ANÁLISIS ÁREA DE ESTUDIO PRELIMINAR Y ALERTAS TEMPRANAS
"Caracterización ambiental y social del área de estudio preliminar – Medio Físico"

PROYECTO

LÍNEA DE TRANSMISIÓN LA LOMA – SOGAMOSO 500 kV

OBJETO DE LA CONVOCATORIA PÚBLICA
UPME N° 04 – 2019
DEL PLAN DE EXPANSIÓN DE REFERENCIA
GENERACIÓN – TRANSMISIÓN
2017 – 2031

BOGOTÁ D.C.,
2019

ÍNDICE GENERAL

4. CARACTERIZACIÓN AMBIENTAL Y SOCIAL DEL ÁREA DE ESTUDIO PRELIMINAR 12
4.1 MEDIO FÍSICO 12
4.1.1 GEOLOGÍA 12
4.1.1.1 Geología General y Estructural 12
4.1.1.2 Tectónica 24
4.1.1.3 Sismicidad 35
4.1.2 GEOMORFOLOGÍA 37
4.1.2.1 Morfogénesis 37
4.1.2.2 Morfografía 41
4.1.2.3 Morfodinámica 48
4.1.2.4 Paisaje geomorfológico 56
4.1.2.5 Degradación por Erosión 58
4.1.2.6 Remoción en masa 60
4.1.3 SUELOS 61
4.1.3.1 Uso potencial del Suelo 61
4.1.3.2 Clasificación Agrológica 64
4.1.3.3 Uso actual del Suelo 66
4.1.3.4 Oferta ambiental 69
4.1.3.5 Zonificación de tierras para el cultivo comercial de especies de interés 71
4.1.4 HIDROGEOLOGÍA 72
4.1.5 HIDROGRAFÍA 75
4.1.5.1 Zonificación hidrográfica 75
4.1.5.2 Ecosistemas lénticos y lóticos 78
4.1.5.3 Planes de ordenación y manejo de cuencas 83
4.1.5.4 Susceptibilidad a inundación 84
4.1.6 USOS DEL AGUA 85
4.1.7 ATMÓSFERA 88
4.1.7.1 Presión atmosférica 89
4.1.7.2 Temperatura 90
4.1.7.3 Precipitación 94
4.1.7.4 Velocidad y dirección del viento 95
4.1.7.5 Radiación solar 96
4.1.7.6 Humedad relativa 97
4.1.7.7 Evaporación 98
4.1.7.8 Nivel ceráunico 99
4.1.7.9 Zonas climáticas 100

LISTADO DE TABLAS

Tabla 4.1 Unidades geológicas del área de estudio preliminar 16
Tabla 4.2 Estructuras geológicas del área de estudio preliminar 22
Tabla 4.3 Morfoestructuras asociadas a la tectónica del área de estudio preliminar 29
Tabla 4.4 Unidades geomorfológicas del área de estudio preliminar..... 45
Tabla 4.5 Área cubierta por grados de erosión en el área de estudio preliminar... 58
Tabla 4.6 Uso potencial del suelo para el área de estudio preliminar 62
Tabla 4.7 Uso actual del suelo para el área de estudio preliminar 66
Tabla 4.8 Oferta ambiental del área de estudio preliminar 69
Tabla 4.9 Aptitud para el cultivo comercial de especies de interés..... 72
Tabla 4.10 Zonificación hidrográfica para el área de estudio..... 78
Tabla 4.11 Descripción de anexos ecosistemas lóticos..... 79
Tabla 4.12 Cuencas objeto de ordenación en el área de estudio preliminar 84
Tabla 4.13 Captaciones de agua en el área de estudio preliminar..... 88

LISTADO DE FIGURAS

Figura 4.1 Unidades geológicas del área de estudio preliminar 13
Figura 4.2 Unidades geológicas del área de estudio preliminar 14
Figura 4.3 Unidades geológicas del área de estudio preliminar 15
Figura 4.4 Morfoestructuras asociadas a la tectónica del área de estudio preliminar 26
Figura 4.5 Morfoestructuras asociadas a la tectónica del área de estudio preliminar 27
Figura 4.6 Morfoestructuras asociadas a la tectónica del área de estudio preliminar 28
Figura 4.7 Amenaza por sismicidad en el área de estudio preliminar 36
Figura 4.8 Morfogénesis del área de estudio preliminar 38
Figura 4.9 Morfogénesis del área de estudio preliminar 39
Figura 4.10 Morfogénesis del área de estudio preliminar 40
Figura 4.11 Morfografía del área de estudio preliminar 42
Figura 4.12 Morfografía del área de estudio preliminar 43
Figura 4.13 Morfografía del área de estudio preliminar 44
Figura 4.14 Pendientes y degradación por erosión en el área de estudio preliminar 50
Figura 4.15 Pendientes y degradación por erosión en el área de estudio preliminar 51
Figura 4.16 Pendientes y degradación por erosión en el área de estudio preliminar 52
Figura 4.17 Coberturas y degradación por erosión en el área de estudio preliminar 53
Figura 4.18 Coberturas y degradación por erosión en el área de estudio preliminar 54
Figura 4.19 Coberturas y degradación por erosión en el área de estudio preliminar 55
Figura 4.20 Calidad Visual del Paisaje del área de estudio preliminar 57
Figura 4.21 Degradación por erosión del área de estudio preliminar 59
Figura 4.22 Amenaza por remoción en masa del área de estudio preliminar 60
Figura 4.23 Uso potencial del suelo para el área de estudio preliminar 63
Figura 4.24 Clases agrológicas para el área de estudio preliminar 65
Figura 4.25 Uso actual del suelo para el área de estudio preliminar 68
Figura 4.26 Oferta ambiental del área de estudio preliminar 70
Figura 4.27 Hidrogeología del área de estudio preliminar 73
Figura 4.28 Modelo hidrogeológico básico de la provincia Valle Medio del Magdalena 74
Figura 4.29 Modelo hidrogeológico básico de la provincia Cesar - Ranchería 74
Figura 4.30 Modelo hidrogeológico básico de la provincia Valle Inferior del Magdalena 75
Figura 4.31 Zonificación hidrográfica para el área de estudio preliminar 77
Figura 4.32 Ecosistemas lóticos en el área de estudio preliminar 80
Figura 4.33 Ecosistemas lénticos en el área de estudio preliminar 82
Figura 4.34 Cuencas objeto de ordenación en el área de estudio preliminar 83

Figura 4.35 Susceptibilidad a la inundación del área de estudio preliminar.....85
Figura 4.36 Captaciones de agua en el área de estudio preliminar.....87
Figura 4.37 Presión atmosférica promedio multianual en el área de estudio preliminar.....90
Figura 4.38 Temperatura máxima multianual en el área de estudio preliminar.....91
Figura 4.39 Temperatura media multianual en el área de estudio preliminar 92
Figura 4.40 Temperatura mínima multianual en el área de estudio preliminar.....93
Figura 4.41 Precipitación total promedio multianual en el área de estudio preliminar.....95
Figura 4.42 Velocidad y dirección promedio multianual en el área de estudio preliminar.....96
Figura 4.43 Radiación solar promedio multianual en el área de estudio preliminar97
Figura 4.44 Humedad relativa, promedio multianual en el área de estudio preliminar.....98
Figura 4.45 Evaporación total anual para el área de estudio preliminar 99
Figura 4.46 Nivel Ceráunico en el área de estudio preliminar 100
Figura 4.47 Zonas climáticas de Caldas - Lang para el área de estudio preliminar 101

LISTADO DE ANEXOS

Anexo 1. Metodología
Anexo 2. Normatividad
Anexo 3. Correspondencia
Anexo 4. Cartografía
Anexo 5. Reportes
Anexo 6. Socioeconómico

- *(1) Archivo anexo 4.1.3_A_ZONIFICACIÓN DE TIERRAS*
- *(31) Archivos anexo 4.3.1_A_Fichas territoriales municipales*
- *(5) Archivos anexo 4.3.1_A_Fichas territoriales departamentales (archivos páginas web)*
- *(10) Archivos anexo 4.3.2_B_ Fichas territoriales culturales*
- *(1) Archivo anexo "4.3.3_A_Guía orientaciones para realizar la medición de Desempeño Integral Municipal"*
- *(35) Archivos anexo "4.3.3_B_Índices de Desempeño Fiscal municipales 2016"*
- *(1) Archivo anexo "4.3.3_C_Índice de Desempeño Integral de los municipios del área de estudio año 2016"*
- *(1)Archivo anexo "4.3.3_D_Índice de Pobreza Multidimensional IPM de los municipios del área de estudio preliminar"*
- *(1) Archivo anexo "4.3.3_E_Índice de Desempeño Fiscal 2017 de los municipios del área de estudio"*
- *(1)Archivo anexo "4.3.3_F_Índice de Vulnerabilidad final 2008 - 2012"*
- *(1) Archivo anexo "4.3.5_A_ Presencia del ELN en el territorio nacional 2018*
- *(1) Archivo anexo "4.3.5_B_XIII Informe presencia de grupos narcoparamilitares primer semestre de 2017."*
- *(1) Archivo anexo "4.3.5_C_Eventos por MAP y MUSE ocurridos en el área de estudio"*
- *(1)Archivo anexo "4.3.5_D_Casos de por MAP y MUSE ocurridos en el área de estudio"*
- *(1) Archivo anexo "4.3.6_A_Mapa de macrofocalización de Restitución de Tierras"*
- *(1) Archivo anexo "4.3.6_B_Mapa de microfocalización de Restitución de Tierras"*
- *(1)Archivo anexo "4.3.7_Mapa Nacional Zonas de Reserva Campesina ANZORC"*
- *(1) Archivo anexo "4.3.8_A_Mecanismos Tributarios para las ZOMAC - Ley 1819 de 2016"*
- *(1) Archivo anexo "4.3.8_B_Información General Municipios ZOMAC"*
- *(1) Archivo anexo "4.3.8_C_Ficha PDET Catatumbo*
- *1) Archivo anexo "4.3.8_C_Ficha PDET Sierra Nevada – Perijá*
- *1) Archivo anexo "4.3.8_C_Ficha PDET Sur de Bolívar*
- *(1) Archivo anexo " 4.3.8_D_Información general sobre PDET"*
- *(1) Archivo anexo "4.3.8_E_Decreto 1650 de 2017_Reglamentación ZOMAC"*
- *Avalúo Catastral.*

Anexo 7. Analisis de efectos acumulativos y sinérgicos
Anexo 8. Regionalización

SIGLAS

ANLA	*Autoridad Nacional de Licencias Ambientales*
AEROCIVIL	*Unidad Administrativa Especial de Aeronáutica Civil*
AICA	*Es un área Importante para la conservación de las aves en Colombia*
ANH	*Agencia Nacional de Hidrocarburos*
ANI	*Agencia Nacional de infraestructura*
ANLA	*Autoridad Nacional de Licencias Ambientales*
ANM	*Agencia Nacional Minera*
bs-T	*Bosque Seco Tropical*
CAR´s	*Corporaciones Autónomas Regionales*
DAA	*Diagnóstico Ambiental de Alternativas*
DANE	*Departamento Administrativo Nacional de Estadística*
DSI	*Documentos de Selección del Inversionista*
EOT	*Esquemas de Ordenamiento Territorial Municipal*
FPO	*Fecha de puesta en operación*
IAvH	*Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt*
ICANH	*Instituto Colombiano de Antropología e Historia*
ICEE	*Índice de cobertura eléctrica base por municipio*
IDEAM	*Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales*
IGAC	*Instituto Geográfico Agustín Codazzi*
INCODER	*Instituto Colombiano de Desarrollo Rural*
INDEPAZ	*Instituto de Estudios Ambientales para el desarrollo y la paz*
INDERENA	*Instituto Nacional de Recursos Naturales Renovables y del Ambiente (Colombia)*
INTERPOL	*Organización Policial Internacional*
INVEMAR	*Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras*
MADS	*Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible*
MININTERIOR	*Ministerio del Interior*
MINENERGIA	*Ministerio de Minas y Energía*
PBOT	*Plan Básico de ordenamiento Territorial*
PNN	*Parque Nacional Natural*
POMCA´s	*Planes de Manejo y Ordenamiento de Cuencas*
POT	*Planes de Ordenamiento Territorial*
RAMSAR	*Convención Relativa a los Humedales de Importancia Internacional especialmente como Hábitat de Aves Acuáticas*
RETIE	*Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas*
RNSC	*Reservas Naturales de la Sociedad Civil*
RUNAP	*Registro Único Nacional de áreas Protegidas*
SGC	*Servicio Geológico Colombiano*
SIAC	*Sistema de Información Ambiental de Colombia*
SIG	*Sistemas de Información Geográfica*
SINAP	*Sistema Nacional de Áreas Protegidas*
SINCHI	*Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas*
UNASPNN	*Unidad Administrativa de Parques Nacionales Naturales*
UPME	*Unidad de planeación Minero Energética*
ZVTN	*Zonas veredales Transitorias de Normalización*

ABREVIATURAS

Amenaza por Inundación…… Inund
Amenaza por Remoción en Masa…… RemMa
Amenaza Sísmica…… Sis
Amenaza Volcánica……Vol
Áreas Urbanas……ZU
Áreas de Expansión Urbana Intermedias…… ZEU
Área Natural Única…… ANU
Áreas Importantes para la Conservación de las Aves…… AICA's
Conflicto de Uso del Suelo……ConFU
Conflicto Sociopolítico……CnfSP
Comunidades Étnicas…… ComEt
Ecosistemas/Distritos Biogeográficos……Ecos
Hallazgos Arqueológicos…… HallArq
Minas Antipersonal…… MAP
Municiones Sin Explotar…… MUSE
Parque Nacional Natural…… PNN
Parques Naturales Regionales…… PNR
Reserva Nacional Natural…… RNN
Reservas Naturales de la Sociedad Civil…… RNSC
Clases Agrológicas……ClAgr
Riesgo por Fallamiento…… RFall
Riesgo por Incendios Forestales……RIncFor
Subestaciones…… S/E
Santuario de Fauna y Flora…… SFF

LISTADO DE ALERTAS TEMPRANAS

LISTADO DE ALERTAS TEMPRANAS IDENTIFICADAS Y EVALUADAS	
	PROYECTO ***"Análisis Área de Estudio Preliminar y Alertas Tempranas Proyecto "Línea de Transmisión La Loma – Sogamoso 500 kV"***

Alerta Identificada	**Alerta Exclusión**	**Alerta Nivel 4**	**Alerta Nivel 3**	**Alerta Nivel 2**	**Alerta Nivel 1**

¿QUÉ ES UNA ALERTA TEMPRANA?

Una alerta temprana es una señal que permite identificar y evaluar de manera oportuna riesgos en escenarios de tipo ambiental, social y normativo.

	ALERTAS TEMPRANAS	
IDENTIFICADA	**MEDIO FÍSICO**	**EVALUADA**
SI / **NO**		**NIVEL**
	Amenaza por inundación	
	Riesgo por Fallamiento	
	Clases Agrológicas	
	Amenaza por remoción en masa	
	Sismicidad	
	Susceptibilidad a Erosión	

CAPÍTULO 4

4. CARACTERIZACIÓN AMBIENTAL Y SOCIAL DEL ÁREA DE ESTUDIO PRELIMINAR

4.1 MEDIO FÍSICO

4.1.1 GEOLOGÍA

4.1.1.1 Geología General y Estructural

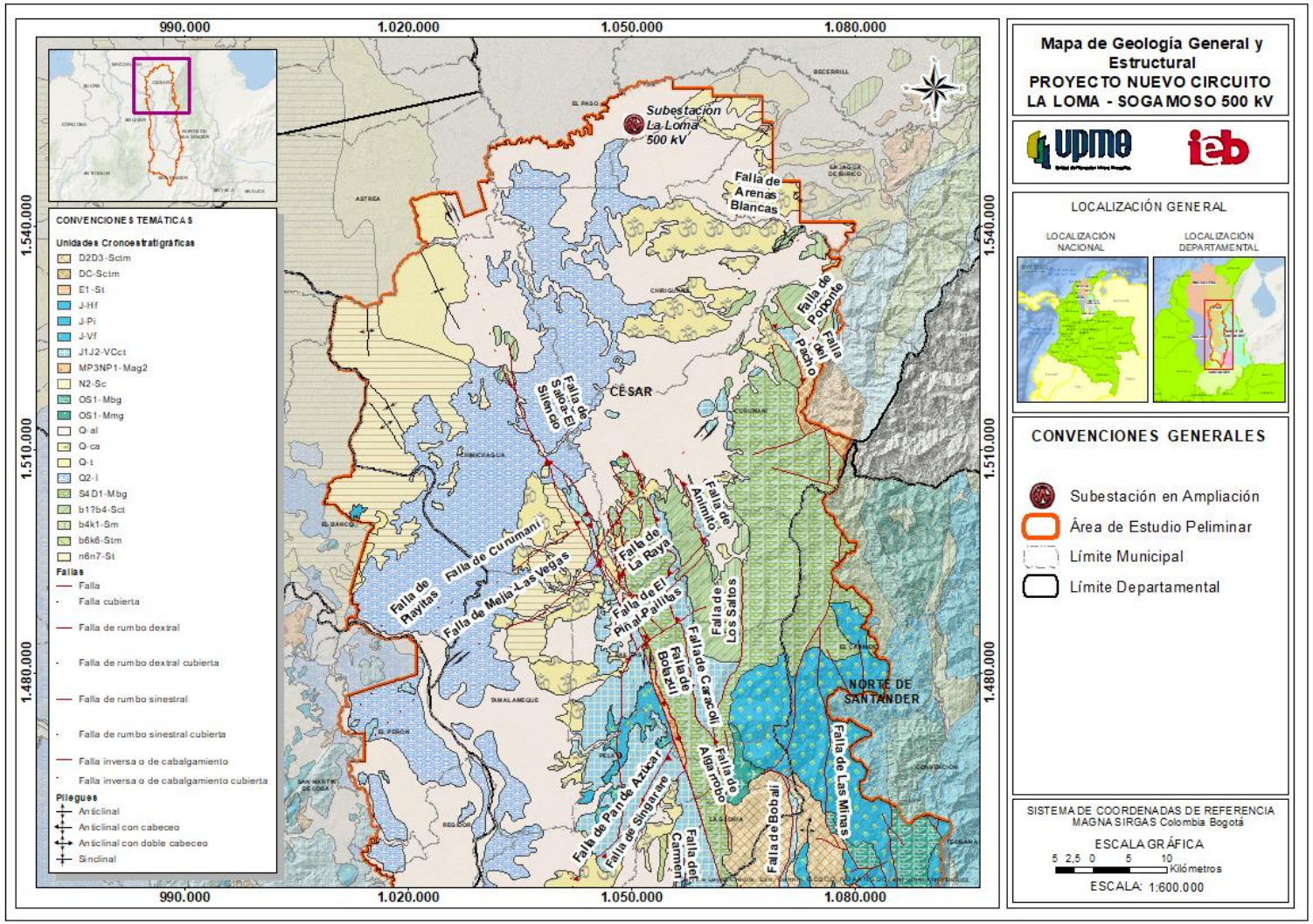
El área de estudio se localiza sobre la Cordillera Oriental y el Valle Medio del Magdalena; esta región se caracteriza por estar constituida por rocas ígneas, metamórficas y sedimentarias de diferentes edades y orígenes, como se observa en la **Figura 4.1**, la **Figura 4.2** y la **Figura 4.3**. El término Valle del Magdalena hace referencia a la planicie intramontana existente entre las Cordilleras Central y Oriental de Colombia, que se ha subdividido en Valle Superior, Medio e Inferior.

La unidad geológica más antigua en el área de estudio es el Neis de Bucaramanga, una secuencia estratificada de rocas metasedimentarias de alto grado metamórfico, grado que componen el basamento regional, correlacionada por sus características litológicas con el Neis de San Lucas y los Macizos de Garzón, la Sierra Nevada de Santa Marta y la Guajira (Sarmiento, Puentes, & Sierra, 2015).

Adicionalmente, en el área de estudio es apreciable una serie de rocas sedimentarias y vulcano-sedimentarias, las cuales representan el Jurásico de la región, caracterizado por un período de sedimentación y magmatismo que se ha correlacionado con las Formaciones Payandé y Saldaña del Valle Inferior del Magdalena; se ha planteado para estos eventos geológicos, un ambiente de cuenca tectónica distensiva, donde las condiciones de sedimentación fueron inicialmente fluviales y luego volcánicas explosivas, en un medio continental a marino somero (Sarmiento, Puentes, & Sierra, 2015).

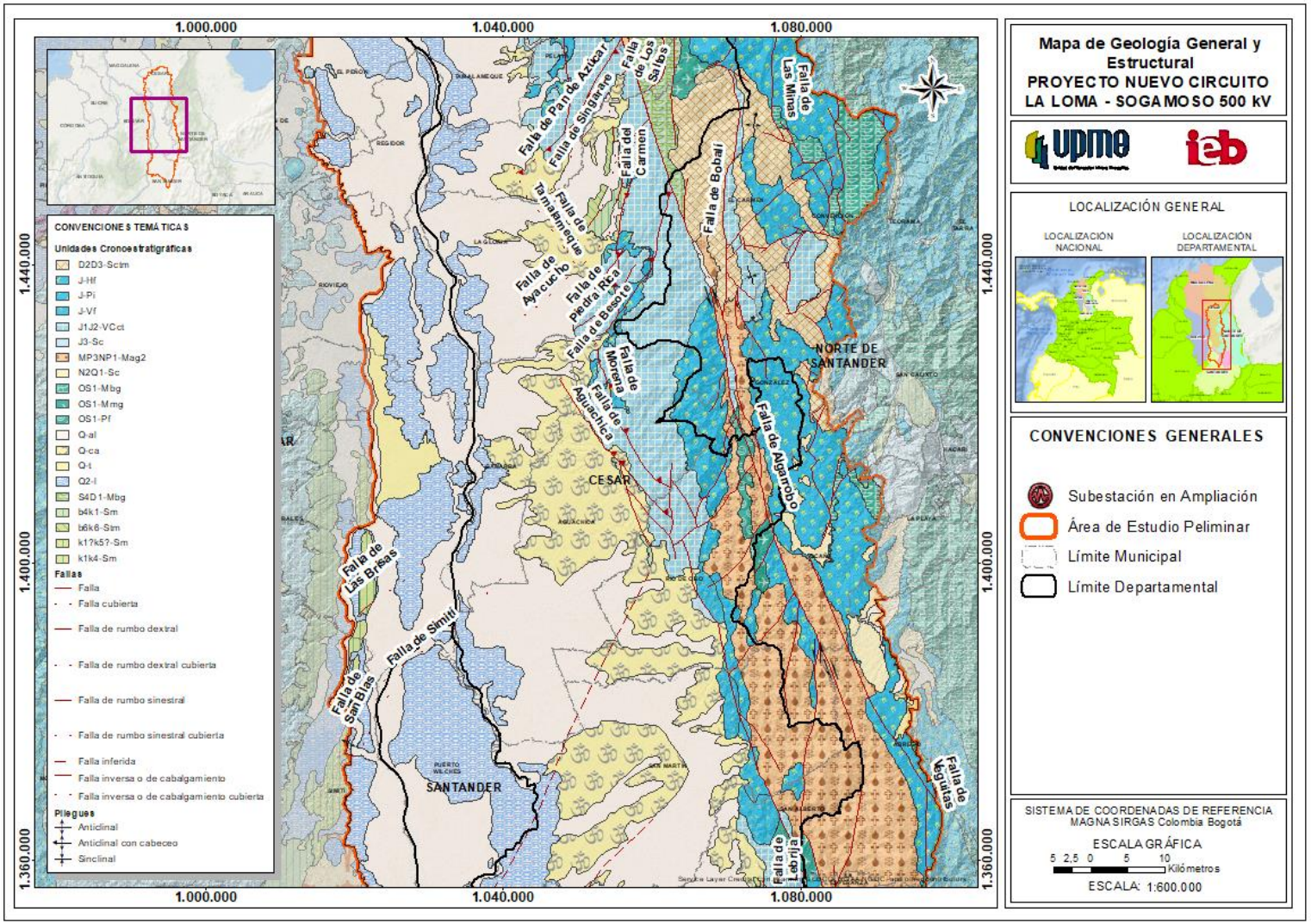
Sobre estas unidades Jurásicas, se encuentran las secuencias sedimentarias Cretácicas formadas durante un ciclo de transgresión marina, algunas de estas rocas son las unidades productoras de hidrocarburos en la Cuenca del Valle Medio del Magdalena. El fin de la transgresión está marcado por un aumento en el aporte de sedimentos continentales durante el final del Cretácico, producto del levantamiento de la Cordillera Central, evento que propició la formación de ambientes marinos muy someros, con apariciones ocasionales de áreas pantanosas. Por su parte, la Formación Lisama, base del Paleógeno en la zona, representa la transición de esos ambientes marinos someros a depósitos deltaicos y de planicies aluviales. Las condiciones de sedimentación fluvial se mantienen hasta el Cuaternario, período representado por los depósitos recientes del Río Magdalena y sus principales afluentes tributarios en la zona (Sarmiento et al., 2015).

