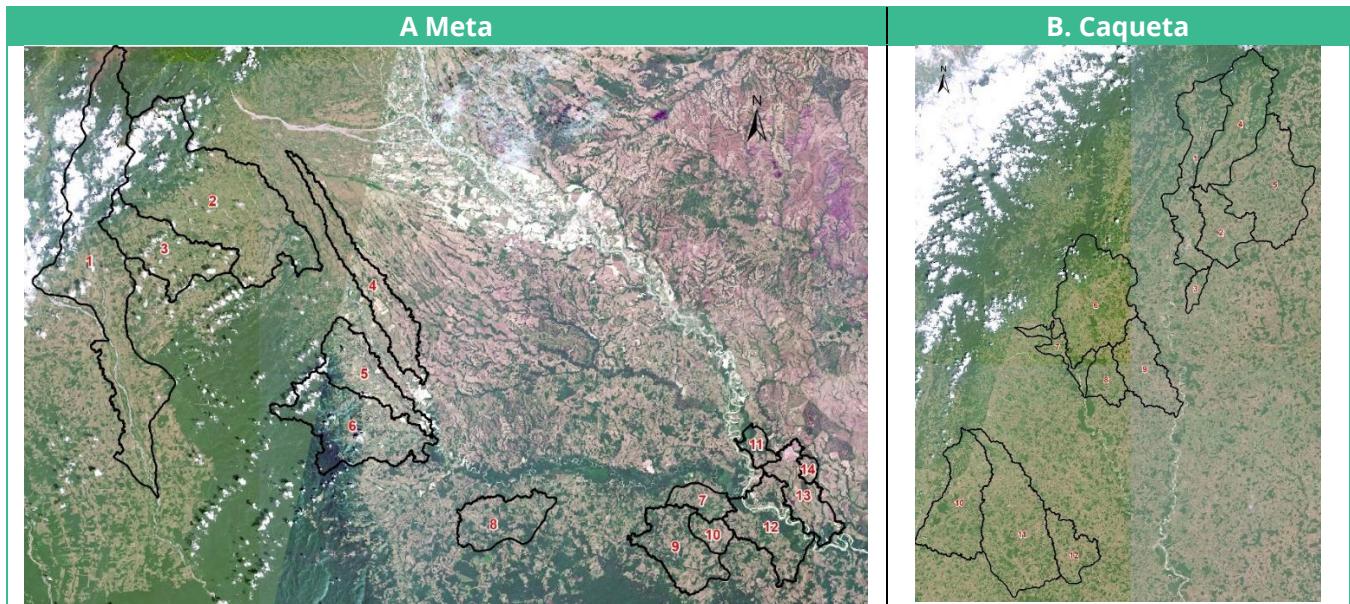


Figura 8. Imágenes sentinel S2A y s2B periodo 2023. Fuente:
[https://www.esa.int/ESA_Multimedia/Missions/Sentinel-2/\(result_type\)/images](https://www.esa.int/ESA_Multimedia/Missions/Sentinel-2/(result_type)/images)

Caracterización de los paisajes ganaderos con el límite de microcuencas

El tercer paso del análisis considera determinantes ambientales, figuras de protección y ordenamiento territorial en las unidades de análisis, vinculadas al Sistema Nacional de Áreas Protegidas (SINAP) y al Sistema de Parques Nacionales Naturales de Colombia (SPNN). Incluye figuras de protección nacionales, regionales y locales, así como resguardos indígenas. También abarca planes de ordenamiento ambiental, como los POMCAS y POF. Estas figuras son herramientas clave para la planificación territorial, apoyando esfuerzos de conservación y gestión del territorio, y enfrentan retos institucionales, económicos y sociales para orientar su uso, transformación y ocupación.

2.5.1. Caracterización abiótica

La Figura 9 muestra los componentes desarrollados para la caracterización abiótica en términos de clima, geología, geomorfología, suelos e hídrica a escala 1:100.000.

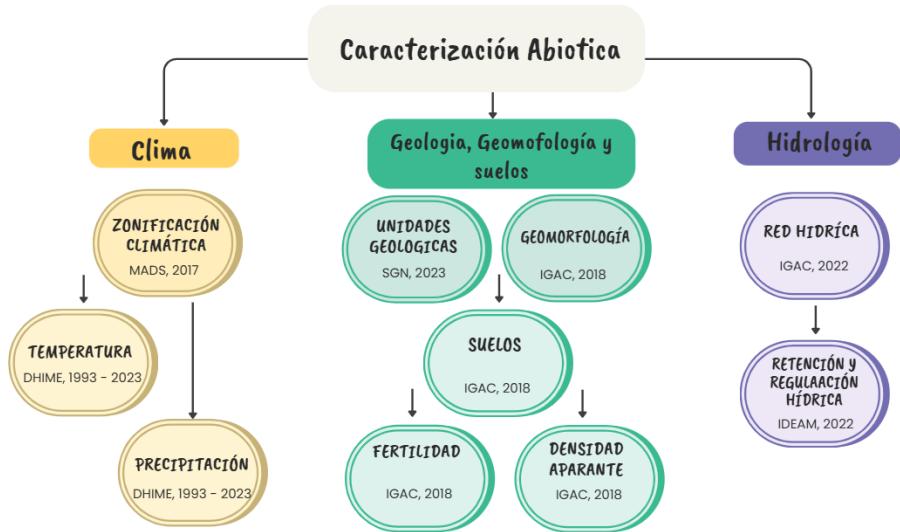


Figura 9. Caracterización abiótica en términos de clima, geología, geomorfología, suelos e hidrología. Fuente: Elaboración propia

2.5.2. Clima

Se utilizaron datos históricos (1993–2023) de 12 estaciones meteorológicas ubicadas en Caquetá, Meta y Guaviare, provenientes del sistema DHIME y complementados por IDEAM. Este análisis permitió identificar patrones históricos de temperatura y precipitación a nivel de unidad de paisaje.

Componentes clave del análisis:

- Zonificación Climática: Integración del modelo Caldas-Lang con el mapa de ecosistemas (IDEAM, 2021) para delimitar zonas homogéneas en clima.
- Temperatura: Registros mensuales evidencian temperaturas superiores a 18 °C en todo el año.
- Precipitación: Alta pluviosidad anual, consistente con climas cálido húmedo y semihúmedo.

Estas condiciones propician ambientes favorables para formaciones boscosas densas, con implicaciones directas en biodiversidad, productividad ganadera y estrategias de adaptación al cambio climático. Desde el punto de vista climático, la relación entre la altitud y la temperatura (Índice de Caldas) y la relación entre la precipitación anual con la temperatura anual (Índice de Lang), muestra que el clima predominante en las dos regiones de análisis es el clima cálido húmedo y semihúmedo los cuales se caracterizan por presentar temperaturas superiores a los 18°C a lo largo de todo el año y una alta pluviosidad que permite la formación de ambiente muy húmedos propicios para la existencia de formaciones vegetales boscosas (Tabla 2).

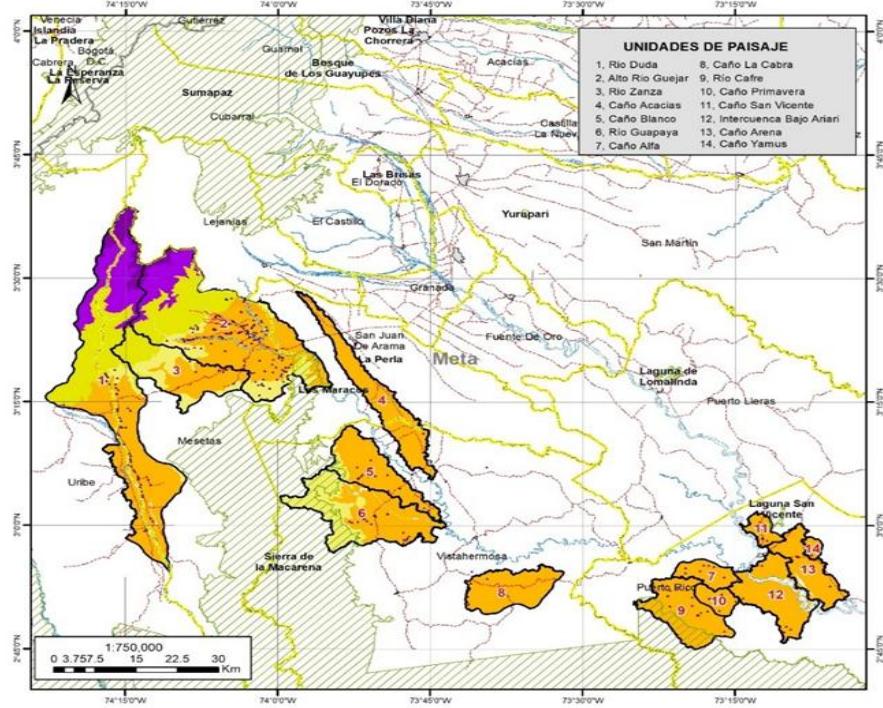
Tabla 2. Unidades de paisaje por el clima en hectáreas para las unidades de paisaje

UNIDADES DE PAISAJE/CLIMA ÁREA HECTÁREAS		Muy frio Superhúmedo	Superhúmedo	Frio Superhúmedo	Frio Húmedo	Templado Super húmedo	Templado Húmedo	Templado Semi húmedo	Calido Super húmedo	Calido Húmedo	Calido Semi húmedo	Calido Semiarido	N.A.	TOTAL
Cauca	1 Intercuenca Alto Rio Caguán						3,877			40,343	644	906	45,769	
	2 Quebrada La Argelia								24,321		6	24,326		
	3 Quebrada La Luz								4,511			4,511		
	4 rio Lozada alto					6,505			38,572		28	45,106		
	5 rio Lozada medio					49			58,503		432	58,984		
	6 Río Riequito		700		12,465			41,188	5,142		663	60,158		
	7 Intercuenca Medio Río Guayas							9,802			907	10,709		
	8 Quebrada La Barranca							13,515			6	13,521		
	9 Quebrada El Caimán							29,007			0	29,007		
	10 Q. La Niña María			1,647			9,070	35,301			806	46,824		
	11 rio Peneya				173			66,504			93	66,770		
	12 rio Sunsiya							17,729			39	17,768		
Meta	1 rio Duda	5,005	11,383		16,156	1,789		28,222			1,988	64,543		
	2 Alto Rio Guejar	1,325	7,228		14,451	8,239		1,109	24,646		1,180	58,177		
	3 rio Zanza		119		4,441	6,246		8,351				19,157		
	4 Caño Acacias							16,705			5	16,710		
	5 Caño Blanco (Caño Guayapal)					1,416		13,104			0	14,520		
	6 Río Guapaya					11,217		14,729			330	26,276		
	7 Caño Alfa							4,944			2	4,946		
	8 Caño La Cabra							12,750				12,750		
	9 Río Cafre							14,595				14,595		
	10 Caño Primavera							3,545				3,545		
	11 Caño San Vicente							2,950			2	2,952		
	12 Intercuenca Bajo Ariari							13,974			1,662	15,635		
	13 Caño Arena							9,957			254	10,211		
	14 Caño Yamus							1,315				1,315		
Total general		6,330	18,729	700	36,868	41,371	10,431	10,179	382,837	171,392	644	9,307	688,787	

Fuente: Elaboración propia a partir de (MADS, 2021)

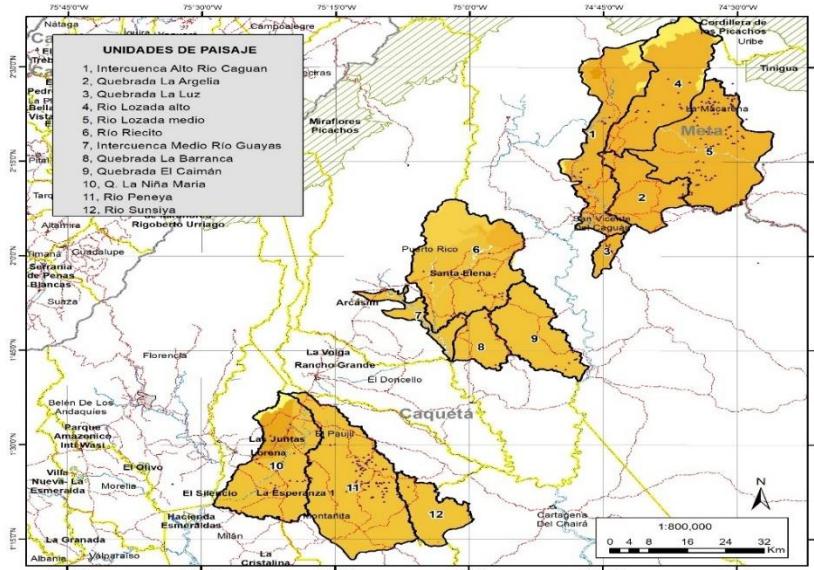
Por su parte, la Figura 10, muestra la distribución de las zonas climáticas, por unidad de análisis mostrando los siguientes resultados:

A: META



Entre los 220 y 3600 msnm, la zona noroccidental presenta un clima frio super húmedo. El clima templado super húmedo con 16.156 ha y el clima cálido húmedo con 28.222 ha y 24.646 ha en la unidad del paisaje del río Duda y el Alto río Guejar respectivamente.

B: CAQUETÁ



Caquetá no presenta climas fríos super húmedos y se destacan 66.504 ha en la unidad del paisaje del río Peneya, seguido por 58.503 ha en la unidad del paisaje del río Lozada con clima cálida semihúmedo

Figura 10. Zonificación climática – Caldas Lang a). Meta b). Caquetá. Fuente: Elaboración propia a partir de (MADS, 2021)

El comportamiento de la temperatura en el periodo comprendido entre enero de 1993 a diciembre del 2023, para la zona del Caquetá muestran una temperatura promedio mensual de 21,58°C, y para Meta 21,18°C mientras que la máxima reporta valores mensuales para Caquetá de 30,92°C y Meta de 30,64°C.

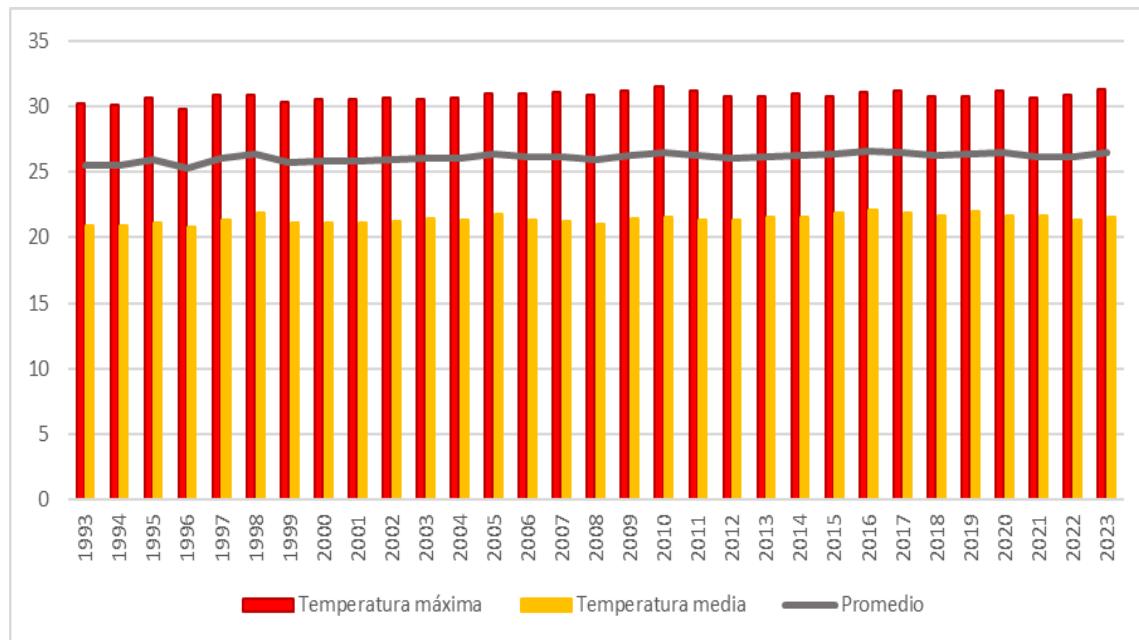


Figura 11. Temperatura máxima, mínima y media periodo 1993-2023 en la zona de estudio. Fuente: Estaciones climáticas de Colombia (<http://www.siac.gov.co/dhime>)

El análisis histórico (1993–2023) muestra una precipitación promedio multianual de 277,93 mm, con un comportamiento monomodal a lo largo de toda el área de estudio.

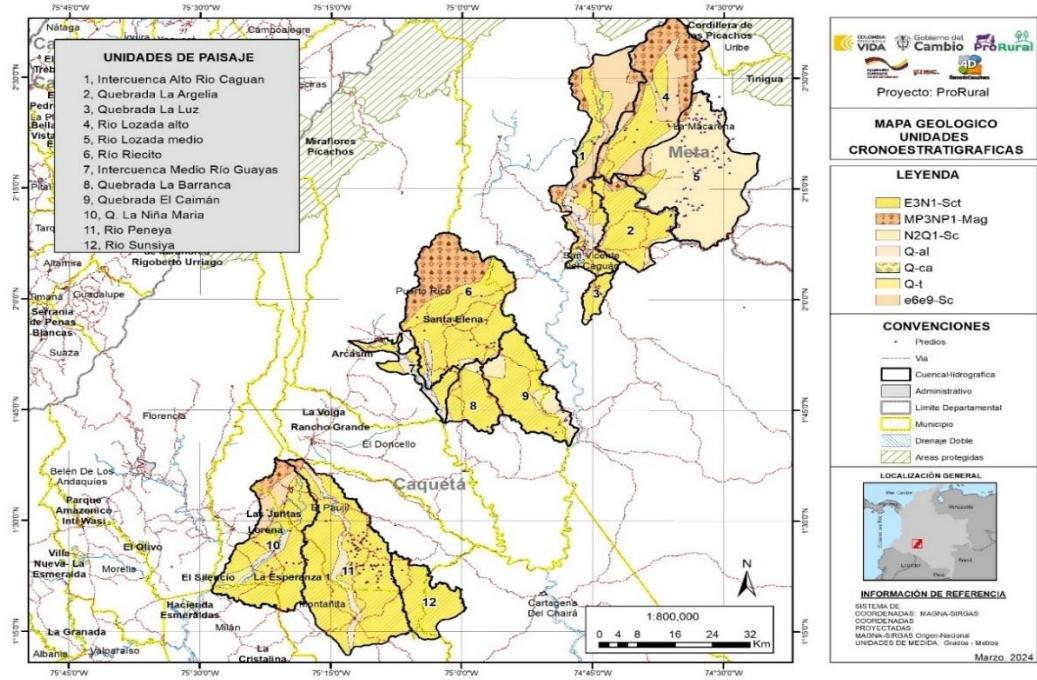
- Temporada de lluvias: De abril a junio, se registran los picos máximos .
- Temporada seca: De diciembre a febrero, se observan los mínimos históricos.

Esta dinámica climática uniforme condiciona la disponibilidad hídrica, los ciclos productivos y la planificación de actividades agropecuarias en el paisaje.

2.5.3. Geología y Geomorfología

Los estudios del Servicio Geológico Nacional (2023) cartografián eventos y características geológicas del territorio colombiano a escala 1:1.500.000, permitiendo comprender su formación. Geológicamente las unidades de paisaje se encuentran formada en el Oligoceno-Mioceno conformada por lodochas, arenitas líticas e intercalaciones de conglomerados ferruginosos, presenta costras de yeso y capas de carbón, en 355.647 hectáreas. Seguido de conglomerados de bloques a guijos con intercalaciones de arcillas y arenitas de grano fino a grueso, con 65.090 ha.

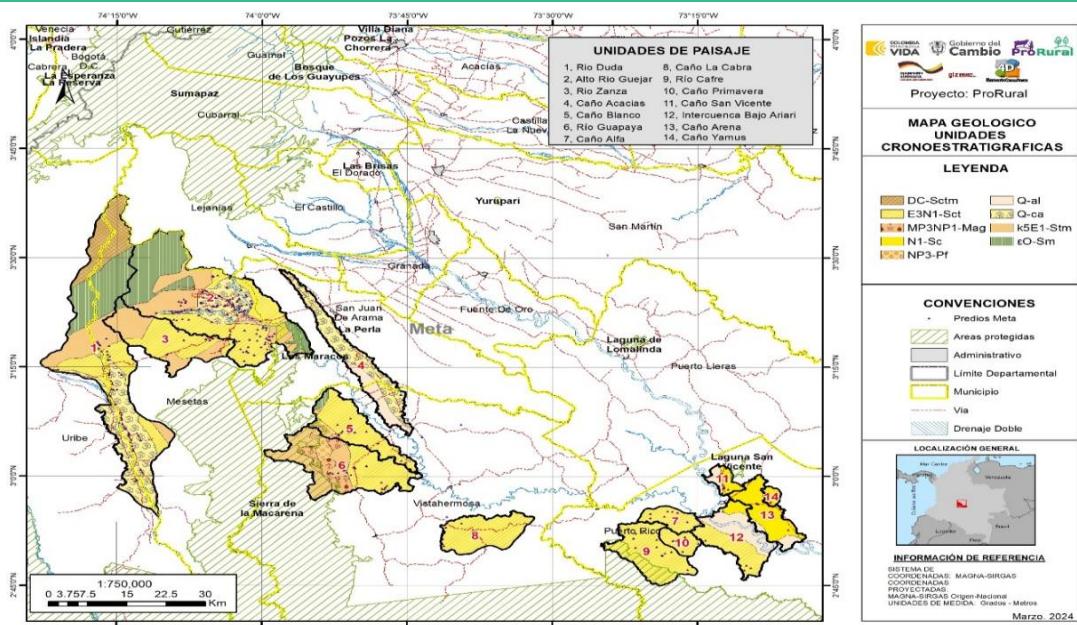
A. META



En el departamento del Meta, la geología influye en la aptitud del suelo para actividades agropecuarias.

- Lodoletas, arenitas líticas y conglomerados ferruginosos (E3N1-Sct): Representan el 39% del área (103.738 ha)
- Abanicos aluviales y depósitos coluviales (Q-ca): Ocupan el 16% (43.203 ha), el Río Duda (21.229 ha).
- Cuarzo arenitas con lodoletas y calizas (k5E1-Stm): Presente en el 15% del territorio (40.900 ha)
- Filitas y pizarras con cuarzoarenitas (Grupo Güejar, εO-Sm): Representan el 11% del área (31.668 ha)

A. CAQUETA

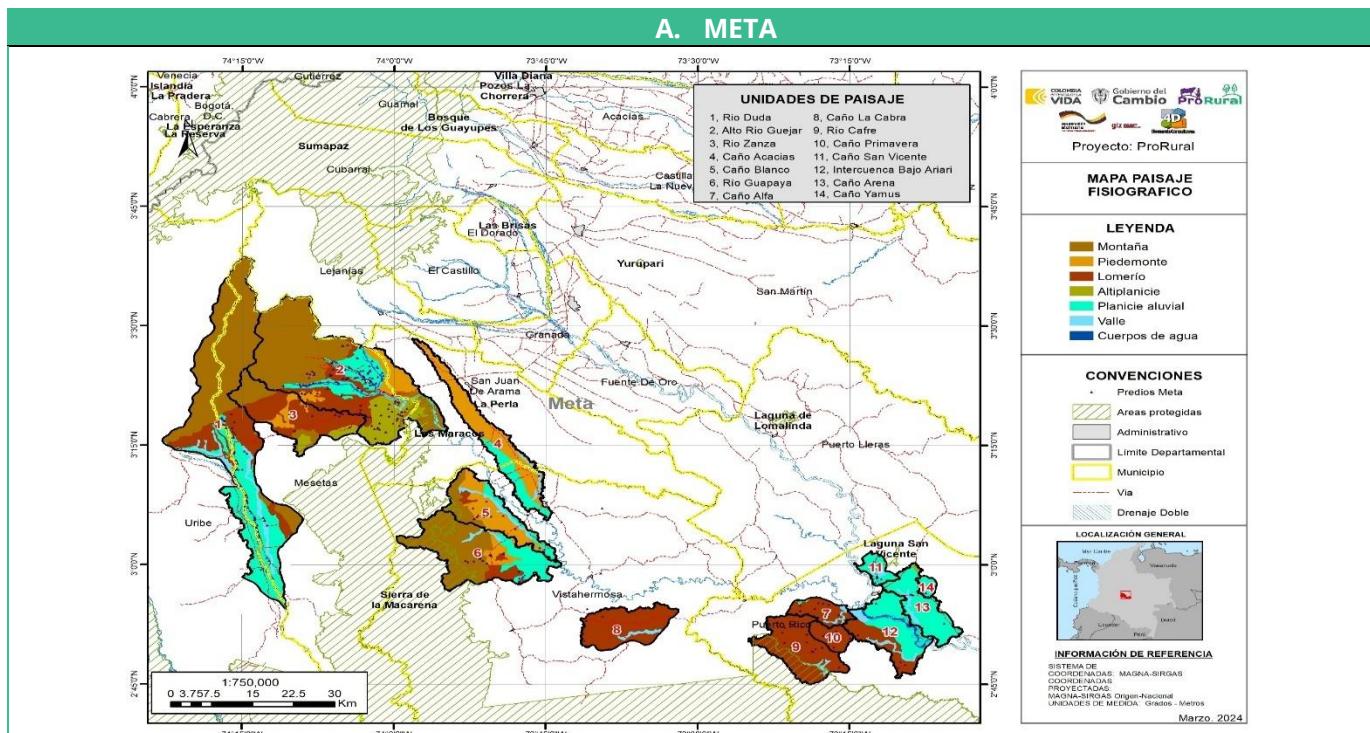


En el departamento del Caquetá, la geología condiciona fuertemente el uso agropecuario del suelo.