Figura 4.1 Unidades geológicas del área de estudio preliminar



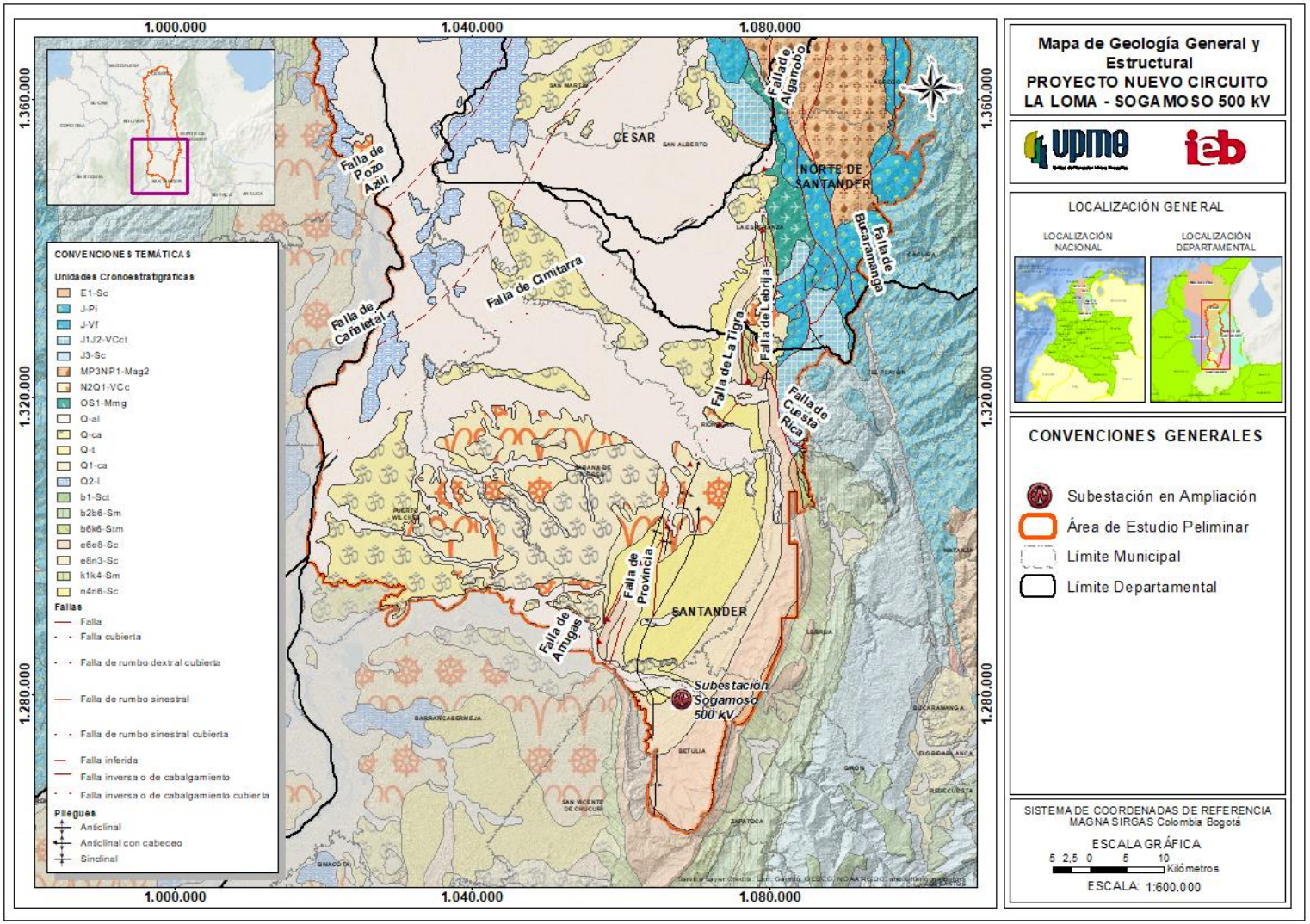
Fuente: Elaborado a partir de (Servicio Geológico Colombiano, 2015a)

Figura 4.2 Unidades geológicas del área de estudio preliminar



Fuente: Elaborado a partir de (Servicio Geológico Colombiano, 2015a)

Figura 4.3 Unidades geológicas del área de estudio preliminar



Fuente: Elaborado a partir de (Servicio Geológico Colombiano, 2015a)

En la **Tabla 4.1** se recopilan los detalles más relevantes de cada unidad geológica encontrada en el área de estudio, de acuerdo con las memorias explicativas de los mapas geológicos de las planchas 47 Chiriguaná (Jiménez, Hernández, & Martínez, 2002), 48 La Jagua (Hernández, 2002), 56 San Roque (Servicio Geológico Colombiano, 2015l), 65 Tamalameque (J. Royero, 1996), 55 El Banco, 85 Simití y 96 Bocas del Rosario (Servicio Geológico Colombiano, 2006), 66 Miraflores y 76 Ocaña (Decorte & Salinas, 1980), 75 Aguachica (Clavijo, 1995), 86 Abrego y 97 Cáchira (Arias & Vargas, 1978), 108 Puerto Wilches (UPTC & Servicio Geológico Colombiano, 2012) y 109 Rionegro (Servicio Geológico Colombiano, 1973). La descripción de las unidades se complementó con información consultada en las memorias explicativas de los mapas geológicos del Cesar (Servicio Geológico Colombiano, 2003) y de Santander (J. M. Royero & Clavijo, 2001), además, se tomaron algunos datos de un trabajo sobre la estratigrafía del Valle Medio del Magdalena realizado por Sarmiento et al. (2015).

Tabla 4.1 Unidades geológicas del área de estudio preliminar

NOTACIÓN	EDAD	NOMBRE	DESCRIPCIÓN	% DEL ÁREA DE ESTUDIO
Q2-l	Cuaternario	Depósitos Paludales	Corresponden a acumulaciones de materiales limosos y arenosos con abundante cantidad materia orgánica, depositados en un ambiente de pantano.	12,56%
Q1-ca		Aluviones y coluviones	Depósitos del Pleistoceno poco estratificados compuestos por cantos, guijarros, gravas y cantidades menores de arenas, limos y arcillas, localizados en los piedemontes de las laderas.	1,69%
Q-ca		Aluviones y coluviones	Depósitos del Cuaternario poco estratificados compuestos por cantos, guijarros, gravas y cantidades menores de arenas, limos y arcillas, localizados en los piedemontes de las laderas.	10,31%
Q-al		Depósitos aluviales	Depósitos compuestos por gravas, arenas, limos y arcillas, formados por el río Magdalena y sus principales afluentes tributarios en la zona, a lo largo de sus cauces y sobre sus llanuras de inundación.	33,84%
Q-t		Terrazas aluviales	Depósitos compuestos por gravas, arenas, limos y arcillas, originados por la acumulación de estos sedimentos sobre una llanura de inundación y la posterior erosión vertical de la misma.	0,55%
N2Q1-Sc	Neógeno	Formación Algodonal	Conglomerados poco consolidados con intercalaciones de arcillolitas gris verdosas y areniscas grisáceas que, localmente, presentan estructuras de estratificación cruzada.	0,36%

NOTACIÓN	EDAD	NOMBRE	DESCRIPCIÓN	% DEL ÁREA DE ESTUDIO
N2Q1-VCc		Formación Mesa	Secuencia de más de 500 metros de espesor, compuesta por acumulaciones vulcano-sedimentarias de areniscas tobáceas y tobas andesíticas intercaladas con arcillas, limos, conglomerados y depósitos piroclásticos. Los clastos volcánicos corresponden principalmente a andesitas, dacitas y pumitas. La parte superior de la unidad está conformada por gravas, arenas y limos intercalados que representan un ambiente de abanicos torrenciales.	2,29%
N2-Sc		Formación Cuesta	Conglomerados y areniscas conglomeráticas intercaladas con lodolitas y turbas, que conforman el tope del Sinclinal de La Loma, aflorante en la vía entre La Jagua de Ibirico y La Loma.	1,05%
n6n7-St		Formación Zambrano	Intercalaciones de conglomerados, areniscas y lodolitas con bancos fosilíferos, que afloran en los alrededores de los municipios de Carmen de Bolívar y Zambrano, en el departamento de Bolívar.	2,48%
n4n6-Sc		Formación Real	Areniscas y conglomerados con intercalaciones de lodolitas de diversos colores, aparecen localmente estructuras de estratificación cruzada y fragmentos de troncos silicificados o carbonizados. Esta unidad suprayace discordantemente a la Formación Colorado, con un contacto neto y contrastante.	1,82%
e8n3-Sc	Paleógeno	Grupo Chuspas	Este grupo está compuesto por las Formaciones Mugrosa y Colorado, que son dos de las unidades más productivas de petróleo en la región. La Formación Mugrosa está constituida por areniscas, lodolitas moteadas y fosilíferas y shales; mientras que la Formación Colorado se compone de arcillolitas rojizas intercaladas con areniscas en la base, y arcillolitas carbonosas y fosilíferas hacia el techo.	1,31%
e6e8-Sc		Grupo Chorro	En la parte inferior de esta unidad se encuentra la Formación La Paz, compuesta por areniscas, conglomerados y grandes estratos de lutitas grisáceas; hacia la parte superior se encuentra la Formación Esmeraldas compuesta por areniscas grises a verdosas, con intercalaciones de limolitas y lutitas rojizas a pardo. La depositación de los sedimentos de esta unidad se dio posiblemente en un ambiente de corrientes trenzadas.	1,41%

NOTACIÓN	EDAD	NOMBRE	DESCRIPCIÓN	% DEL ÁREA DE ESTUDIO
E1-St		Formación Los Cuervos	La parte inferior de esta secuencia se encuentra constituida por areniscas intercaladas con lodolitas carbonosas y algunos mantos de carbón explotables. Hacia el techo, se observan lodolitas carbonosas, ligeramente micáceas y ferruginosas, con delgadas intercalaciones de areniscas. Se asume que el ambiente de depositación corresponde a un delta. Esta unidad es correlacionable con la parte superior de la Formación Lisama.	0,01%
E1-Sc		Formación Lisama	La unidad está constituida por una secuencia de lutitas abigarradas, alternadas con areniscas de grano fino a medio y algunas capas delgadas de carbón. Se ha establecido que la depositación de esta unidad ocurrió en un ambiente lagunar deltaico.	0,17%
b6k6-Stm	Cretácico	Formación La Luna	Calizas oscuras intercaladas con shales, areniscas, cherts y fosforitas. A estas rocas se les agina un ambiente de depositación marino, poco profundo y con escasa ventilación en el fondo.	0,26%
k1? ¿k5? -Sm		Formación La Luna	Lodolitas calcáreas con nódulos micríticos en los que se encuentra pirita y algunos fósiles. A estas rocas se les agina un ambiente de depositación marino, poco profundo y con escasa ventilación en el fondo.	0,000001%
k1k4-Sm		Formación La Luna	Lodolitas grises con intercalaciones de calizas, cuarzoareniscas y chert de color negro. A estas rocas se les agina un ambiente de depositación marino, poco profundo y con escasa ventilación en el fondo.	0,20%
b4k1-Sm		Grupo Cogollo	Esta unidad está compuesta por rocas estratificadas dispuestas en dirección NE, que corresponden en general, a lodolitas calcáreas intercaladas con areniscas y lutitas carbonosas, además, calizas fosilíferas y calizas masivas. Se les ha asignado a estas rocas un ambiente de formación marino de plataforma interna somera.	0,36%
b4k1-Sm		Formación Tablazo	Secuencia compuesta por una intercalación de areniscas, calizas y lodolitas calcáreas de color gris, en las que se observan abundantes restos fósiles.	0,12%
b2b6-Sm		Formación Simití	Shales con yeso, cherts, calizas y areniscas.	0,02%

NOTACIÓN	EDAD	NOMBRE	DESCRIPCIÓN	% DEL ÁREA DE ESTUDIO
b1? b4-Sct		Formación Río Negro	Está constituida por areniscas y conglomerados de granulometría y composición muy variada, con intercalaciones ocasionales de arcillolitas y limolitas grises y pardas. A esta unidad se le ha asignado un ambiente de formación correspondiente a un abanico aluvial.	1,04%
b1-Sct		Formación Tambor	Secuencia conformada por areniscas micáceas rojizas a grises intercaladas con shales y arcillolitas. Esta formación aparece como franjas alargadas irregulares.	0,004%
J-Hf	Jurásico	Pórfidos dacíticos y andesíticos	Cuerpos subvolcánicos de composición dacítica y andesítica.	0,51%
J-Pi		Granitoides de San Lucas	Conjunto de rocas ígneas compuesto por granodioritas, tonalitas, sienogranitos y cuarzomonzonitas. Algunos autores las consideran como apófisis del Batolito de Norosí, un intrusivo granodiorítico que cubre gran parte de la Serranía de San Lucas.	7,68%
J-Vf		Riolitas	Pequeños cuerpos correspondientes a domos y flujos lávicos, los domos son de menor extensión y se caracterizan por su textura porfirítica y su composición ácida (feldespato potásico, cuarzo y biotita), los flujos lávicos son más extensos y presentan estructuras de laminación, su composición es similar a los domos y su color varía de rosado a crema.	0,47%
J3-Sc		Formación Girón	Secuencia sedimentaria con un espesor mayor a los 4000 metros, compuesta, en general, por areniscas de grano medio a grueso y color rojizo a verdoso, con intercalaciones de lodolitas de color rojizo a grisáceo y algunos niveles delgados de conglomerados. El ambiente de sedimentación que se le asigna es continental, fluvial a lacustre. En esta unidad predominan los procesos de meteorización más que los tectónicos, lo cual se refleja en el bajo fracturamiento de la secuencia y en el significativo espesor de los suelos residuales derivados de estas rocas.	0,05%
J1J2-VCct		Formación Noreán	Unidad volcanoclástica compuesta esencialmente por tobas y aglomerados de color verdoso a rojizo, dispuestas en capas ligeramente onduladas, de composición dacítica a riolítica. Aparecen intercalaciones de lavas dacíticas ocasionalmente.	5,03%

NOTACIÓN	EDAD	NOMBRE	DESCRIPCIÓN	% DEL ÁREA DE ESTUDIO
J1J2-VCct		Formación La Quinta	Secuencia compuesta por rocas sedimentarias como conglomerados, areniscas y lodolitas de color rojizo y rocas volcanoclásticas como tobas, brechas y pórfidos. Se le ha asignado un ambiente de formación de cuenca tectónica distensiva, donde las condiciones que dominaron la sedimentación primero fueron fluviales y luego volcánicas explosivas.	0,13%
J1J2-VCct		Formación Bocas	Constituida por una intercalación de areniscas y limolitas gris verdosas en la base, shales de color gris oscuro y limolitas gris verdosas en la mitad, y finalmente, arcillolitas gris verdosas con esporádicos lentes de areniscas conglomeráticas y conglomerados en la parte superior. Esta secuencia es afectada por la Falla de Bucaramanga, alrededor de la cual el grado de fracturamiento es intenso.	0,79%
J1J2-VCct		Formación Jordán	Esta unidad se divide en dos facies, la parte superior está compuesta por limolitas rojizas y areniscas finas, mientras la parte inferior está formada por areniscas de grano grueso con intercalaciones de shales. El grado de fracturamiento, en general, es moderado a alto.	0,61%
DC-Sctm	Devónico	Grupo Cachirí	Constituido por conglomerados, areniscas y lodolitas en la base y por una alternancia clástica-calcárea con shales, chert y calizas hacia el techo. Para esta secuencia se ha propuesto un ambiente de formación marino tropical superficial.	0,16%
D2D3-Sctm		Unidad Arenosa de Tronadero/Convención	Conglomerados y areniscas con intercalaciones de lodolitas rojizas. Localmente, aparecen estratos de shale con nódulos de caliza.	2,11%
S4D1-Mbg		Unidad Metasedimentaria de La Virgen	Esta unidad suprayace la Formación Silgará y está conformada por metaareniscas, metalodolitas, pizarras y filitas compuestas por cuarzo, moscovita y clorita, rocas que muestran evidencias texturales de haber sido sometidas a un metamorfismo dinámico, como venillas de cuarzo, micas y óxidos.	4,22%
OS1-Mbg	Ordovícico	Formación Silgará	Secuencia de rocas clásticas metamorfoseadas compuesta por pizarras, filitas, esquistos, cuarcitas, mármoles y algunos metasedimentos. Se considera que esta unidad suprayace al Neis de Bucaramanga.	0,65%

NOTACIÓN	EDAD	NOMBRE	DESCRIPCIÓN	% DEL ÁREA DE ESTUDIO
OS1-Mmg		Ortoneis	Conjunto de ortoneises graníticos a tonalíticos y paraneises de composición anfibolítica y textura migmatítica, que presentan un bajo grado de fracturamiento. El aspecto masivo de estas rocas, la carencia de estratificación a escala local y su composición granítica ha conducido al uso de término ortoneis para denominar esta unidad.	0,76%
MP3NP1-Mag2	Precámbrico	Neis de Bucaramanga	Secuencia estratificada de rocas metamórficas de alto grado compuesta por neises, migmatitas, granulitas, anfibolitas, cuarcitas y mármoles. Esta unidad aflora en tres franjas denominadas Faja de Bucaramanga, Faja Central y Faja Oriental. Diversos autores consideran que el Neis de Bucaramanga representa un ciclo de la orogenia precámbrica y lo han correlacionado con el Macizo de Garzón y las rocas de la misma edad que se han encontrado en la Sierra Nevada de Santa Marta.	4,98%

Fuente: Elaborado a partir de (Jiménez et al., 2002), (Hernández, 2002), (Servicio Geológico Colombiano, 2015l), (J. Royero, 1996), **(Servicio Geológico Colombiano, 2006), (Decorte & Salinas, 1980), (Clavijo, 1995), (Arias & Vargas, 1978), (UPTC & Servicio Geológico Colombiano, 2012), (Servicio Geológico Colombiano, 1973), (Servicio Geológico Colombiano, 2003), (J. M. Royero & Clavijo, 2001) y (Sarmiento et al., 2015).**

Como se mencionó con anterioridad, el área de estudio preliminar se localiza sobre la Cordillera Oriental y la Cuenca del Valle Medio del Magdalena. La Cordillera Oriental se caracteriza por la presencia de plegamientos anticlinales y sinclinales, limitados por fallas inversas y cabalgamientos que siguen una orientación preferencial NE y NW. Estructuralmente, la parte de esta cordillera que se encuentra ubicada al sureste del área de estudio se denomina Macizo de Santander, un bloque constituido esencialmente por rocas metamórficas de edad Precámbrica y Paleozoica y rocas ígneas de edad Triásica y Jurásica, limitado al occidente por la Falla Santa Marta – Bucaramanga y al suroriente por la Falla de Baraya (J. M. Royero & Clavijo, 2001).

Por otra parte, el Valle Medio del Magdalena ha sido definido como una depresión tectónica asimétrica, afectada por plegamientos amplios y fallamientos producto de un régimen de deformación compresivo, limitada al norte por el lineamiento de la Falla Espíritu Santo, al noreste por la Falla Santa Marta - Bucaramanga, al sureste por el Sistema de Fallas La Salina y al oeste por la Cordillera Central y la Serranía de San Lucas (Jimenez, López, Jaimes, & Umaña, 2016). El Valle Medio del Magdalena puede dividirse en tres sectores: un sector oriental caracterizado por la presencia de cabalgamientos con vergencia al oeste, un sector central que se encuentra poco deformado y un sector occidental diferenciado por la presencia de fallas inversas con vergencia al este (J. M. Royero & Clavijo, 2001).

En la **Tabla 4.2** se resumen las características de las principales estructuras geológicas presentes en el área de estudio.

Tabla 4.2 Estructuras geológicas del área de estudio preliminar

NOMBRE	TIPO DE ESTRUCTURA	DESCRIPCIÓN
Falla de Bucaramanga	Falla de rumbo con componente vertical	Sistema de fallas con movimiento sinestral y vertical, orientado en dirección N20W, que se prolonga desde el departamento de Santander hasta la Sierra Nevada de Santa Marta. Constituye el rasgo tectónico más evidente del norte colombiano, que incluso se observa claramente en imágenes de satélite. A lo largo de la traza principal, las fallas paralelas y las demás estructuras asociadas, se han reportado desplazamientos considerables y actividad reciente.
Falla de Cimitarra	Falla de rumbo	Falla de rumbo orientada N60E, paralela a una serie de fallas que siguen la misma dirección y aparecen a lo largo de la Serranía de San Lucas. Su trazo llega hasta la Falla de Palestina y se oculta bajo los depósitos cuaternarios del Valle Medio del Magdalena. Esta estructura subdivide esta cuenca en Sector Norte y Sector Sur.
Falla de Arrugas	Falla inversa	Falla inversa orientada al NE, inclinada hacia el SE. Se desprende de la Falla La Salina y se extiende hacia el norte, limitando el flanco occidental del sinclinal Peña de Oro. A lo largo de su traza, el bloque oriental se ha levantado y cabalgado al occidente.
Falla La Tigra	Falla inversa	Falla inversa de alto ángulo con una traza rectilínea, a lo largo de la cual el bloque oeste se hunde progresivamente, poniendo en contacto sedimentos terciarios con sedimentos cretácicos.
Falla de Provincia	Falla de rumbo	Falla separada del Sinclinal de Nuevo Mundo hacia el norte, que marca al límite occidental del campo petrolero de Provincia.
Falla de Lebrija	Falla inversa	Falla inversa de alto ángulo que marca el límite occidental del macizo de Santander, poniéndolo en contacto con las secuencias sedimentarias del Valle Medio del Magdalena. Su traza rectilínea mantiene una orientación NS y desaparece bajo los sedimentos cuaternarios en inmediaciones de la quebrada Bijagual, para luego reaparecer un poco más al norte con una orientación NE.
Falla de La Vega	Falla de rumbo	Falla orientada en dirección NE, con un fuerte buzamiento al NW. Su traza está definida por una zona de intenso fracturamiento.
Falla de Veguitas	Falla inversa	Esta estructura de carácter inverso separa algunas rocas ígneas de la Formación Silgará, presenta una orientación NW y un buzamiento alto al SW.
Falla de Simití	Falla inversa	Falla inversa identificada por medio de fotogeología, orientada al NW, que controla el cauce de la quebrada que lleva su mismo nombre y afecta rocas de la Unidad Metasedimentaria de La Virgen, las cuales muestran evidencias de metamorfismo dinámico.

NOMBRE	TIPO DE ESTRUCTURA	DESCRIPCIÓN
Falla Las Brisas	Falla de rumbo	Falla con movimiento dextral que representa la estructura principal del sistema de flor positiva de Las Brisas. Presenta su mejor expresión topográfica cerca al corregimiento de Las Brisas, donde desplaza el relieve por lo menos 8 km, para luego llegar al piedemonte y continuar controlando el drenaje asociado al Brazo de Simití del Río Magdalena.
Falla de Aguachica	Falla inversa	Falla orientada al NW, con un alto buzamiento al NE y una traza rectilínea, que controla en parte el cauce del rio Magdalena. Se encuentra cubierta casi en su totalidad por sedimentos del Valle Medio del Magdalena.
Falla de Morena	Falla inversa con componente de rumbo	Fallas inversas de ángulo alto inclinada hacia el NE, con un moderado movimiento sinestral.
Falla de Tamalameque	Falla normal	Falla normal localizada al SW de la población de Tamalameque, orientada al NW siguiendo un trazo rectilíneo, inclinada hacia el oriente. Controla algunos sectores del cauce del río Magdalena.
Falla Pan de Azúcar	Falla inversa	Falla inversa con buzamiento al occidente, ubicada cerca a la población de Carrizal, que sigue una orientación al NE y afecta principalmente a las rocas de la Formación Noreal. Se caracteriza por un fracturamiento intenso, presencia de espejos de falla y venillas de cuarzo.
Falla de Bobalí	Falla inversa	Falla inversa inclinada hacia el oeste, orientada al NS, que bordea la margen occidental de la parte alta de la cordillera oriental.
Falla de Bolazul	Falla inversa	Falla de cabalgamiento que presenta un trazo muy sinuoso y un buzamiento al oriente, considerada como satélite de la falla Santa Marta – Bucaramanga. Esta estructura pone en contacto Unidad Metasedimentaria de la Virgen con el Neis de Bucaramanga.
Falla de Las Minas	Falla normal	Falla normal orientada N-S.
Falla de Animito	Falla de rumbo	Esta falla presenta una orientación al NW. Aparece cubierta por depósitos y abanicos aluviales a lo largo de aproximadamente 7 km.
Falla de El Piñal - Pailitas	Falla normal	Falla normal orientada al NE y de alto buzamiento al SE, con un trazo rectilíneo y un intenso fracturamiento asociado.
Falla de Curumaní	Falla inversa	Esta estructura corresponde a una falla de cabalgamiento con movimiento dextral, orientada hacia el NE y con un buzamiento hacia el SE. Está cubierta en gran parte por depósitos aluviales.
Falla de Playitas	Falla inversa con componente de rumbo	Falla inversa de carácter regional, orientada al NE, con un alto buzamiento al NW y un trazo rectilíneo en gran parte cubierto por depósitos cuaternarios. Localmente, esta estructura presenta un movimiento sinestral y algunas zonas de intenso fracturamiento donde se ha emplazado mineralizaciones.
Falla de Mejía	Falla de rumbo	Falla catalogada como activa, orientada al NE e inclinada al SE, que controla el cauce de la quebrada Mejía. A lo largo de su trazo rectilíneo, es común encontrar un intenso fracturamiento.

NOMBRE	TIPO DE ESTRUCTURA	DESCRIPCIÓN
Falla El Pancho	Falla inversa	Falla inversa de alto ángulo orientada al NW, que pone en contacto rocas del Grupo Cachirí con rocas de la Formación Rionegro.
Falla de Algarrobo	Falla inversa	Falla interpretada en perfiles sísmicos, orientada al NW, con un trazo es rectilíneo entre las estructuras sinclinal y anticlinal El Brillante. Esta falla no reporta actividad neo tectónica.
Sinclinal de Nuevo Mundo	Plegamiento	Plegamiento amplio, ligeramente asimétrico, cuyo eje está recargado hacia su flanco occidental, posiblemente como resultado del levantamiento del bloque oriental de la Falla La Salina, estructura que marca su límite occidental. El eje de este sinclinal se encuentra desplazado al occidente en la zona sur del Río Sogamoso, desplazamiento que sugiere la existencia de una falla orientada E-W a lo largo de este río, cubierta por depósitos aluviales. Este sinclinal deja al descubierto la estratigrafía del Cretácico al Neógeno, en el flanco oriental de la cuenca del Valle Medio del Magdalena.
Anticlinal de Arenas Blancas	Plegamiento	Anticlinal que afecta una serie de rocas Paleógenas y Neógenas que afloran al sur de La Jagua de Ibirico.
Anticlinal de Vanegas	Plegamiento	Plegamiento cuyo eje es ondulante y presenta un suave cabeceo. Puede trazarse por unos 14 km desde la Formación Girón hasta la Formación La Luna.
Sinclinal de Arjona	Plegamiento	Sinclinal orientado al NW, localizado cerca al corregimiento de Arjona, cuyo flanco occidental buza 16° aproximadamente al oriente. Su continuidad hacia el norte no se aprecia, posiblemente porque la falla de Arjona lo desplaza.
Anticlinal de Astrea	Plegamiento	Plegamiento localizado cerca al municipio de Astrea, cuyo flanco occidental tiene un buzamiento de aproximadamente 10° al oeste, mientras su flanco oriental buza alrededor de 15° al este.

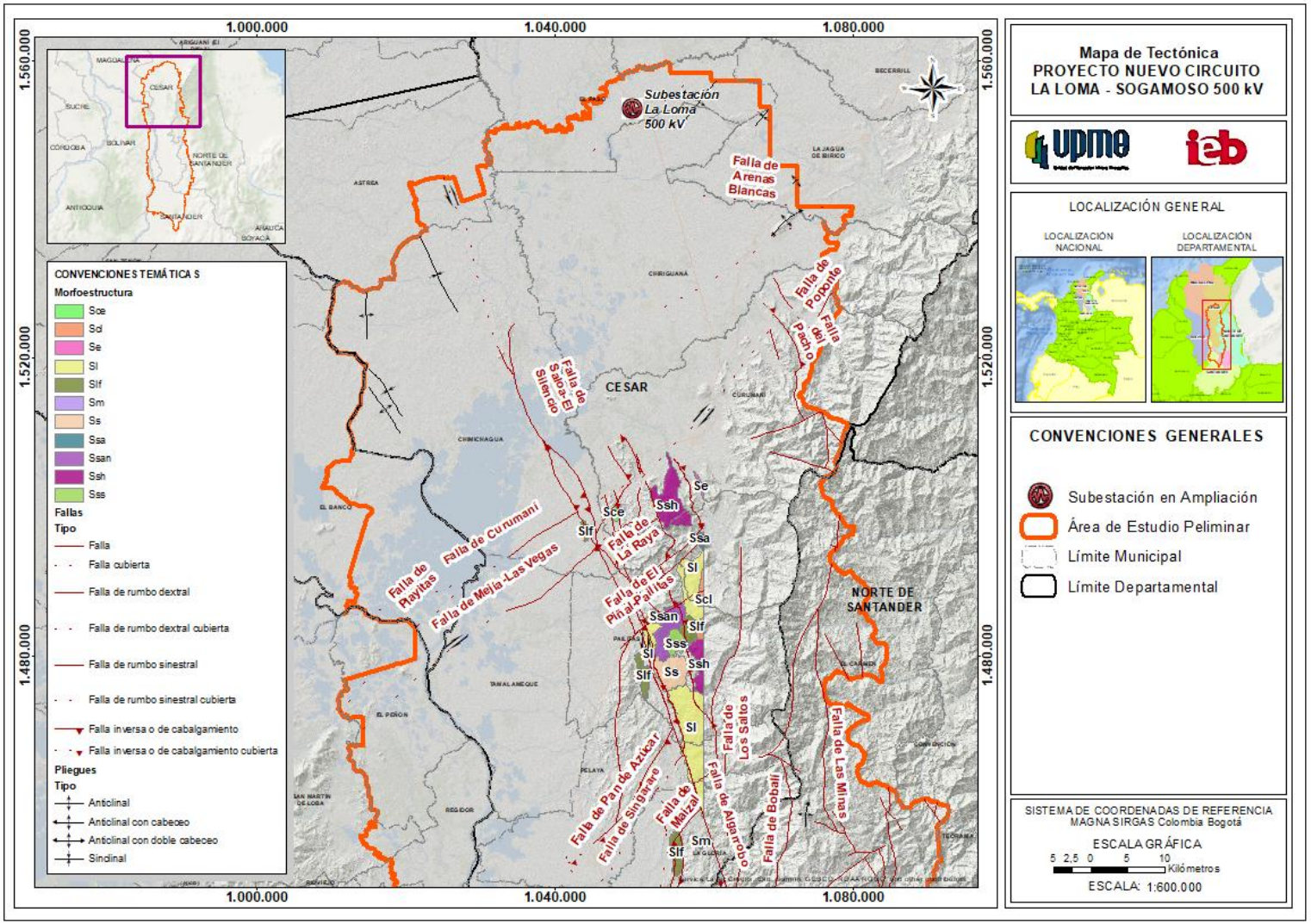
Fuente: Elaborado a partir de (Jiménez et al., 2002), (Hernández, 2002), (Servicio Geológico Colombiano, 2015l), (J. Royero, 1996), **(Servicio Geológico Colombiano, 2006), (Decorte & Salinas, 1980), (Clavijo, 1995), (Arias & Vargas, 1978), (UPTC & Servicio Geológico Colombiano, 2012), (Servicio Geológico Colombiano, 1973), (Servicio Geológico Colombiano, 2003), (J. M. Royero & Clavijo, 2001) y (Sarmiento et al., 2015).**

4.1.1.2 Tectónica

El área de estudio preliminar está localizada en una región sometida a un régimen tectónico compresivo, causado por la subducción de la placa oceánica Nazca bajo la placa continental suramericana, evento que generó el levantamiento de la Cordillera Andina, un proceso orogénico que continúa ocurriendo en el presente. La interacción entre placas que se presenta en la esquina noroccidental de Suramérica, provoca que gran parte del territorio colombiano esté sometido a un esfuerzo compresivo en dirección NW-SE y a un esfuerzo de tensión o cizalla orientado NE-SW, que causan el movimiento vertical y lateral de las unidades litológicas a través de las fracturas existentes en la corteza (Servicio Geológico Colombiano, 2005). El rasgo tectónico más notorio en la zona es la Falla Santa Marta – Bucaramanga, para esta falla y las estructuras asociadas se

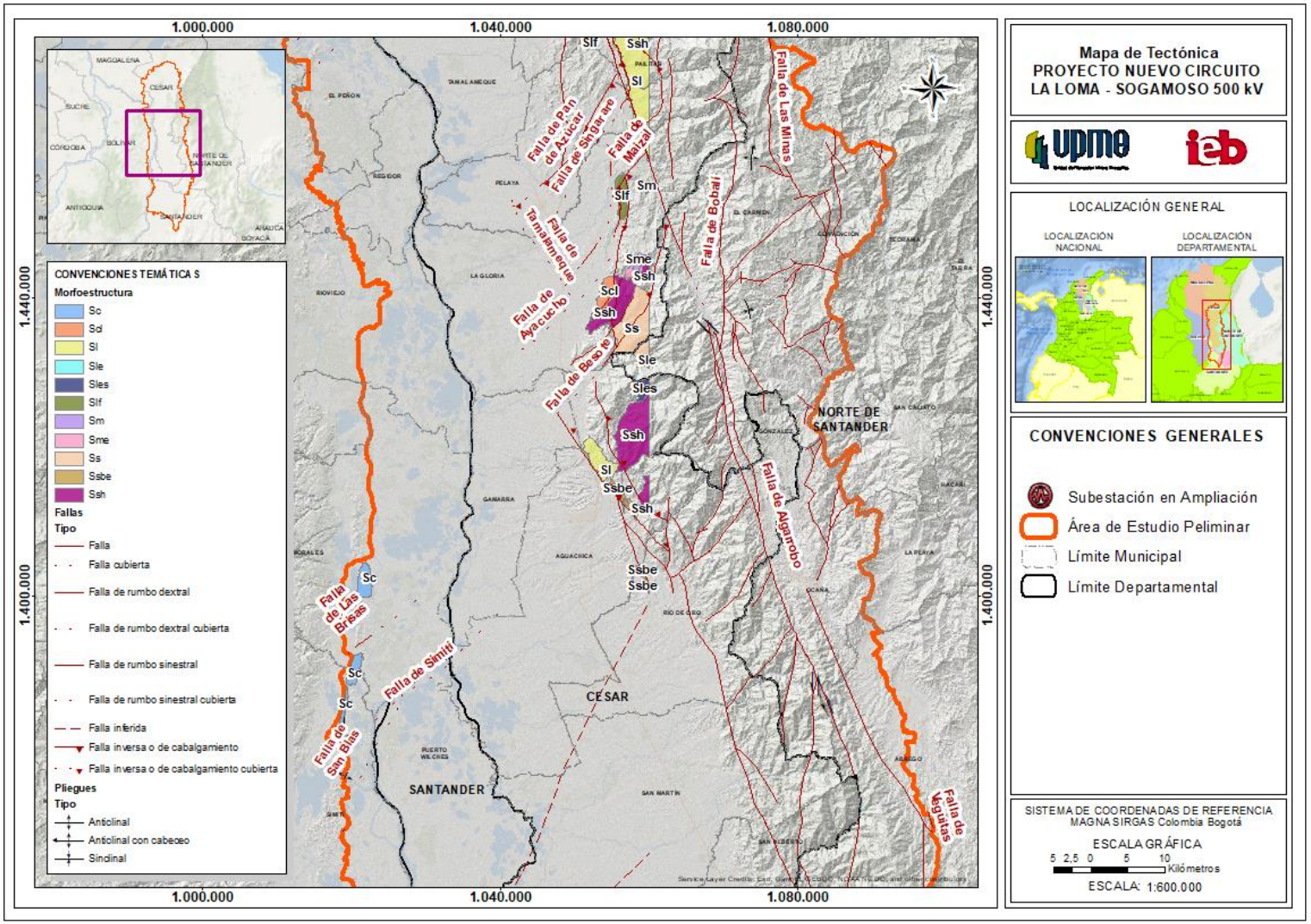
han reportado desplazamientos considerables y actividad reciente; en la **Figura 4.4**, la **Figura 4.5** y la **Figura 4.6** se observan algunas formas del terreno generadas por la dinámica de ésta y otras fallas identificadas en la zona, formas denominadas morfoestructuras.

Figura 4.4 Morfoestructuras asociadas a la tectónica del área de estudio preliminar



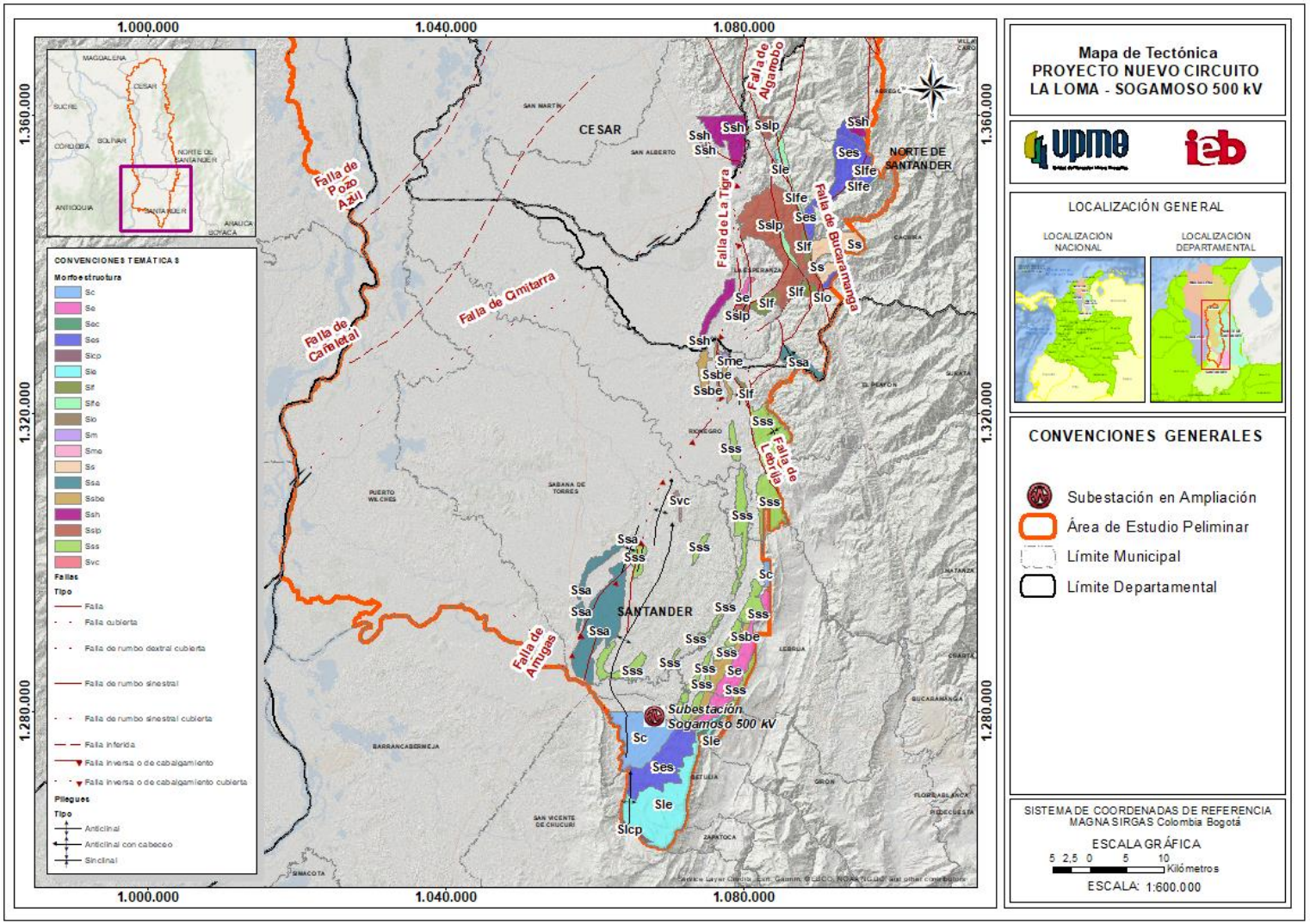
Fuente: Elaborado a partir de Servicio Geológico Colombiano (2015b), (2015c), (2015d), (2015e), (2015f), (2015g), (2015h), (2015i) y (2015j)

Figura 4.5 Morfoestructuras asociadas a la tectónica del área de estudio preliminar



Fuente: Elaborado a partir de Servicio Geológico Colombiano (2015b), (2015c), (2015d), (2015e), (2015f), (2015g), (2015h), (2015i) y (2015j)

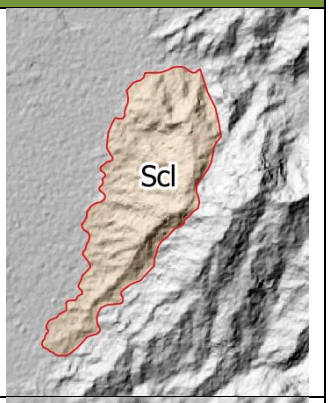
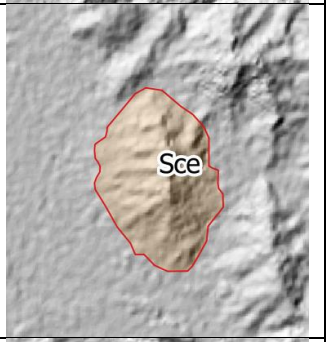
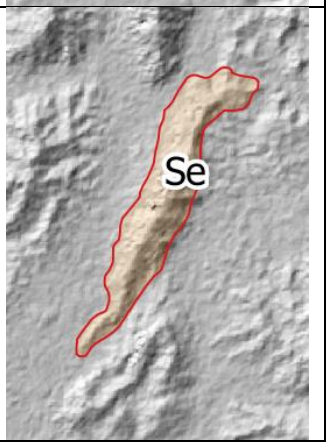
Figura 4.6 Morfoestructuras asociadas a la tectónica del área de estudio preliminar

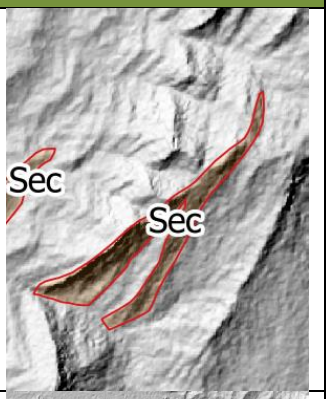
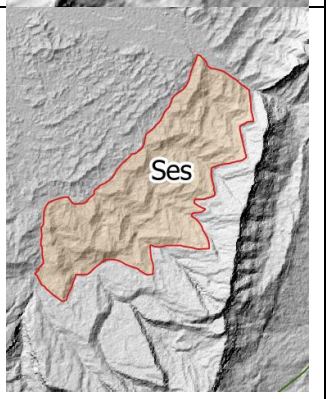
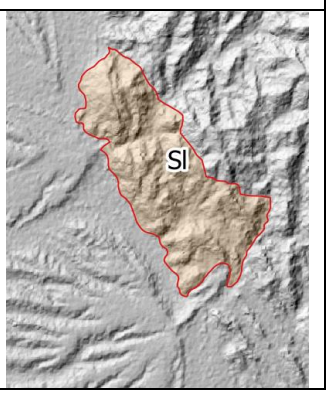


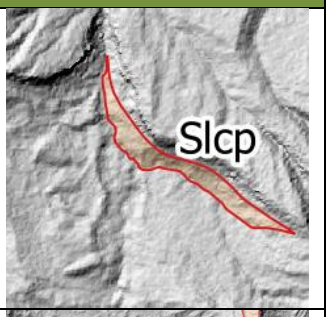
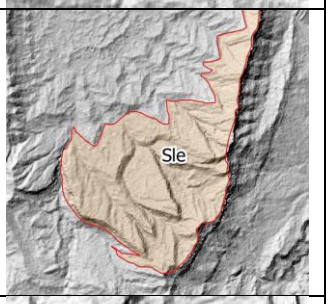
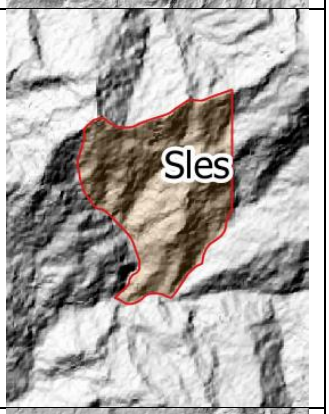
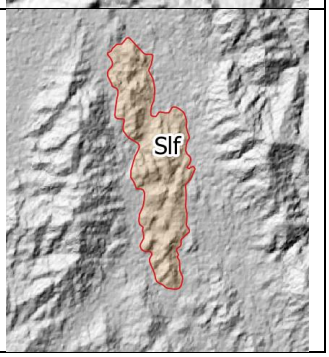
Fuente: Elaborado a partir de Servicio Geológico Colombiano (2015b), (2015c), (2015d), (2015e), (2015f), (2015g), (2015h), (2015i) y (2015j)

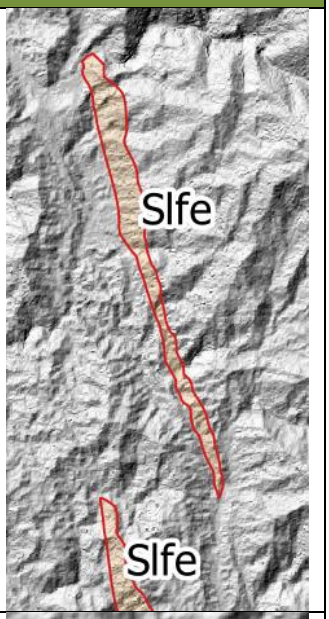
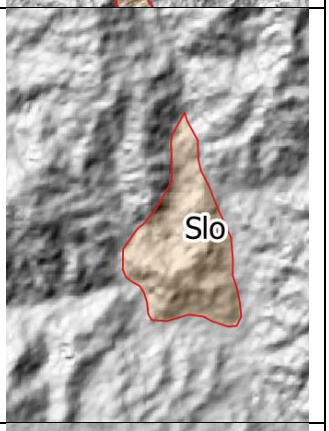
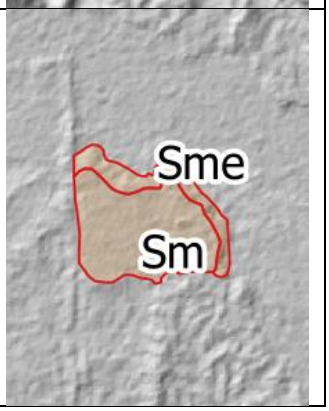
En la **Tabla 4.3** se describen brevemente las morfoestructuras encontradas en el área de estudio preliminar, con base en lo propuesto en las memorias explicativas del mapa geomorfológico de la plancha 47 Chiriguaná (Servicio Geológico Colombiano, 2016), 55 El Banco (Servicio Geológico Colombiano, 2015n), 65 Tamalameque (Servicio Geológico Colombiano, 2014a), 75 Aguachica (Servicio Geológico Colombiano, 2015o), 85 Simití (Servicio Geológico Colombiano, 2015p), 96 Bocas del Rosario (Servicio Geológico Colombiano, 2015q), 97 Cáchira (Servicio Geológico Colombiano, 2015r), 108 Puerto Wilches (Servicio Geológico Colombiano, 2015m) y 109 Rionegro (Servicio Geológico Colombiano, 2014b).