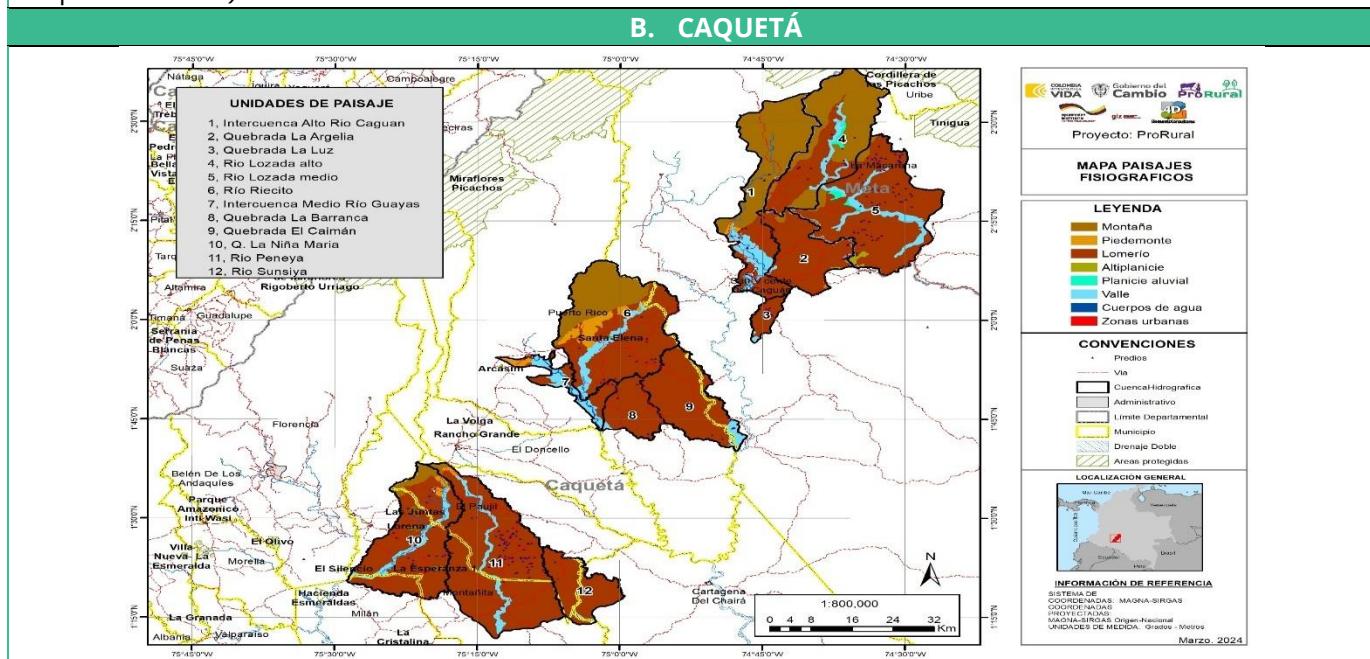
- Lodelitas, arenitas líticas y conglomerados ferruginosos (E3N1-Sct): Constituyen el 59% del área (251.910 ha).
- Conglomerados con intercalaciones de arcillas y arenitas (N2Q1-Sc): Ocupan el 15% del área (65.090 ha),
- Rocas metamórficas (MP3NP1-Mag): Presentes en el río Riequito (18.968 ha) y el río Lozada alto (15.839 ha).

Figura 12. Unidades cronoestratigráficas. Fuente: Elaboración propia a partir del (Gómez-Tapias, Montes-Ramírez, Rey-León, Marín-Rincón, & Mateus-Zabala, 2023)

El 59% son áreas con lomerío (367.130 ha) y el 14% de montaña (165.121 ha) en su geomorfología.



En Meta, el río Duda tiene 32.159 ha en montaña y 18.890 ha planicies aluviales; el río Guapaya en montaña (15.849 ha). En Caquetá, el río Lozada medio y el río Peneya con montañas (49.900 ha y 61.442 ha respectivamente).



Analizando el tipo de paisaje, relieve y material, en Caquetá se destaca el lomerío con lomas y colinas, con arcillas (211.881 ha), y lomas con rocas sedimentarias (arcillolitas) (45.575 ha). Para el Meta, 39.793 ha son lomerío con rocas sedimentarias (arcillolitas), seguido de montañas con filas y vigas, con rocas metamórficas (esquistos y filitas) en 36.745 ha; y montañas con rocas sedimentarias (areniscas, arcillolitas) y metamórficas (esquistos) en 31.991 ha.

Figura 13. Unidades morfológicas. Fuente: Elaboración propia a partir de mapa de suelos de Colombia - 1:100.000 IGAC.

2.5.4. Suelos

El análisis se fundamenta en el mapa de suelos a escala 1:100.000 del IGAC (2018), basado en la descripción de propiedades físicas, químicas, mineralógicas y morfológicas, esenciales para definir el uso y manejo del territorio.

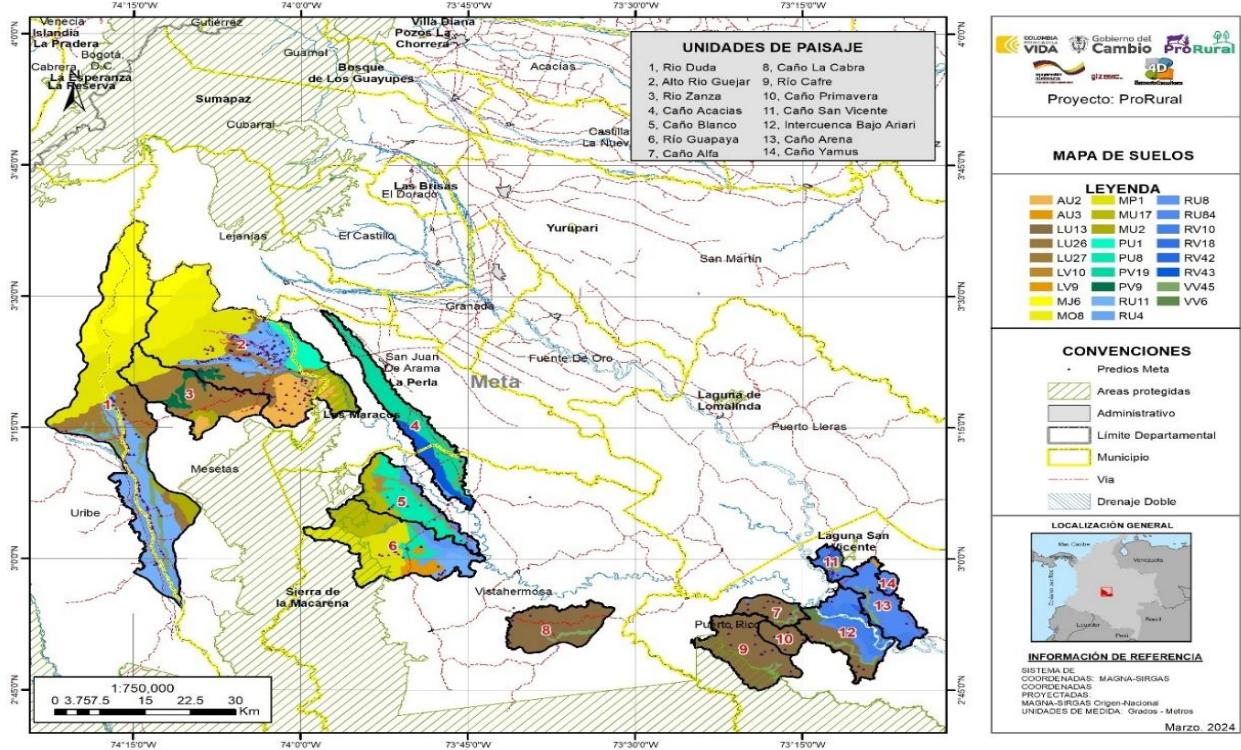
Distribución principal de suelos:

LV25 – Representan el 31% del área (211.881 ha). Se ubican en lomeríos y colinas, con suelos de arcillas, profundidad moderada, textura fina, baja fertilidad, fuerte acidez y buen drenaje.

LU13 – Corresponden al 12% del área (84.866 ha). Presentes también en lomeríos con rocas sedimentarias (arcillolitas), comparten las mismas características limitantes de fertilidad y acidez, con textura fina y drenaje adecuado.

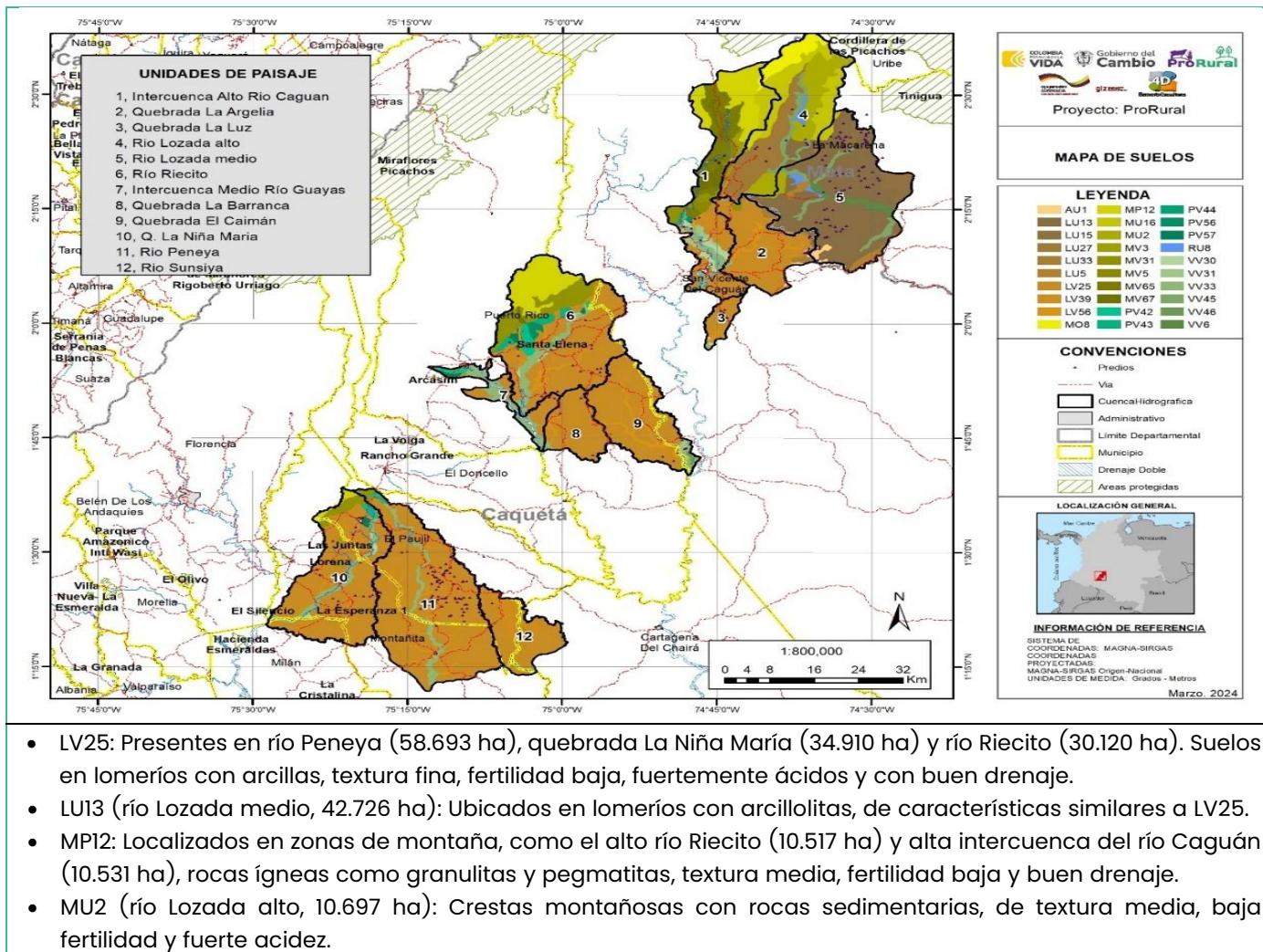
Esta información es clave para la planificación de usos agropecuarios, forestales y de conservación, considerando las restricciones naturales del suelo y las limitaciones naturales (acidez, fertilidad baja), para el uso agropecuario intensivo.

A. META



- MJ6 (río Duda, 15.282 ha): Suelos en montaña con esquistos y filitas, de baja fertilidad, textura media, fuertemente ácidos y buen drenaje.
- RU11 (15.010 ha): Suelos en planicie aluvial con depósitos finos, profundidad moderada, textura fina, baja fertilidad, buen drenaje y fuerte acidez.
- LU13 (14.089 ha, río Cafre): Presentes en lomeríos con arcillolitas, de textura fina, baja fertilidad y buen drenaje.
- RU84: Localizados en caño Arena (8.040 ha), intercuenca baja del río Ariari (3.051 ha) y caño Yamus (1.198 ha). Planicie aluvial con depósitos mixtos, textura fina, baja fertilidad y buena capacidad de drenaje.

B. CAQUETÁ



- LV25: Presentes en río Peneya (58.693 ha), quebrada La Niña María (34.910 ha) y río Riequito (30.120 ha). Suelos en lomeríos con arcillas, textura fina, fertilidad baja, fuertemente ácidos y con buen drenaje.
- LU13 (río Lozada medio, 42.726 ha): Ubicados en lomeríos con arcillolitas, de características similares a LV25.
- MP12: Localizados en zonas de montaña, como el alto río Riequito (10.517 ha) y alta intercuenca del río Caguán (10.531 ha), rocas ígneas como granulitas y pegmatitas, textura media, fertilidad baja y buen drenaje.
- MU2 (río Lozada alto, 10.697 ha): Crestas montañosas con rocas sedimentarias, de textura media, baja fertilidad y fuerte acidez.

Figura 14. Mapa de unidades cartográficas de suelos del Meta y Caquetá. Fuente: Elaboración propia a partir del mapa de suelos de Colombia (IGAC, 2018)

El análisis de la capacidad de uso integra las características físicas, químicas, geomorfológicas y climáticas de los suelos, destacando las restricciones derivadas de procesos de degradación antrópica. Basado en los estudios generales de suelos y zonificación de tierras de Meta (2000) y Caquetá (2011), se identificó que:

El 28% del territorio (195.904 ha) presenta suelos con capacidad VIIpe-V, ubicados en zonas de montaña y lomerío, con:

- Clima cálido húmedo
- Relieve moderadamente quebrado a escarpado
- Suelos superficiales a profundos, bien drenados

Principales limitantes:

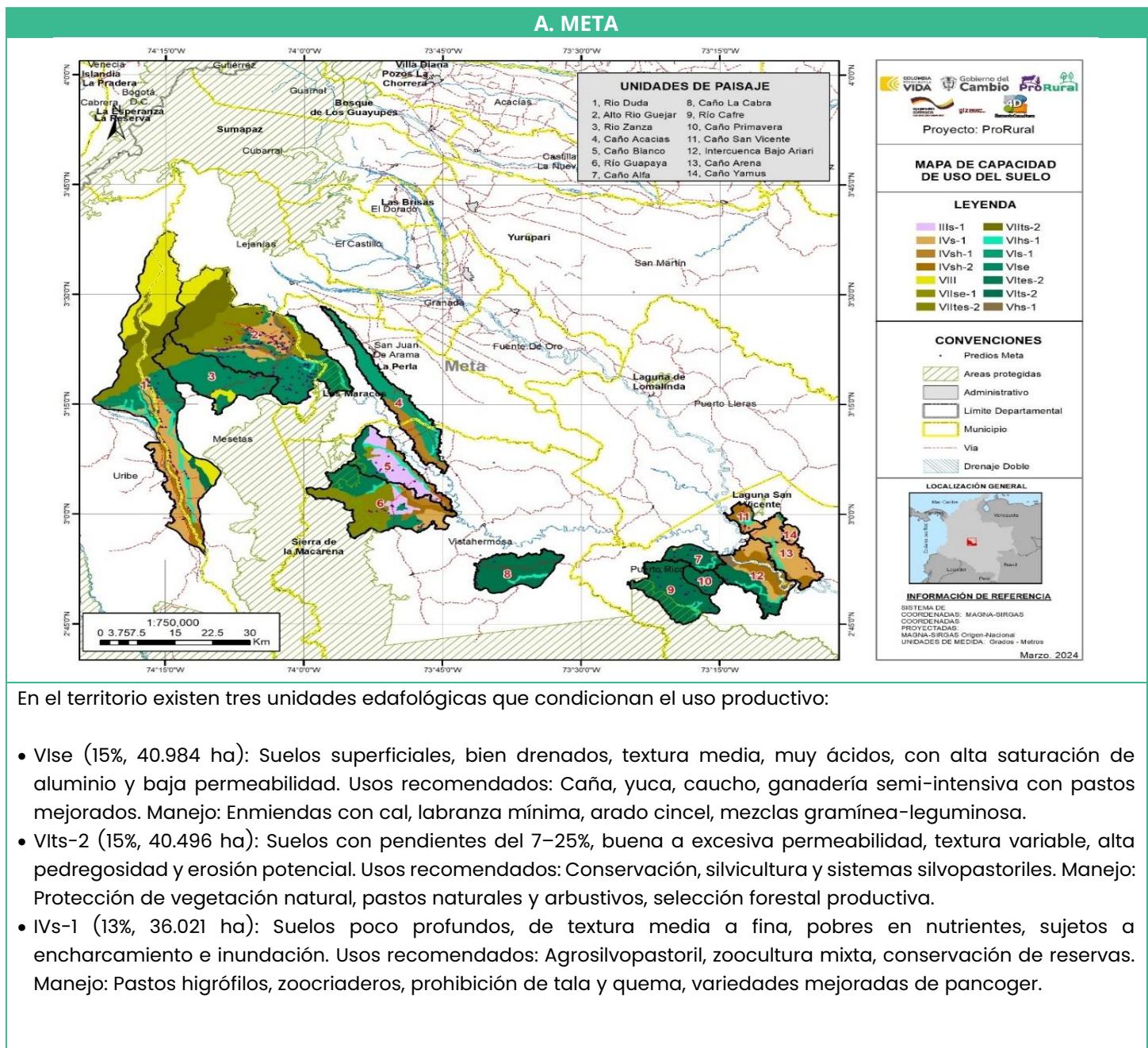
- Pendientes > 25%
- Erosión hídrica moderada

Usos recomendados:

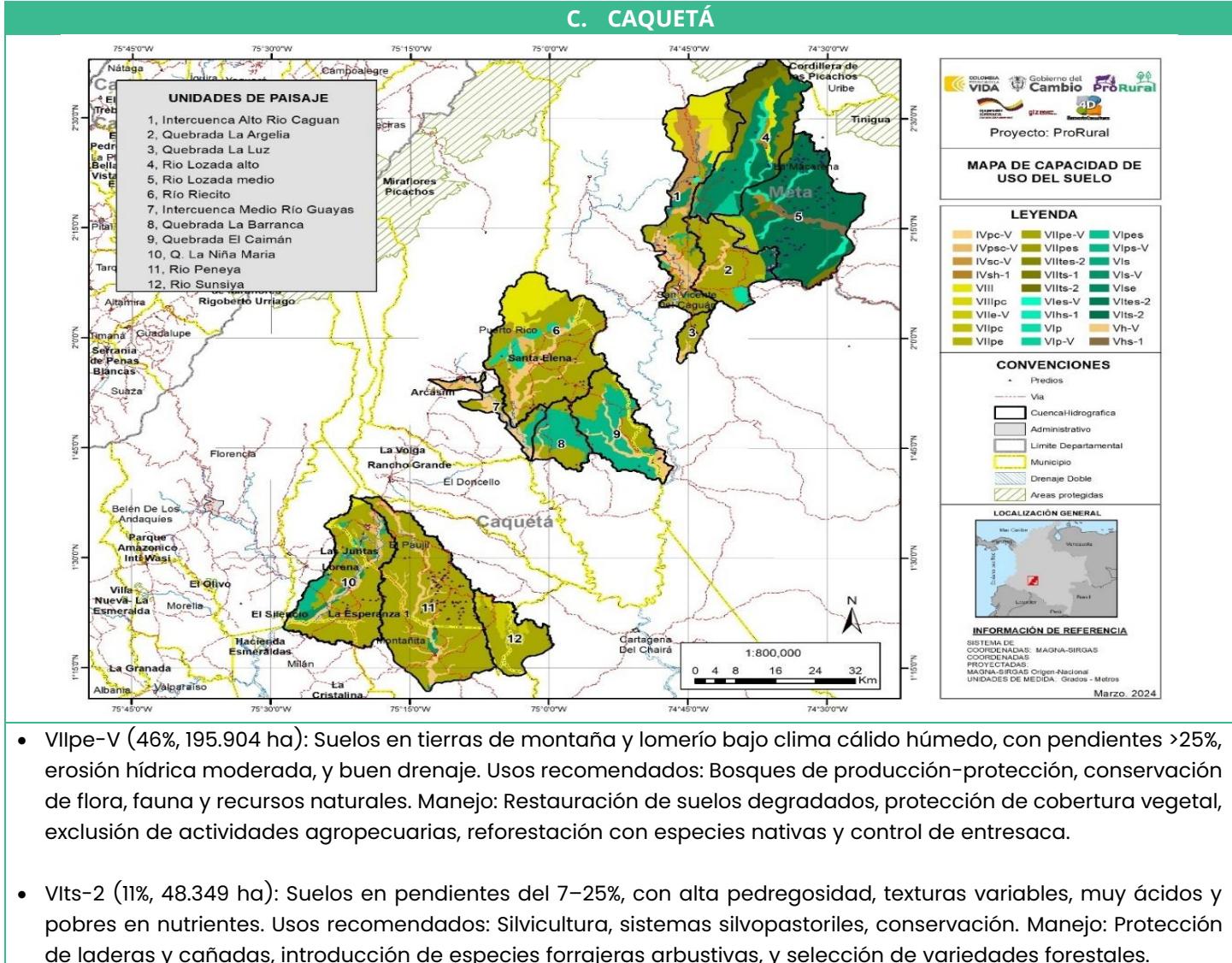
- Bosques de producción-protección
- Conservación de recursos naturales
- Protección de fauna y flora silvestre

Manejo sugerido:

- Recuperación de suelos degradados
- Mantenimiento de la vegetación natural
- Prohibición de actividades agropecuarias
- Reforestación con especies nativas
- Control de la entresaca de bosques (Figura 15).



C. CAQUETÁ



- Vllpe-V (46%, 195.904 ha): Suelos en tierras de montaña y lomerío bajo clima cálido húmedo, con pendientes >25%, erosión hídrica moderada, y buen drenaje. Usos recomendados: Bosques de producción-protección, conservación de flora, fauna y recursos naturales. Manejo: Restauración de suelos degradados, protección de cobertura vegetal, exclusión de actividades agropecuarias, reforestación con especies nativas y control de entresaca.
- Vlts-2 (11%, 48.349 ha): Suelos en pendientes del 7-25%, con alta pedregosidad, texturas variables, muy ácidos y pobres en nutrientes. Usos recomendados: Silvicultura, sistemas silvopastoriles, conservación. Manejo: Protección de laderas y cañadas, introducción de especies forrajeras arbustivas, y selección de variedades forestales.

Figura 15. Mapa de capacidad de uso de la tierra.

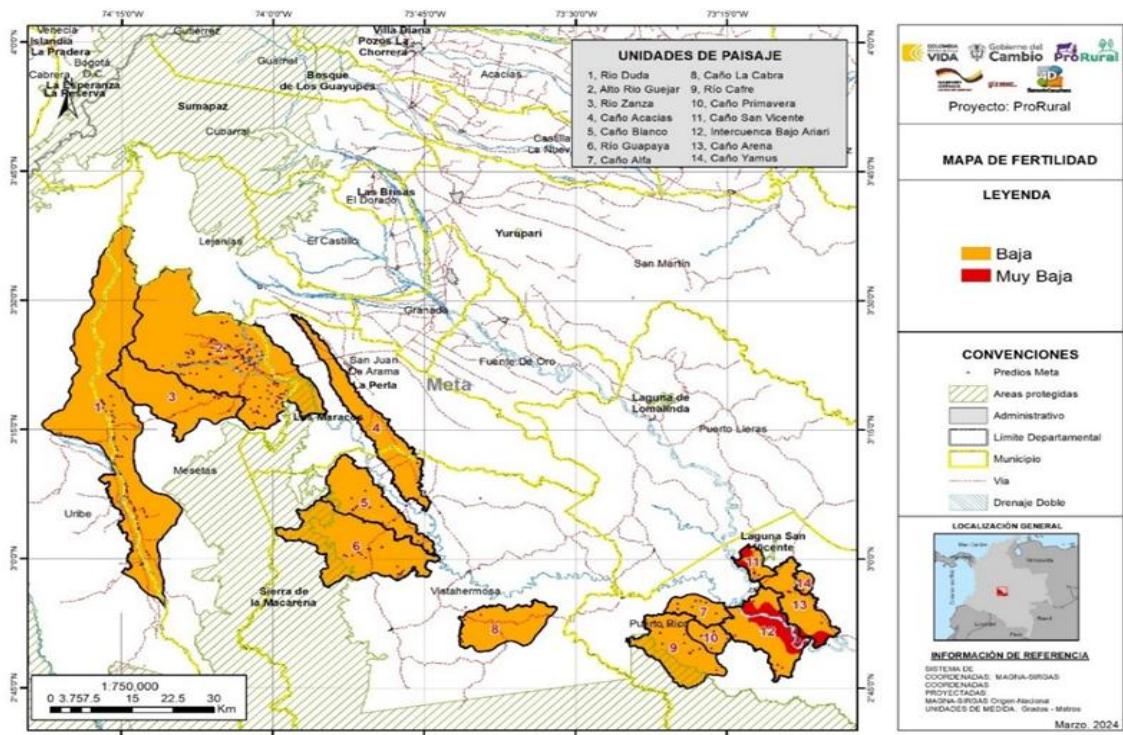
El análisis de fertilidad considera las condiciones físicas, químicas y biológicas que afectan el desarrollo agrícola, como textura, pH, materia orgánica, fósforo, capacidad de intercambio catiónico y saturación de aluminio.

En el área de estudio, el 95% de las unidades cartográficas (636.064 ha) presentan baja fertilidad, caracterizadas por:

- pH muy ácido
- Alta saturación de aluminio
- Baja CIC (capacidad de intercambio catiónico)

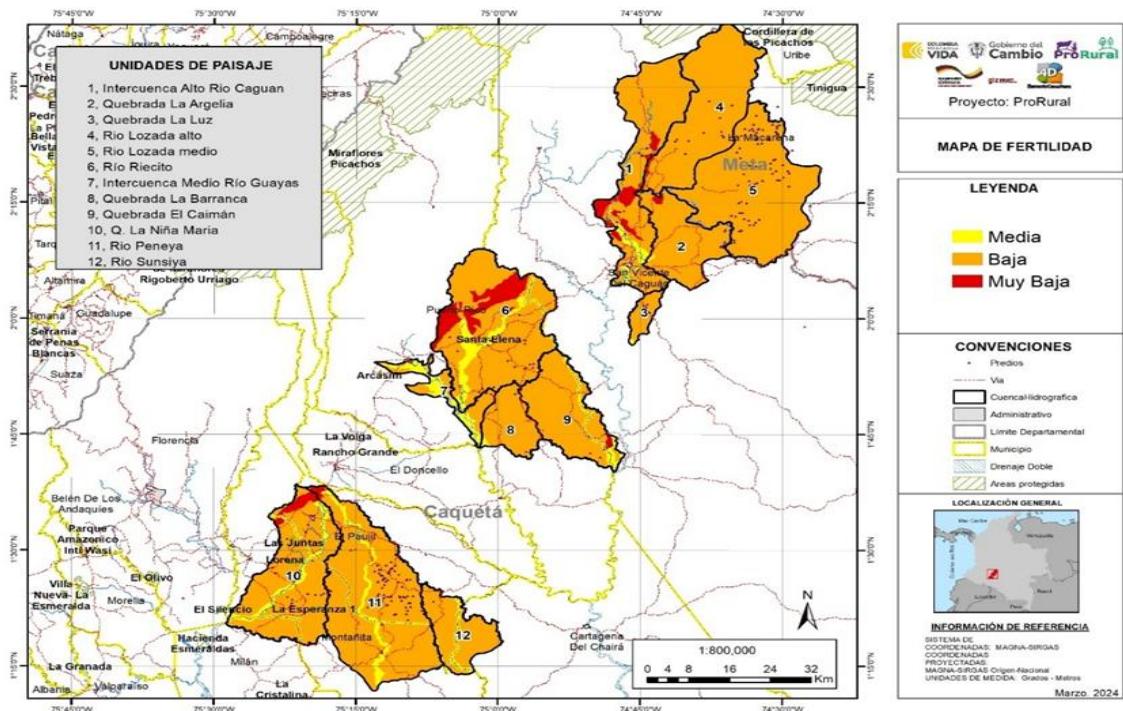
Estas condiciones son adecuadas para especies nativas adaptadas a suelos pobres, pero limitantes para cultivos comerciales, que requieren aportes externos de nutrientes para mantener su productividad (Figura 16).

A. META



La fertilidad de los suelos en el Meta, muestra la predominancia de baja fertilidad en el 96% del territorio, el 2% tiene una fertilidad muy baja a lo largo de la intercuenca bajo Ariari

B. CAQUETÁ



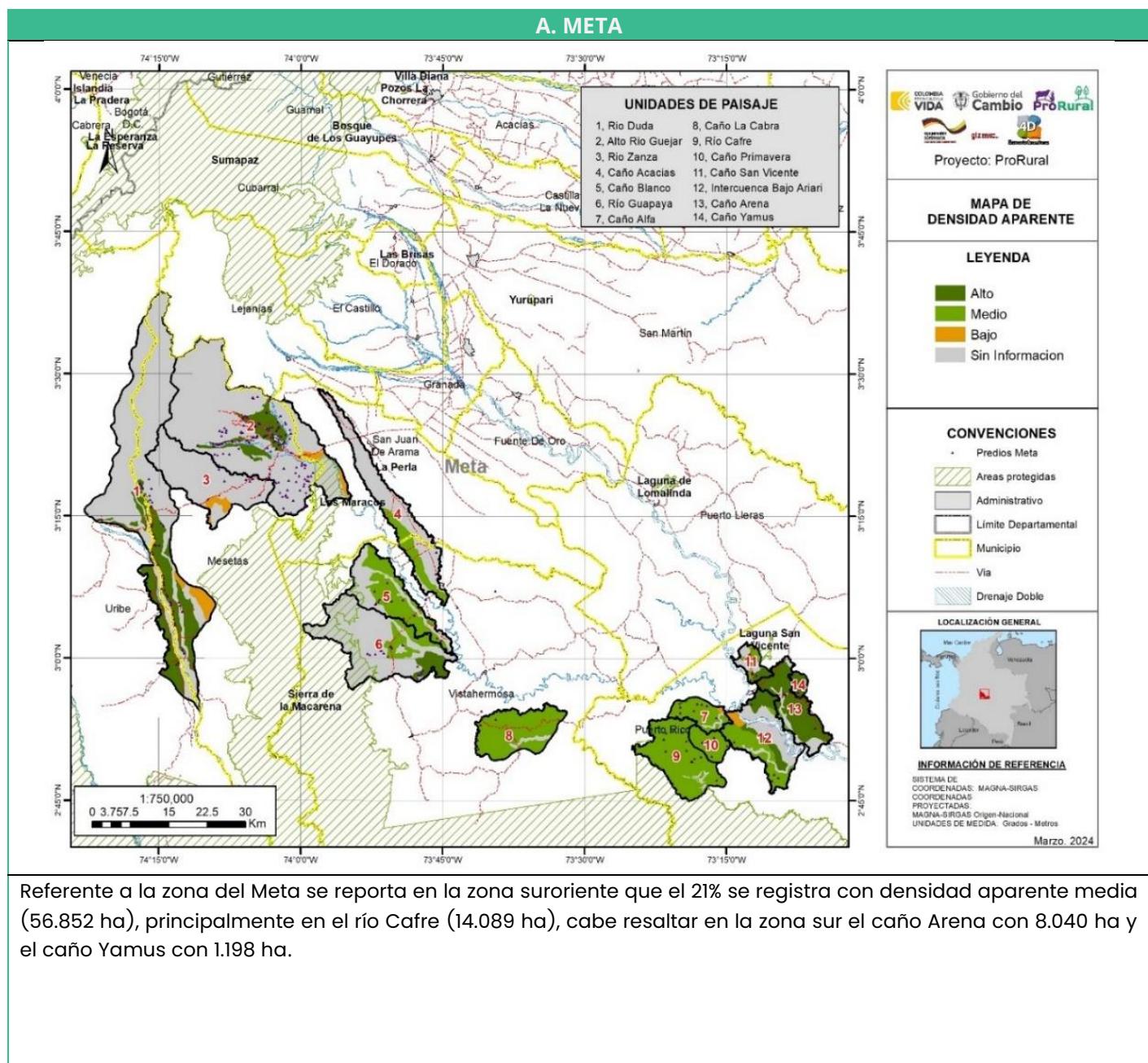
Caquetá presenta suelos con baja fertilidad en el 90% del territorio con 380.327 ha, fertilidad media en el 6% del área (23.823 ha) y Muy baja fertilidad el 4% del territorio (17.419 ha), el río Riequito (8.682 ha) y la intercuenca Alto Río Caguán (4.656 ha)

Figura 16. Mapa de fertilidad. Fuente: Elaboración propia

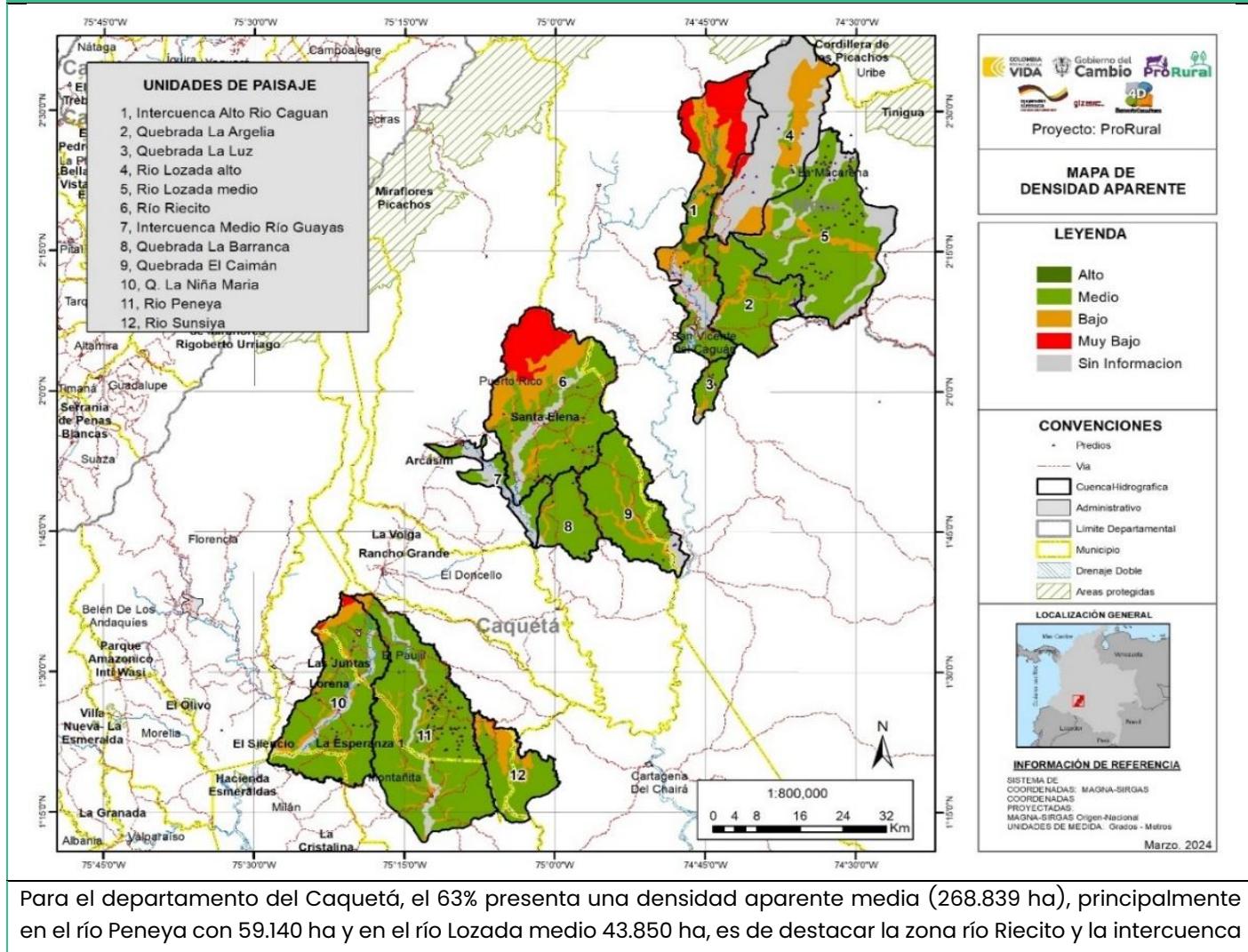
La densidad aparente permite evaluar el grado de compactación del suelo, influyendo directamente en la retención de humedad, la aireación y el desarrollo de raíces. Valores elevados reducen la productividad agrícola. En el área de estudio, el 47% del territorio (325.692 ha) presenta densidad aparente media, asociada a materiales parentales como:

- Depósitos coluvio-aluviales mixtos
- Depósitos arcillo-arenosos del Terciario
- Rocas ígneas y depósitos orgánicos

El 34% del área (233.631 ha) carece de información, concentrándose en el departamento del Meta, lo que evidencia la necesidad de ampliar estudios para la planificación agropecuaria (Figura 17).



C. CAQUETÁ



Para el departamento del Caquetá, el 63% presenta una densidad aparente media (268.839 ha), principalmente en el río Peneya con 59.140 ha y en el río Lozada medio 43.850 ha, es de destacar la zona río Riequito y la intercuenca del río Caguán con 10.531 ha y 10.517 ha respectivamente, con densidad aparente muy baja.

Figura 17. Mapa de densidad aparente en los suelos.

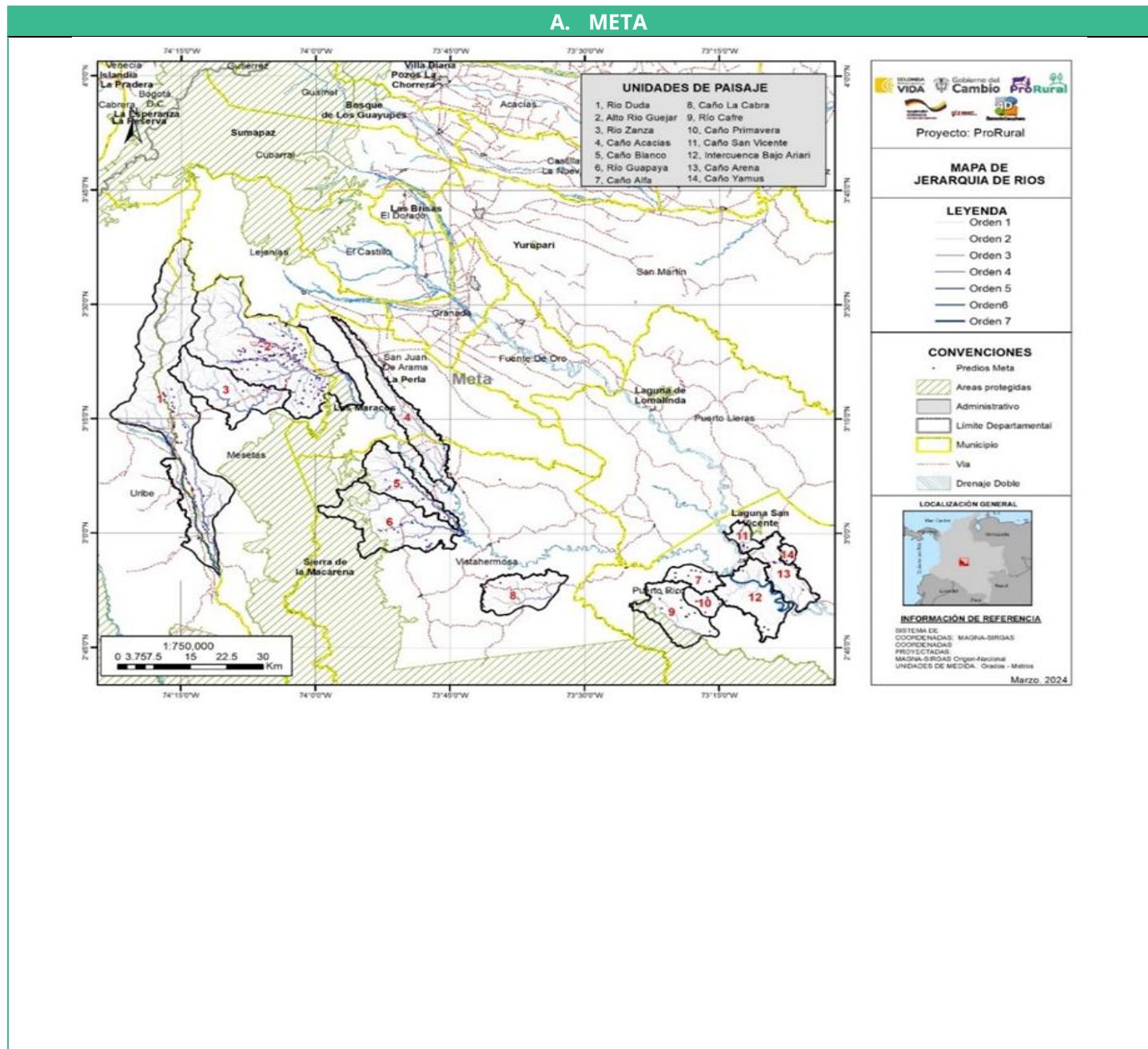
2.5.5. Hidrología

La red hidrográfica describe el sistema de drenajes en las unidades de análisis, y su jerarquización permite comprender su capacidad para transportar y regular la escorrentía pluvial. Para estructurarla, se usó la cartografía base de Colombia (IGAC, 2022) a escala 1:100.000, aplicando el modelo de jerarquización de Strahler (1957). Este modelo asigna valores según el orden del canal de agua:

- Orden 1: Canales sin ramificaciones (nacientes).
- Orden 2: Canales que reciben drenajes de primer orden.
- Orden 3: Canales que reciben drenajes de segundo orden, y así sucesivamente.

Así mismo, contempla el índice de regulación hídrica, basado en el Estudio Nacional del Agua (IDEAM, 2022), para medir la capacidad de subzonas hidrográficas para mantener la escorrentía

y el suministro hídrico. Este depende de la interacción entre el suelo, la vegetación y las condiciones climáticas, evaluando variables como tasas de evapotranspiración y características físicas del suelo que afectan la infiltración determinante clave en la capacidad reguladora del sistema hidrológico de una cuenca. Para esta área, se encontró una estructura hidrográfica robusta, con una longitud de 7.298 km, y con un orden jerárquico de 7 sobre ríos principales, que corresponde a 3 cauces (río Caquetá, río Caguán y río Guaviare), evidenciando la complejidad en la red hídrica, lo que se traduce en una favorable potencialidad de riqueza de agua, representada en la dinámica superficial de provisión, regulación y soporte, así como un sistema de movilidad y transporte de los ríos en los diferentes planos y terrazas de acumulación hídrica (Figura 18).



B. CAQUETÁ

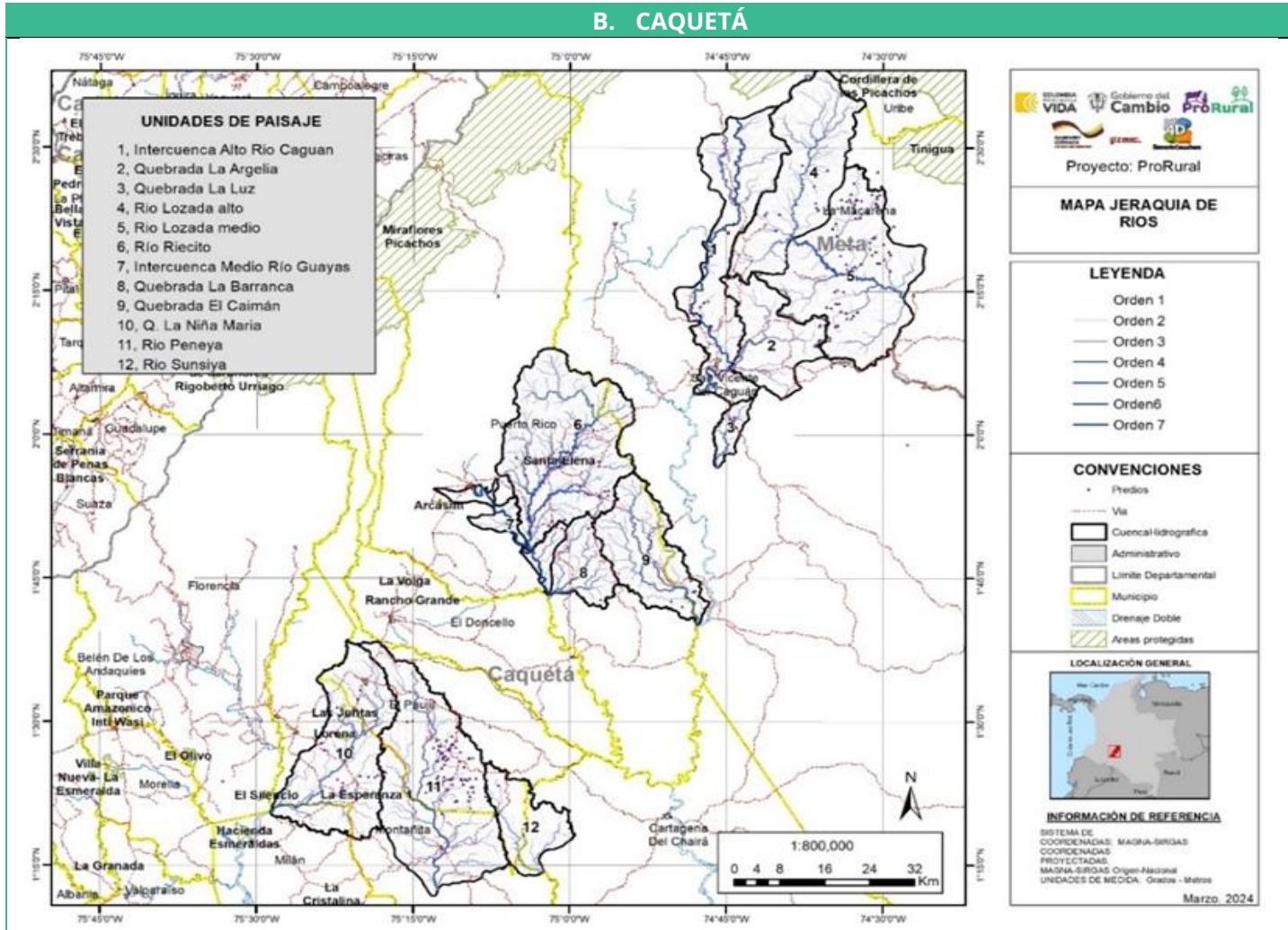


Figura 18. Mapa de la jerarquía de ríos

A nivel de zona hidrográfica, en cuanto a la jerarquía de ríos para la zona el 57% corresponden a orden 1 con 4.168 km (2.881 km en el departamento del Caquetá y 1.287 km en el departamento del Meta), seguido de orden 2 con un 20% y 1.499 km y un 11% en orden 3 con 812 km.

Al analizar la zona hidrográfica del Caquetá, se observa que para en la zona se tiene una longitud de cauces de 2.668 Km para la SZH del río Caguán, 1.207 km para la SZH del río Caquetá y 1.122 km para la SZH del río Guaviare. Para la ZH del río Meta se reporta en la SZH del río Guaviare 2.300 km. Dentro de la SZH del río Guayas se registran 1.350 km de cauces, seguido de la SZH río Guejar con 1.302 km, la SZH del río Orteguaza con 1.207 km, 1.160 km de cauces de la SZH del río Caguán Alto se registran y 1.122 km de la SZH del río Lozada.

Tabla 3. Ordenes de los cauces inmersos en las zonas hidrográficas del río Caguán, Caquetá y Guaviare.

Zona	Nombre de la Zona Hidrográfica	Nombre del Subzona hidrográfica	1	2	3	4	5	6	7	Total general
Caquetá	Caguán	Río Caguán Alto	667,06	206,01	91,32	97,95	11,26	86,78	-	1.160,37
		Rio Guayas	741,54	290,68	144,43	73,78	48,20	16,36	35,36	1.350,35
		Rio Sunsiya	90,59	29,00	37,80	-	-	-	-	157,39
	Caquetá	Rio Orteguaza	679,65	286,05	126,94	81,81	33,06	-	-	1.207,52
	Guaviare	Rio Lozada	702,15	208,78	124,69	45,43	41,04	-	-	1.122,10
Meta	Guaviare	Rio Bajo Guaviare - NSS	117,65	42,33	19,61	-	-	-	-	179,59
		Rio Guape	320,69	105,23	96,47	70,05	-	34,41	-	626,85
		Rio Güejar	741,33	283,22	160,37	114,56	2,53	-	-	1.302,00
		Rio Medio y Bajo Ariari - NSS	106,97	48,38	10,47	-	-	-	26,17	191,99
Total general			4.167,62	1.499,67	812,10	483,59	136,09	137,55	61,54	7.298,16

Fuente: Elaboración propia a partir de (IGAC, 2022)

Acorde al Estudio Nacional del Agua (IDEAM, 2022), la medición del índice de retención y regulación hídrica indica que las SZH que atraviesan la zona de estudio para el área del departamento del Meta reporta una regulación hídrica moderada con 265.333 ha, mientras que para el Caquetá es alta con 319.502 ha y moderada con 103.952 ha; lo cual indica que estas cuencas tienen una capacidad media para mantener y regular un régimen de caudales, la cual está limitada por la interacción del sistema suelo-vegetación (características físicas y morfométricas de la cuenca).