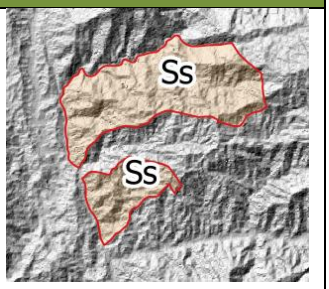
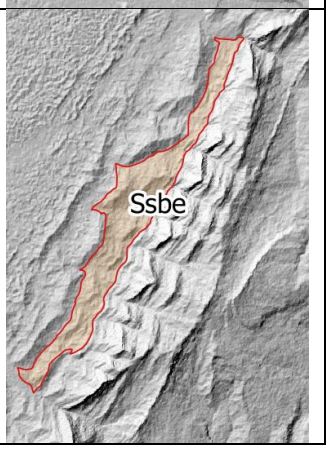
Tabla 4.3 Morfoestructuras asociadas a la tectónica del área de estudio preliminar

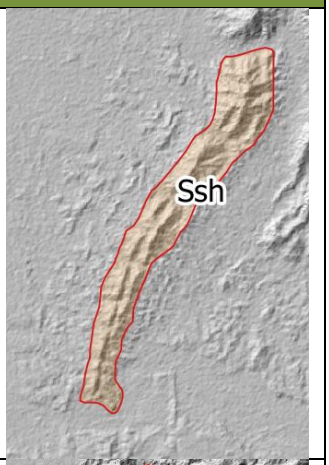
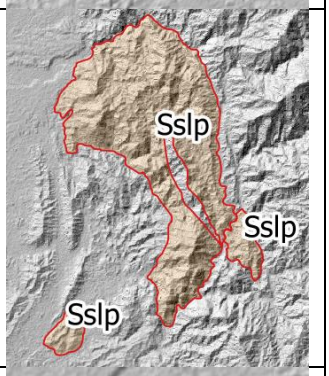
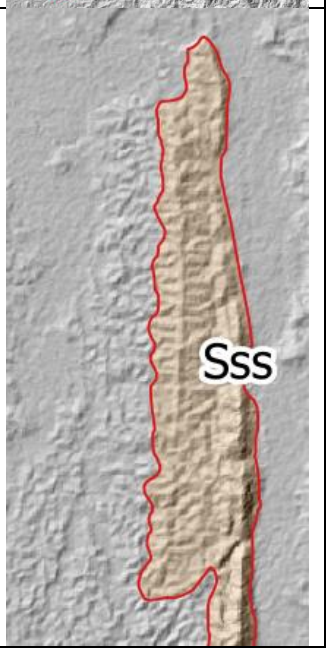
NOTACIÓN	NOMBRE	DESCRIPCIÓN	EJEMPLO ILUSTRATIVO
Sc	Cuesta	Prominencia topográfica formada por la incisión de estratos suavemente basculados. Conformada por una ladera estructural de cuesta (Scle) que coincide con el buzamiento del estrato y una ladera de contrapendiente de cuesta (Sclc), que es corta y escarpada. Para el área de estudio, estas laderas se agruparon con el símbolo Scl.	
Sce	Cerro estructural	Prominencia topográfica que ha sido aislada por fallamiento, de morfología montañosa a colinada, generalmente con laderas cortas e inclinadas.	
Se	Espinazo	Sierra simétrica elongada, de tope redondeado, laderas con inclinaciones de abruptas a muy abruptas y longitudes moderadas a largas. Generalmente, presentan un patrón de drenaje subparalelo, con un grado de incisión fuerte y con valles en forma de "V" abierta.	

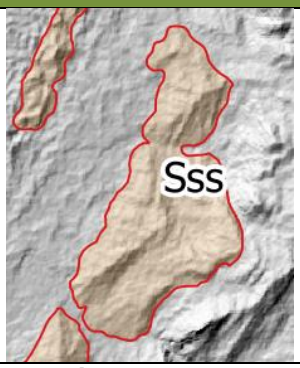
NOTACIÓN	NOMBRE	DESCRIPCIÓN	EJEMPLO ILUSTRATIVO
Sec	Escarpe de contrapendiente	Escarpes definidos por estratos inclinados en contra de la pendiente del terreno, de longitudes cortas a moderadamente largas, con pendientes abruptas a escarpadas.	
Ses	Espolón	Saliente con morfologías alomadas dispuestas perpendicular a la tendencia estructural regional, caracterizados por tener drenajes subparalelos y laderas inclinadas. Dependiendo de su morfometría pueden clasificarse como espolón alto de longitud larga (Sesal), espolón moderado de longitud larga (Sesml) o espolón bajo de longitud larga (Sesbl). Además, dependiendo de la presencia de otros procesos tectónicos, pueden clasificarse como espolones faceteados (Sefc) si presentan facetas triangulares, o espolones festoneados (Sefes) si la actividad tectónica ha avanzado hasta dejar planos aluviales confinados.	
Sl	Lomos	Prominencias topográficas conformadas por un conjunto de filos ubicados a diferentes alturas, con cimas alargadas, topes agudos a redondeados y pendientes inclinadas, caracterizados por seguir la tendencia estructural regional.	

NOTACIÓN	NOMBRE	DESCRIPCIÓN	EJEMPLO ILUSTRATIVO
Slcp	Ladera en contrapendiente	Superficie inclinada de pendiente escarpada, definida por planos dispuestos en sentido contrario a la pendiente topográfica del terreno. Estas laderas, por lo general, no se encuentran asociadas a ninguna estructura regional.	
Sle	Ladera estructural	Superficie de longitud moderadamente larga que define un plano de estratificación inclinado a favor de la pendiente natural.	
Sles	Ladera escalonada	Ladera estructural o de contrapendiente, con estratos o planos en forma de escalón.	
Slf	Lomo de falla	Prominencia topográfica alomada con laderas cortas y pendientes inclinadas, formada por desplazamiento lateral sobre un plano de falla con una geometría cambiante, que va definiendo la expulsión o no de bloques.	

NOTACIÓN	NOMBRE	DESCRIPCIÓN	EJEMPLO ILUSTRATIVO
Slfe	Escarpe de línea de falla	Plano sub-verticales de longitud larga y pendiente abrupta, que representan el plano de una falla y generalmente se encuentran afectadas por procesos de erosión acentuada.	
Slo	Lomo de obturación	Prominencia topográfica de morfología alomada, desplazada lateralmente por fallamiento de rumbo. Esta geoforma queda ubicada de manera que bloquea parcial o totalmente el cauce de una corriente de agua. El lomo de obturación observado en el ejemplo está asociado al trazo principal de la Falla Santa Marta - Bucaramanga.	
Sm	Meseta	Prominencia topográfica de cima aplanada limitada por laderas abruptas a muy abruptas, de longitud corta a larga, generalmente convexas.	
Sme	Escarpe de meseta	Plano vertical a subvertical de longitud corta a moderada y pendientes inclinadas a escarpadas, asociadas a una meseta.	

NOTACIÓN	NOMBRE	DESCRIPCIÓN	EJEMPLO ILUSTRATIVO
Ss	Sierra estructural	Prominencias topográficas de morfología montañosa, longitud larga, laderas más o menos simétricas y pendientes inclinadas a escarpadas. Caracterizadas por seguir la tendencia estructural regional. Es una de las unidades geomorfológicas más extensas en el área de estudio preliminar y su origen se relaciona con los procesos de fallamiento intenso del macizo rocoso que constituye la Cordillera Occidental.	
Ssa o Ssan	Sierra anticlinal	Saliente topográfica elongada de morfología alomada a montañosa con crestas redondeadas, limitada por laderas estructurales inclinadas convexas de longitudes largas. Esta geoforma se asocia al eje de una estructura anticlinal, donde los estratos arquean de manera divergente.	
Ssbe	Barras estructurales	Prominencias topográficas de poca altura, elongadas y alomadas, limitadas por laderas cortas. Generalmente definen estratos con altos buzamientos en secuencias sedimentarias plegadas.	

NOTACIÓN	NOMBRE	DESCRIPCIÓN	EJEMPLO ILUSTRATIVO
Ssh	Sierra homoclinal	Superficie definida por la inclinación de estratos a favor de la pendiente, de manera que el plano de estratificación coincide con el plano de ladera. Presentan por lo general una longitud corta a moderadamente larga y pendientes escarpadas a muy escarpadas.	
Sslp	Sierras y lomos de presión	Prominencias topográficas alomadas y elongadas que representan la elevación de un bloque cabalgante por efecto de esfuerzos compresivos. Debido al levantamiento, están más expuestos a la atmosfera y los procesos de erosión se intensifican, siendo propensos a presentar movimientos en masa. El ejemplo propuesto corresponde a una parte del bloque levantado que constituye el Macizo de Santander.	
Sss	Sierra sinclinal	Corresponde a una sierra de morfología colinada, desarrollada sobre el eje de una estructura sinclinal, en donde se ha presentado inversión del relieve. Generalmente, esta prominencia topográfica aparece limitada por laderas de contrapendiente abruptas y cortas de pendiente abrupta.	

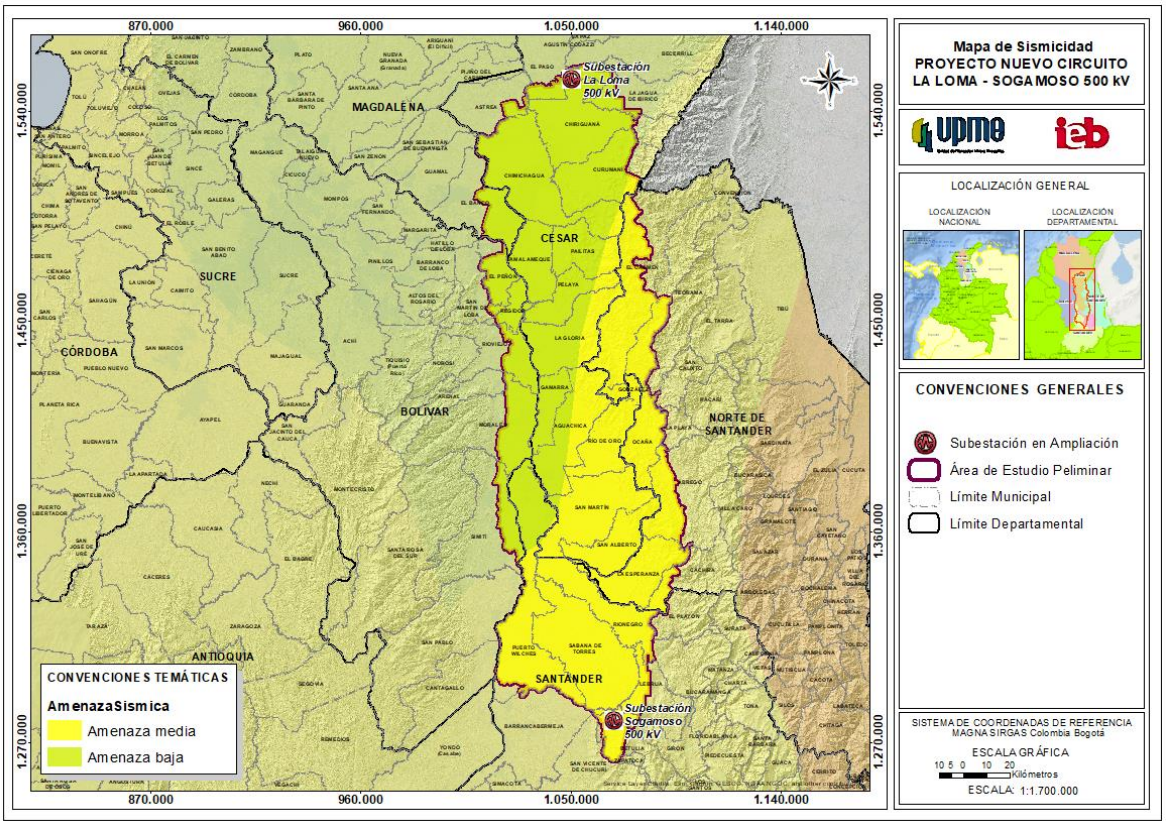
NOTACIÓN	NOMBRE	DESCRIPCIÓN	EJEMPLO ILUSTRATIVO
Svc	Plano aluvial confinado	Superficie plana o ligeramente inclinada, originada por el bloqueo temporal de un cauce fluvial debido a actividad tectónica, lo que da lugar a un valle cerrado.	

Fuente: Elaborado a partir (Servicio Geológico Colombiano, 2016), (Servicio Geológico Colombiano, 2015n), (Servicio Geológico Colombiano, 2014a), (Servicio Geológico Colombiano, 2015o), (Servicio Geológico Colombiano, 2015p), (Servicio Geológico Colombiano, 2015q), (Servicio Geológico Colombiano, 2015r), (Servicio Geológico Colombiano, 2015m) y (Servicio Geológico Colombiano, 2014b).

4.1.1.3 Sismicidad

El estudio general de amenaza sísmica de Colombia (AIS 2009), clasifica las zonas de amenaza en las categorías de alta, intermedia y baja, y define las áreas del país que pertenecen a cada categoría con base en un análisis de los sismos que han ocurrido históricamente y la dinámica tectónica de cada zona. El área de estudio se encuentra clasificada en las categorías de amenaza sísmica media (53,9%) y baja (46,1%), como se observa en la **Figura 4.7.**

Figura 4.7 Amenaza por sismicidad en el área de estudio preliminar



Fuente: Elaborado a partir de AIS et al. (2009)

La parte del área de estudio clasificada en la categoría de amenaza media, está ubicada sobre la Cordillera Oriental y el sureste del Valle del Medio Magdalena. Retomando lo mencionado con anterioridad, estas zonas se caracterizan por la presencia de múltiples fallas activas que representan importantes fuentes sismogénicas, como el Sistema Santa Marta – Bucaramanga. En estas regiones, el terreno puede alcanzar una aceleración pico efectiva (Aa) máxima de 0,25.

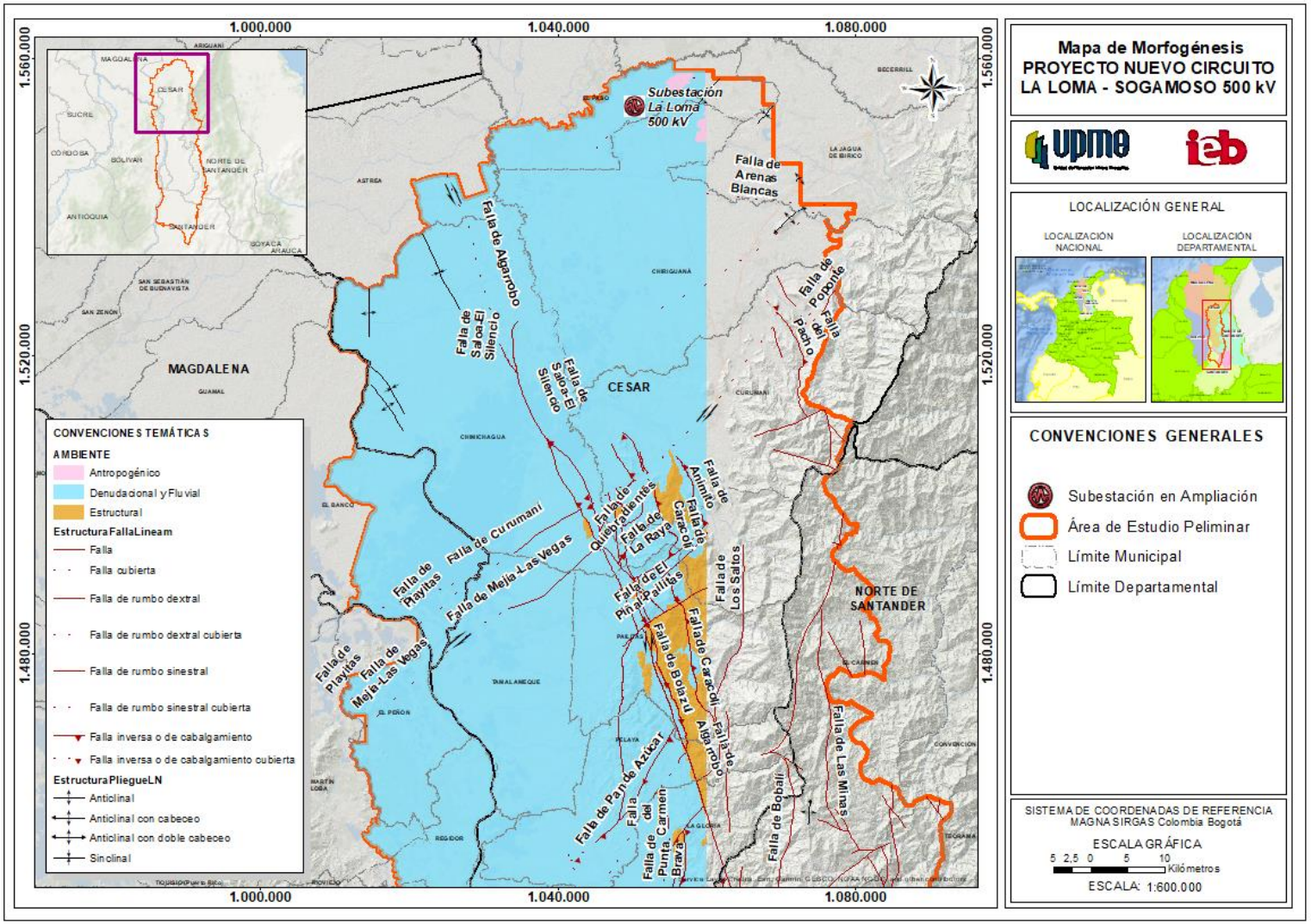
La parte del área de estudio clasificada en la categoría de amenaza baja, corresponde al centro y al noreste del Valle Medio del Magdalena, que ha sido interpretado como una depresión tectónica asimétrica afectada por fallamientos. Sin embargo, el sector central de esta cuenca es una región caracterizada por la baja deformación de las unidades geológicas que lo componen, y el sector occidental presenta varias fallas orientadas al NW, pero sus trazos desaparecen al quedar cubiertos por los depósitos sedimentarios recientes del río Magdalena, es decir, en ambos sectores se evidencia una baja actividad tectónica. Estas zonas presentan un valor de aceleración pico efectiva (Aa) máxima de 0,10.

4.1.2 GEOMORFOLOGÍA

4.1.2.1 Morfogénesis

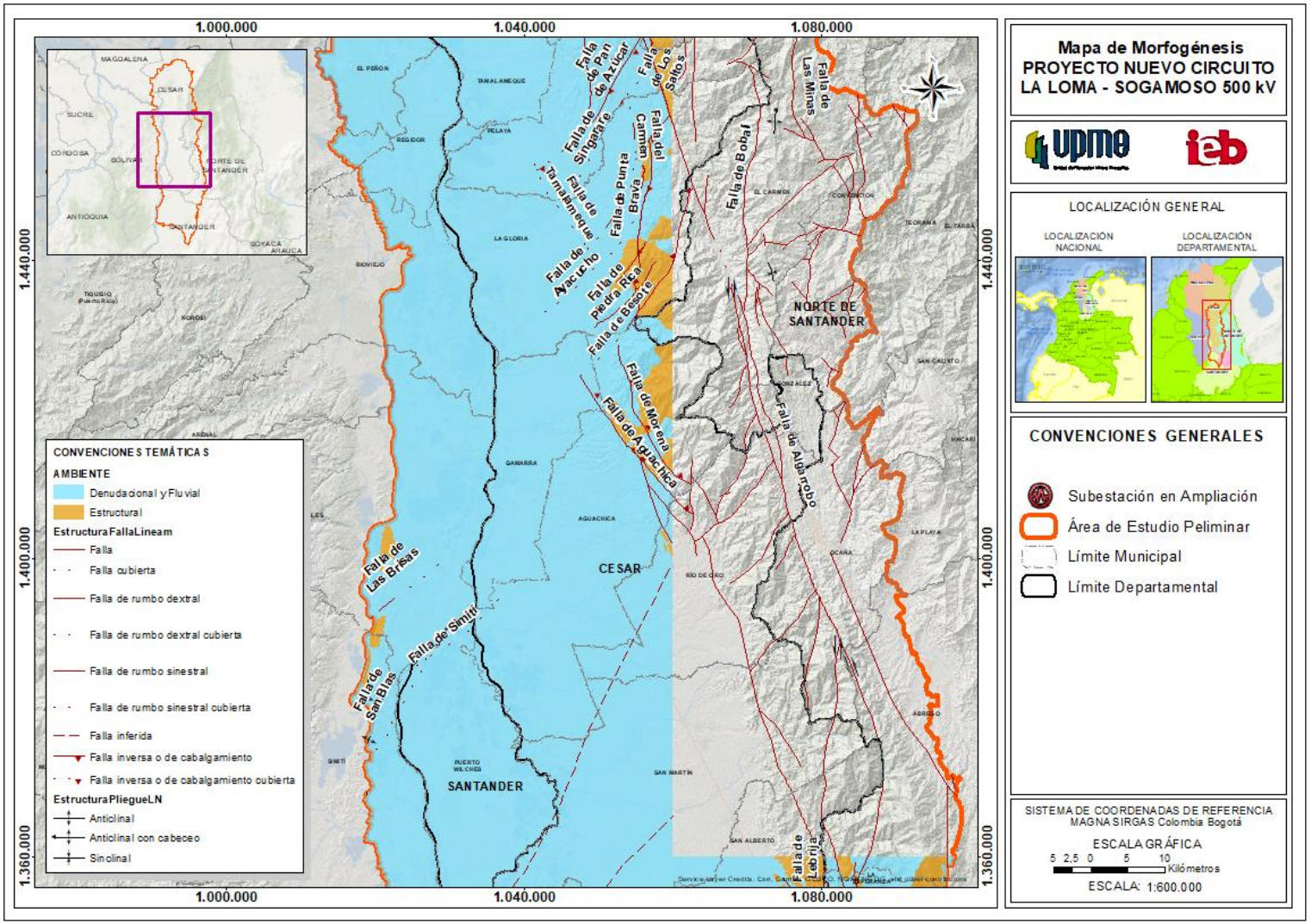
El concepto de morfogénesis puede definirse como el estudio del origen y la evolución de las formas de la superficie terrestre, por lo tanto, para caracterizar esta variable fue necesario indicar los ambientes que originaron las geoformas identificadas en la cartografía del Servicio Geológico Colombiano a escala 1:100.000. En la **Figura 4.8**, la **Figura 4.9** y la **Figura 4.10** se observa una clasificación del área de estudio preliminar en función de los procesos que dominan el modelado del paisaje.