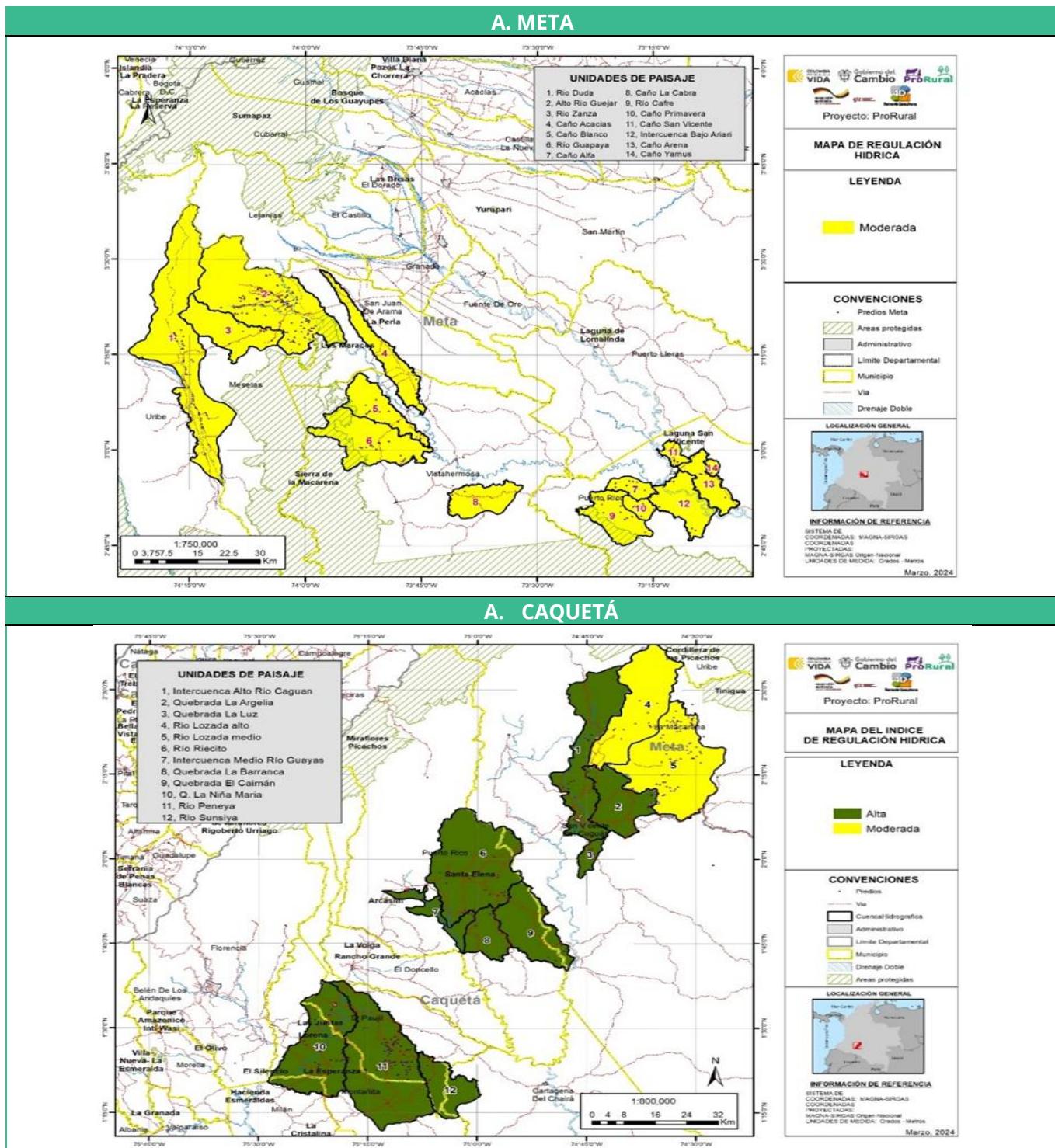


Figura 19. Mapa de regulación hidrica. Fuente: Elaboración propia a partir de (IDEAM, 2022)

2.5.6. Caracterización Biótica

La **Caracterización Biótica** muestra los componentes desarrollados para la caracterización biótica, la cual se generó a partir de la información secundaria recopilada en términos de especies, y de ecosistemas.

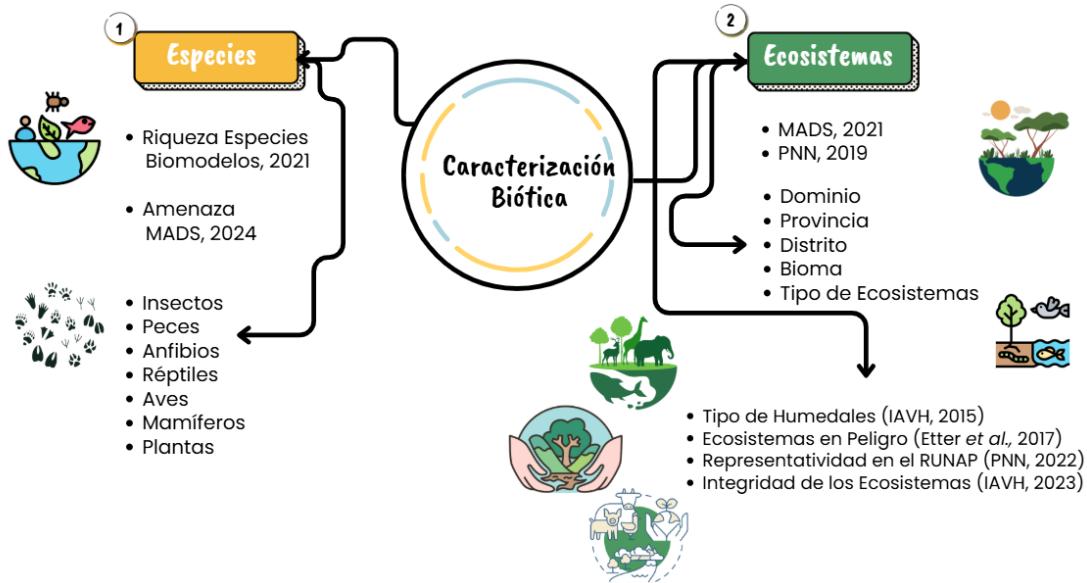


Figura 20. Caracterización biótica en términos de especies y ecosistemas. Fuente: Elaboración propia

Se presentó una distribución de 58.018 registros de especies de insectos, peces, anfibios, reptiles, aves y mamíferos para los paisajes del Meta, y Caquetá.

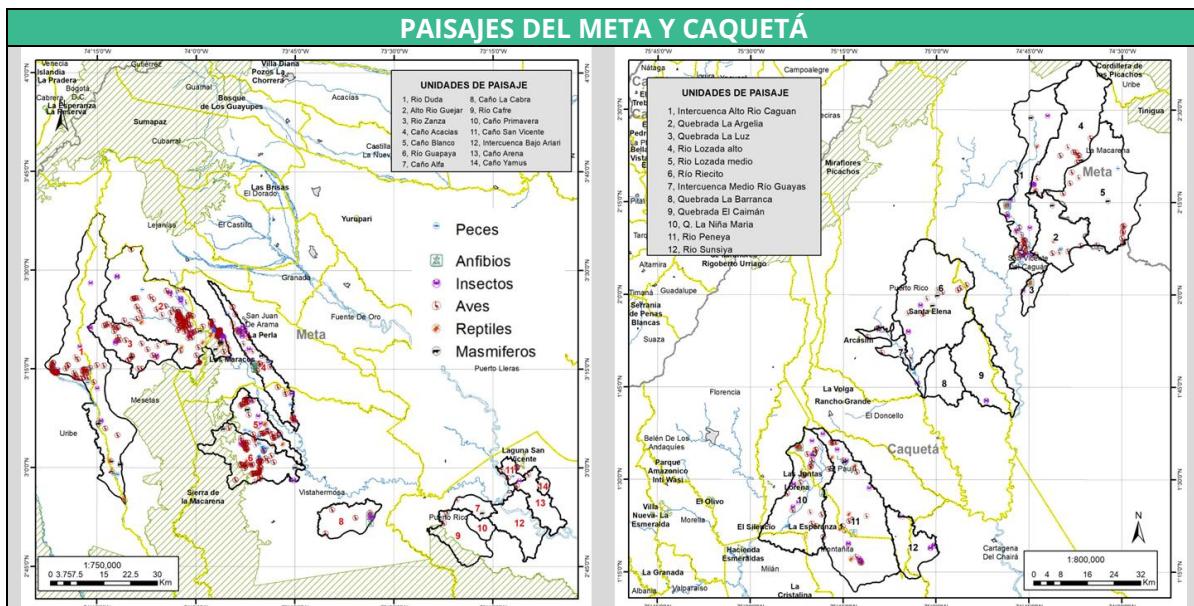


Figura 21. Mapa de registro de especies de insectos, peces, anfibios, reptiles, aves y mamíferos para los paisajes del Meta y Caquetá. Fuente: Elaboración propia a partir de información del GBIF

En el área de estudio se reporta una riqueza de 257 especies de insectos, equivalente al 1% de la diversidad nacional de invertebrados (23.725 spp). Destaca el orden Lepidoptera con 129 spp, seguido por Hymenoptera (49 spp), Blattodea (24 spp) y Coleoptera (20 spp). El resto se distribuye entre 7 órdenes adicionales.

En peces, de las 1.474 especies de agua dulce registradas en Colombia, 753 spp habitan la macrocuenca amazónica. En la zona de estudio se identificaron 111 especies (7,5% del total nacional): 90 spp en Meta y 31 en Caquetá. Predomina el orden Characiformes, con 62 spp en 33 géneros y 12 familias; la más diversa es Characidae (42 spp), seguida por Curimatidae (5 spp). El orden Siluriformes resalta con Loricariidae como familia dominante (16 spp, 11 géneros).

Tabla 4. Orden, familias y especies de peces presentes en el área de estudio

ORDEN	Familia	TOTAL			META			CAQUETÁ		
		Genero	Spp	Familia	Genero	Spp	Familia	Genero	Spp	
Characiformes	12	33	62	11	26	47	5	19	22	
Cyprinodontiformes	1	1	1	1	1	1				
Gymnotiformes	3	3	3	2	2	2	1	1	1	
Perciformes	1	5	7	1	4	6	1	2	2	
Siluriformes	10	30	37	9	27	33	5	6	6	
Synbranchiformes	1	1	1	1	1	1				
Total	28	73	111	25	62	90	12	28	31	

Peces dulceacuícolas

Colombia cuenta con 56 especies amenazadas, de las cuales 7 se reportan en el área de estudio bajo categoría Vulnerable (VU):

Tyttocharax matae, Astroblepus latidens, Chaetostoma dorsale, C. formosae, C. joropo, Farlowella acus y F. mitoupibo. Además, se encuentran 2 especies casi amenazadas (NT) (*Aristogramma alacrina* y *A. macmasteri*) y 48 de preocupación menor (LC).

Anfibios:

De las 927 especies nacionales, solo 19 spp (2%) están presentes en la zona de estudio, principalmente de la familia Hylidae (8 spp, 4 géneros). Una especie amenazada, *Colostethus latinasus*, figura en categoría crítica (CR).

Reptiles:

Colombia registra 591 especies, y 41 spp (7%) habitan el área evaluada (17 en Caquetá y 29 en Meta). Entre las especies vulnerables (VU) destacan las tortugas *Podocnemis unifilis* y *Chelonoidis denticulatus*.

Aves:

Con 1.821 especies a nivel nacional, se reportan 741 spp (41%) en el área de estudio, distribuidas

en 25 órdenes, 70 familias y 400 géneros. El orden Passeriformes domina con 417 spp, seguido por Piciformes (55 spp), Apodiformes (45 spp) y Psittaciformes (27 spp).

✿✿ Mamíferos

En Colombia se reporta un total de 458 especies de las cuales 70 se encuentran dentro el área de estudio lo que equivale al 15% de la diversidad de este grupo. Este grupo se encuentra representado por 9 órdenes, 22 familias, 52 géneros.

En el área de estudio se han reportado 1.684 especies de plantas que equivalen al 4,7% de la riqueza de especies en Colombia, estimada en 35.946. En el inventario de la diversidad biológica de este grupo resulta imposible registrar la totalidad de las especies presentes en el área ya sea por su accesibilidad, la extensión, la falta de muestreo, lo que significa una posible una subestimación. La Figura 22, muestra los sitios de colecta de especies de flora, que han sido validados e incorpora la información de diferentes colectores institucionales como el IAvH, el Herbario Nacional de Colombia, el Instituto SINCHI, entre otros.

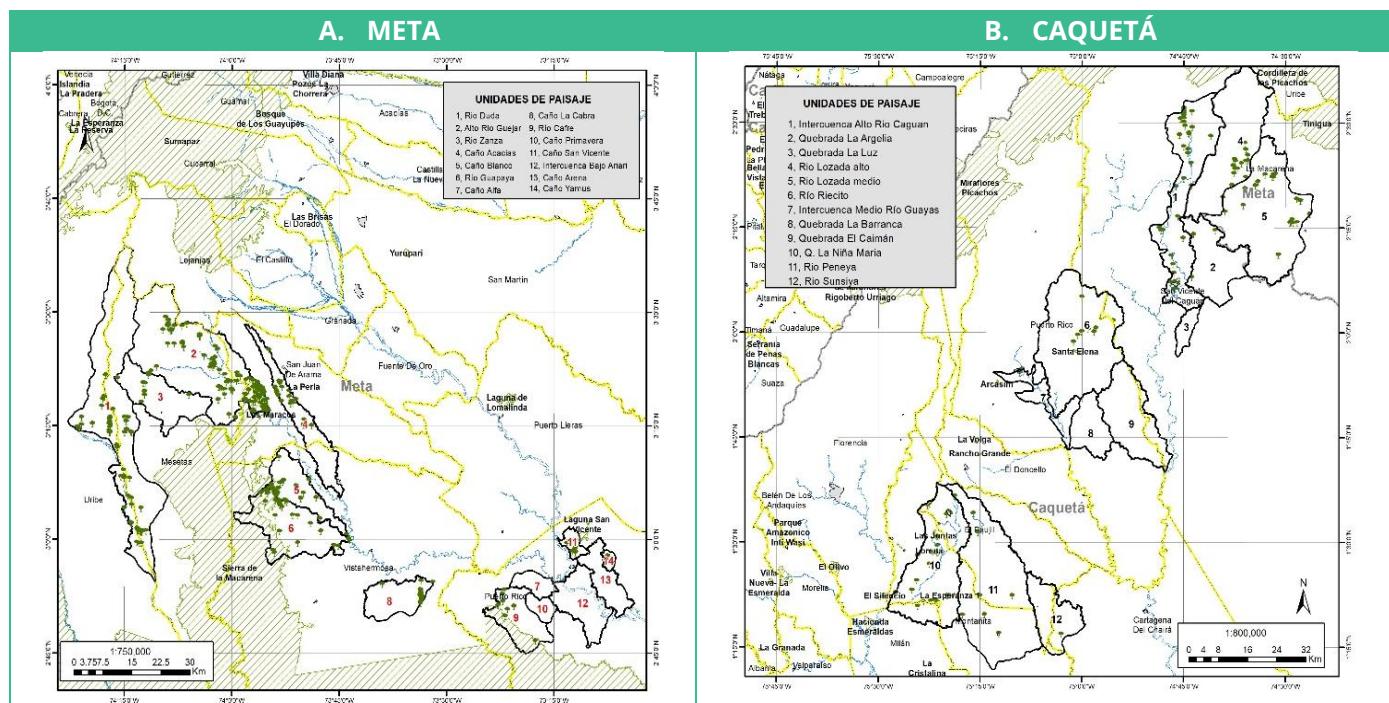


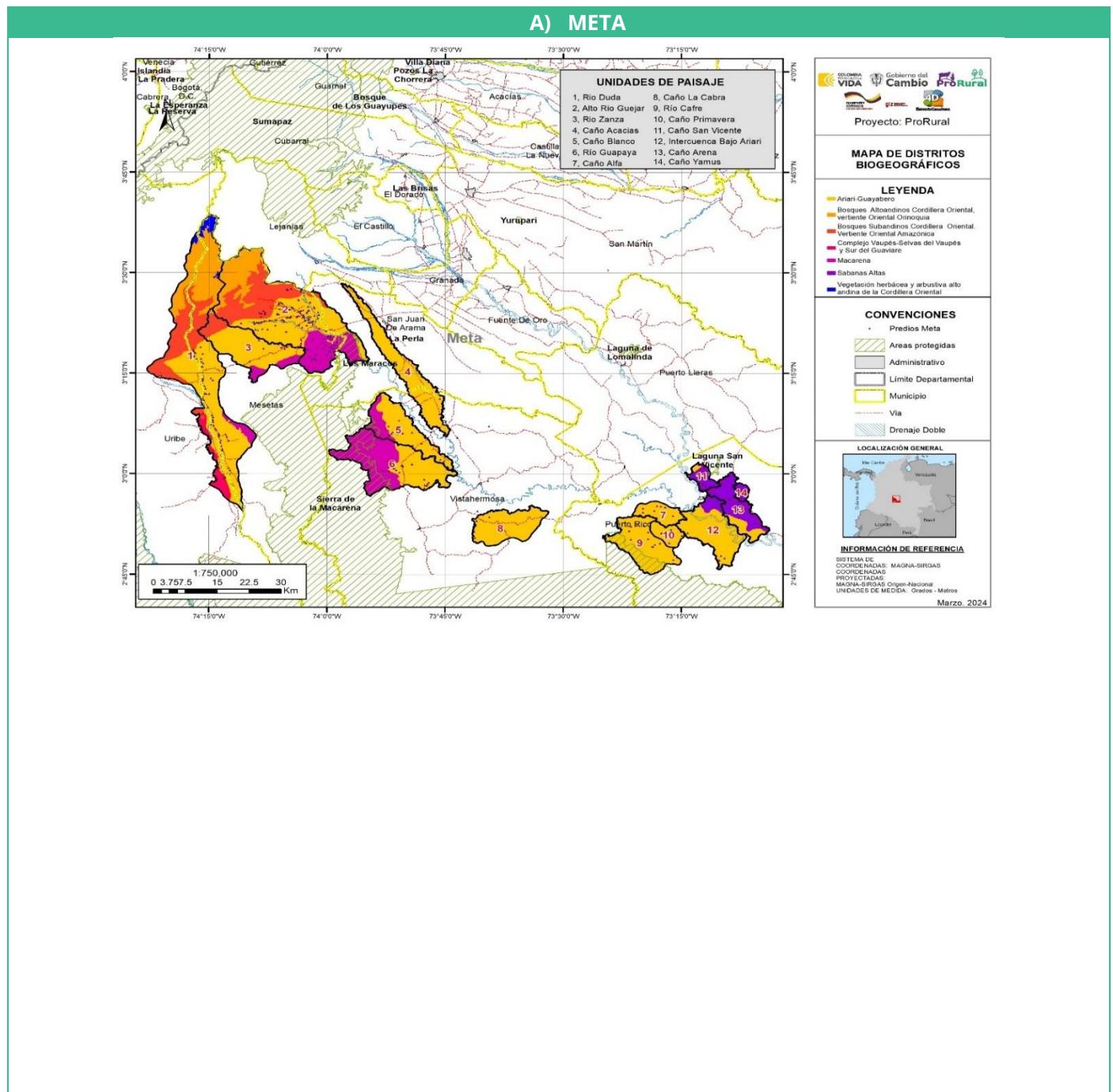
Figura 22. Mapa de registro especies de plantas. Fuente: Elaboración propia a partir del Instituto Alexander von Humboldt (IAvH, 2023), GBIF (<https://www.gbif.org/es/>, 2023), Field Museum (<https://www.rapidinventories.fieldmuseum.org/reports?lang=es>, 2023)

Como resultado se tiene que este las 1.648 especies se encuentran distribuidas en 200 familias, 776 géneros, El área de estudio alberga 1.648 especies de plantas, distribuidas en 200 familias y 776 géneros, representando una porción significativa de la diversidad vegetal nacional. Las 15 familias más diversas agrupan el 47% de las especies, destacándose: Fabaceae: 165 spp, Rubiaceae: 101 spp, Melastomataceae: 79 spp, Asteraceae: 57 spp, Piperaceae: 43 spp y Orchidaceae: 39 spp

De las 1.151 especies con registro validado en el área, 13 se encuentran en categorías de amenaza nacional (VU, EN, CR), como *Cedrela odorata*, *Aniba perutilis*, *Costus glaucus*, *Anthurium zuluagae*, entre otras.

Las unidades de análisis están dentro de la Región Biogeográfica Neotropical, distribuidas en: 2 dominios biogeográficos: Cisandino: 84,7% del área y Transinterandino: 15,3% del área distribuidas en 4 provincias, 10 distritos y 4 biomas

Este contexto resalta la complejidad ecológica del paisaje, clave para la conservación de especies y planificación territorial (Figura 23)



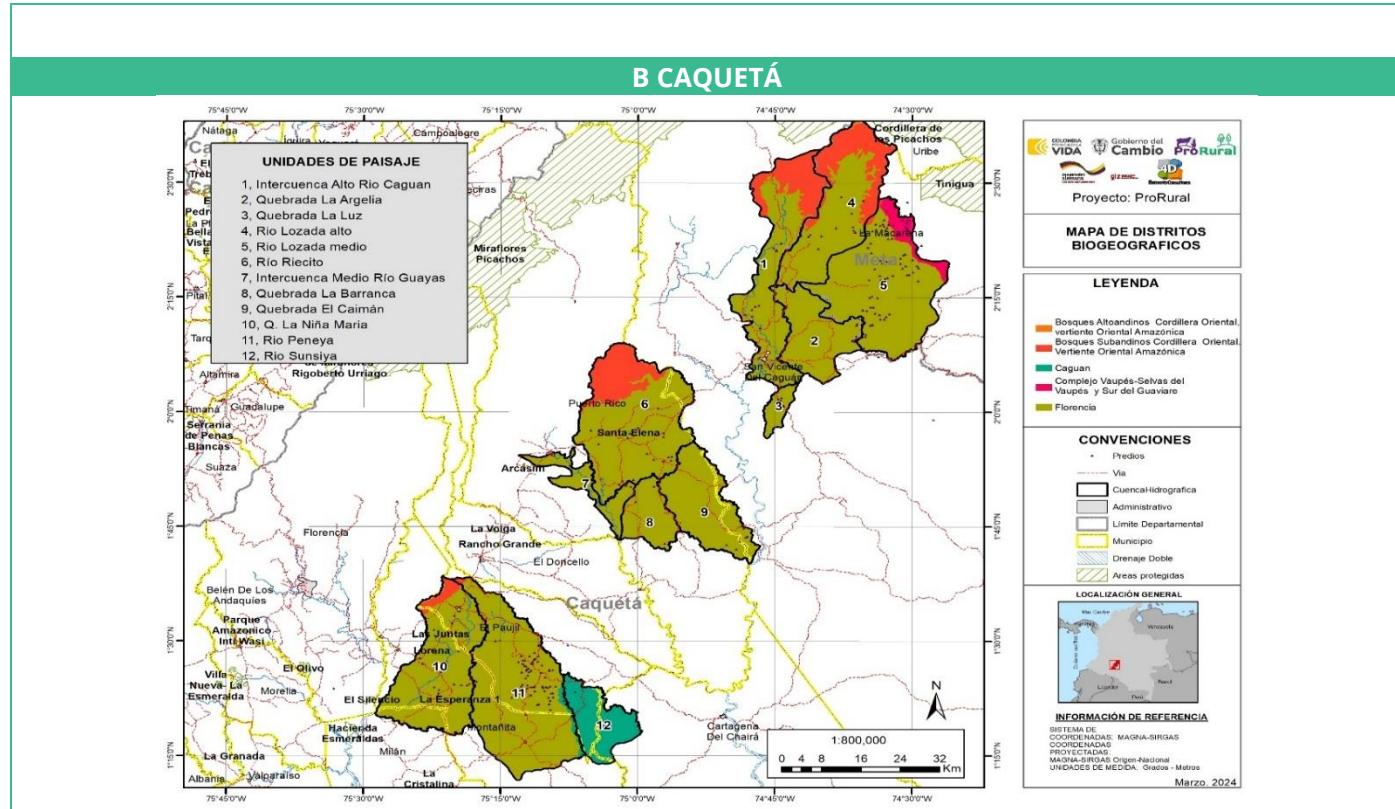


Figura 23. Mapa de los distritos biogeográficos (dominios). Fuente: (Latorre-Parra, Jaramillo-Rodríguez, Corredor-Gil, & Arias-Vargas, 2014)

Por otra parte, la gran unidad biogeográfica del Cisandino se encuentra constituida por las provincias: VI. Orinoquia, VII. Guayana, y VII. Amazonia, Sensu (Hernandez-Camacho, Hurtado, Ortiz, & Walschburger, 1992).

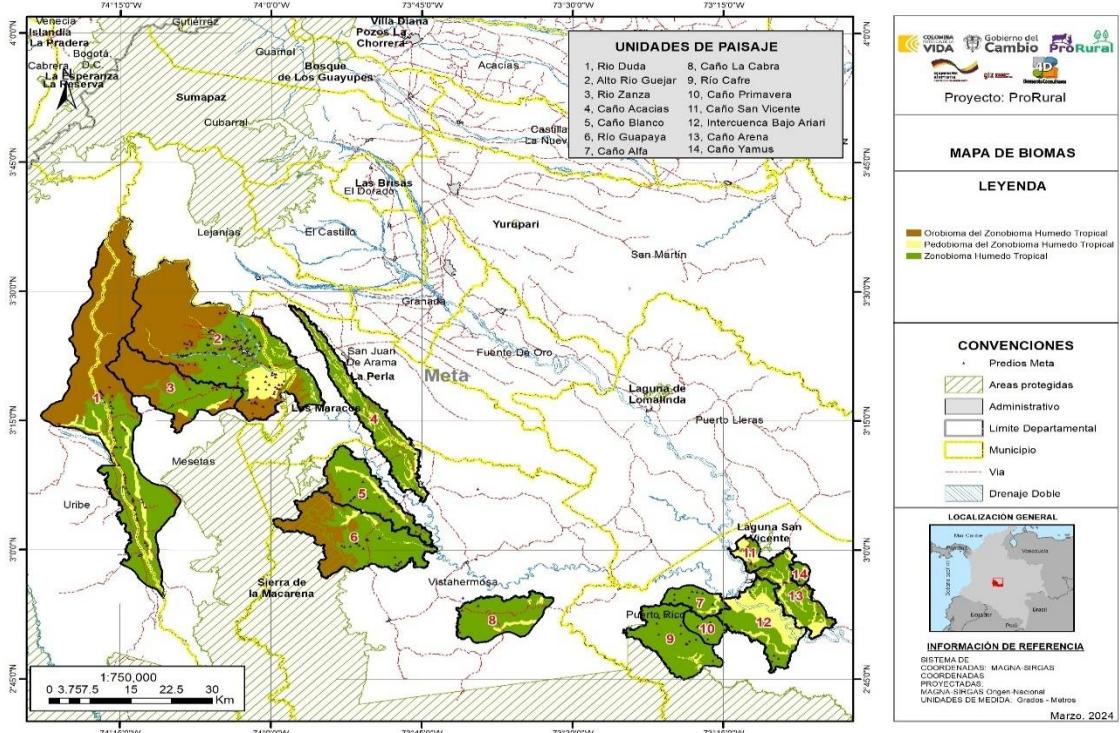
1. Amazonia: La más extensa (371,930 ha), con selvas húmedas y humedales en Caquetá.
2. Guayana: (197,680 ha) en Meta, con relieves de mesas, lomeríos y selvas húmedas.
3. Orinoquia: (13,485 ha) con sabanas inundables y bosques de galería.

Transinterandino: Incluye la provincia Norandina (105,692 ha) en Caquetá y Meta. Donde se destaca bosques subandinos y altoandinos, así como páramos y cuerpos de agua, principalmente en zonas de montaña.

Biomas principales de la región:

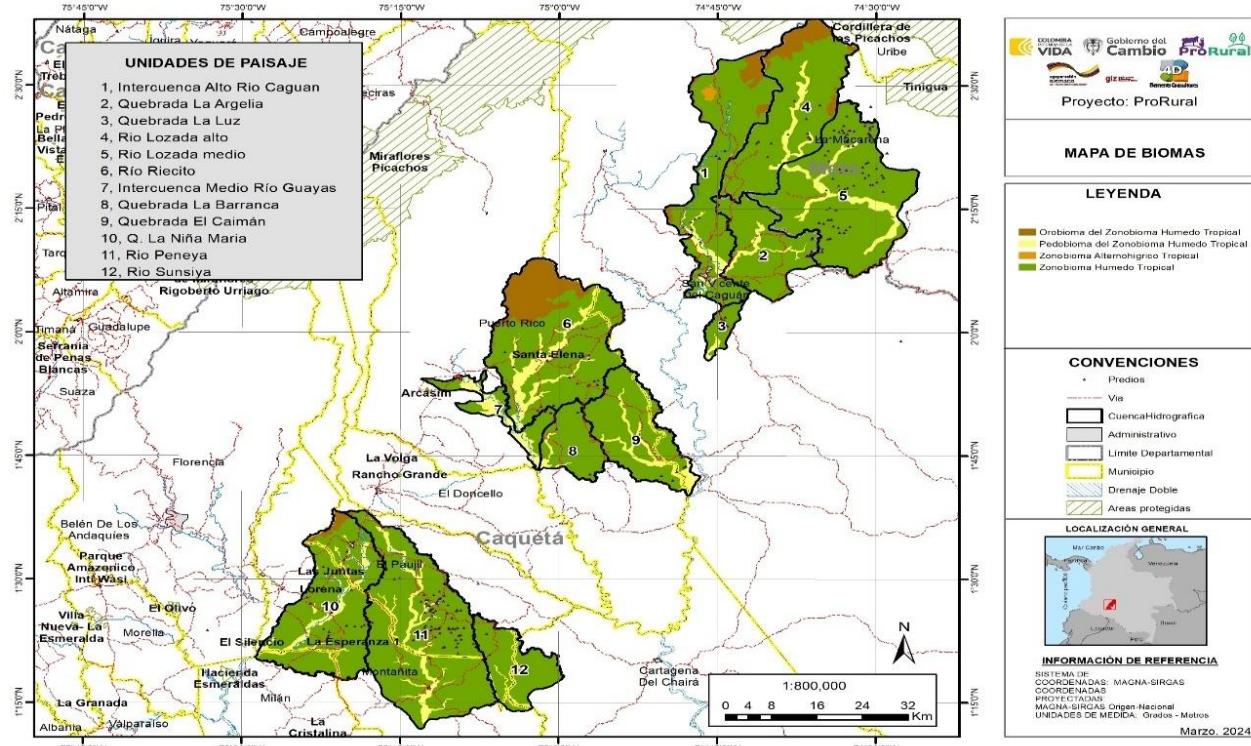
- Orobioma húmedo tropical: Ambientes montañosos entre 800 y 3,800 msnm (16,6% del área).
- Zonobioma húmedo tropical: Selvas húmedas por debajo de 800 msnm (72,7%).
- Pedobioma: Áreas con suelos húmedos, sabanas y cuerpos de agua (10,6%).
- Zonobioma alternohígrico tropical: Bosques con sequías estacionales (<0,1%).

A: META



Orobioma del Zonobioma Húmedo topical: Alto río Guejar (2), Caño Blanco (5), Río Duda (1), Río Guapaya (6), Río Zanca (3); **Pedobioma del Zonobioma húmedo tropical:** Alto río Guejar (2), Caño Acacias (4), Caño Alfa (7), Caño Arena (13), Caño Blanco (5), Caño La Cabra (8), Caño San Vicente (11), Caño Yamus (14), Intercuenca Bajo Ariari (12), Río Cafre (9), Río Duda (1), Río Guapaya (6), Río Zanca (3); **Zonobioma húmedo tropical:** todas las unidades (1.....14).

A. CAQUETÁ

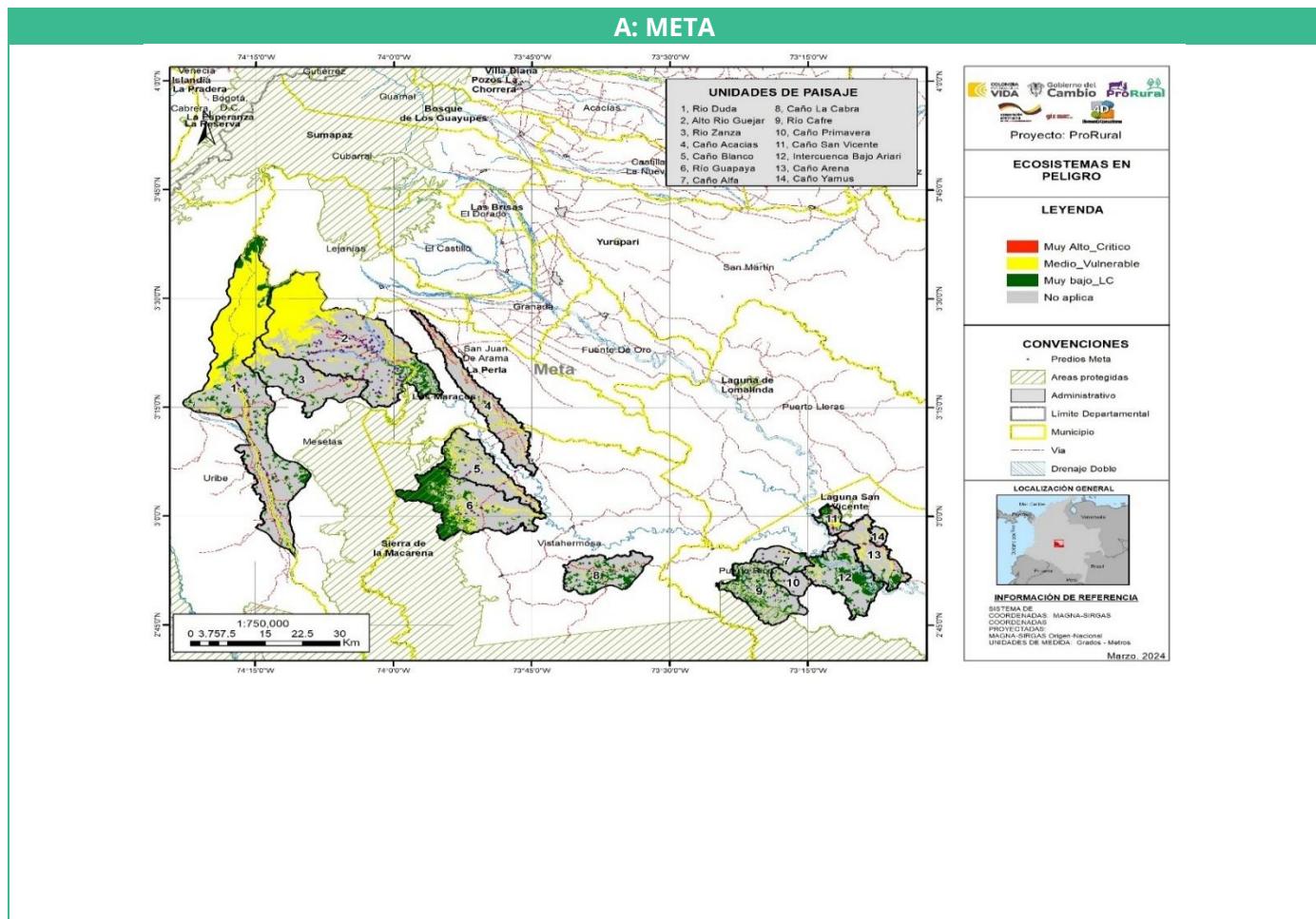


Orobioma del Zonobioma Húmedo tropical: Intercuenca alto río Caguán (1), Q. La Niña María (10); Río Lozada Alto (4), Río Lozada medio (5); Río Peneya (11), Río Riequito (6); **Pedobioma del Zonobioma húmedo tropical:** todas las unidades (1.12); **Zonobioma alternohigrico tropical:** Intercuenca Alto Caguán (1) **Zonobioma húmedo tropical:** todas las unidades (1-12).

Figura 24. Mapa de los biomas Fuente: Elaboración propia a partir del Mapa de Ecosistemas de Colombia (MADS, 2021)

Acorde al mapa de ecosistemas de Colombia, (MADS, 2021), un total de 28 ecosistemas general que se encuentran dentro de las unidades de análisis, los cuales se agrupan en 17 naturales en un área de 157.728 ha que corresponde a 22,9% del área y 11 en transformados en un área de 531.063 ha que equivalen al 77.10% (**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**). De manera general se puede decir que en cuanto a los ecosistemas naturales y transformados:

Según la *Actualización de la Lista Roja de los Ecosistemas Terrestres de Colombia* (Etter, Andrade, Saavedra, Amaya, & Arévalo, 2017), en las dos zonas de análisis el 11% de sus ecosistemas se encuentran en grado de peligro Vulnerable (VU) los cuales corresponden a los bosques naturales que se encuentran en diferentes biomas. Igualmente, en categoría de muy crítico (CR) se encuentran los bosques de galería. Los demás ecosistemas naturales presentes se encuentran en preocupación menor (LC). No se incluyen las áreas transformadas.



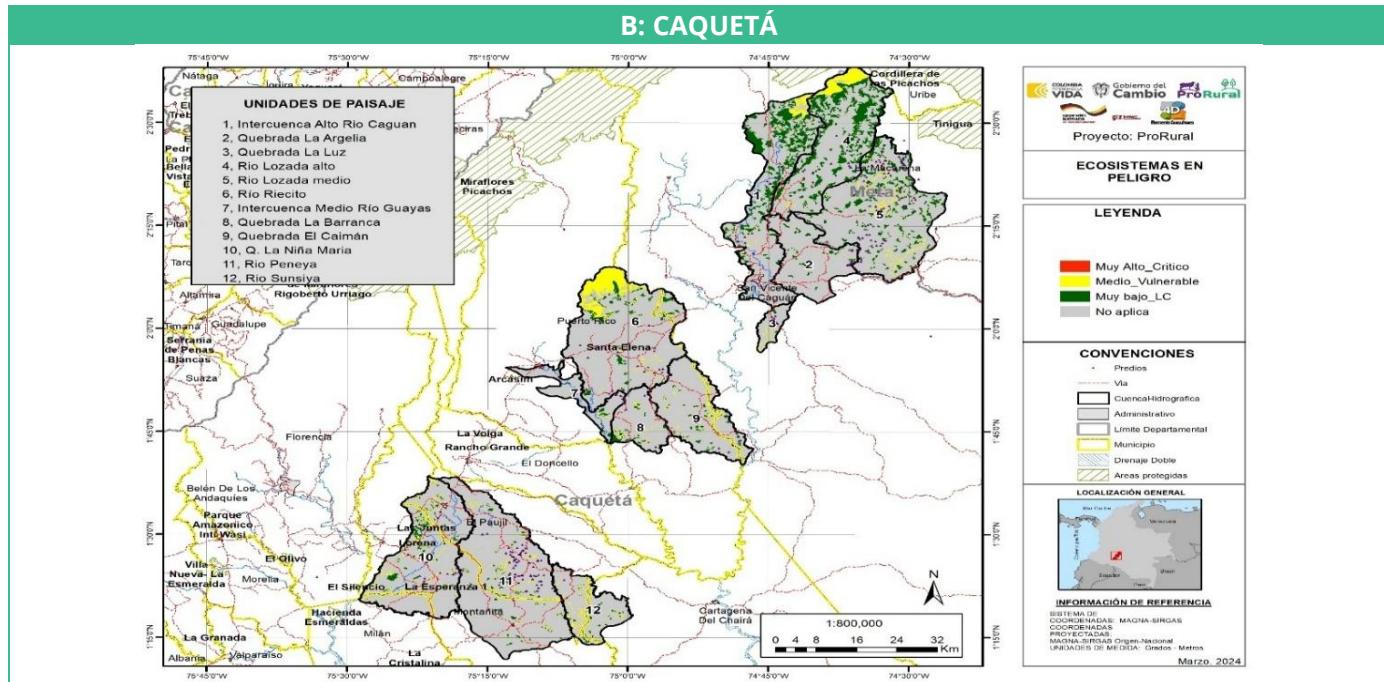
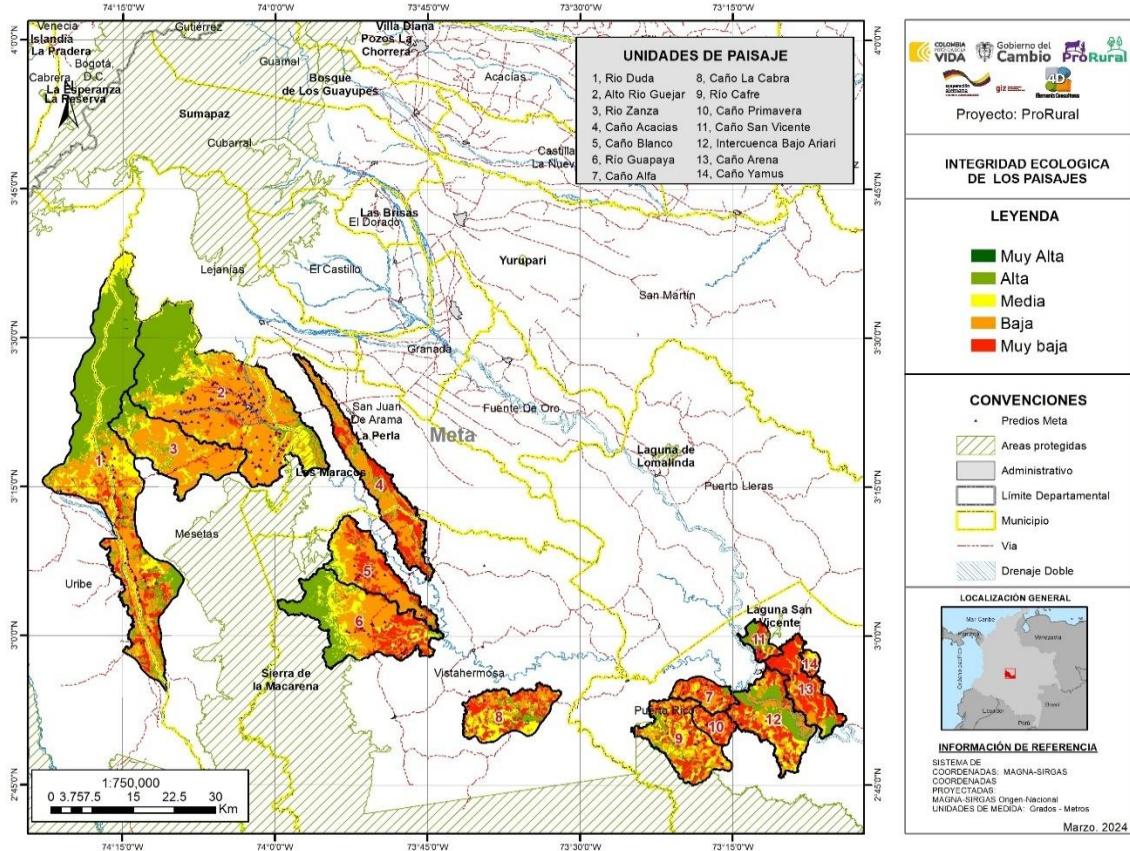


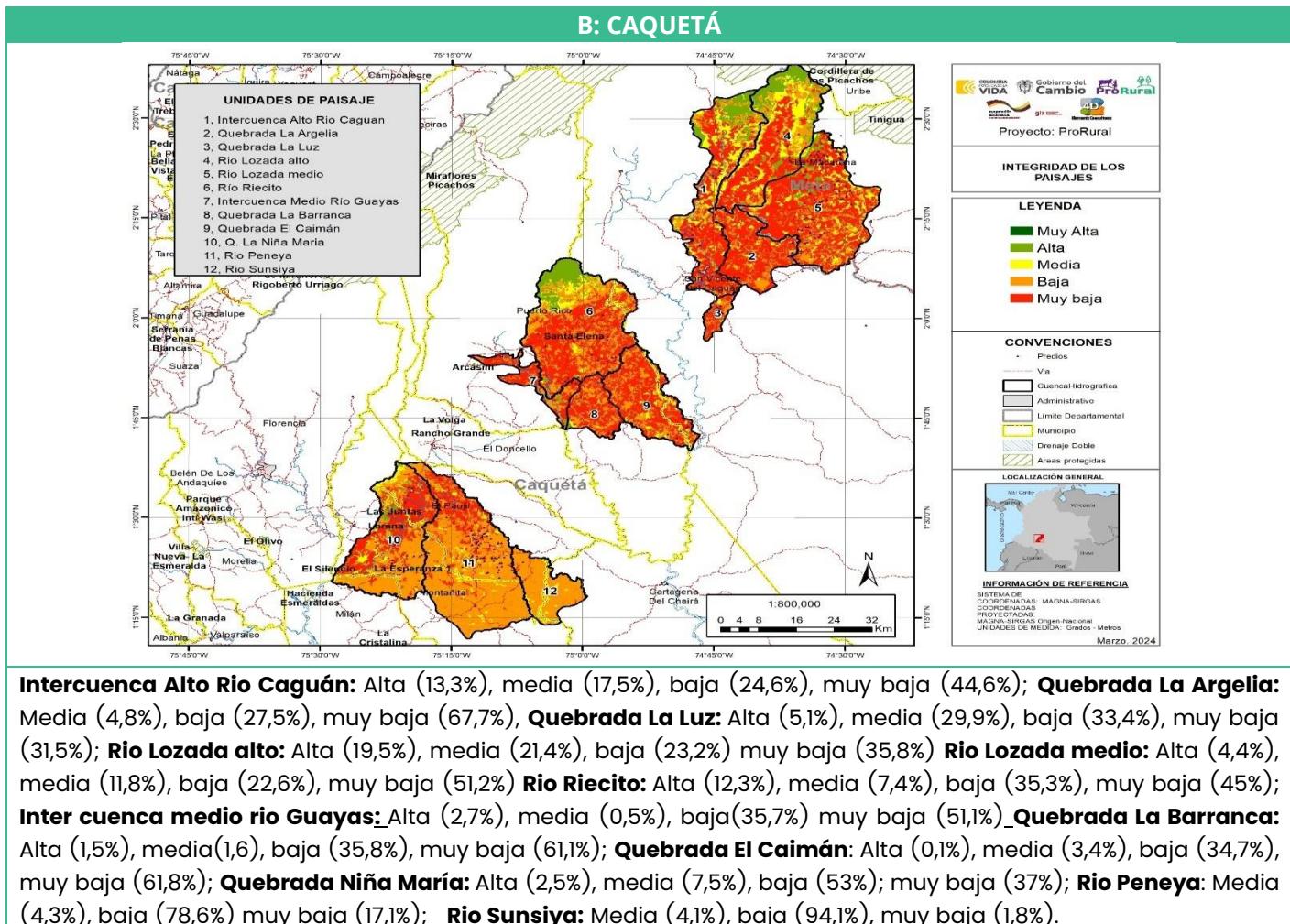
Figura 25. Mapa de Ecosistemas en Peligro. Fuente: Elaboración propia a partir del mapa de ecosistemas en peligro, (Etter, Andrade, Saavedra, Amaya, & Arévalo, 2017)

Como se puede observar en la Figura 26, en ambas regiones la integridad es muy baja y baja en gran parte del territorio. Esto se debe a la baja presencia de coberturas naturales, que se a su vez tienen baja conectividad, poca extensión y están muy separadas entre. Se destaca que en el área del Meta la integridad es alta en cerca del 26% de su territorio, lo cual se asocia a la presencia de una masa de bosque continua en algunos de sus paisajes.

A: META



Río Duda: Alta (19,5%), media (21,4%), baja (23,2%) muy baja (35,8%); **Alto río Guejar:** Muy alta (0,2%), Alto (29,9%), Medio (12,8%), bajo (55,6%) muy bajo (1,5%); **Caño Acacias:** Muy alta (0,1%); alta (11,4%), media (4,8%), baja (49,5%), muy baja (34,1%); **Caño Blanco:** Alta (4,6%); media (13,8%), baja (55,5%) muy baja (26,1%); **Río Guapaya:** Alta (28,6%), media (20,1%), baja (35,3%) muy baja 16%; **Caño Alfa:** Alta (4,3%), media (10,8%), baja (40,2%), muy baja (44,8%); **Caño La Cabra:** Muy alta (0,4%), alta (10,1%), media (27,6%), baja (29,8%), Muy baja (32%); **Río Cafre:** Alta (5,1%), media (29,9%), baja (33,4%) muy baja (31,5%); Caño Primavera: Media (8,5%), baja (38,7%) muy baja (52,7%); **Caño San Vicente:** Alta (37,9%), media (11,9%), baja (12,3%), muy aja (37,9%); **Intercuenca Bajo Ariari:** Alta (26,1%), media (14,6%) baja (312,5%) muy baja (27,7%); **Caño Arena:** Alta (8,1%), media (10,5%), baja (19,2%), muy baja (62,2%). **Caño Yamus:** Alta (3,7%), media (22,8%), baja (42,6%), muy baja (31%).



Intercuenca Alto Rio Caguán: Alta (13,3%), media (17,5%), baja (24,6%), muy baja (44,6%); **Quebrada La Argelia:** Media (4,8%), baja (27,5%), muy baja (67,7%); **Quebrada La Luz:** Alta (5,1%), media (29,9%), baja (33,4%), muy baja (31,5%); **Rio Lozada alto:** Alta (19,5%), media (21,4%), baja (23,2%) muy baja (35,8%) **Rio Lozada medio:** Alta (4,4%), media (11,8%), baja (22,6%), muy baja (51,2%) **Rio Rieito:** Alta (12,3%), media (7,4%), baja (35,3%), muy baja (45%); **Intercuenca medio rio Guayas:** Alta (2,7%), media (0,5%), baja (35,7%) muy baja (51,1%); **Quebrada La Barranca:** Alta (1,5%), media (1,6%), baja (35,8%), muy baja (61,1%); **Quebrada El Caimán:** Alta (0,1%), media (3,4%), baja (34,7%), muy baja (61,8%); **Quebrada Niña María:** Alta (2,5%), media (7,5%), baja (53%); muy baja (37%); **Rio Peneya:** Media (4,3%), baja (78,6%) muy baja (17,1%); **Rio Sunsiya:** Media (4,1%), baja (94,1%), muy baja (1,8%).

Figura 26. Mapa de integridad. Fuente: Elaboración propia a partir del Mapa de integridad, IAvH, 2023

2.5.7. Caracterización de Amenazas

El análisis aborda tres componentes principales:

- Amenazas Físicas:** Eventos que alteran la estructura y funcionalidad de ecosistemas, agroecosistemas y sistemas ganaderos.
- Cambio Climático:** Cambios en temperatura y precipitación que afectan biodiversidad, productividad agropecuaria y recursos hídricos. Proyecciones basadas en datos históricos (1976-2005) y escenarios CMIP5 a escala 1:100.000.

La Figura 27 muestra los escenarios de cambio climático esperados para el periodo entre 2011-2100 acorde a la Tercera Comunicación Nacional de Cambio Climático.