Figura 4.8 Morfogénesis del área de estudio preliminar



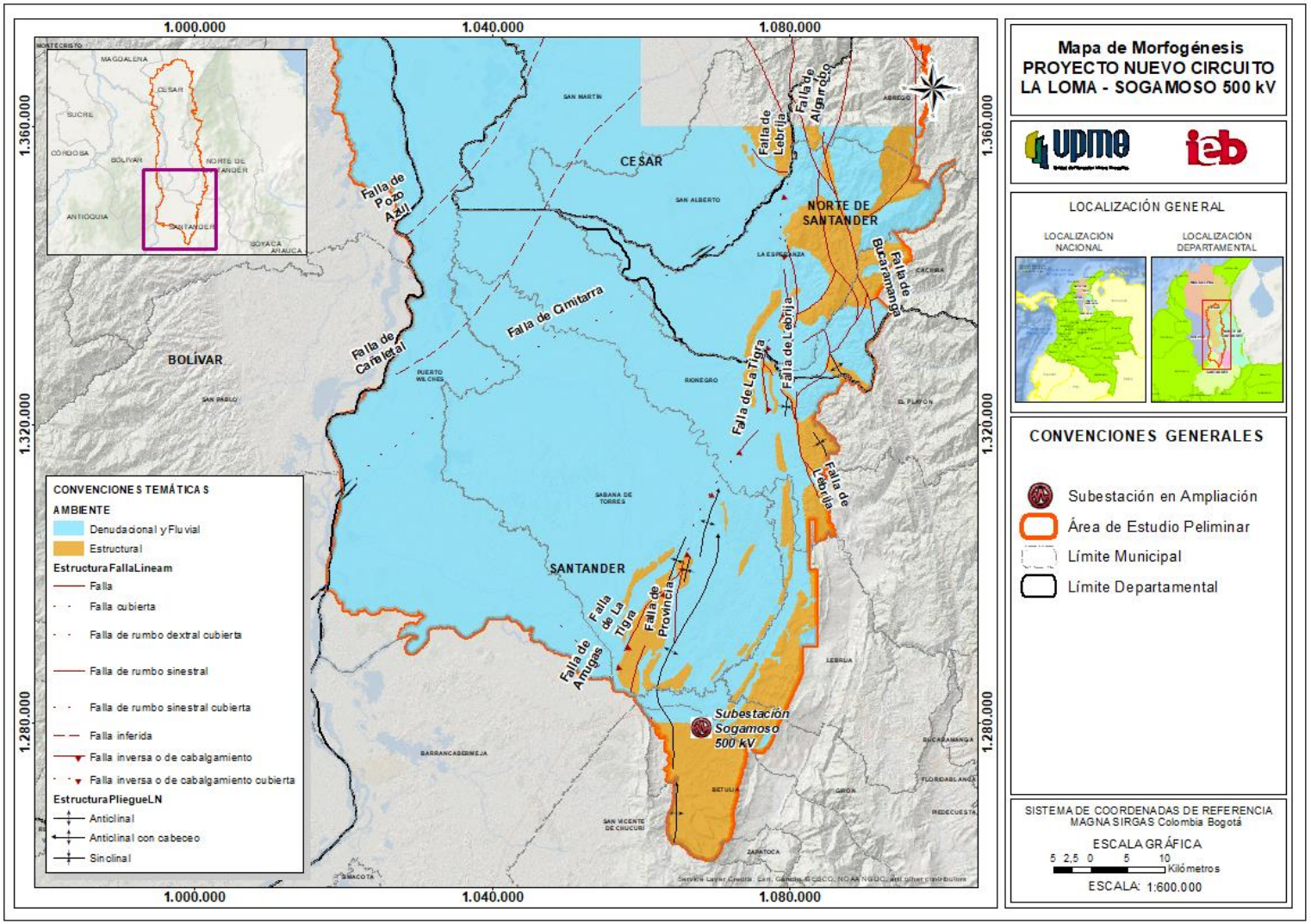
Fuente: Elaborado a partir de Servicio Geológico Colombiano (2015b), (2015c), (2015d), (2015e), (2015f), (2015g), (2015h), (2015i) y (2015j)

Figura 4.9 Morfogénesis del área de estudio preliminar



Fuente: Elaborado a partir de Servicio Geológico Colombiano (2015b), (2015c), (2015d), (2015e), (2015f), (2015g), (2015h), (2015i) y (2015j)

Figura 4.10 Morfogénesis del área de estudio preliminar



Fuente: Elaborado a partir de Servicio Geológico Colombiano (2015b), (2015c), (2015d), (2015e), (2015f), (2015g), (2015h), (2015i) y (2015j)

- **Ambiente Denudacional y Fluvial**

Estos ambientes se presentan juntos dada la estrecha relación que presentan y el dominio que tienen sobre el modelado del relieve superficial en el área de estudio preliminar. En esta categoría se reúnen las geoformas resultantes de la acción combinada de procesos de meteorización, erosión, transporte y acumulación de materiales erosionados. Estos procesos modelan el paisaje dejando rasgos remanentes de las geoformas preexistentes y creando geoformas nuevas que favorecen la sedimentación.

- **Ambiente Estructural**

Comprende las geoformas producidas por la actividad tectónica que ha tenido lugar a través del tiempo en el área de estudio preliminar. Este ambiente se restringe a los bordes del Valle Medio del Magdalena y a la parte de la Cordillera Oriental que pertenece a esta área.

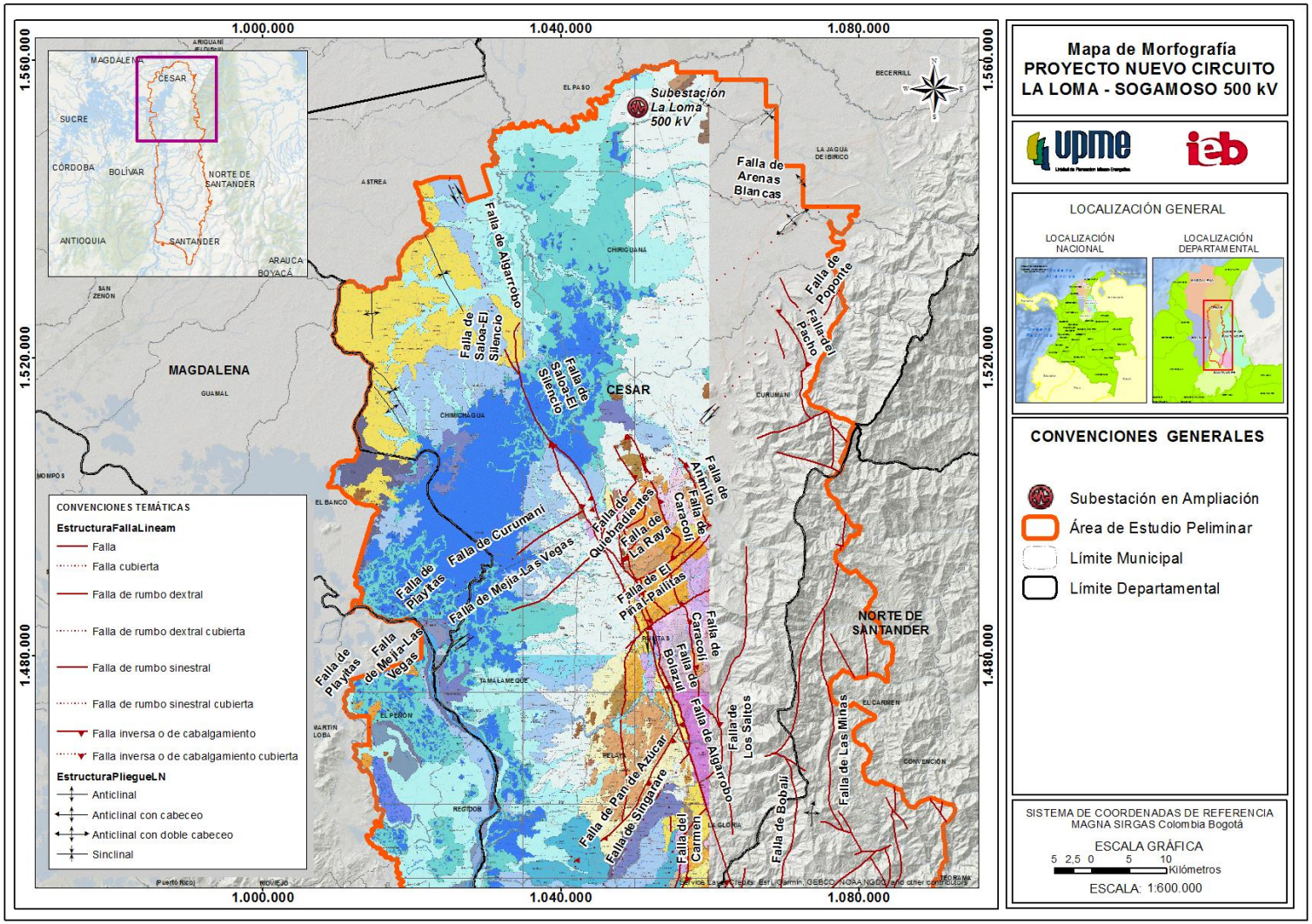
- **Ambiente Antrópico**

Agrupa las geoformas que resultan de la intervención del hombre sobre el terreno, principalmente con el objetivo de extraer materiales, disponer desechos o escombros o adecuar nuevas obras de infraestructura, por ejemplo, corredores viales. En el área de estudio preliminar, las geoformas de origen antrópico se restringen a las explotaciones mineras de carbón en el Departamento del Cesar.

4.1.2.2 **Morfografía**

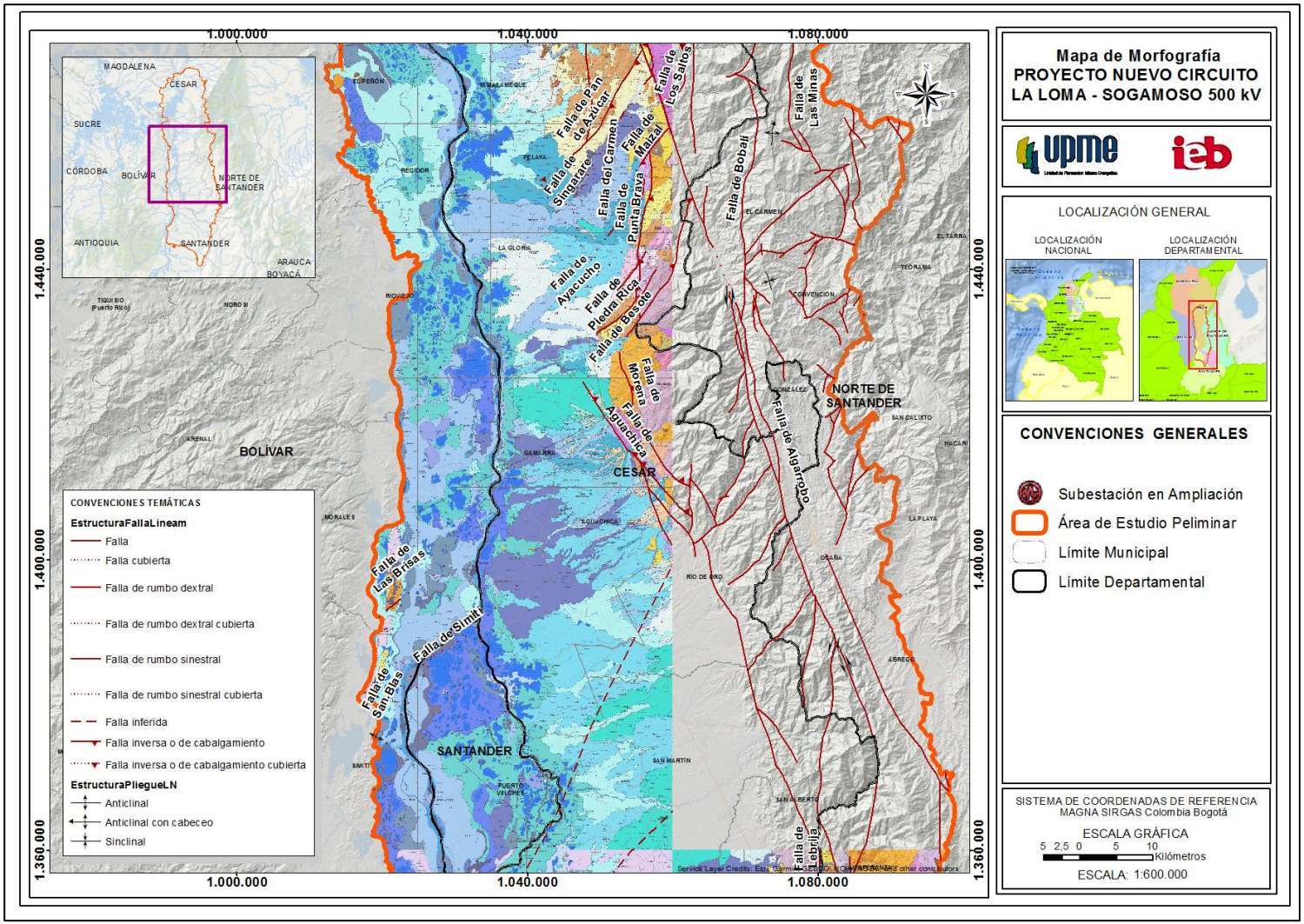
El concepto de morfografía hace referencia a la descripción cualitativa de las formas de la superficie terrestre. Esta variable se caracterizó con base en la cartografía geomorfológica elaborada a escala 1:100.000 por el Servicio Geológico Colombiano, como se observa en la **Figura 4.11**, **Figura 4.12** y **Figura 4.13.** Debido al tamaño del área de estudio preliminar, se elaboraron tres figuras a escala 1:600.000, por lo tanto, la descripción de las geoformas se realizará de una forma generalizada, haciendo énfasis en las características fisiográficas de las diferentes regiones que componen esta área de estudio y las formas del relieve más comunes.

Figura 4.11 Morfografía del área de estudio preliminar



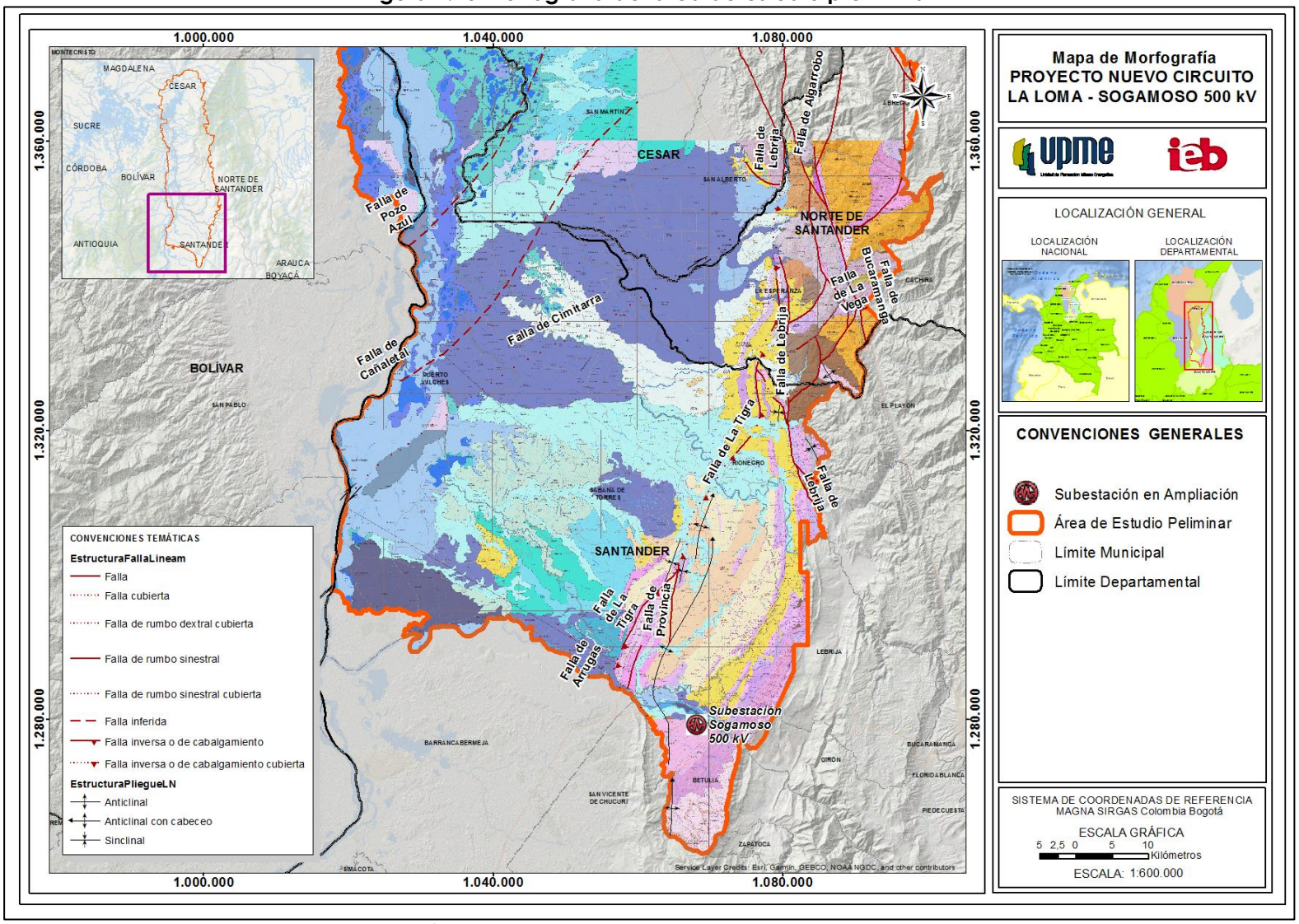
Fuente: Elaborado a partir de Servicio Geológico Colombiano (2015b), (2015c), (2015d), (2015e), (2015f), (2015g), (2015h), (2015i) y (2015j)

Figura 4.12 Morfografía del área de estudio preliminar



Fuente: Elaborado a partir de Servicio Geológico Colombiano (2015b), (2015c), (2015d), (2015e), (2015f), (2015g), (2015h), (2015i) y (2015j)

Figura 4.13 Morfografía del área de estudio preliminar



Fuente: Elaborado a partir de Servicio Geológico Colombiano (2015b), (2015c), (2015d), (2015e), (2015f), (2015g), (2015h), (2015i) y (2015j)

En la Figura 4.4 se describen de forma breve las unidades geomorfológicas más comunes en el área de estudio preliminar, a excepción de las geoformas de origen estructural que ya se describieron en la sección 4.1.1.2 Tectónica, con base en lo propuesto en las memorias explicativas de los mapas geomorfológicos de las planchas 47 Chiriguaná (Servicio Geológico Colombiano, 2016), 55 El Banco (Servicio Geológico Colombiano, 2015n), 65 Tamalameque (Servicio Geológico Colombiano, 2014a), 75 Aguachica (Servicio Geológico Colombiano, 2015o), 85 Simití (Servicio Geológico Colombiano, 2015p), 96 Bocas del Rosario (Servicio Geológico Colombiano, 2015q), 97 Cáchira (Servicio Geológico Colombiano, 2015r), 108 Puerto Wilches (Servicio Geológico Colombiano, 2015m) y 109 Rionegro (Servicio Geológico Colombiano, 2014b).

Tabla 4.4 Unidades geomorfológicas del área de estudio preliminar

NOTACIÓN	NOMBRE	DESCRIPCIÓN
AMBIENTE DENUDACIONAL		
Dcr	Colina residual	Elevación del terreno con una cima redondeada y amplia, limitada por laderas convexas o rectas de longitud corta a moderadamente larga, que suelen presentar una pendiente inclinada.
Dcrem	Cerro remanente	Prominencia topográfica aislada, que presenta una morfología colinada, alomada o montañosa, con cima aguda a redondeada y laderas convexas moderadamente largas.
Dcrs	Cerro residual	Prominencia topográfica aislada con morfología alomada o colinada, cimas redondeadas a planas y laderas rectas a convexas de longitud larga a muy larga. Originada por una meteorización diferencial intensa combinada con procesos tectónicos.
Deem	Escarpe de erosión mayor	Ladera abrupta que puede asociarse a actividad tectónica, erosión fluvial o procesos gravitacionales, generalmente de longitud corta a larga.
Deeme	Escarpe de erosión menor	Ladera abrupta que puede asociarse a socavación fluvial lateral o a procesos de erosión y carcavamiento.
Dld	Loma denudada	Prominencia topográfica con una morfología alomada y elongada, laderas convexas cortas a muy cortas y pendientes inclinadas. Formada por procesos intensos de meteorización y erosión diferencial. Generalmente presentan patrones de drenaje subparalelo o dendrítico.
Dlde	Lomo denudado	Conjuntos de filos ubicados a diferentes alturas, alargados en dirección perpendicular al drenaje principal, con topes agudos a redondeados dependiendo del grado de incisión, el tipo de saprolito y los procesos erosivos que han tenido lugar.
Dle	Ladera erosiva	Corresponden a superficies del terreno con pendientes muy inclinadas a escarpadas, sobre las cuales se desarrollan patrones de drenaje dendrítico a subparalelo. Es común encontrar en estas laderas algunos procesos erosivos y remontantes.
Dlor	Loma residual	Prominencia topográfica de altura baja, generalmente menor a 200 metros sobre su nivel base, de morfología alomada y elongada, laderas convexas muy cortas y pendientes muy inclinadas.
Dlres	Lomo residual	Morfología alomada y elongada de laderas cortas a muy cortas, pendientes muy inclinadas a muy abruptas, constituida por suelos residuales cubiertos por material coluvial.

NOTACIÓN	NOMBRE	DESCRIPCIÓN
Dmo	Montículos y ondulaciones	Geoformas con una altura inferior a 100 metros sobre su nivel base, morfología colinada, pendientes suavemente inclinadas y drenajes divergentes.
Dsr	Sierra residual	Prominencia topográfica montañosa y elongada, de laderas largas y pendientes muy inclinadas a abruptas, que sigue la tendencia estructural regional. Se distingue de otras geoformas porque sobre ella han actuado procesos de meteorización.
Dsd	Sierra denudada	Geoforma de morfología montañosa y elongada, con laderas largas y pendientes muy inclinadas a abruptas. Su origen se asocia a la ocurrencia de procesos de erosión acentuada sobre la Formación Volcánica y la Formación Cisneros en zonas de intenso cizallamiento. De esta unidad se desprenden lomos y espolones.
Dsa	Superficie de erosión	Área extensa, de topografía plana, generalmente elevada o basculada, que ha sido originada por procesos denudacionales y degradacionales intensos, bajo condiciones climáticas y tectónicas estables por largos períodos de tiempo.
AMBIENTE FLUVIAL		
Faa	Abanico aluvial	Superficie en forma de cono de morfología plana o aterrazada, formada por la acumulación de sedimentos en los cambios de pendiente del cauce, principalmente al desembocar en zonas planas. Están compuestas por materiales clásticos poco consolidados, sin embargo, su topografía aplanada ayuda a darle estabilidad.
Fac	Abanico aluvial coalescente no diferenciado	Se originan de igual manera que los abanicos aluviales, la diferencia es que en los abanicos coalescentes los conos se encuentran en contacto con otros conos adyacentes, haciendo imposible diferenciarlos. Presentan pendientes planas a suavemente inclinadas y un drenaje dicotómico.
Fbc	Barra compuesta	Conjunto de barras unitarias que pueden alcanzar decenas a cientos de metros lateralmente y varios kilómetros longitudinalmente. Su espesor máximo está determinado por la profundidad del cauce y su origen está relacionado con el amalgamiento de varias barras.
Fbl	Barra longitudinal	Cuerpo elongado, de morfología romboidal en planta y superficie ondulada, dispuesto de manera paralela al centro de los cauces fluviales mayores, con la punta más aguda en dirección de la corriente. Su origen está relacionado con la acumulación de sedimentos durante grandes inundaciones.
Fbp	Barra puntual	Cuerpos que, localizados en la parte cóncava de los meandros, producto de la acumulación de sedimentos erodados de la parte convexa del cauce. Cuando se presenta una migración lateral de la acumulación de este tipo de barras, se pueden conformar conjuntos sencillos o complejos de orillales.
Fca	Cauce aluvial	Canales meándricos excavados por erosión de las corrientes fluviales, específicamente en el área de estudio preliminar, por el río Magdalena y sus afluentes tributarios. Estas corrientes transportan una carga de sedimentos finos en suspensión y solución y una carga de fondo constituida por arena y grava.
Fcdy	Cono de deyección	Conos extensos, con una pendiente inclinada, localizados en el piedemonte de zonas montañosas. Generalmente están constituidos por arenas, arcillas y gravas, con materiales más gruesos en el ápice y más finos en la zona distal.