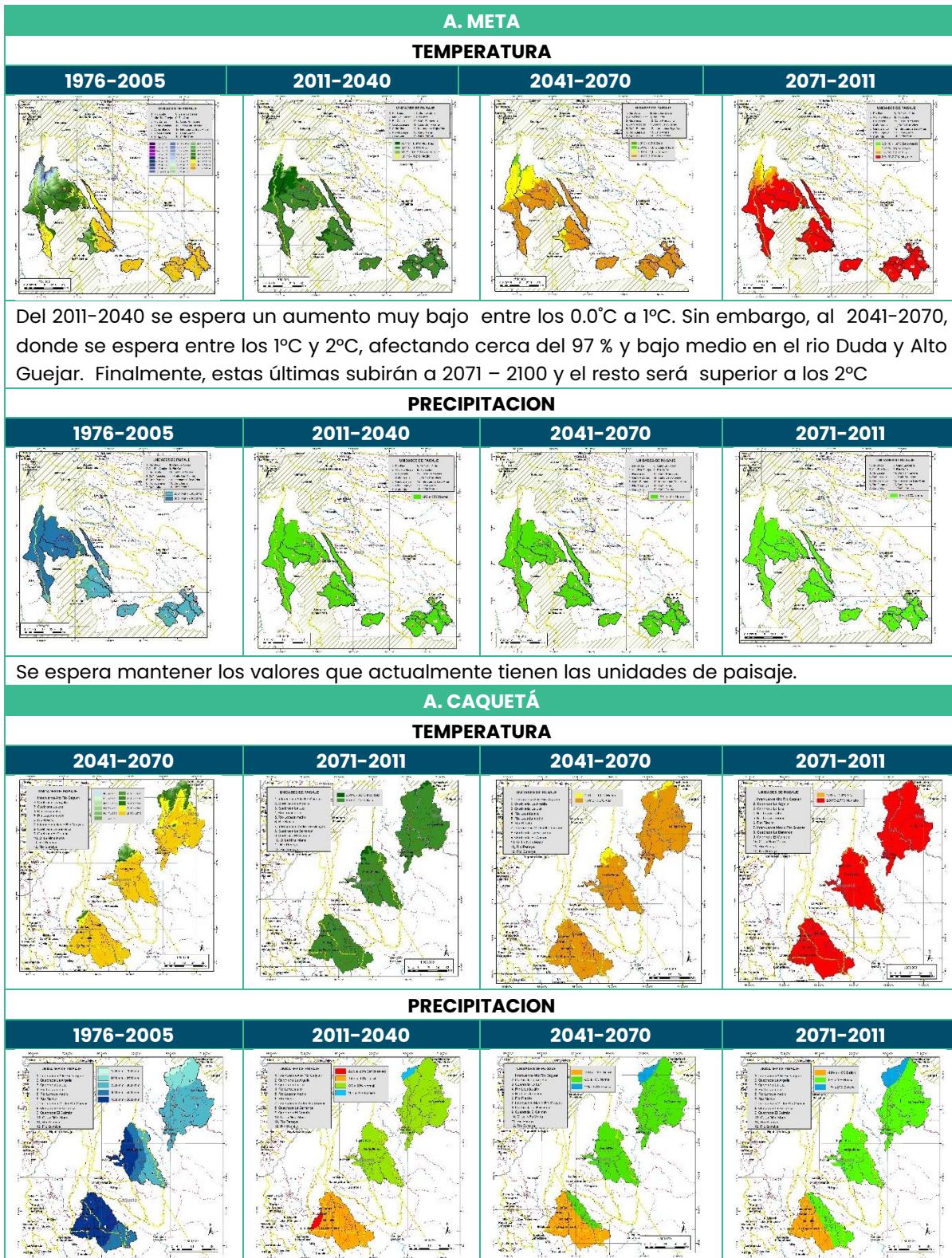


Figura 27. Mapa de referencia y escenarios climáticos 2011 – 2100

3. **Susceptibilidad:** Fragilidad del territorio frente a eventos físicos y climáticos adversos, determinada por sus características intrínsecas.

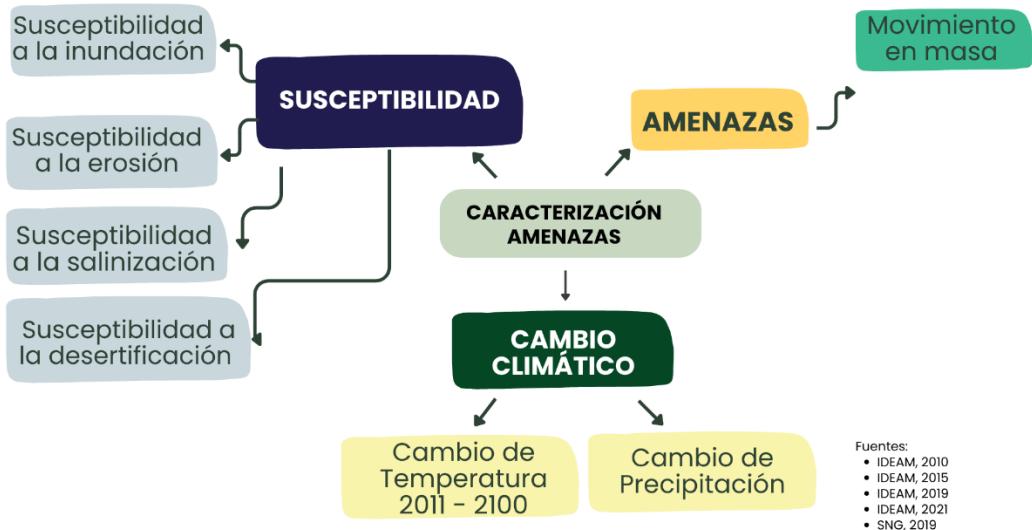
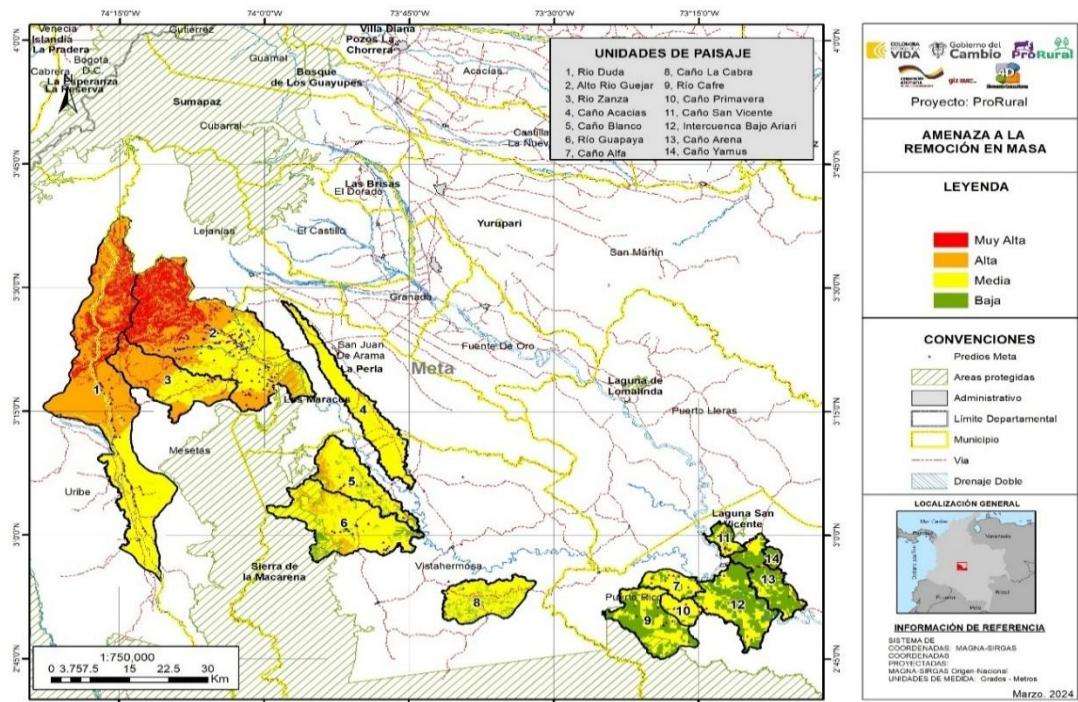


Figura 28. Paso a paso para el análisis del contexto socio ecológico. Fuente: Elaboración propia

La Figura 29 muestra la amenaza a remoción en masa, ponderando los factores condicionantes y detonantes de inestabilidad en la generación de movimientos en masa como son las fallas geológicas, suelos, cobertura, elevación, unidades geomorfológicas, clima. De esta manera, se destaca que en el área de estudio el 26% de su territorio (284.740 ha) está en amenaza baja seguida de una amenaza media con el 25% (277.329 ha) y el 49% (529.334 ha) no contempla riesgo. Dentro del Parque Nacional El Área de estudio se detecta la mayor proporción del riesgo 283.964 ha en baja y 273.290 ha en media.

A: META



B: CAQUETA

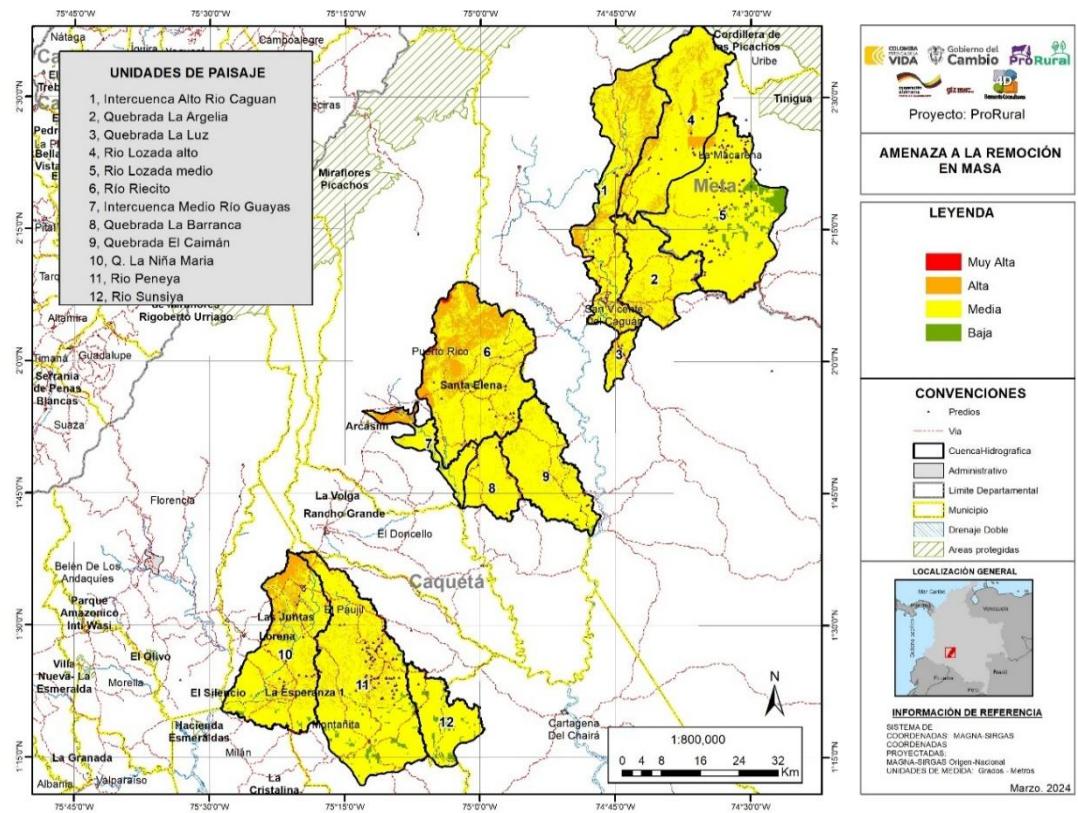
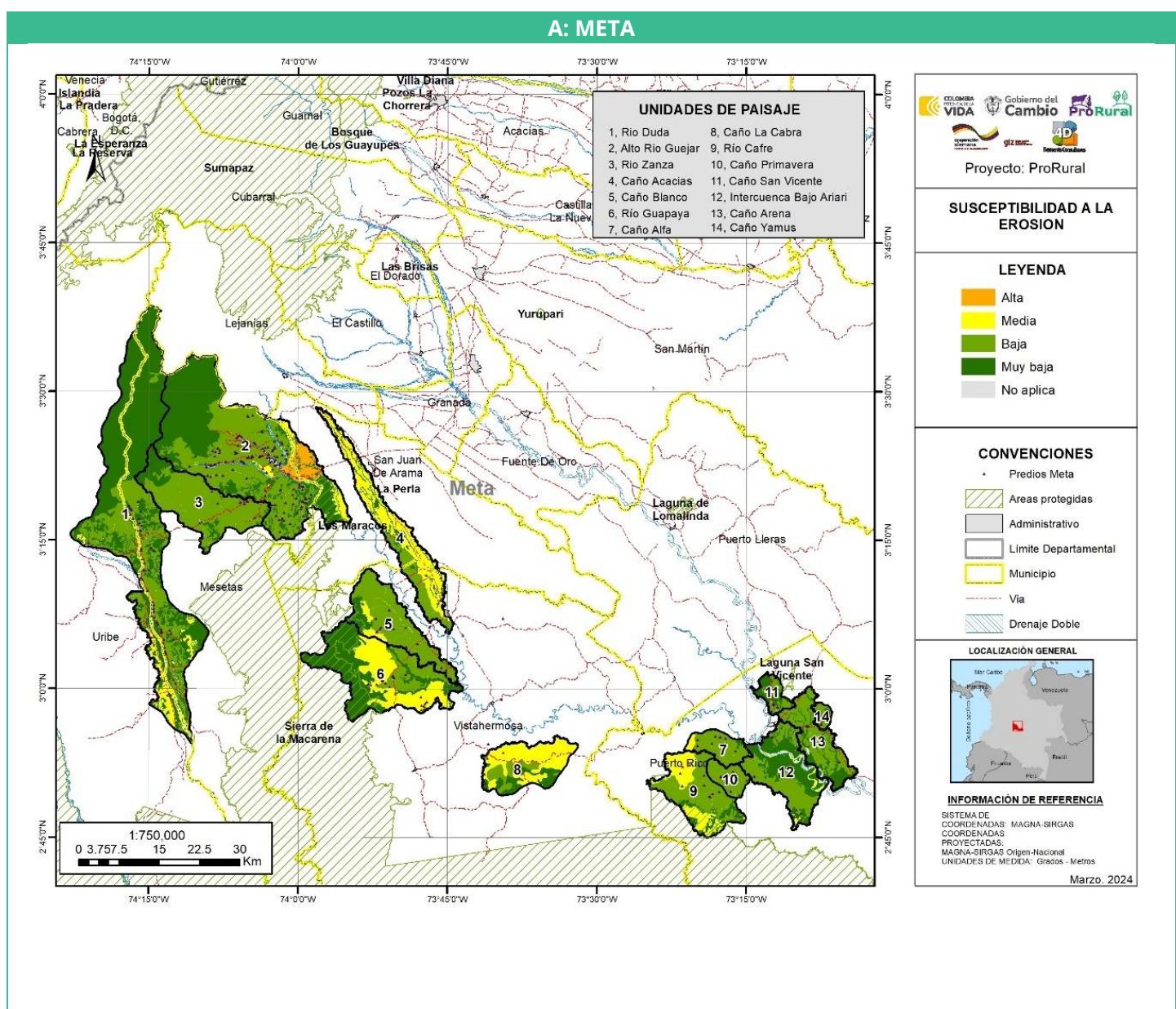


Figura 29. Amenaza a la Remoción en masa. Fuente: Servicio geológico nacional (SGN, 2015)

La erosión de los suelos es entendida como la pérdida físico-mecánica del suelo, con afectación en sus funciones y servicios ecosistémicos, que produce, entre otras, la reducción de la capacidad

productiva de los mismos (Lal, 2001). Este es el resultado de la interacción de los factores naturales y/o antrópicos que desencadenan procesos que generan cambios negativos en las propiedades y funciones del suelo (IDEAM, 2011). El grado de susceptibilidad a la erosión está influenciado directamente por las pendientes y tipos de suelo que tiene un territorio y la categorización de la susceptibilidad se establece de acuerdo a su magnitud (porcentaje de área afectada) y severidad (porcentaje de área de la unidad afectada por grado). En el área de estudio el 49,8% (541.800 ha) del territorio cuenta con erosión ligera con pérdida de suelo en los horizontes superficiales del mismo, por escorrentamiento superficial; el 0,2% (1.598 ha) con erosión moderada restringida a pequeñas áreas aisladas en el área de estudio, y por último, el 50% (512.056 ha) no cuentan con evidencia, es decir no presenta procesos de degradación del suelo por erosión (Figura 30).



B: CAQUETA

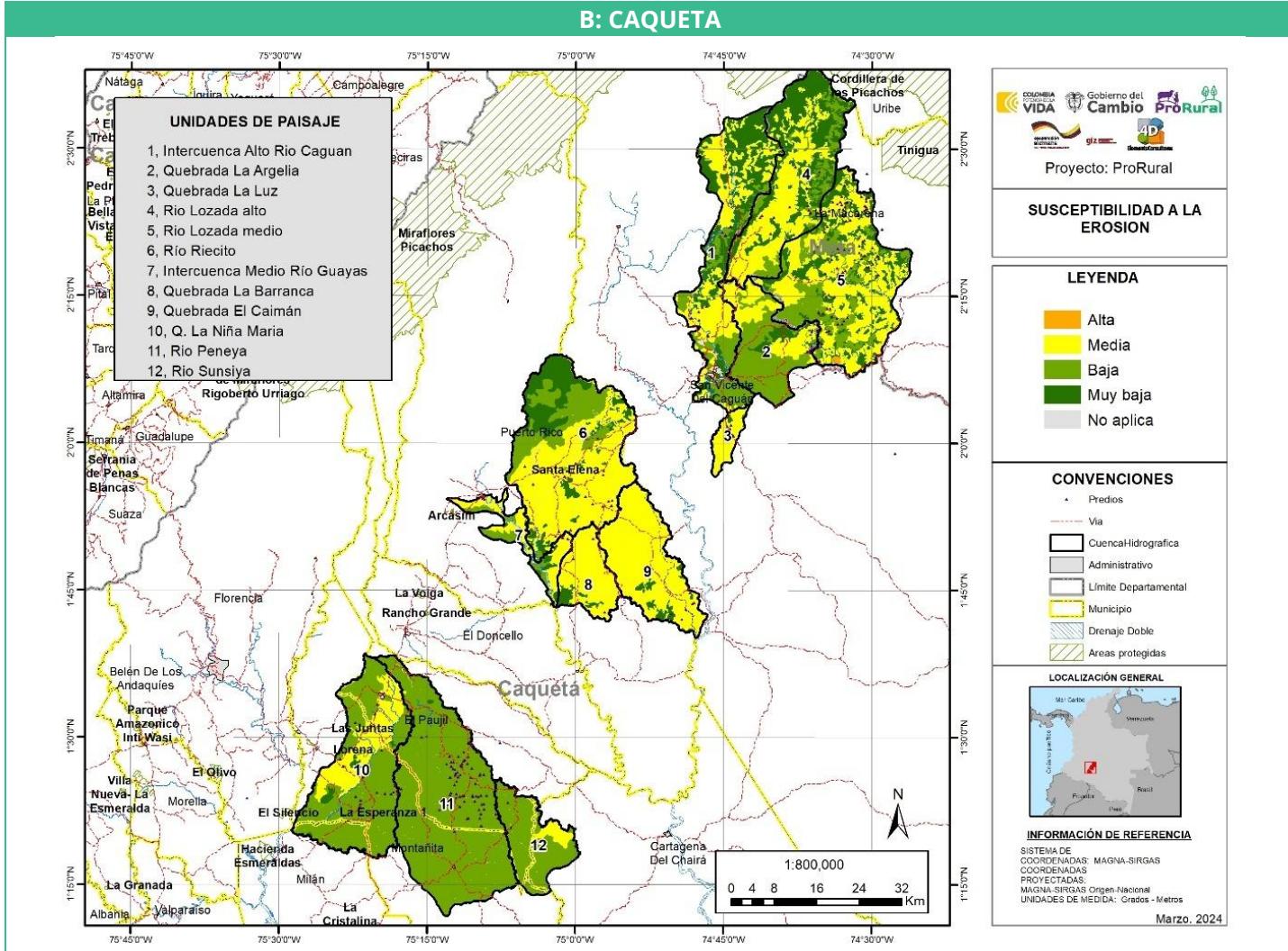
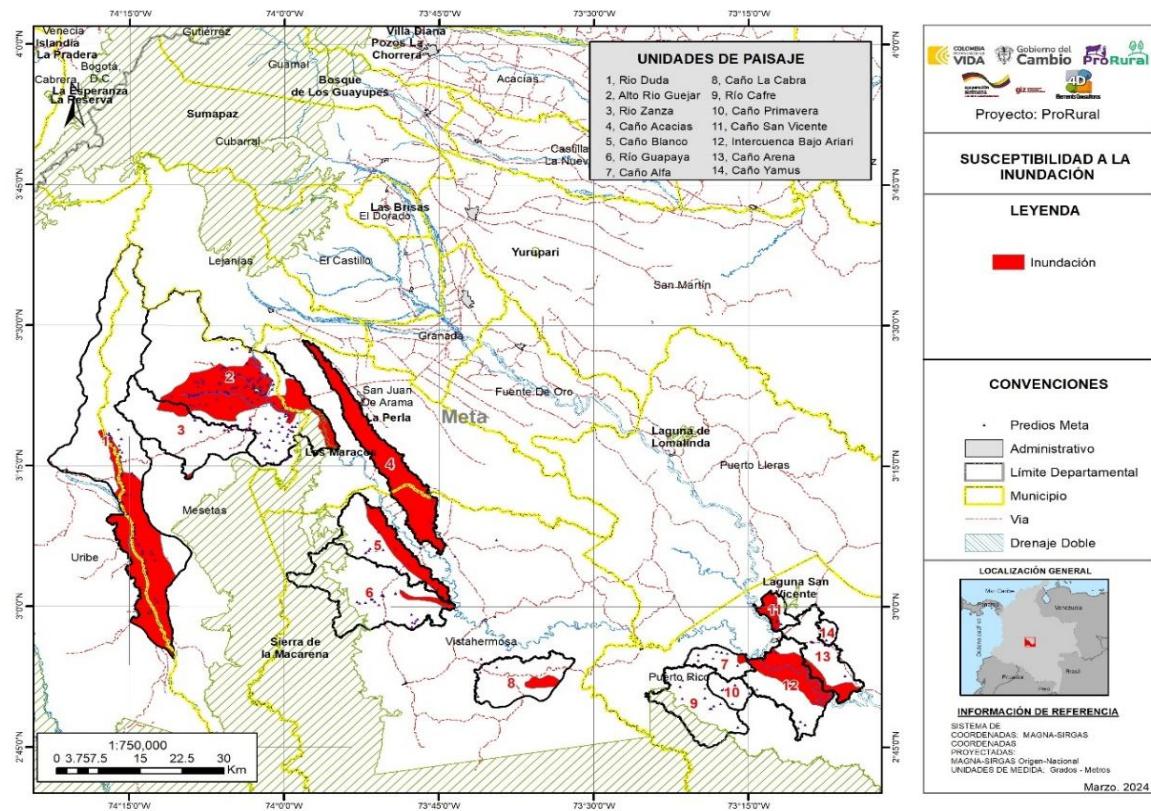


Figura 30. Susceptibilidad a la erosión

Acorde (IDEAM, 2019), la salinización, es proceso químico de origen natural o inducido por las actividades antrópicas mediante el cual ocurre el aumento, ganancia o acumulación de sales solubles en el suelo, lo cual tiene implicaciones negativas sobre los servicios y las funciones ecosistémicas y ambientales que ofrecen los suelos. Para el área, se encuentra que un 4,6% del área tiene una susceptibilidad a salinización media; lo cual implica que es posible que este fenómeno aparezca de forma frecuente, especialmente bajo prácticas de manejo inadecuadas o bajo efectos climáticos extremos

Por otra parte, la inundación es vista como uno de los fenómenos hidrológicos recurrentes potencialmente destructivos, que hacen parte de la dinámica de evolución de una corriente. El mapa de susceptibilidad a inundación indica el tipo de inundación (lenta o súbita) y los límites externos para un evento extremo elaborado por la superposición de áreas potencialmente inundables y los usos del suelo u otros parámetros que representen daño potencial. Dentro del área de estudio se reportan 41.724 ha de zonas inundables (Figura 31).