NOTACIÓN	NOMBRE	DESCRIPCIÓN
Fea	Escarpe de abanico fluvial	Plano subvertical de longitud corta que se presenta en el borde de los abanicos aluviales y coalescentes. Se forma por incisión de la red de drenaje tributaria.
Flg	Laguna	Depósito natural de agua de dimensiones inferiores, cuya profundidad varía de acuerdo a las condiciones ambientales regionales y a su grado de colmatación. El origen de las lagunas fluviales se relaciona con la con la inundación de antiguas depresiones durante la época de alta pluviosidad.
Fpa	Plano anegadizo	Superficie en forma de artesa, aplanada e irregular. Se localiza en áreas planas mal drenadas y su origen se asocia a procesos de encharcamiento temporal alrededor de las cuencas de decantación. Están compuestas por sedimentos finos, limos y arcillas.
Fpac	Planicie aluvial confinada	Porción de terreno constituida por material aluvial, de morfología plana, angosta, corta y eventualmente inundable. Aparece limitada por otras geoformas de morfología colinada a montañosa que bordean el cauce de los ríos, donde se observa el estrangulamiento o estrechamiento de la planicie aluvial.
Fpi	Plano o llanura de inundación	Superficie ondulada e inundable ubicada en las márgenes de las corrientes fluviales, constituidas por depósitos de sedimentos finos producto de los desbordamientos del cauce y limitada generalmente por escarpes de terraza. En el área de estudio preliminar se observan geoformas como estas asociadas a los principales ríos de la zona: Dagua, Raposo y Anchicayá. Estos planos pueden presentar una fuerte erosión hídrica generada por las mismas corrientes que los han formado.
Fta	Terraza de acumulación	Superficie elongada, plana a ondulada, modelada sobre sedimentos aluviales y limitada por escarpes de terraza de diferentes alturas. Se origina por acumulación aluvial sobre una llanura de inundación y posterior erosión vertical de la misma. En el área de estudio preliminar se observan terrazas a lo largo de los ríos Dagua, Raposo, Anchicayá, Mozambique y Pavas.
Ftan	Terraza de acumulación antigua	Superficies con pendientes de 5° a 10°, limitadas por escarpes de disección en forma de "V". Su origen se asocia a la disección y el tectonismo de abanicos y planicies aluviales.
Ftas	Terraza de acumulación subreciente	Superficie ondulada y disectada, con inclinaciones entre 3° a 10°, limitada por escarpes, que queda adosada a las márgenes de un valle fluvial en forma de escalón o resalto topográfico durante el proceso de ampliación de dicho valle fluvial.

Fuente: Elaborado a partir (Servicio Geológico Colombiano, 2016), (Servicio Geológico Colombiano, 2015n), (Servicio Geológico Colombiano, 2014a), (Servicio Geológico Colombiano, 2015o), (Servicio Geológico Colombiano, 2015p), (Servicio Geológico Colombiano, 2015q), (Servicio Geológico Colombiano, 2015r), (Servicio Geológico Colombiano, 2015m) y (Servicio Geológico Colombiano, 2014b).

Retomando lo expuesto con anterioridad, el área de estudio se localiza sobre una parte de la Cordillera Oriental y el Valle Medio del Magdalena. La región cordillerana presenta una topografía montañosa y es afectada por un gran número de fallamientos que han tenido una importante actividad tectónica a través del tiempo, como el Sistema Santa Marta – Bucaramanga, por lo tanto, es común encontrar geoformas de origen estructural. También existe en esta zona un gran número de geoformas de origen denudacional, asociadas principalmente al

piedemonte de la Cordillera Oriental, que reflejan el avance del frente de erosión sobre su flanco oeste (J. M. Royero & Clavijo, 2001).

La región del Valle Medio del Magdalena presenta una topografía suave y ondulada, correspondiente a una cuenca donde se acumulan sedimentos transportados por el río Magdalena y sus afluentes tributarios, por lo tanto, en esta zona las geoformas son esencialmente de origen fluvial y lacustre, a excepción de algunas formas remanentes sobre las que actúan procesos denudativos, que por lo general son elevaciones topográficas que no sobrepasan los 100 msnm (Servicio Geológico Colombiano, 2003).

En el norte del área de estudio se localiza una pequeña parte del Valle Superior del Magdalena, esta región corresponde a amplias planicies con muy poca variación altimétrica, utilizadas esencialmente para actividades agrícolas, dado que sus suelos poseen una gran fertilidad a pesar de ser poco evolucionados (Servicio Geológico Colombiano, 2003).

4.1.2.3 **Morfodinámica**

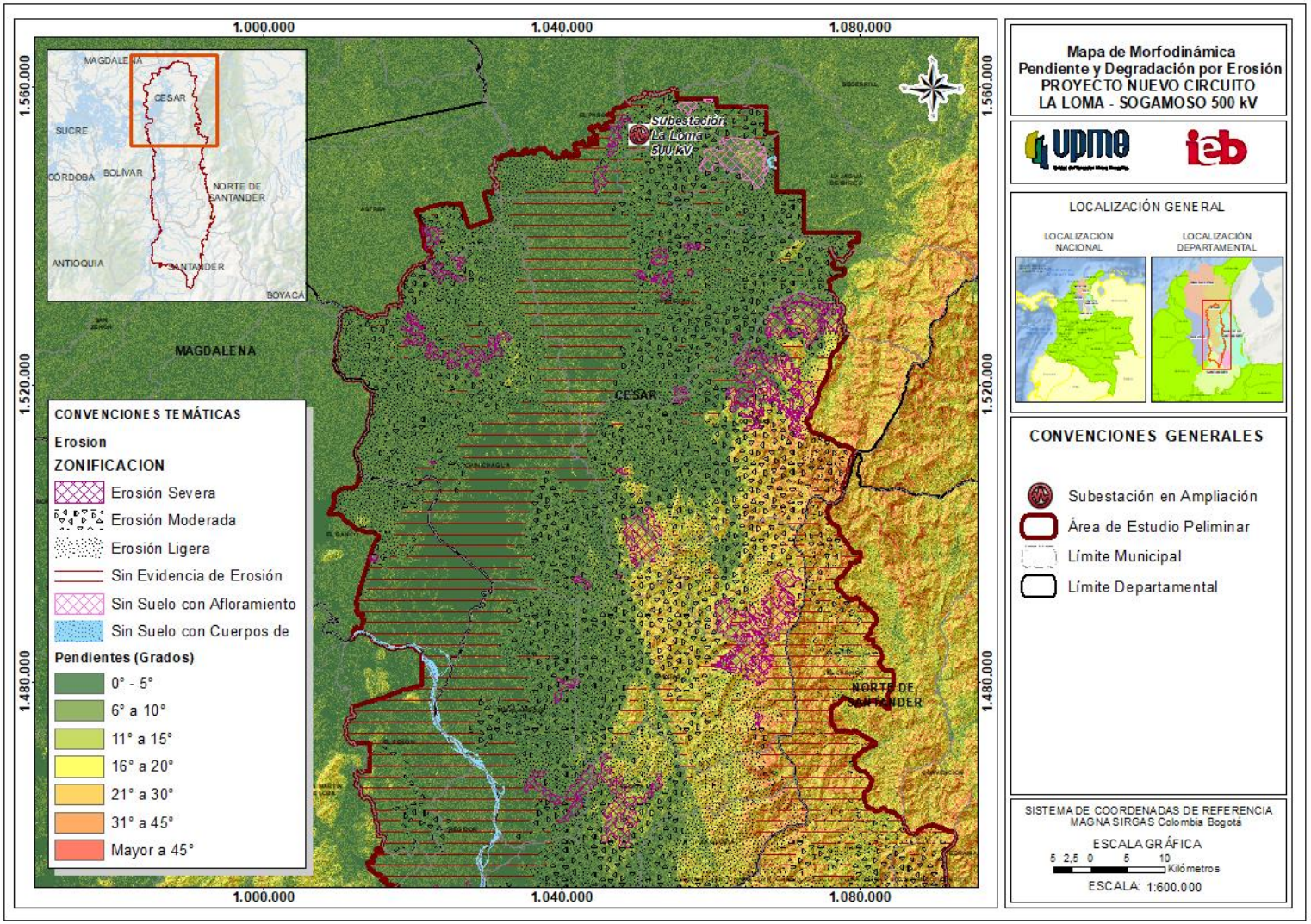
El concepto de morfodinámica hace referencia a los procesos exógenos que modifican las geoformas existentes, originados por la acción de agentes como el agua, el viento, el hielo o la gravedad sobre los materiales geológicos. Estos procesos se clasifican en erosión, movimientos en masa y acumulación de sedimentos, cuya eficiencia depende de una serie de variables, entre ellas la pendiente y la cobertura que posee el terreno sobre el que actúan. Por lo tanto, se tuvieron en cuenta estas dos variables para caracterizar la morfodinámica del área de estudio preliminar.

En la **Figura 4.14, Figura 4.15** y **Figura 4.16,** se observa el mapa de pendientes del área de estudio preliminar y su relación con el grado de erosión del terreno. Contrario a lo esperado, estas variables no muestran una relación entre sí, debido a que las zonas de alta pendiente y las más aplanadas presentan por igual una degradación por erosión ligera a moderada, es decir, la eficiencia de los procesos erosivos sobre el terreno en el área de estudio no está determinada por la inclinación del mismo. La franja occidental de esta área no presenta evidencias de erosión, esto puede explicarse por el hecho de corresponder al cauce del río Magdalena y sus llanuras de inundación y representar, por lo tanto, una zona de acumulación de sedimentos.

En la **Figura 4.17, Figura 4.18** y **Figura 4.19,** se muestra la relación existente entre las coberturas de la tierra y el grado de erosión del terreno; es importante anotar que las unidades de cobertura de la tierra se agruparon en Territorios Artificializados y Tierras Desnudas (10), Territorios Agrícolas (20), Bosques, Áreas Húmedas y Superficies de Agua (30) y sin información/nubes (0), tal como se presenta en el apartado metodológico. Como resultado se evidencia que aquellos lugares donde no existen evidencias de erosión, corresponden a las zonas que cuentan con coberturas naturales, sean boscosas como en la región cordillerana o

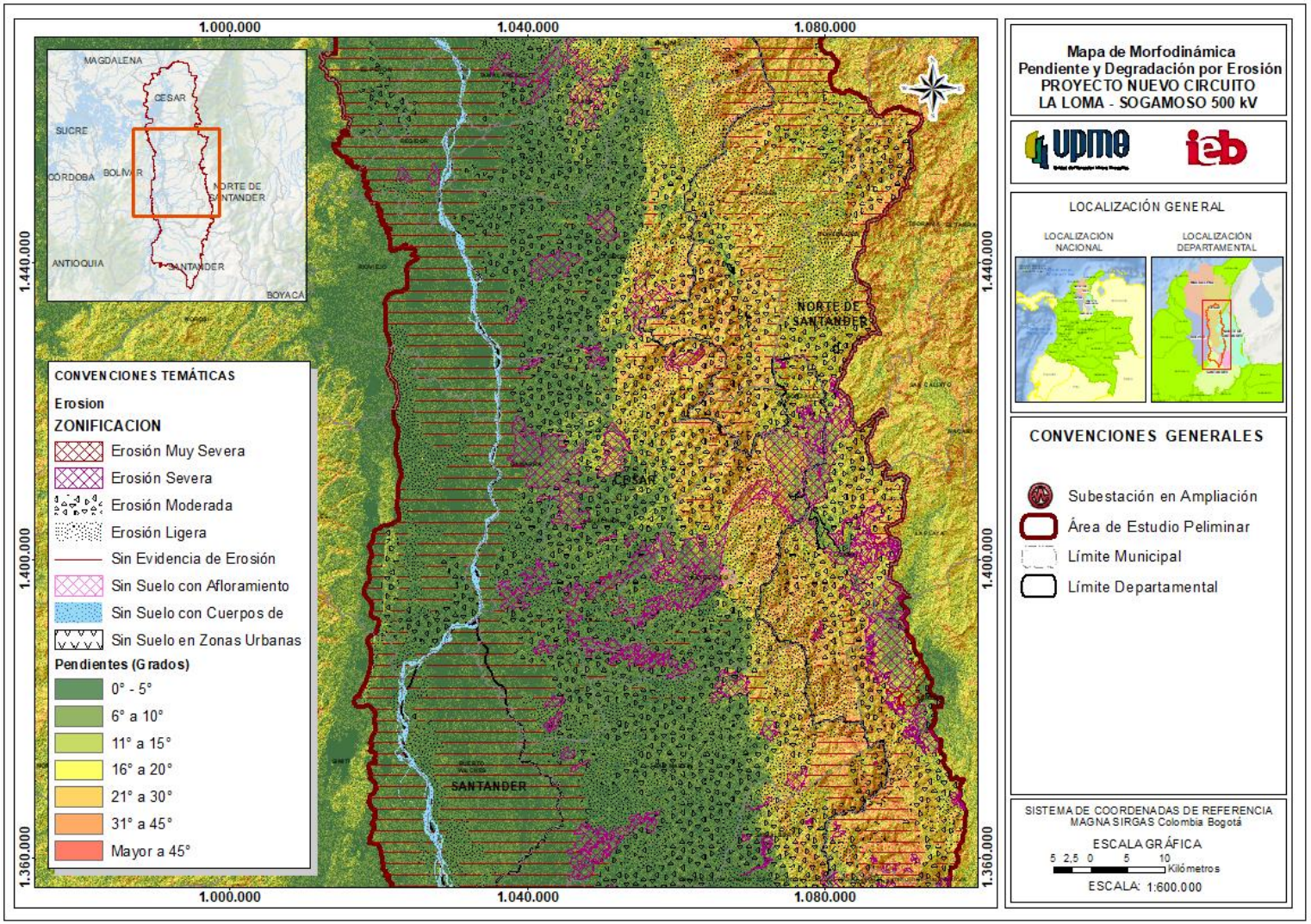
superficies de agua y áreas húmedas como en el Valle Medio del Magdalena. Sobre el piedemonte cordillerano se observa un grado de erosión ligera a moderada, a pesar de tener una baja pendiente, dado que esta planicie se encuentra intensamente cultivada y las prácticas allí empleadas han ocasionado una degradación progresiva en los suelos. Las zonas catalogadas con un grado de erosión severa se localizan en la región montañosa, donde además del uso agrícola que se da al suelo, se presentan mayores pendientes.

Figura 4.14 Pendientes y degradación por erosión en el área de estudio preliminar



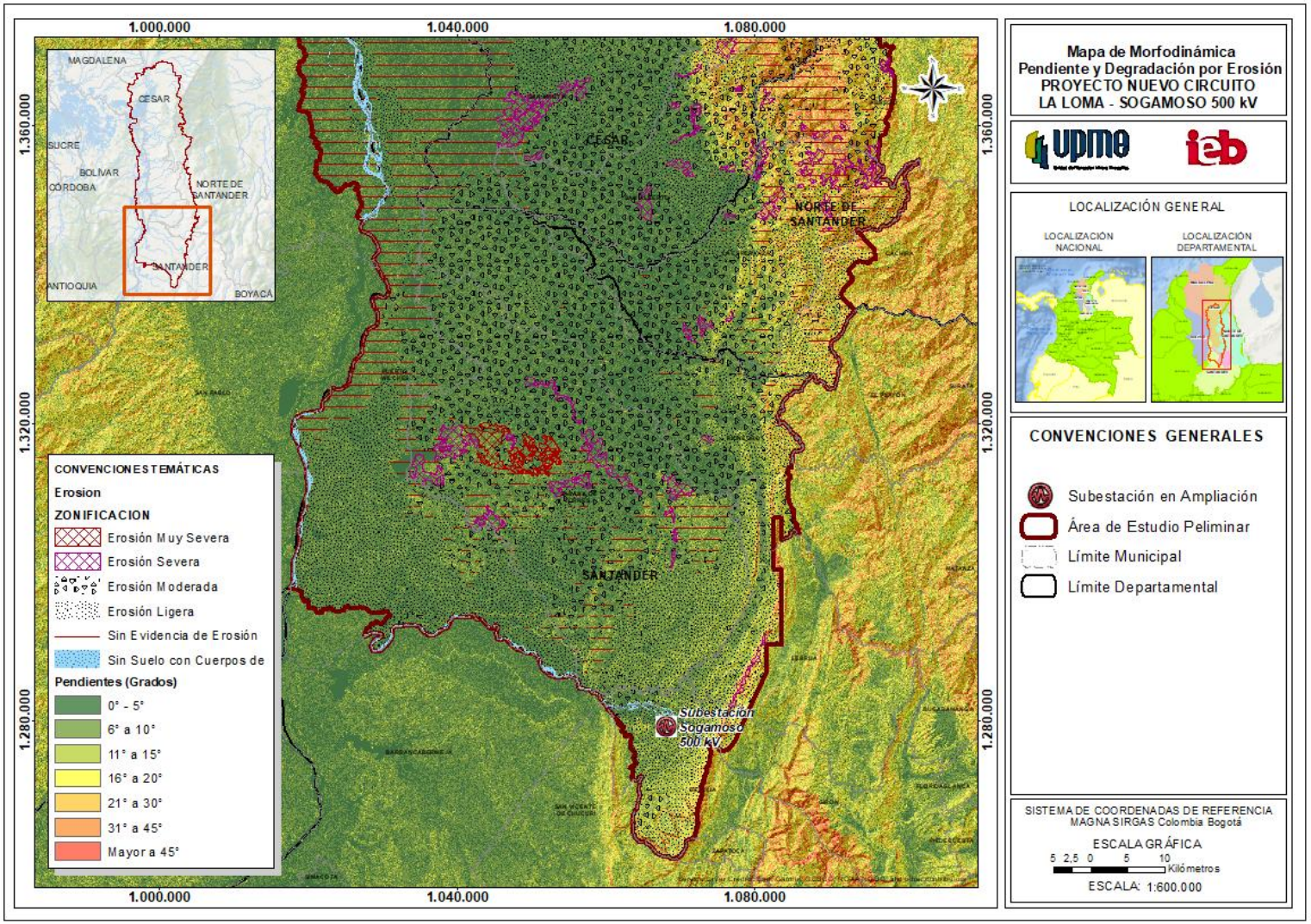
Fuente: Elaborado a partir de (IDEAM, 2010c)

Figura 4.15 Pendientes y degradación por erosión en el área de estudio preliminar



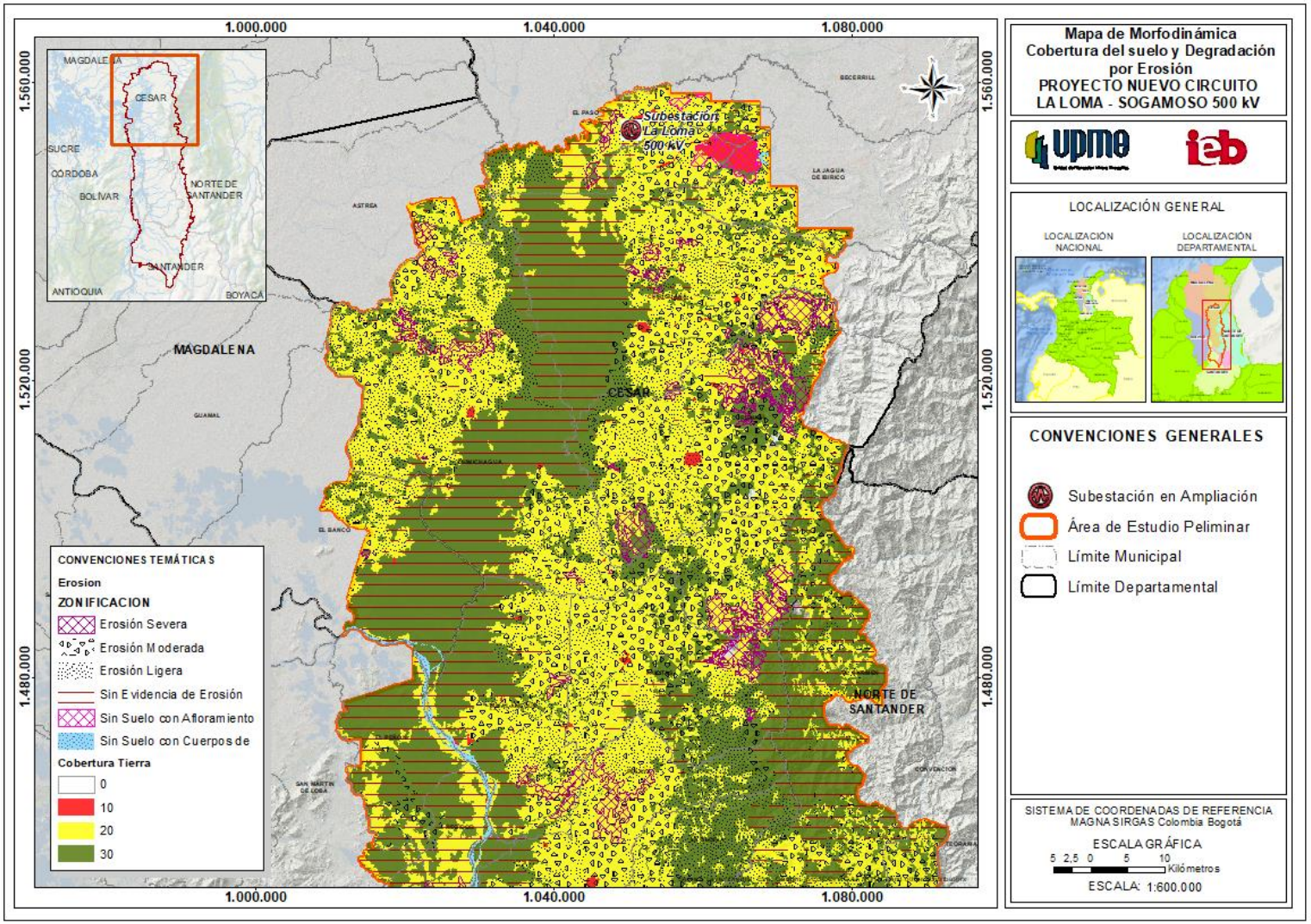
Fuente: Elaborado a partir de (IDEAM, 2010c)

Figura 4.16 Pendientes y degradación por erosión en el área de estudio preliminar



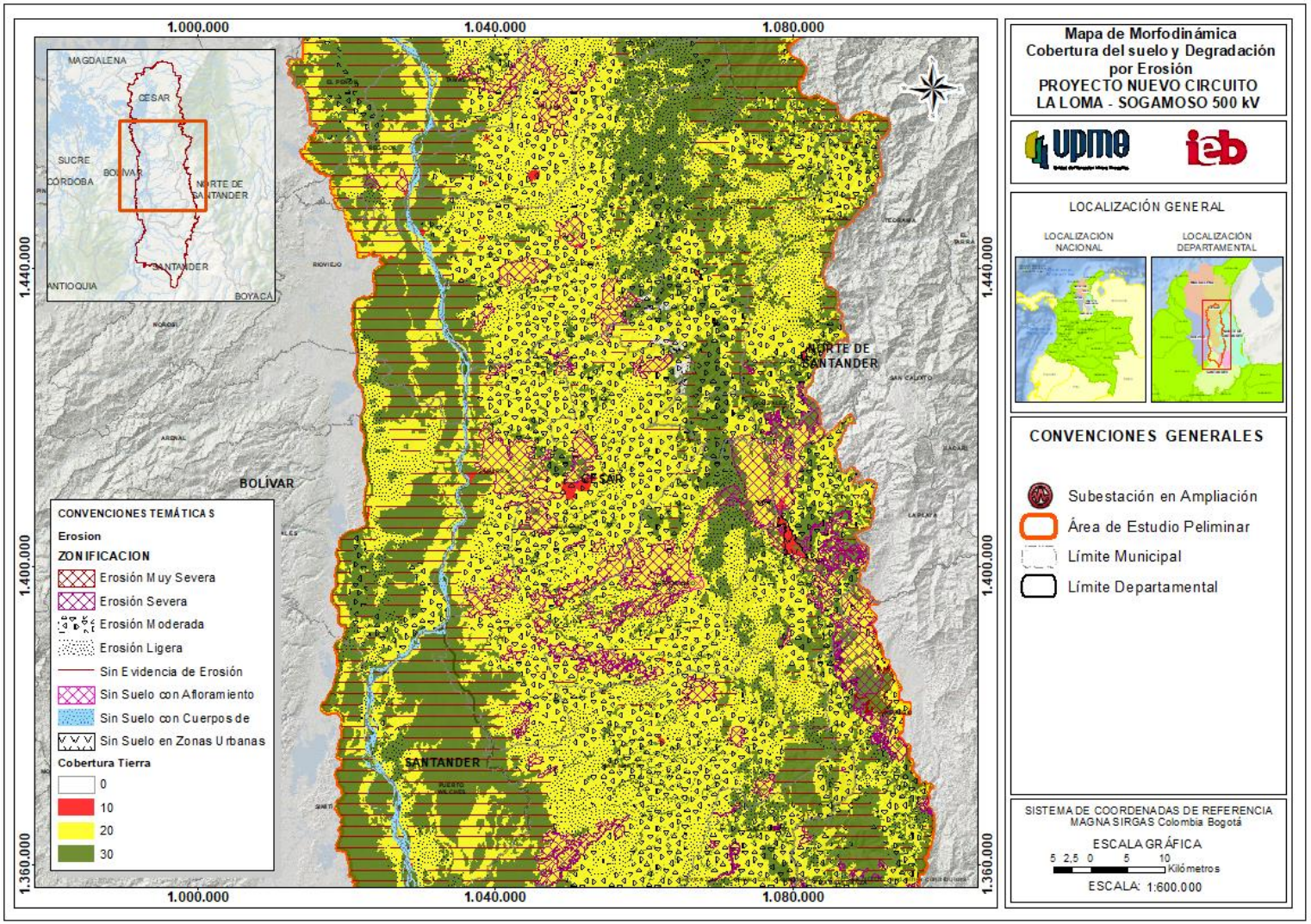
Fuente: Elaborado a partir de (IDEAM, 2010c)

Figura 4.17 Coberturas y degradación por erosión en el área de estudio preliminar



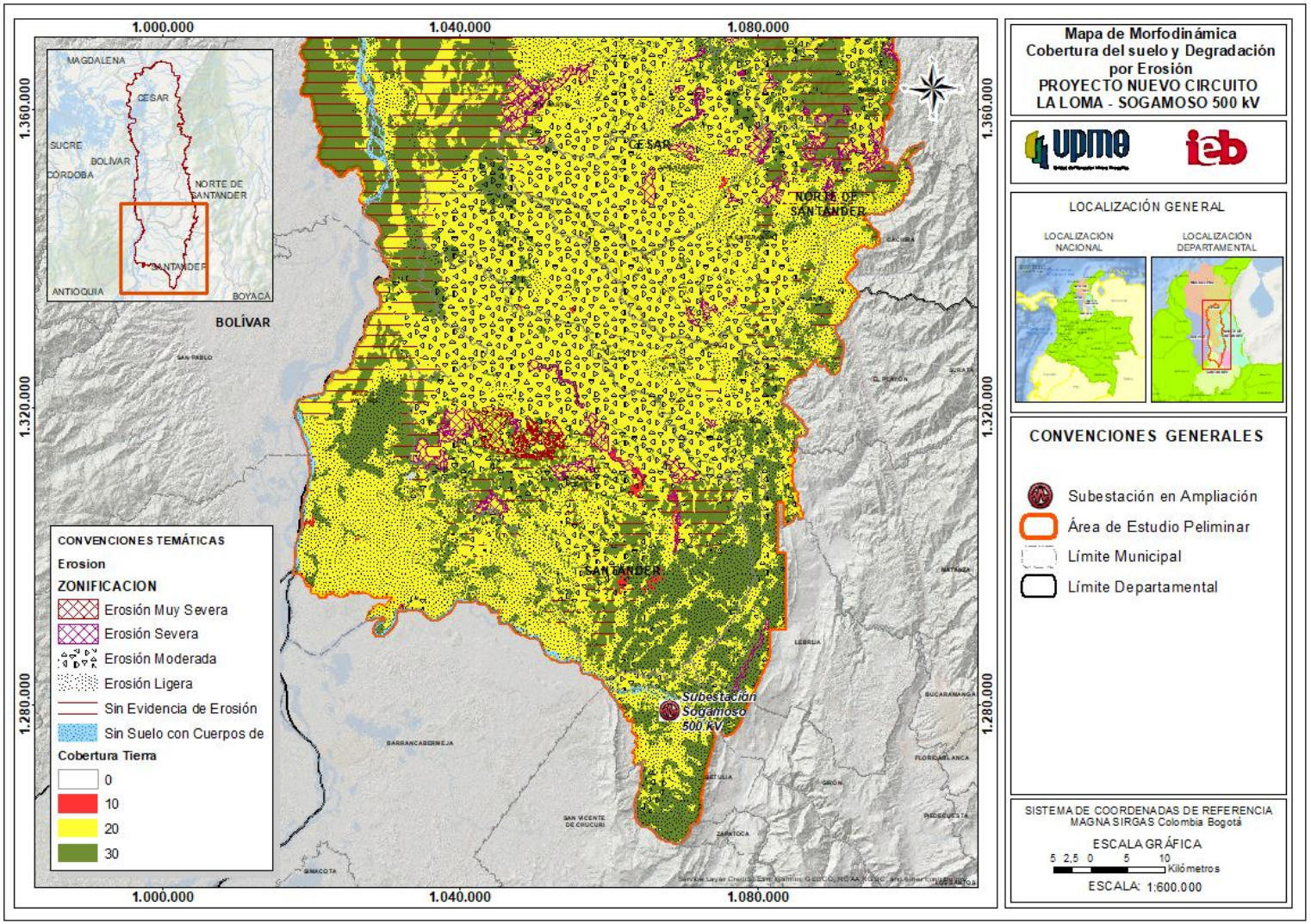
Fuente: Elaborado a partir de (IDEAM, 2010c) y (IDEAM et al., 2017)

Figura 4.18 Coberturas y degradación por erosión en el área de estudio preliminar



Fuente: Elaborado a partir de (IDEAM, 2010c) y (IDEAM et al., 2017)

Figura 4.19 Coberturas y degradación por erosión en el área de estudio preliminar



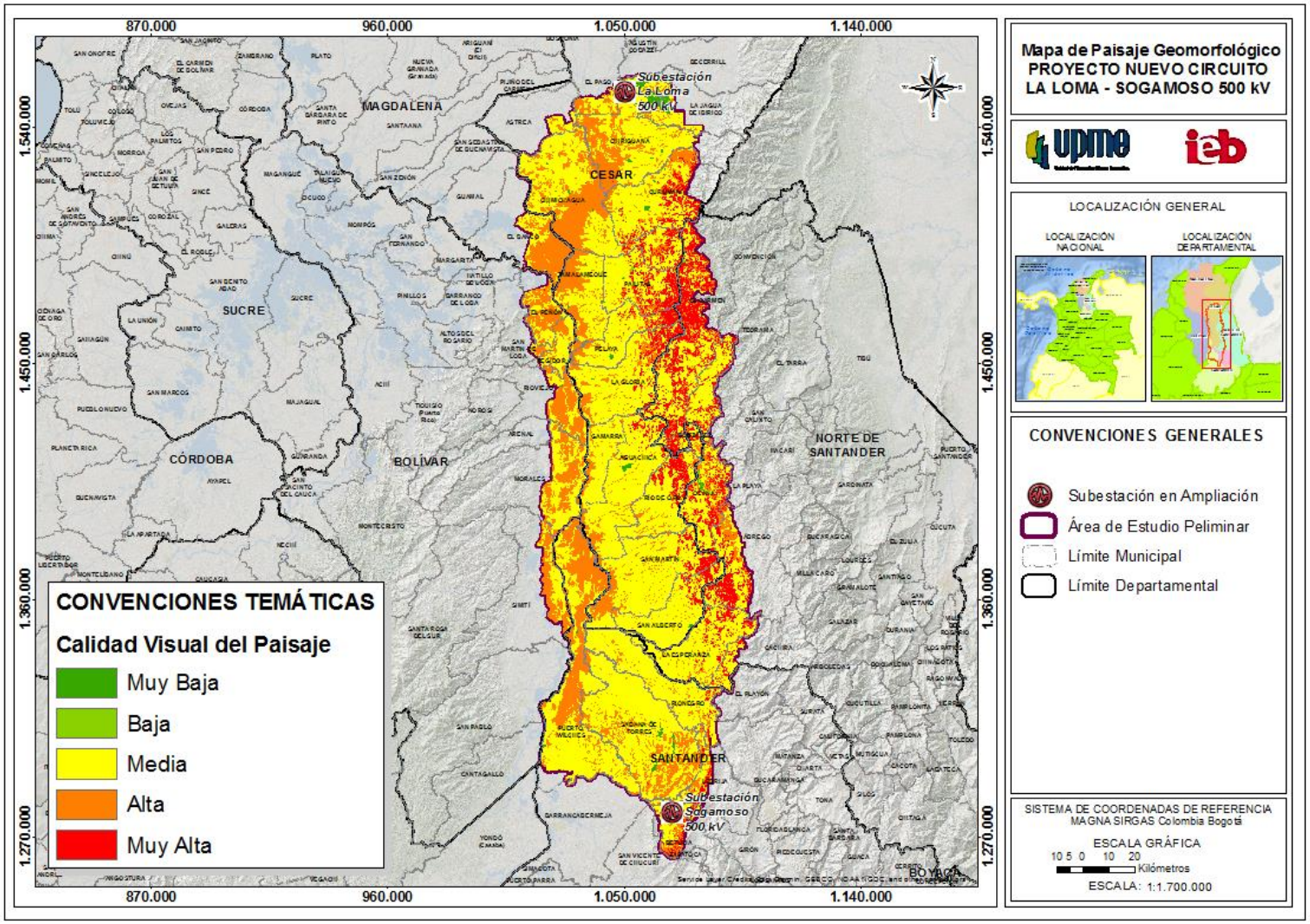
Fuente: Elaborado a partir de (IDEAM, 2010c) y (IDEAM et al., 2017)

4.1.2.4 Paisaje geomorfológico

El paisaje geomorfológico, entendido como la combinación de elementos observados en la superficie de un terreno, se caracterizó con base en la calidad visual del paisaje (CVP), definida como "el grado de excelencia de éste, su mérito para no ser alterado o destruido o, de otra manera, su mérito para que su esencia y su estructura actual se conserve" (como se cita en Montoya Ayala, Padilla Ramírez, & Camargo, 2010). La CVP en el área de estudio preliminar se evaluó considerando la pendiente y la cobertura del terreno, los valores y clasificación asignados a cada tipo de pendiente y unidad de cobertura de la tierra, se presentan en el apartado metodológico del componente físico; no obstante de forma general se establece que la CVP con una calidad más alta esta asociada a zonas con mayor pendiente o con coberturas naturales mejor conservadas como bosques, áreas húmedas y superficies de agua. De esta manera, se obtuvo el resultado ilustrado en la **Figura 4.20.**

En el área de estudio predminar la CVP media, corresponde al resultado de encontrar una zona principalmente de uso agrícola, en áreas relativamente planas y/o onduladas, esta categoría ocupa el 63,4% del área evaluada; en segundo lugar se destaca la CVP Alta con un 26,4%, en esta categoría encontramos coberturas vegetales de origen natural sobre zonas de media ladera, y zonas de cuerpos de agua sobre áreas planas y/o onduladas en torno al valle inundable del río Magdalena, para las áreas con una CVP Muy Alta, se conjugan las máximas pendientes con coberturas naturales bien conservadas ocupando el 9,1% del área de estudio.

Figura 4.20 Calidad Visual del Paisaje del área de estudio preliminar



Fuente: Consultor, 2018

4.1.2.5 Degradación por Erosión

La erosión puede definirse como el desgaste de la superficie terrestre por la acción de agentes erosivos como el agua, el viento, el hielo o la gravedad sobre los materiales geológicos. Este proceso implica una degradación progresiva de las condiciones naturales del suelo, sin embargo, su severidad y su velocidad varían de acuerdo a las características del terreno y a la dinámica hidrológica de la región que se considere. La **Figura 4.21** muestra el mapa de degradación de suelos por erosión realizado por el IDEAM (2010).

En la **Figura 4.21** se observa como el valle del río Magdalena y los complejos de ciénagas desarrollados en sus llanuras de inundación, al igual que algunos lugares sobre la cordillera oriental, no presentan evidencias de erosión (28,1%), en el primer caso derivado del efecto de acumulación de sedimentos; y en el segundo por la prescencia de coberturas boscosas que protegen el suelo de los agentes erosivos.

Sin embargo, en el área de estudio predomina un grado de erosión ligera a moderada (65,3%); en la zona cordillerana es fruto de la existencia de zonas de mayor pendiente y coberturas agrícolas que le confieren una mayor susceptibilidad a la erosión, en las zonas de piedemonte y sabana, el grado de sensibilidad esta dado por las características del suelo, el cual está compuesto por depósitos aluviales y coluviales, materiales con un nivel muy bajo de consolidación que los hace especialmente sensibles a la erosión.

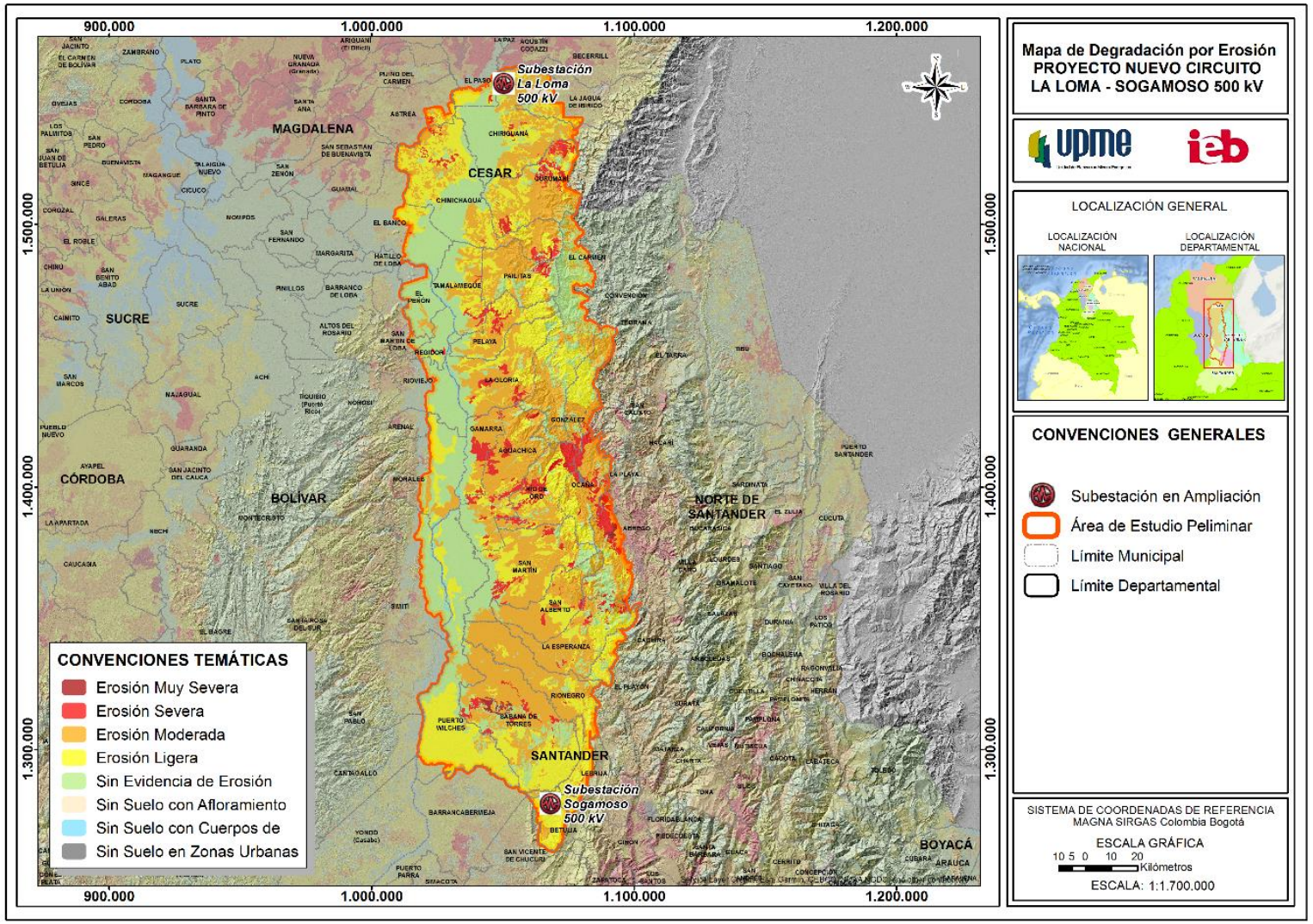
A continuación, la **Tabla 4.5** muestra el porcentaje del área de estudio que cubre cada grado de erosión:

Tabla 4.5 Área cubierta por grados de erosión en el área de estudio preliminar

GRADO DE EROSIÓN	ÁREA CUBIERTA (Ha)	PORCENTAJE DE ÁREA CUBIERTA
Sin Evidencia de Erosión	500497,7	28,1
Erosión Ligera	486341,1	27,3
Erosión Moderada	676152,1	38,0
Erosión Severa	94391,2	5,3
Erosión Muy Severa	4234,7	0,2
Sin Suelo con Afloramiento Rocoso	18490,8	1,0
TOTAL	**1780107,6**	**100,0**

Fuente: Consultor, 2018

Figura 4.21 Degradación por erosión del área de estudio preliminar



Fuente: Elaborado a partir de (IDEAM, 2010c)

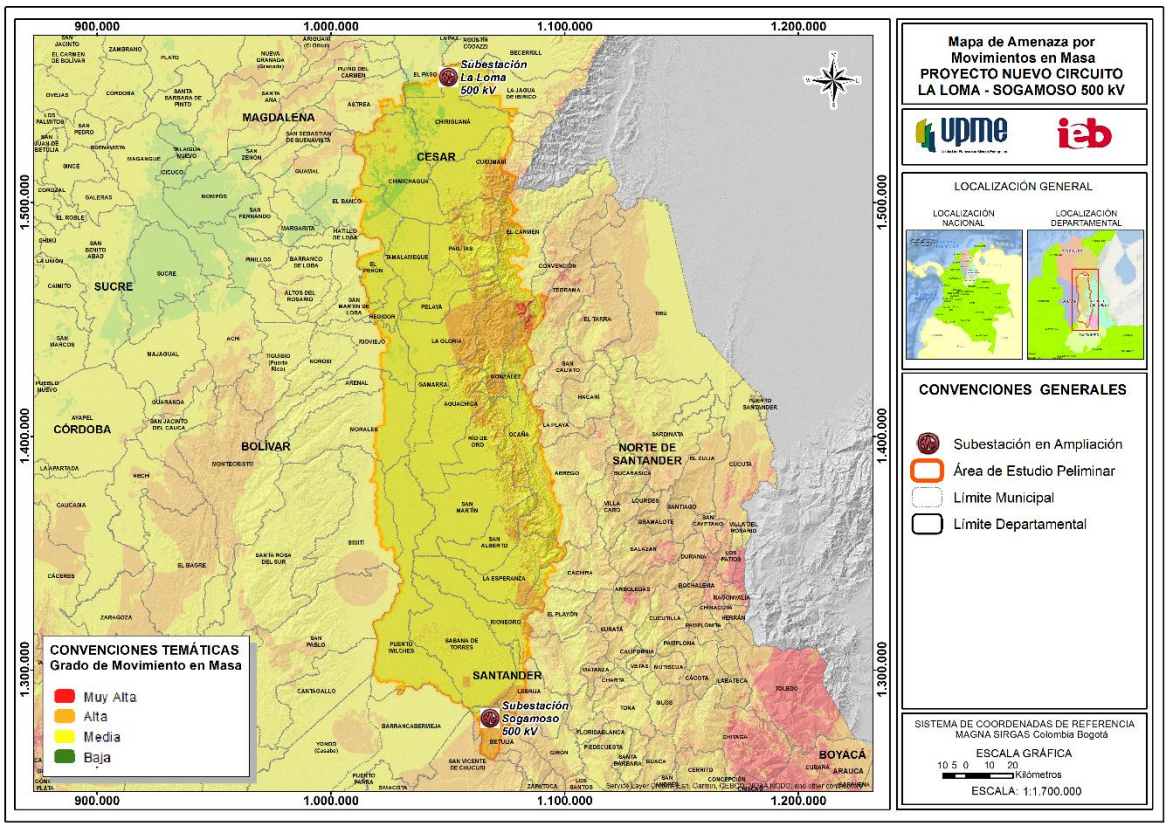
4.1.2.6 Remoción en masa

La caracterización de esta variable se realizó a partir del mapa nacional de amenaza por movimientos en masa a escala 1:100.000 publicado por el Servicio Geológico Colombiano en el año 2015. Como se observa en la **Figura 4.22**, el área de estudio preliminar presenta un grado de amenaza por movimientos en masa media.

El 80,5% del área de estudio preliminar está clasificada dentro de la categoría de amenaza media; esta categoría de amenaza se extiende desde las zonas de baja pendiente y terrenos ondulados del valle del magdalena, pasando por el pidemonte y llegando a las zonas de ladera de la cordillera oriental con pendientes pronunciadas. En segundo lugar, se encuentra la categoría de amenaza alta, la cual cobija el 14,8% del área de estudio preliminar, este grado de amenaza afecta exclusivamente la zona de cordillera, donde se aprecia un grado de pendiente mayor en combinación con la presencia de fallas geológicas que afectan la estabilidad del terreno.

Por su parte los grados de amenaza baja y muy alta ocupan el 4,6% y 0,2% del área de estudio preliminar respectivamente.

Figura 4.22 Amenaza por remoción en masa del área de estudio preliminar



Fuente: Elaborado a partir de (Servicio Geológico Colombiano, 2015k)

4.1.3 SUELOS

Los estudios de suelos adelantados por el Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC) evalúan variables que permiten determinar las condiciones de los suelos. Los aspectos que se tienen en cuenta son los siguientes: relieve, pendiente, drenaje natural, encharcamientos o inundabilidad, permeabilidad de los suelos, discontinuidad, retención de humedad, pedregosidad, erosión, textura, profundidad efectiva y nivel de fertilidad.

El estudio de suelos sirve como insumo principal para la elaboración de las variables que se caracterizan a continuación.

4.1.3.1 Uso potencial del Suelo

El Uso potencial del Suelo es el resultado de la evaluación de características biofísicas que influyen en el desempeño de los usos. El Mapa de Clasificación de las Tierras por su Vocación de Uso (Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC), 2013) evalúa variables climáticas, geomorfológicas y de suelos para determinar el uso más apropiado.

La vocación de uso tomada de la capa elaborada por el IGAC, muestra para el área de estudio diferentes vocaciones de uso como se muestra en la **Figura 4.23.**

Dentro del área de estudio preliminar, la vocación de uso predominante corresponde a la vocación forestal (35,10%) a la cual se asocia el uso forestal para la protección y para la producción en el clima cálido; esta vocación de uso se encuentra representada en todo el costado oriental del área de estudio preliminar, donde se encuentra la Reserva Forestal de Ley 2° "Río Magdalena".

La segunda categoría de vocación de uso que se encuentra en el área de estudio corresponde a la agrícola (32,81%), asociada principalmente al uso principal de cultivos transitorios intensivos de clima medio. Esta vocación de uso se encuentra representada en toda la zona central del área de estudio preliminar en sentido norte – sur.