A: META



B: CAQUETA

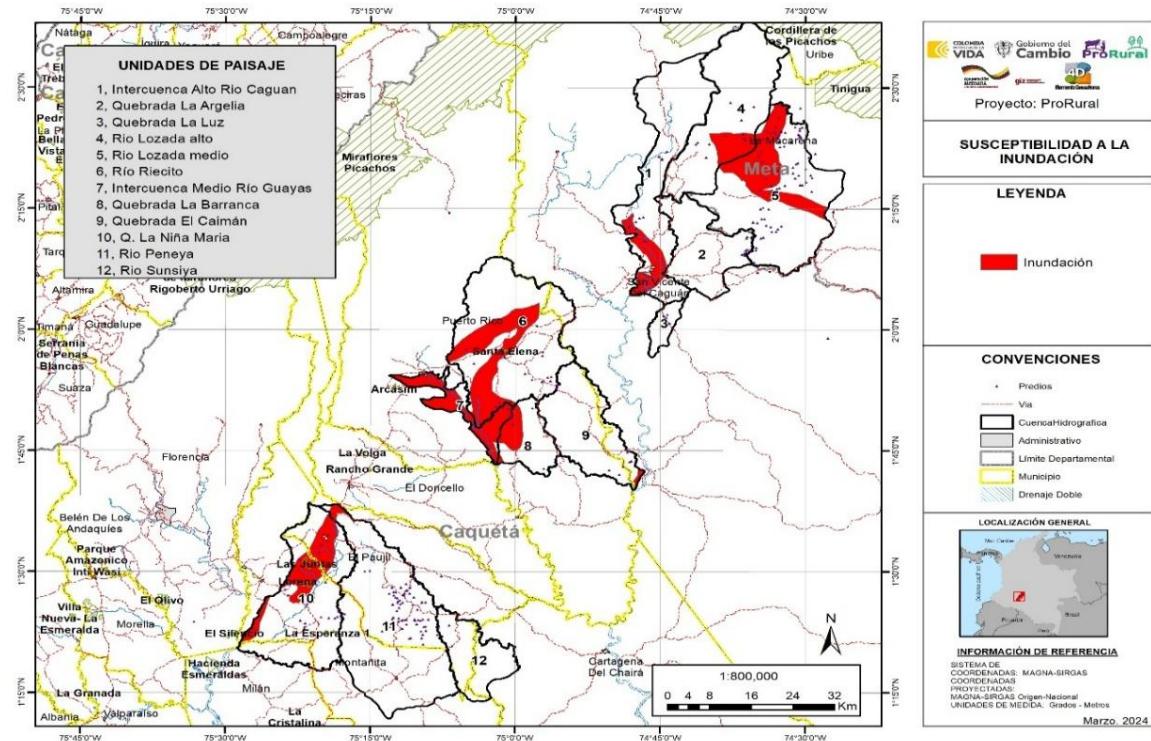


Figura 31. Susceptibilidad a Inundación. Fuente: Mapa de susceptibilidad a inundación (IDEAM, 2010)

La desertificación entendida como el cambio de una región a las condiciones de desierto por causas naturales, la cual puede ser acentuada por las condiciones de aridez, resultado del impacto humano sobre los ecosistemas (IDEAM, 2015) nos muestra que, para todas las unidades de análisis de las zonas de Meta y Caquetá, la susceptibilidad es muy baja. 2.1.8. Caracterización Socioeconómica.

3. Análisis del paisaje bajo el contexto socio- ecológico

El análisis se llevó a cabo a partir de la información secundaria levantada y la información generada a partir del análisis espacial y de la información tomada en campo en los predios definidos para esta muestra (93 en Caquetá y 84 en Meta). Con esta información se puede dar una aproximación a nivel del paisaje, desde una visión integral que permita tomar en cuenta el enfoque de cadena de valor, el cual busca el mejoramiento continuo del territorio donde se desarrollan a las actividades humanas a través de tres principios¹ y 11 criterios². Estos principios se agrupan en: i) la **multifuncionalidad** entendida esta como la capacidad de un paisaje para producir y mantener simultáneamente múltiples y diferentes bienes y servicios, que proporcionan beneficios para la sociedad en una unidad de tiempo, acorde con la especificidad territorial y la diversidad de las coberturas, las especies, los hábitats y otros aspectos de tipo socioeconómico y culturales; ii) la **productividad** entendida como la cantidad de productos y biomasa, generados a partir de las interrelaciones ecológicas, económicas y socioculturales en el paisaje, en una unidad de tiempo y iii) el **Bienestar**, donde el Estado del paisaje que favorece el vivir bien, manteniendo su capacidad multifuncional. Se encuentra condicionado por la salud de los socioecosistemas (comunidad, formas de vidas humanas y no humanas y entorno geofísico).

¹ Principios: Reglas básicas que orientan el razonamiento o la acción hacia la sostenibilidad de los paisajes ganaderos.

² Criterios: Requisitos específicos para cumplir con los principios de sostenibilidad de los paisajes ganaderos.

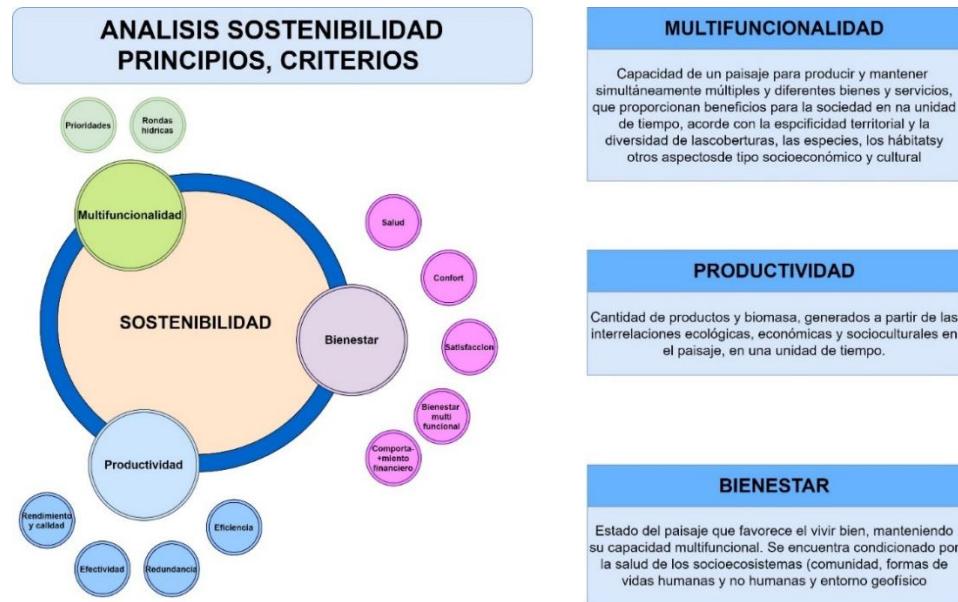


Figura 32. Susceptibilidad a Inundación. Fuente: Mapa de susceptibilidad a inundación (IDEAM, 2010)

Tabla 5. Fuentes de información alfanumérica y cartográfica para el cálculo de los indicadores

PRINCIPIO	DESCRIPCION	FUENTE	AÑO
Multifuncionalidad	Mapa de Cobertura de la Tierra CLC 2024	4D	2024
	Mapa de integridad del Paisaje	IAvH,	2022
	Mapa de prioridades de rondas hídricas	SINCHI	2022
	Mapa de bosque no bosque 2014 – 2020	SMByC	2014-2022
	Mapa de degradación del bosque	SINCHI,	2020
	Mapa de colapso de ecosistemas	IAvH,	2020
Productividad	Imágenes satelitales SENTINEL 2A	SENTINEL	2024
	Información 182 predios proyecto PRORURAL	PRORURAL – ODK	2024
	Encuesta nacional de calidad de Vida – ECV,	DANE	2023
	Encuesta Nacional Agropecuaria	DANE	2023
Bienestar	Información 182 predios proyecto PRORURAL	PRORURAL – ODK	2024

Este análisis abordó la fase 2 (Analítica) del Marco Nacional de Referencia de Paisajes Ganaderos Sostenibles de Colombia (Bustamante & Serrano, 2022). Aunque la metodología se adaptó según la disponibilidad de información, extrapolando datos provenientes de fuentes primarias y secundarias. Esto comprende el estudio de los umbrales de referencia de los indicadores, a partir de diversas fuentes, tanto secundarias como de los cálculos realizados con la información recolectada en campo por ProRural y la secundaria que ayudó a definir umbrales para indicadores (Tabla 6).

Tabla 6. Fuentes bibliográficas que permitieron definir umbrales de cálculo de indicadores

TIPO DOCUMENTO	DOCUMENTO	AUTOR	AÑO	INDICADOR
Revista MVZ Córdoba	Análisis de la variación de la calidad de leche en Colombia 2008-2019	Usaga, A. Olivera-Ángel, M. Barrios D., Palacio, L	2021	Valores de referencia para indicador Bienestar criterio inocuidad variable contenido microbiológico
Revista Chilena de Nutrición	Consumo dietario y estado de nutrición en población colombiana	Ardila, M. Chacón, O. Herra O,	2014	Para validación modelo estado nutricional de la población rural
Pasturas Tropicales Vol 13 No. 2	Compactación de suelos por el pisoteo de animales en pastoreo en el piedemonte amazónico de Colombia.	Pinzón, A., Amézquita E.	2020	Productividad criterio Redundancia variable reserva de nutrientes del suelo
Presentación	Cifras del contexto ganadero Caquetá 2022	Comité Departamental de Ganaderos de Caquetá	2022	Valores de referencia para indicador Bienestar criterio inocuidad variable contenido microbiológico Indicador Productividad criterio Calidad variables: Porcentaje de Sólidos Totales Leche
Revista facultad nacional de agronomía Medellin, Vol 6 No. 1	Producción de forraje en los pastos <i>Brachiaria decumbens</i> cv. Amargo y <i>Brachiaria brizantha</i> cv. toledo, sometidos a tres frecuencias y a dos intencionalidades de defoliación en condiciones del piedemonte llanero colombiano	Rincón, A, Ligarreto G., Garay E.	2008	Productividad Calidad Variable Porcentaje Nutricional de Forraje Bienestar Cubrimiento Requerimiento Nutricionales Bovinos. Variable Porcentaje Nutricional de Forraje
Sitio Argentino de Producción Animal	El estrés calórico.	Páez, J. M. G	2001	Bienestar Estrés calórico valor referencia para el modelo
CORPOICA	Plagas y enfermedades de las especies forrajeras	Acosta, A.	1992	Bienestar Control biológico de plagas Variable Vulnerabilidad de los cultivos a plagas y enfermedades
Sistemas Silvipastorales, o camino para a economía verde na pecuária mundial	Cálculo de la huella hídrica para producir un litro de leche en fincas ganaderas en Jinotega y Matiguás, Nicaragua.	Lanuza, E., Gámez, B., Montoya, A., Díaz, A., Ríos Ramírez, N., Sepúlveda López, C. J., & Ibrahim, M. A	2013	Productividad criterio eficiencia variable índice de uso de agua

TIPO DOCUMENTO	DOCUMENTO	AUTOR	AÑO	INDICADOR
Sitio Argentino de producción animal	Cuantos animales por hectárea podemos manejar. Parte 1: conceptos básicos necesarios	Rincón, J	2017	Productividad criterio eficiencia variable índice de uso de suelo
Instituto Colombiano Agropecuario - ICA	Adaptación y requerimientos de fertilización de <i>Brachiaria humidicola</i> (Rendle) Schweickt en la altillanura plana de los Llanos Orientales de Colombia	Salinas, J., & Gualdrón, R.	1982	Productividad criterio eficiencia variable índice de uso de insumos (fertilizante Urea)
Universidad Nacional de Colombia	Características productivas y reproductivas de los sistemas de lechería tropical del pie de monte araucano	Adan,E.	2023	Productividad Criterio Eficiencia reproductiva
Instituto Colombiano Agropecuario - ICA	Alimentación de vacas lechera	Díaz M., T. E.	1985	Productividad criterio eficiencia productiva variable índice de uso de insumos (Concentrado) variable índice de desperdicio de agua criterio Redundancia Reserva de agua
Facultad de estudios superiores Cuauititlan	Cálculo de raciones Usando NRC	Pérez, R., Díaz, G., De la Rosa, R.	2010	Cálculo del consumo de nutrientes en bovinos según estructura etaria para modelo

Los resultados obtenidos permitieron realizar los cálculos necesarios para la elaboración de gráficas y fichas de análisis de cada indicador evaluado. Estos insumos facilitaron la propuesta de un esquema de referencia para la formulación de planes prediales orientados a la mejora del paisaje a partir de la intervención en las fincas.

3.1. Principio I: MULTIFUNCIONALIDAD

FICHA 1. PRINCIPIO I: MULTIFUNCIONALIDAD DEFINICIÓN

La multifuncionalidad es la capacidad de un paisaje rural para producir y mantener simultáneamente múltiples y diferentes bienes y servicios que proporcionan beneficios para la sociedad, en una unidad de tiempo (Bustamante-Zamudio et al., 2019). El principio de multifuncionalidad orienta la acción hacia la sostenibilidad de los paisajes ganaderos hacia: i) Producir de acuerdo a la diversidad y especificidad del territorio; ii) Mantener mosaicos heterogéneos; iii) Propiciar las relaciones funcionales y iv) Ser resilientes

IMPORTANCIA

La multifuncionalidad es vista como la capacidad de un paisaje rural para producir y mantener simultáneamente múltiples y diferentes bienes y servicios, que proporcionan beneficios para la sociedad en una unidad de tiempo. Considera las interrelaciones y la manera en que estas contribuyen a mantener el equilibrio dinámico entre valores positivos ecológicos, económicos y socioculturales, por lo que requiere el análisis de la especificidad territorial.

FORMULA

$$\text{MULTIFUNCIONALIDAD} = \frac{(C1 + C2) * C3}{2}$$

CATEGORIZACIÓN

- Muy alto
- Alto
- Medio
- Bajo
- Muy bajo

UNIDAD DE MEDIDA DEL CRITERIO

> 0 - <=1

INTERPRETACIÓN

Si se acerca a cero es hay poca multifuncionalidad y si acerca a 1 tiene muy alta multifuncionalidad

CRITERIO

DEFINICIÓN

FUENTE

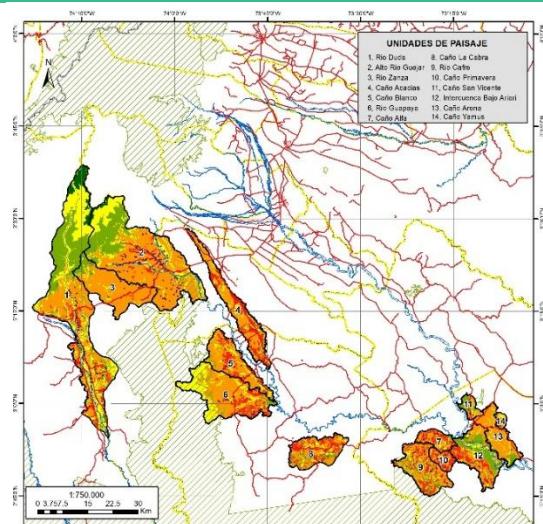
Prioridades socioambientales y rondas hídricas

El sistema socioecológico se adecúa a la diversidad y especificidad territorial, reconoce y promueve la presencia y mantenimiento de mosaicos heterogéneos al interior de los paisajes ganaderos

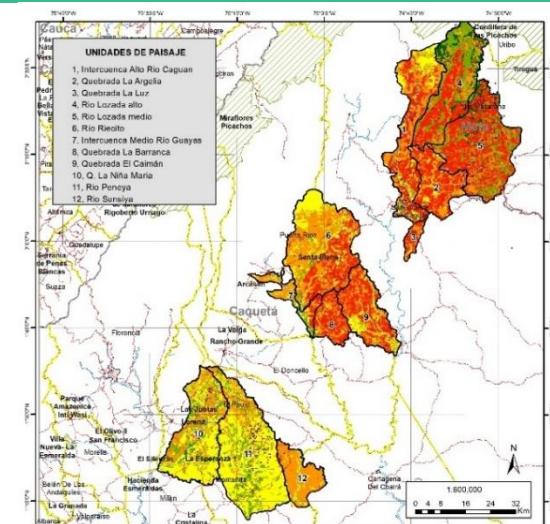
IAVH, 2023,
SINCHI, 2022

RESULTADOS

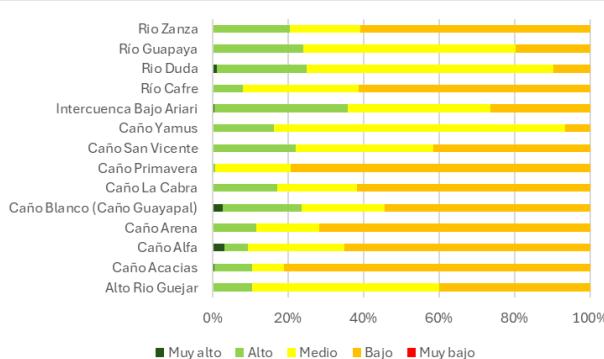
META



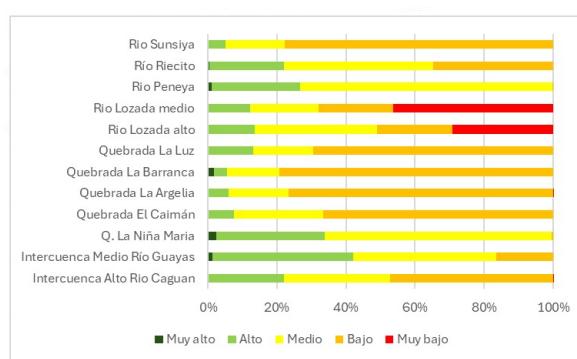
CAQUETÁ



META



CAQUETÁ

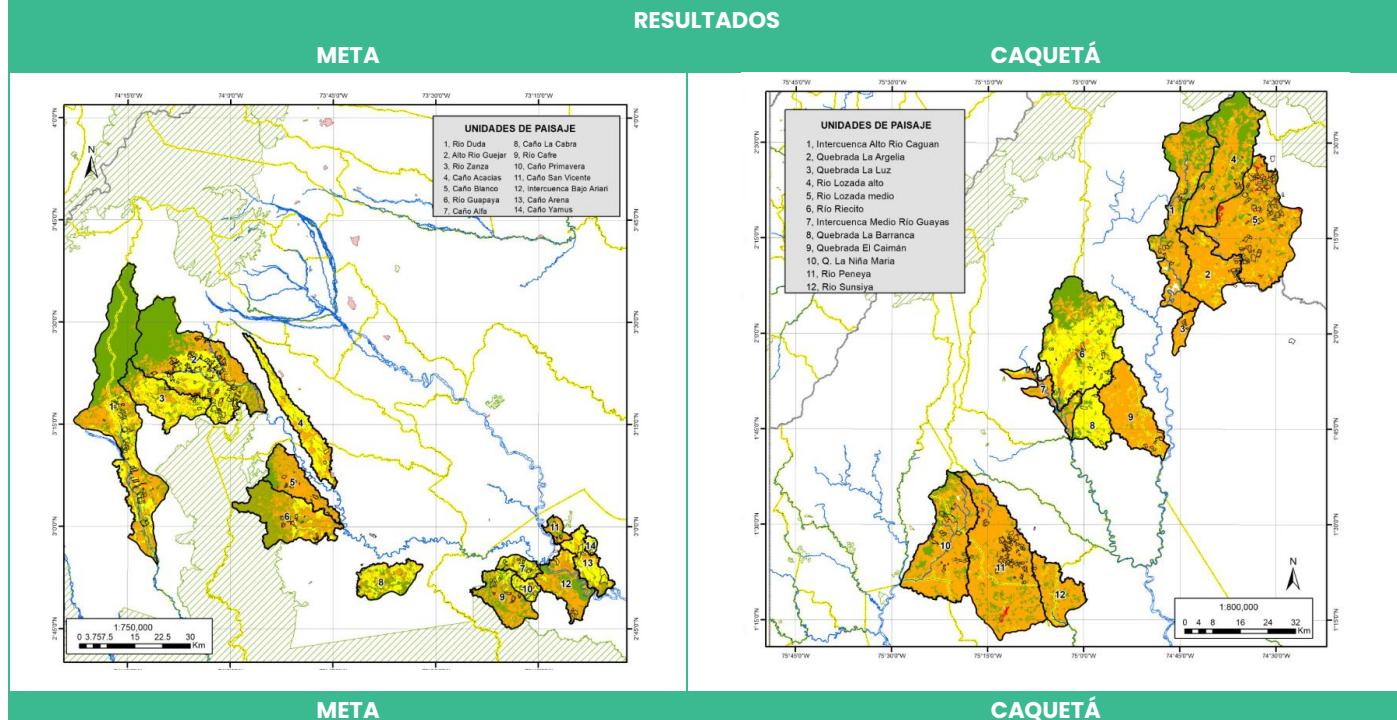


INTERPRETACIÓN	
META	CAQUETA
Para el Meta se observa que la multifuncionalidad es media con un 45% (112.841 ha), destacándose el río Duda con 42.215 ha seguida del alto río Guejar con 28.848 ha. En baja multifuncionalidad se reportan 103.401 ha (39% del territorio), representadas principalmente en el alto río Guejar con 23.244 ha. Cabe resaltar la parte norte del río Duda y el alto río Guejar con 15.347 ha y 6.049 ha con multifuncionalidad alta. Por último, con una muy alta funcionalidad se registran 700 ha en el río Duda y 397 ha en el caño Blanco. En términos generales, para el territorio la multifuncionalidad es baja, indicando una baja capacidad del paisaje rural para producir y mantener simultáneamente múltiples y diferentes bienes y servicios.	Para el Caquetá, se registra que el 40% de las cuencas se registran con una multifuncionalidad media (338.532 ha), destacándose 48.873 ha del río Peneya, 30.753 ha de la quebrada La Niña María y 25.897 ha del río Riequito. El 31% se reporta en baja multifuncionalidad con 132.968 ha, principalmente en la intercuenca del alto río Caguán (21.618 ha), río Riequito (20.974 ha), quebrada Caimán (19.343 ha) y quebrada Argelia (18.635 ha). En multifuncionalidad muy baja se registra el río Lozada medio con 27.315 ha y río Lozada alto con 13.194 ha. En términos generales, para el territorio la multifuncionalidad es baja, indicando una baja capacidad del paisaje rural para producir y mantener simultáneamente múltiples y diferentes bienes y servicios.

3.2. Principio II. PRODUCTIVIDAD

FICHA 7. PRINCIPIO II: PRODUCTIVIDAD						
DEFINICIÓN						
La productividad se refiere a la cantidad de productos, biomasa, servicios, trabajo y capital, generada a partir de las interrelaciones ecológicas, económicas y socioculturales en el paisaje rural, en una unidad de tiempo. La productividad del paisaje rural considera los medios de vida, el capital invertido (natural, humano, financiero) y los trabajos generados (remunerado y no remunerado) (Bustamante et al., 2019)						
FORMULA	CATEGORIZACIÓN					
$PRODUC = \frac{(C1 + C2 + C3 + C4)}{4}$	<table border="1"> <tr><td>Muy alta</td></tr> <tr><td>Alta</td></tr> <tr><td>Media</td></tr> <tr><td>Baja</td></tr> <tr><td>Muy baja</td></tr> </table>	Muy alta	Alta	Media	Baja	Muy baja
Muy alta						
Alta						
Media						
Baja						
Muy baja						
UNIDAD DE MEDIDA DEL CRITERIO	> 0 - <=1					
INTERPRETACIÓN	Si se acerca a cero es poco productivo y si acerca a 1 es muy productivo					

CRITERIO	DEFINICIÓN	FUENTE
RENDIMIENTO * CALIDAD (C1): El sistema socioecológico genera la mayor cantidad de biomasa por unidad de área, acorde con la oferta ambiental y la capacidad de carga del paisaje.	Cantidad de biomasa por unidad de área, acorde con la oferta ambiental y la capacidad de carga del paisaje.	NDVI_2023, SENTINEL II
EFFECTIVIDAD (C2): El sistema socioecológico utiliza la menor cantidad posible de recursos naturales, insumos y energía, por unidad de producto.	La menor cantidad posible de recursos naturales, insumos y energía, por unidad de producto.	ODK, PRORURAL, Garay
REDUNDANCIA (C3) El sistema socioecológico almacena los recursos requeridos para la producción constante, en rangos limitados por la oferta ambiental, para el caso de recursos escasos.	Almacena los recursos requeridos para la producción constante, en rangos limitados por la oferta ambiental, para el caso de recursos escasos.	ODK, PRORURAL, PRORURAL, Meta, Caquetá
EFICIENCIA (C5) El sistema socioecológico promueve la eficiencia en servicios técnicos y mano de obra, a través de la aplicación de una planeación adecuada y adecuadas competencias para el emprendimiento	Eficiencia en la producción y en el aprovechamiento de los servicios técnicos y mano de obra,	DK, PRORURAL, PRORURAL, Meta, Caquetá





INTERPRETACIÓN

META

Para el Meta en la parte norte, el río Duda y el alto río Guejar presentan una productividad alta de manera natural con 31.847 ha y 20.983 ha, respectivamente. Para el área en general presenta el 30% con productividad baja (17.575 ha en el río Duda y 14.136 ha en el alto río Guejar), seguida del 29% con alto natural, destacándose el alto río Guejar con 15.652 ha y un 25% en media (31.847 ha en el río Duda y 20.983 ha en el alto río Guejar).

En general, la productividad es de rango medio, lo que muestra un equilibrio entre la capacidad de carga del mismo, los recursos requeridos para su producción y la eficiencia en servicios técnicos y mano de obra que se tiene en el territorio.

CAQUETA

Para el Caquetá, el 65% de las cuencas (275.214 ha) se encuentran con baja productividad, destacándose el río Peneya con 56.499 ha seguida del río Lozada medio con 44.416 ha. Cabe resaltar para el río Rieci y la quebrada la Barranca se reportan 31.200 ha y 10.963 ha respectivamente en media productividad; así como, 18.100 ha del río Lozada medio y 16.224 ha para el río Rieci con alta natural productividad.

En general, la productividad en rangos bajos para esta zona muestra que no se está considerando la capacidad de carga del ecosistema y los recursos requeridos para su producción, así como la eficiencia en servicios técnicos y mano de obra sobrepasa lo requerido para este territorio.

3.3. Principio III: BIENESTAR

FICHA 8 PRINCIPIO III: BIENESTAR

DEFINICIÓN

El bienestar es el estado o estados concertados del paisaje que favorecen el vivir bien, manteniendo su capacidad multifuncional. Se encuentra condicionado por la salud de los socioecosistemas (comunidad, formas de vida humanas y no humanas, y entorno geofísico) (Bustamante et al., 2019).

El principio de bienestar orienta la acción hacia la sostenibilidad de los paisajes ganaderos a partir de:

- Garantizar la salud, el confort, la satisfacción y las buenas relaciones sociales.
- Garantizar las buenas relaciones sociales e interacciones que generen bienestar.
- Reportar un comportamiento financiero positivo sin generar costos de externalidades a otros sectores.

IMPORTANCIA

El bienestar en el paisaje rural se encuentra condicionado por la salud de los socioecosistemas (comunidad, formas de vida humanas y no humanas, y entorno geofísico). Hace referencia al estado o estados concertados del paisaje rural que favorecen el vivir bien, manteniendo su capacidad multifuncional.

El bienestar implica la salud, la inclusión, la igualdad de oportunidades, la seguridad alimentaria y la rentabilidad, así como, la salud de los ecosistemas, entendido a partir del grado de naturalidad e integridad ecológica.

FORMULA

$$\text{BIENESTAR} = \frac{(C1 + C2 + C3 + C4 + C5)}{5}$$

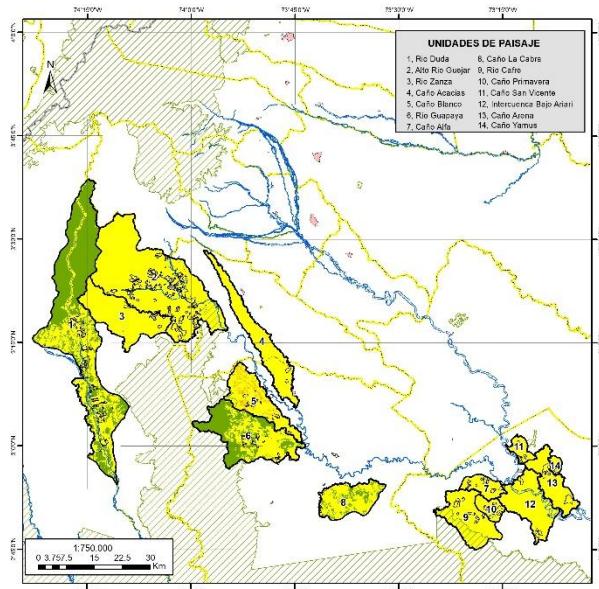
CATEGORIZACIÓN

	Muy alto
	Alto
	Medio
	Bajo
	Muy bajo

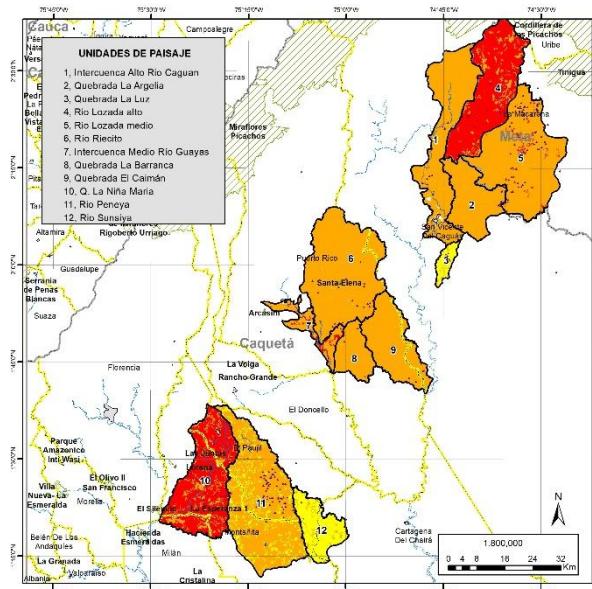
UNIDAD DE MEDIDA DEL CRITERIO	> 0 - <=1	
	INTERPRETACIÓN	DEFINICIÓN
CRITERIO	DEFINICIÓN	FUENTE
Salud	Entendido como el cubrimiento de la salud animal (nutricionales, prevención de enfermedades), ecológicos (mantenimiento de procesos ecológicos), y humanos (salud física, nutricional, pobreza)	ODK
Confort	Prevalencia de incomodidades físicas y térmicas en sistemas de producción bovina y de las personas en poder buscar nuevas condiciones de vida que mejoren su calidad de vida	ODK
Satisfacción	Es la satisfacción que provee el paisaje en satisfacer las necesidades básicas insatisfechas, y la potencialidad de ingresos alternos	ODK
Bienestar multidimensional	Definido como la capacidad que tiene el sistema para mantener la soberanía alimentaria, la capacidad de asociatividad entre las personas y mejorar sus relaciones interpersonales y laborales, así como el buen uso de los servicios ecosistémicos que este ofrece	ODK
Comportamiento financiero	Entendido como la capacidad el sistema para mantener los costos de productividad sin generar externalidades	ODK

RESULTADOS

META

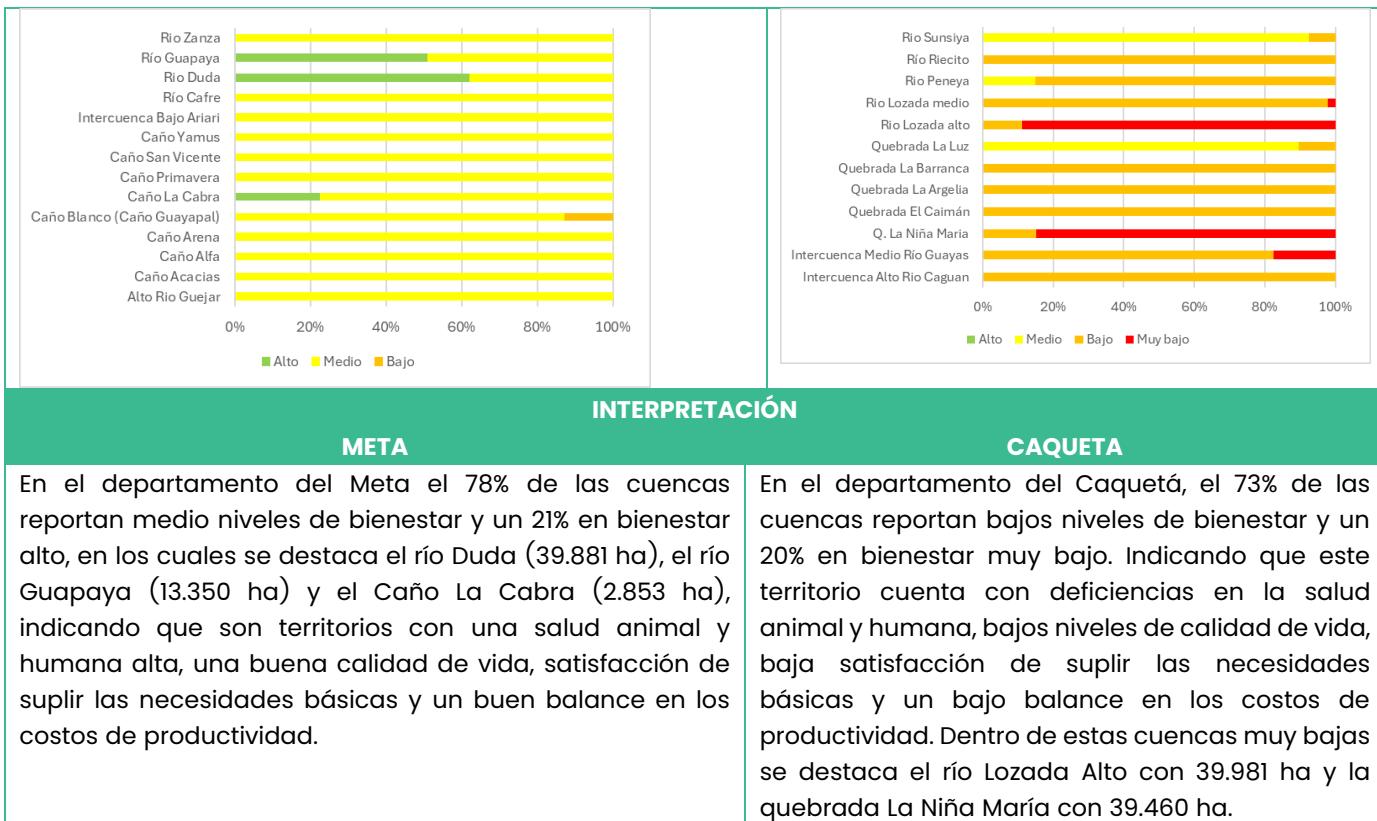


CAQUETÁ



META

CAQUETÁ



INTERPRETACIÓN

META

En el departamento del Meta el 78% de las cuencas reportan medio niveles de bienestar y un 21% en bienestar alto, en los cuales se destaca el río Duda (39.881 ha), el río Guapaya (13.350 ha) y el Caño La Cabra (2.853 ha), indicando que son territorios con una salud animal y humana alta, una buena calidad de vida, satisfacción de suplir las necesidades básicas y un buen balance en los costos de productividad.

CAQUETA

En el departamento del Caquetá, el 73% de las cuencas reportan bajos niveles de bienestar y un 20% en bienestar muy bajo. Indicando que este territorio cuenta con deficiencias en la salud animal y humana, bajos niveles de calidad de vida, baja satisfacción de suplir las necesidades básicas y un bajo balance en los costos de productividad. Dentro de estas cuencas muy bajas se destaca el río Lozada Alto con 39.981 ha y la quebrada La Niña María con 39.460 ha.

3.4. Uso de la información en planes de mejora predial

El análisis del contexto socioecológico del paisaje permitió realizar una valoración integral del estado actual de los criterios e indicadores de sostenibilidad, con el propósito de identificar de manera precisa aquellos aspectos que requieren mayor atención y priorización dentro de las estrategias de mejora a nivel predial. Esta evaluación tuvo como meta orientar un proceso de transición planificada, que permita en un plazo de cinco años pasar de condiciones clasificadas como bajas a medio-bajas, y de medio-bajas a medio-altas, generando así un fortalecimiento progresivo en los niveles de sostenibilidad de los sistemas productivos y de gestión territorial.

Con el fin de favorecer la interpretación y uso de la información obtenida, se diseñó un visor digital que funciona como herramienta de apoyo a la gestión, la planificación y la toma de decisiones. Dicho visor representa los resultados mediante un esquema cromático tipo semáforo, que facilita la comprensión visual del grado de alerta asociado a cada criterio o indicador. La escala se estructura de la siguiente manera: verde, que denota un estado de baja alarma respecto a los cambios observados; amarillo, que corresponde a una alarma de nivel bajo a medio; naranja, que indica un estado medio-alto de alerta; y rojo, que refleja una situación de alta alarma como consecuencia de variaciones críticas en el criterio o indicador valorado.

De esta manera, el enfoque no solo permite diagnosticar la situación actual, sino también establecer prioridades estratégicas de intervención, aportando insumos fundamentales para la gestión adaptativa, el fortalecimiento de la sostenibilidad y la consolidación de escenarios de

mejora continua en el manejo socio-ecológico del paisaje. Esto se puede ver en el ejemplo de las figuras 33 y 34.0 aplicadas a un predio del municipio de Mesetas en la cuenca alta del río Guejar.

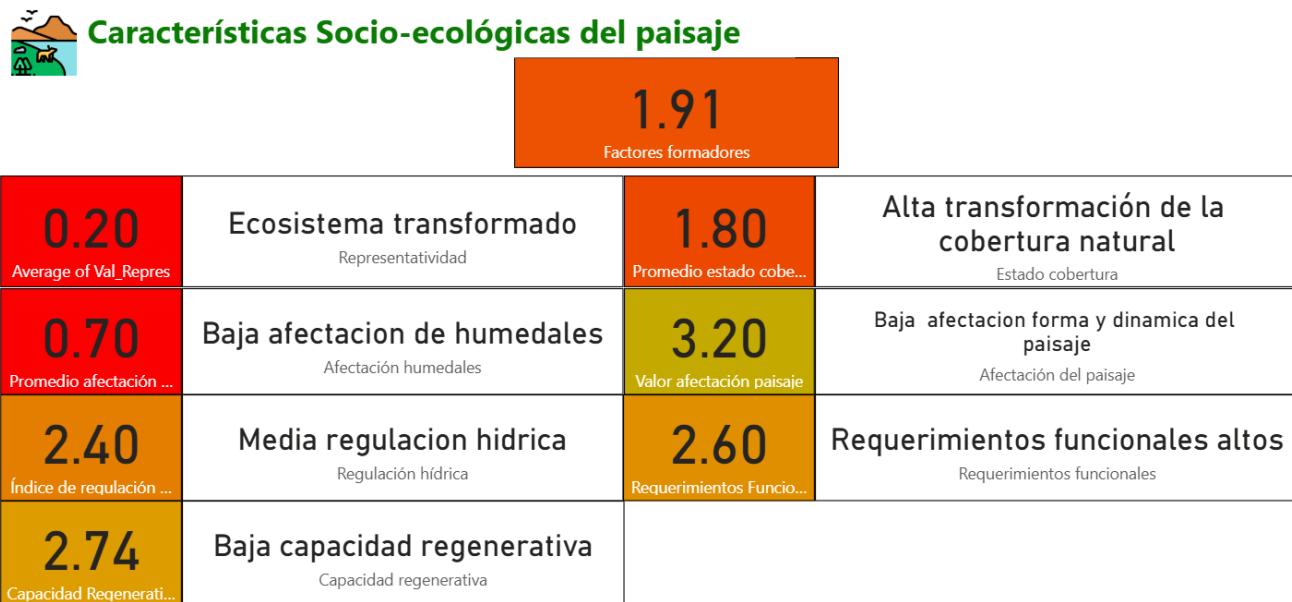


Figura 33. Ejemplo visual de la valoración predial en las características socio-ecológicas. Fuente: Elaboración propia

Susceptibilidad del paisaje

0.80 Susceptibilidad desertificación	Muy baja susceptibilidad a ... Susceptibilidad desertificación	1.70 Susceptibilidad Salinización	Baja susceptibilidad a la sa... Susceptibilidad salinización
5.00 Susceptibilidad inundación	Muy Alta susceptibilidad a ... Susceptibilidad inundación	1.60 Susceptibilidad Erosión	Baja susceptibilidad a la er... Susceptibilidad erosión
2.80 Susceptibilidad deslizamientos	Baja susceptibilidad a desli... Susceptibilidad deslizamientos	3.00 Ecosistemas en peligro	Medio peligro Ecosistemas en peligro

Riesgos del paisaje

2.94		Medio Riesgo	
Riesgo		Riesgo	
3.90 Riesgo remoción en masa	Alto riesgo a la remoción e... Riesgo remoción en masa	0.50 Riesgo trasnf. humedales	Alta transformación de hu... Riesgo transf. humedales
0.00 Riesgo de fuegos	No eventos de fuegos Riesgo de fuegos	4.00 Riesgo cambio temp 2040-2071	Alta probabilidad de cambi... Riesgo cambio temp 2040-2071
1.00 Riesgo déficit precipitación	No cambio en la precipitaci... Riesgo déficit precipitación		



Figura 34. Ejemplo visual de la valoración predial en susceptibilidad del paisaje y riesgos (principio de multifuncionalidad).Fuente: Elaboración propia



INDICADORES DE PRODUCTIVIDAD

0.46

Productividad

0.55

Rendimiento

0.08

Calidad

0.84

Eficiencia productiva

0.72

Eficiencia reproductiva

0.38

Redundancia

0.49

Eficiencia servicios técnicos



INDICADORES DE BIENESTAR

0.40

Bienestar

0.47

Cubrimiento req nutri de bovi...

0.06

Prevalencia enferme bovinos

0.65

Nivel degradación del suelo

0.25

Índice salud ecosistemas

0.75

Índice salud personas

0.96

Estado nutricional personas

0.77

Control biológico de plagas

0.40

Índice pobreza multidimensional

0.54

Prevalencia incomodidades

0.28

Índice etología bovina

0.87

Índicador migración pobla

0.59

Índice agroturístico fincas qan

0.65

NBI

0.55

Índice soberanía alimentaria

0.04

Asociatividad y redes de interc

0.09

Relaciones interper y laborales

0.55

Uso servicios ecosistémicos

0.15

VPN

Muy bajo VPN

Figura 35. Ejemplo visual de la valoración predial en indicadores de productividad y bienestar (principios de productividad y bienestar). Fuente: Elaboración propia

4. Conclusiones y recomendaciones

- El análisis de paisaje ayudó a guiar la elaboración de los planes de mejora predial bajo criterios de los principios de multifuncionalidad, productividad y bienestar con el objetivo de calificar su estado en conservación de las microcuencas, la provisión de servicios ambientales y la mejora de ingresos de las comunidades allí asentadas.
- Probar por segunda vez la metodología propuesta del Marco Nacional de Referencia de ganadería sostenible permite ver qué puntos pueden reducir tiempos y cómo es importante tener personal capacitado en el levantamiento de información.
- Apoyar la transición hacia prácticas agropecuarias y forestales sostenibles que mejoran rendimientos y reducen la presión sobre ecosistemas frágiles.
- Ayuda a anticipar y mitigar impactos de amenazas naturales o antrópicas, como inundaciones, sequías, incendios o fragmentación de hábitats en las áreas muestreadas, que pueden bajar prácticas a nivel predial.

4.1. Impactos aún por cimentar

- Es importante generar un análisis de paisaje más amplio para todo el arco de deforestación del Meta y Caquetá con el fin de generar comparaciones e ilustrar que metodologías internas del paso a paso que puedan simplificar y mejorar el estado de los criterios valorados.
- Generar capacidad de las organizaciones en tener datos relevantes para este tipo de estudio y en cómo se realizan.
- Consolidar plataformas con la ruta y guía de preguntas para que más proyectos, organizaciones y grupos puedan alimentar la información para generar análisis.

4.2. Recomendaciones para la planificación de futuros proyectos

- Incorporar, desde la fase inicial de planificación del proyecto, la elaboración del estudio de paisaje como herramienta transversal, articulada a los procesos de extensión, ordenamiento predial y formulación de políticas locales.
- Es indispensable acotar el alcance del estudio de paisaje a las necesidades y áreas del estudio para que el mismo no sea tedioso de entender, pero valioso para lograr fortalecer las capacidades de los actores locales y tener datos que permitan mejorar la planeación del territorio.

- Fortalecer la formación de extensionistas, docentes y estudiantes de universidades y ONGs, así como de técnicos locales, en el uso de los estudios de paisaje como herramienta de intervención predial, asegurando la apropiación plena de la metodología.
- Reforzar las capacidades de los profesionales de los sectores agropecuario y ambiental en el manejo y aprovechamiento de información básica y prioritaria para estudios de conectividad, funcionalidad, restauración y sostenibilidad.
- Diseñar estrategias de socialización de resultados que faciliten la comprensión técnica para directivos, financiadores y autoridades nacionales y locales, destacando beneficios concretos como el aumento de forraje, la conservación e interconectividad de los bosques, la reducción de emisiones y la preservación de fuentes hídricas.
- Establecer alianzas estratégicas con instituciones nacionales y locales —Ministerios de Ambiente y Agricultura, IDEAM, UPRA, gobernaciones, CORMACARENA, CORPOAMAZONIA y alcaldías— para fomentar la capacitación y la valoración del estudio de paisaje, integrándolo a los procesos de planificación territorial.
- Optimizar los recursos financieros mediante la incorporación de tecnologías de bajo costo, como drones y aplicaciones móviles, para la actualización continua de la información de campo.
- Desarrollar un catálogo digital que consolide la información de la Orinoquia y la Amazonía, con datos directos de los territorios, enriquecido con la información generada por proyectos y administraciones locales y regionales.
- Impulsar que las universidades locales y ONGs especializadas promuevan la capacitación y el uso de los estudios de paisaje.

5. Referencias

- Burbano-Girón, J., Molina-Berbeo, M., Gutiérrez, C., Ochoa-Quintero, J., & Ayazo-Tozcano, R. (13 de 08 de 2023). *Estado de conservación y transformación de los humedales de Colombia*. Obtenido de <http://reporte.humboldt.org.co/biodiversidad/2020/cap1/102/#sección1>.
- Congreso de Colombia. (2012). Ley 1523 de 2012 por la cual se adopta la política nacional de gestión del riesgo de desastres y se establece el Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres y se dictan otras disposiciones. Bogotá D.C., Colombia: Diario Oficial 48.411.
- Etter, A., Andrade, A., Saavedra, K., Amaya, P., & Arévalo, P. (2017). Estado de los Ecosistemas Colombianos. Una aplicación de la metodología de Lista Roja de Ecosistemas (ver.2.0). Bogotá.
- Feranec, J., Soukup, T., & Jaffrain, G. (2012). Land Cover and Its Change in Europa: 1990 – 2006. *Remote Sensing of Land Use and Land Cover*, 285-302.
- Fernando, F. (1991). Clasificación hidrodinámica de Chile. *Anales del XIII Congreso Nacional de Geografía y IV Jornadas de Cartografía Temática*, 1(1), 5-18.

- GBIF. (2024). *Global Biological Information Facility*. Obtenido de <https://www.gbif.org/>.
- Gomez, O., & Paramo, F. (2005). *Environmental Accounting*. Barcelona: European Environment Agency.
- Gómez-Tapias, J., Montes-Ramírez, N., Rey-León, V., Marín-Rincón, E., & Mateus-Zabala, D. (2023). *Memoria explicativa del Mapa Geológico de Colombia, Geological Colombia y Atlas Geológico de Colombia 2023*. Bogota.
- Guzmán, D., Ruíz, J., & Cadena , M. (2014). Regionalización de Colombia según la estacionalidad de la precipitación media mensual, a través de un análisis de componentes principales (ACP). Bogotá: IDEAM.
- Hernández , J., Hurtado-Guerra, A., Ortiz-Quijano, R., & Walschburger, T. (1990). Unidades Biogeográficas de Colombia. En R. Hafner, *La Diversidad Biológica de Iberoamérica*.
- Hernandez-Camacho, J., Hurtado, A., Ortiz, R., & Walschburger, T. (1992). Unidades biogeográficas de Colombia. *Acta Zoológica Mexicana*, 105-153.
- Horton, R. (1945). Erosional development of streams and their drainage basins: hydro-physical approach to quantitative morphology. *Geological Society of America Bulletin*, 56 (3), 275–370.
- IAvH. (2014). Mapa nacional de humedales de Colombia a escala 1:100.000 por tipología en las áreas hidrográficas Caribe, Magdalena-Cauca, Pacífico, Orinoco y Amazonas. Bogota.
- IAvH. (03 de 07 de 2023). *Biodiversidad de Colombia en el Mundo*. Obtenido de <https://cifras.biodiversidad.co/>.
- IDEAM. (2011). Mapa de susceptibilidad a la erosión. Escala 1:100.000. Bogotá.
- IDEAM. (2014). Mapa de zonificación climática Caldas - Lang. Obtenido de www.siac.gov.co.
- IDEAM. (2019). Estudio Nacional de la degradación de suelos por salinización en Colombia. Bogota.
- IDEAM. (2022). Estudio Nacional del Agua . Bogota.
- IDEAM. (2022). *Zonificación y Codificación de Cuencas Hidrográficas*. Bogotá: Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales.
- IGAC. (2022). *Base cartográfica para Colombia a escala 1:100.000*. Obtenida de <https://geoportal.igac.gov.co/contenido/datos-abiertos-cartografía-y-geografía>.
- Instituto Geográfico Agustín Codazzi IGAC – Unidad de Planificación Rural Agropecuaria UPRA. (2015). *Leyenda de usos agropecuarios del suelo a escalas mayores a la escala 1:25.000*. Bogotá: IGAC-UPRA.
- Isaacs Cubides, P. (2023). Mapa de prioridades y oportunidades de restauración para Colombia. Propuesta metodológica. Bogotá.
- Lal, R. (2001). Soil degradation by erosion. *Land Degradation & Development*, 12(6) 519-539.
- Latorre-Parra, J., Jaramillo-Rodríguez, O., Corredor-Gil, L., & Arias-Vargas, D. (2014). Condición de las unidades ecohígeo-geográficas continentales y sistema nacional de áreas protegidas en Colombia (Base de datos geográfica a escala 1:100.000). Bogotá.
- MADS. (2021). Memoria del Mapa de Ecosistemas Continentales, Costeros y Marinos de Colombia (MEC) . Bogotá.
- Minamabiente. (2021). *Mapa de humedales de Colombia*. Bogotá.

- NASA. (2012). <https://asterweb.jpl.nasa.gov/GDEM.asp>.
- PNN. (4 de 10 de 2023). *Representatividad y prioridades de conservación*. Obtenido de <https://old.parquesnacionales.gov.co/portal/es/sistema-nacional-de-areas-protegidas-sinap/representatividad-y-prioridades-de-conservacion/>.
- Salamanca-Jiménez, A., & Sadaghian, S. (2005). La densidad aparente y su relación con otras propiedades en suelos de la zona cafetera colombiana. *Cenicafe*, 56(4)381-397.
- SINCHI. (11 de 2023). <https://siatac.co/>. Obtenido de <https://siatac.co/>.
- Strahler, A. (1957). Quantitative analysis of watershed geomorphology. *Transactions of the American Geophysical Union*, 38(6), 913-920.
- Walter, H. (1980). Vegetation of the Earth and ecological systems of the geo-biosphere. Berlin: Springer Verlag.
- Zink, J. (2012). ITC Special Lecture Notes Series. Holanda: Faculty of geoinformation science and earth observation ITC. Enschede, NL.