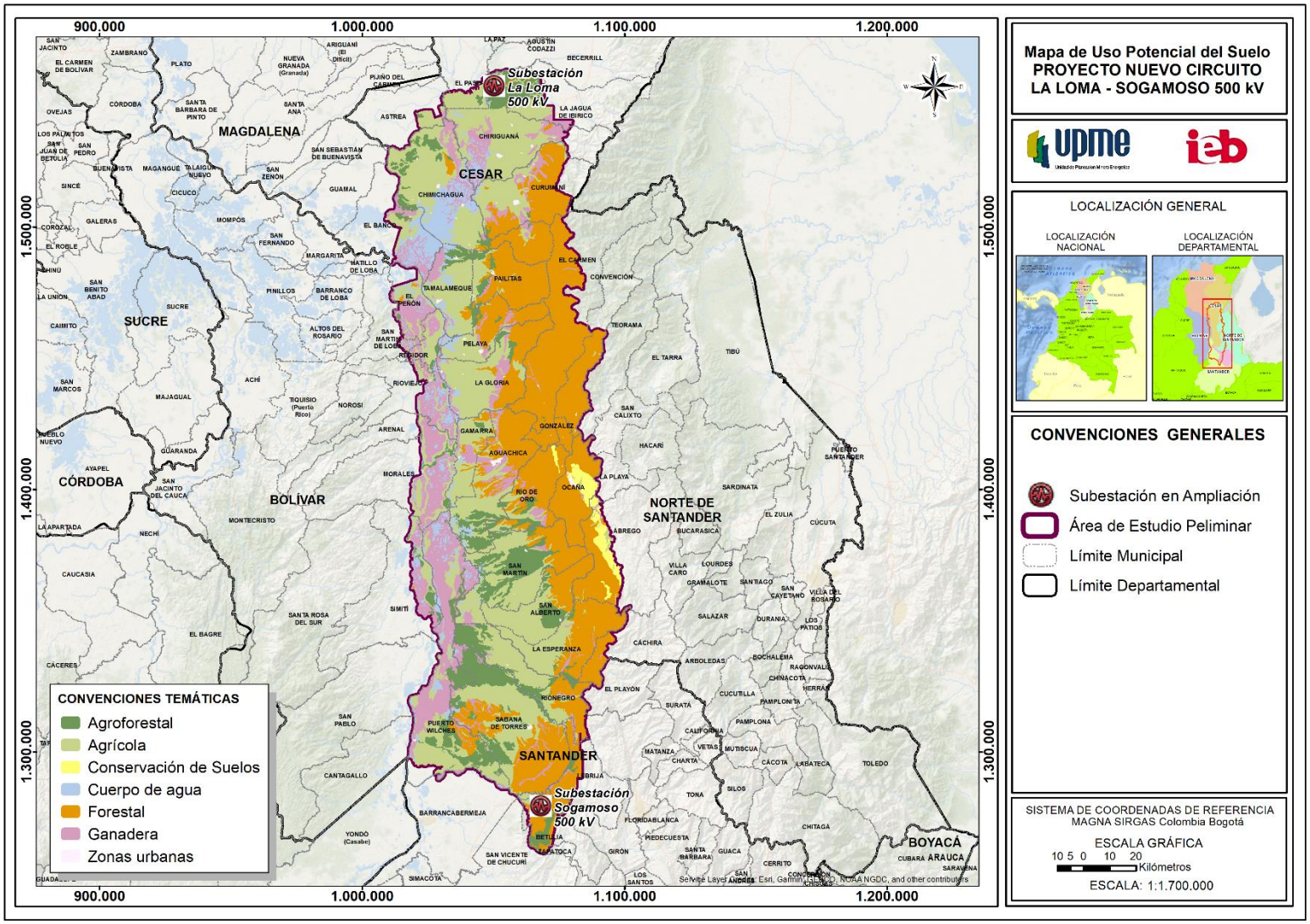
La **Tabla 4.6** detalla la vocación de uso del suelo presente en el área de estudio preliminar, con su uso principal propuesto:

Tabla 4.6 Uso potencial del suelo para el área de estudio preliminar

VOCACIÓN	USO PRINCIPAL
Agrícola	Cultivos permanentes intensivos de clima cálido
	Cultivos permanentes intensivos de clima medio
	Cultivos permanentes semi intensivos de clima cálido
	Cultivos permanentes semi intensivos de clima frío
	Cultivos transitorios intensivos de clima cálido
	Cultivos transitorios semi intensivos de clima cálido
Agroforestal	Agrosilvícola con cultivos permanentes
	Agrosilvícola con cultivos transitorios
	Agrosilvopastoril con cultivos permanentes
	Silvopastoril
Conservación de Suelos	Conservación de Recursos Hidrobiológicos
	Conservación y Recuperación Erosión
Cuerpo de agua	Cuerpo de agua
Forestal	Forestal de producción de clima cálido
	Forestal de protección
Ganadera	Pastoreo extensivo de clima cálido
	Pastoreo extensivo de clima medio
	Pastoreo semi intensivo de clima cálido
Zonas urbanas	Zonas urbanas

Fuente: Consultor 2018; (Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC), 2013)

Figura 4.23 Uso potencial del suelo para el área de estudio preliminar



Fuente: (Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC), 2013)

4.1.3.2 Clasificación Agrológica

La clasificación agrológica descrita en la metodología de alertas tempranas (**Anexo 1. Metodología**) representa la aptitud del suelo para el uso y el manejo. Con el aumento de la categoría disminuye la aptitud del suelo; en este sentido los suelos de la Clase 1 tienen ninguna o muy poca limitación para la explotación intensiva, estas limitaciones se van acentuando hasta llegar a la Clase VIII en la cual las áreas son totalmente nulas para adelantar cualquier explotación agropecuaria (Agraria, 1995).

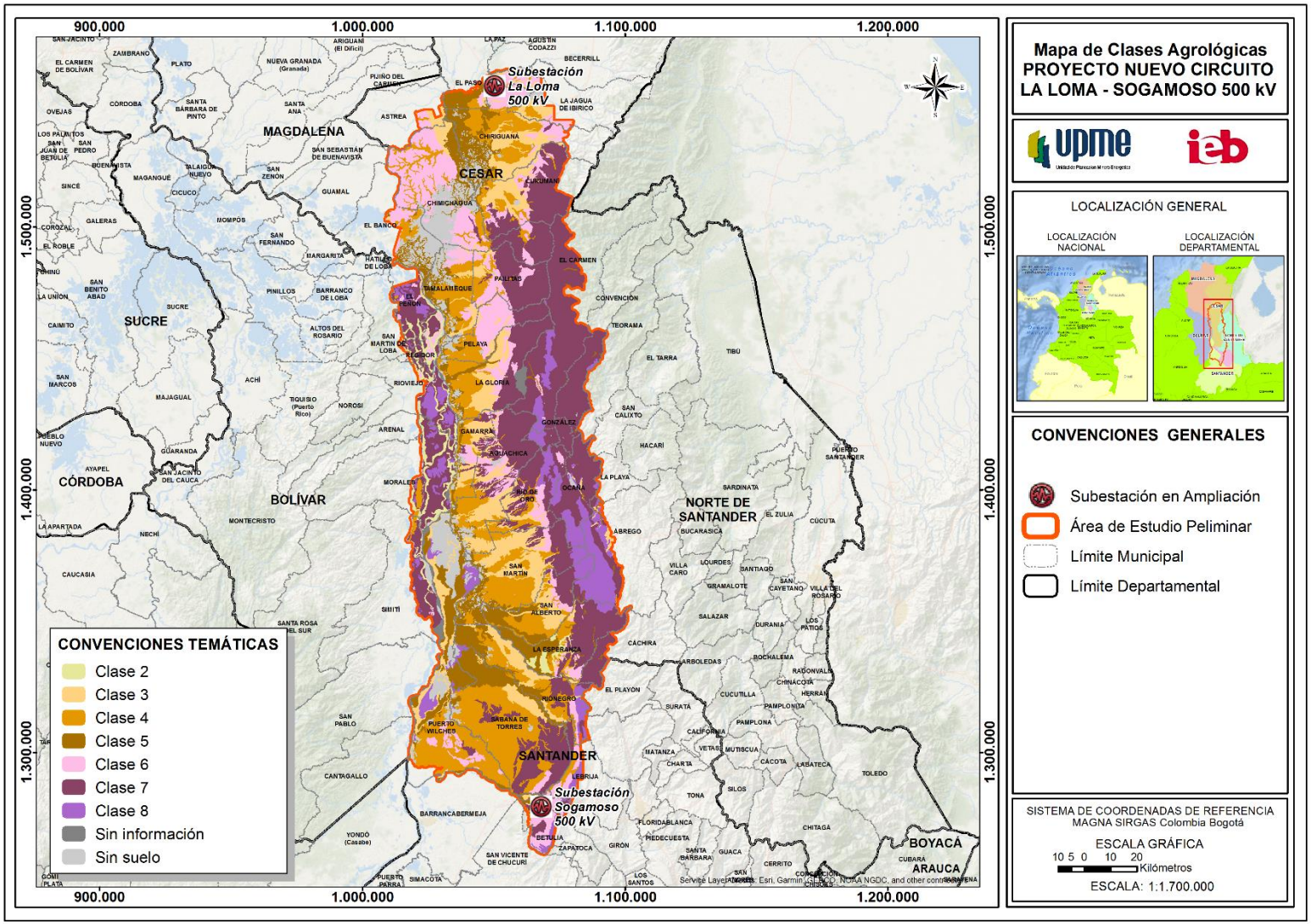
La información tomada de los Mapas de Capacidad de Uso de las Tierras de los Departamentos de Bolívar, Magdalena, Cesar, Santander y Norte de Santander (Instituto Geográfico Agustín Codazzi-IGAC, 1997, 2002, 2006, 2009a, 2013a) muestra la predominancia (37,64%) de la clase agrológica VII en el área de estudio preliminar (**Figura 4.24**).

Dentro del área de estudio se presentan siete (7) de las 8 clases agrológicas, además de las Zonas urbanas (ZU) y cuerpos de Agua (CA) que se agrupan en la clasificación "Sin suelo" y áreas que no contienen ningún tipo de información debido a los errores topológicos y a la escala de elaboración de la información de entrada. La clase agrológica predominante (Clase VII) se presenta en el 31,14% del área de estudio preliminar en todos los municipios ubicados al oriente del área y en menor medida al occidente del área de estudio, en los municipios de los departamentos de Bolívar y Santander; aledaños al valle del Río Magdalena. Estas áreas presentan amplios periodos de inundabilidad y encharcamiento al año.

Las mejores condiciones del suelo que se presentan en el área estudio se encuentran dentro de los municipios de Tamalameque, Peñón, Regidor, Rioviejo, Morales, Simití y La Esperanza, asociadas a la clase agrológica II. Estos suelos presentan una fertilidad alta y requieren prácticas de manejo fáciles de aplicar; ocupan el 1,88% del área de estudio. Las clases III IV, V y VI, que corresponden a clases con limitaciones severas y que requieren prácticas de manejo rigurosas, se ubican en la zona central del área de estudio, ocupando toda el área en sentido norte – sur. Estas categorías cubren el 52,87% del área de estudio preliminar, respectivamente.

La Clase agrológica VIII ocupa el 6,53% del área de estudio preliminar y se presenta en los municipios de El Peñón, Regidor, San Martín de Loba, Rioviejo, Morales, Simití, Puerto Wilches, Sabana de Torres, Betulia, Girón, Lebrija, Rionegro, Abrego, Ocaña, Río de Oro, El Carmen y Convención. La aptitud de los suelos bajo esta categoría está dirigida a la conservación de la cuenca hidrográfica y de la vida silvestre.

Figura 4.24 Clases agrológicas para el área de estudio preliminar



Fuente: Consultor 2018; (Instituto Geográfico Agustín Codazzi-IGAC, 1997, 2002, 2006, 2009a, 2013a)

4.1.3.3 Uso actual del Suelo

Como resultado de la reclasificación de las unidades de cobertura de la tierra contenidas en el mapa de Ecosistemas Continentales, Costeros y Marinos de Colombia 2017. Versión 2.1. Escala 1:100.000 (IDEAM et al., 2017), se pueden identificar dentro del área de estudio preliminar cinco (5) categorías de uso actual que se ilustran en la **Figura 4.25.** La **Tabla 4.7** muestra la re categorización de las unidades de cobertura en usos actuales del suelo.

Tabla 4.7 Uso actual del suelo para el área de estudio preliminar

USO ACTUAL	COBERTURA ASOCIADA	ÁREA (%)
Agricultura	Arroz	19,63%
	Café	
	Cultivos permanentes	
	Cultivos transitorios	
	Mosaico de cultivos con espacios naturales	
	Mosaico de cultivos y espacios naturales	
	Mosaico de cultivos y pastos	
	Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales	
	Mosaico de pastos con espacios naturales	
	Mosaico de pastos y espacios naturales	
	Palma de aceite	
Conservación	Arbustal abierto	23,37%
	Arbustal denso	
	Áreas abiertas sin vegetación	
	Bosque abierto alto	
	Bosque abierto bajo	
	Bosque de galería y ripario	
	Bosque denso alto	
	Bosque denso bajo	
	Bosque fragmentado con pastos y cultivos	
	Bosque fragmentado con vegetación secundaria	
	Herbazal abierto	
	Herbazal denso	
	Vegetación secundaria	
	Zonas arenosas naturales	
Forestal	Plantación forestal	0,04%
Ganadería	Pastos	43,95%
Otros usos	Laguna	13,02%
	Nubes	
	Rio	
	Territorio artificializado	

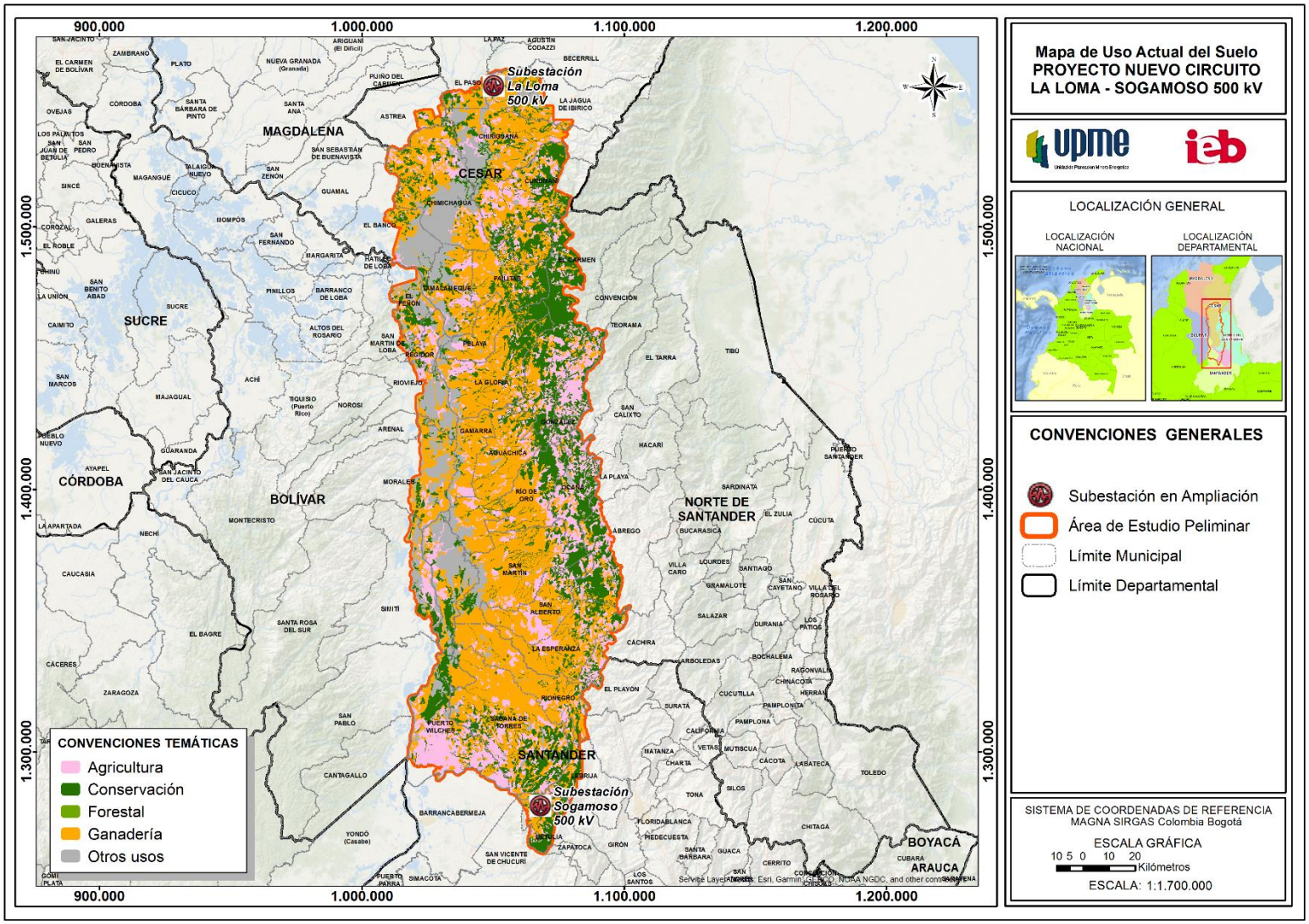
USO ACTUAL	COBERTURA ASOCIADA	ÁREA (%)
	Vegetación acuática sobre cuerpos de agua	
	Zonas pantanosas	

Fuente: Consultor 2018; (IDEAM et al., 2017)

El uso actual predominante dentro de todos los municipios que conforman el área de estudio preliminar corresponde al uso ganadero (43,95%) asociado a las coberturas de pastos, la segunda categoría de uso actual corresponde a la conservación (23,37%) asociado a las coberturas vegetales de origen natural, en la categoría 3 de la leyenda Corine Land Cover adaptada para Colombia (Instituto de Hidrología Metereología y Estudios Ambientales, 2010e).

El uso agrícola, que representa el 19,63% del área total se da en todos los municipios del área de estudio preliminar y con mayor intensidad en el municipio de Puerto Wilches, Santander. A este uso se asocian diferentes coberturas entre las que se encuentran los cultivos de palma de aceite, arroz y café.

Figura 4.25 Uso actual del suelo para el área de estudio preliminar



Fuente: Consultor 2018; (IDEAM et al., 2017)

4.1.3.4 Oferta ambiental

Como resultado del análisis de los estudios de suelo de cada departamento, el IGAC elaboró el mapa de Oferta Ambiental (Instituto Geográfico Agustín Codazzi-IGAC, 2013b) del cual se obtienen las unidades de vocación que corresponden a dicha oferta (**Figura 4.26**).

La unidad que mayor área ocupa (62,70%) dentro del polígono analizado y que se ve representada en todos los municipios del área de estudio preliminar es la que corresponde a las Áreas Para Producción. Las áreas bajo la categoría de Protección Legal ocupan el 4,73% del área total y se presentan principalmente en los municipios La Gloria, Gamarra, Aguachica, Ocaña, Betulia y Ábrego y se asocian a los retiros de cuerpos de agua.

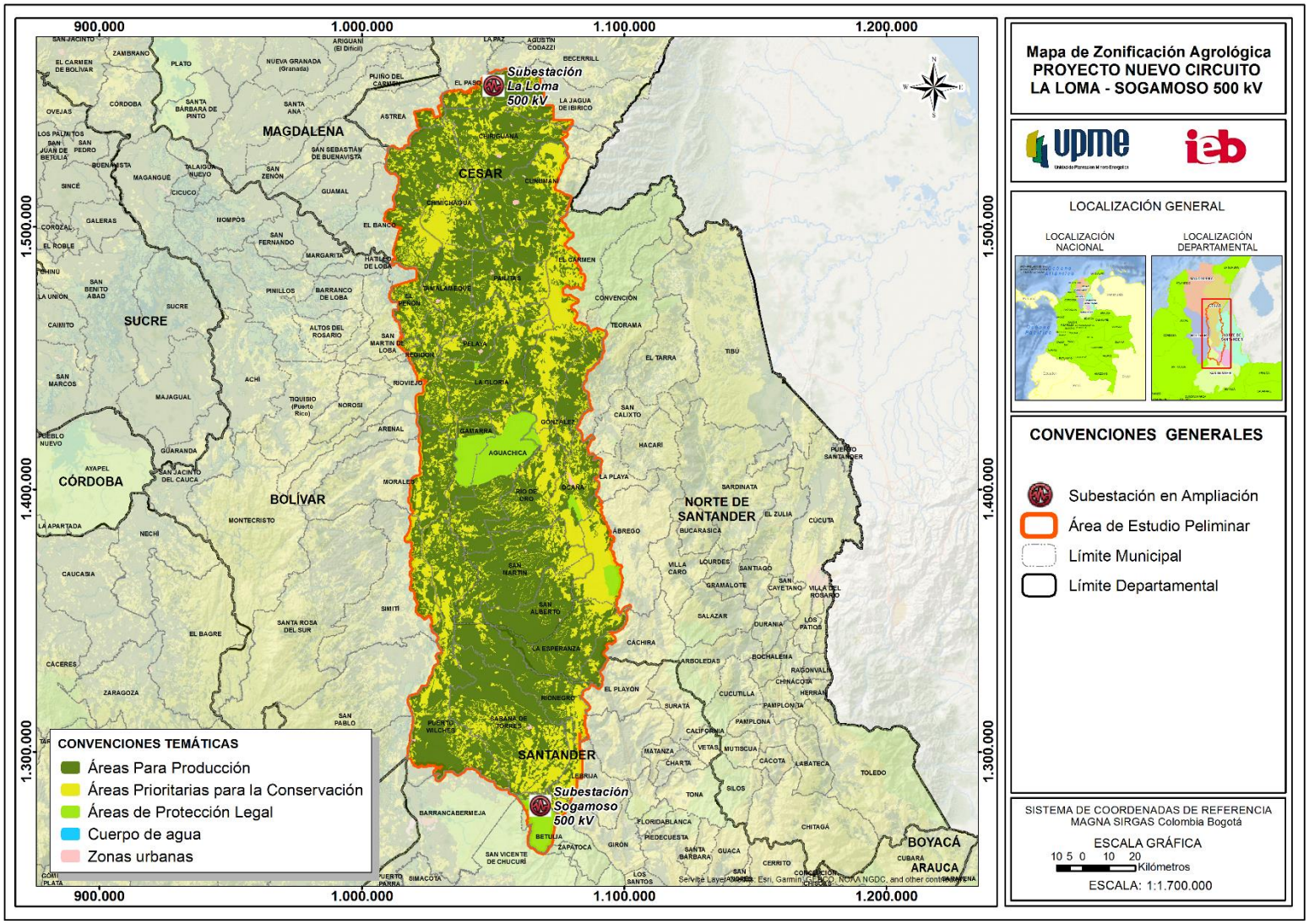
Las áreas prioritarias para la conservación ocupan el 32,31% del área de estudio y se presentan en todos los municipios del área de estudio del proyecto a excepción del municipio de Betulia. La **Tabla 4.8** relaciona la oferta ambiental y el área dentro del polígono de estudio preliminar.

Tabla 4.8 Oferta ambiental del área de estudio preliminar

OFERTA AMBIENTAL	ÁREA (ha)	ÁREA (%)
Áreas de Protección Legal	84.192,6575	4,73%
Áreas Para Producción	1.116.148,93	62,70%
Áreas Prioritarias para la Conservación	575.210,155	32,31%
Cuerpo de agua	0,000009	0,00%
Zonas urbanas	4.555,88764	0,26%

Fuente: Consultor 2018; (Instituto Geográfico Agustín Codazzi-IGAC, 2013b)

Figura 4.26 Oferta ambiental del área de estudio preliminar



Fuente: Consultor 2018; (Instituto Geográfico Agustín Codazzi-IGAC, 2013b)

4.1.3.5 Zonificación de tierras para el cultivo comercial de especies de interés

La zonificación de tierras para el cultivo comercial de especies es el resultado de la aplicación de la metodología desarrollada por la Unidad de Planificación Rural Agropecuaria (UPRA, 2013) en la que se evalúan criterios de tipo biofísico, sociales, económicos y ambientales.

La metodología de evaluación de tierras se orienta a identificar y delimitar las áreas con aptitud para el desarrollo de aquellos cultivos comerciales identificados como prioritarios, teniendo en cuenta lo establecido en el Plan Nacional de Desarrollo 2010-2014 (Departamento Nacional de Planeación - DNP, 2010). Dicha zonificación se desarrolla a partir de aspectos técnicos, ambientales y competitivos, y contribuye a la formulación de políticas, así como al direccionamiento de recursos para el desarrollo de iniciativas de inversión agropecuaria con énfasis comercial. Como resultado de la metodología se obtiene un mapa de aptitud por producto/cultivo evaluado, el cual presenta tres categorías; alta, media y baja, así como zonas no aptas y con exclusión legal. A continuación, se describen cada una de las categorías de clasificación de zonificación de tierras de UPRA.

- **Aptitud Alta:** Corresponde a las zonas con mejores condiciones desde el punto de vista físico, socioecosistémico y socioeconómico.

- **Aptitud Media:** Zonas con limitaciones moderadas de tipo físico, socioecosistémico y/o socioeconómico.

- **Aptitud Baja:** Zonas con fuertes limitaciones de tipo físico, socioecosistémico y/o socioeconómico, las cuales podrían adecuarse con grandes inversiones y/o el desarrollo de nuevas tecnologías.

- **No Apta:** Zonas con restricciones físicas y socioecosistémicas que imposibilitan el desarrollo de la actividad.

- **Exclusión Legal:** Zonas en las cuales, por mandato legal, no se permite el desarrollo del cultivo comercial del producto evaluado.

La **Tabla 4.9** muestra cada uno de los productos evaluados y el área que ocupa cada una de las categorías de clasificación dentro del área de estudio preliminar. Es importante resaltar que, los resultados obtenidos para los 22 productos (respectivas salidas cartográficas), se muestran en el **Anexo 6**. **Socioeconómico.**

Tabla 4.9 Aptitud para el cultivo comercial de especies de interés

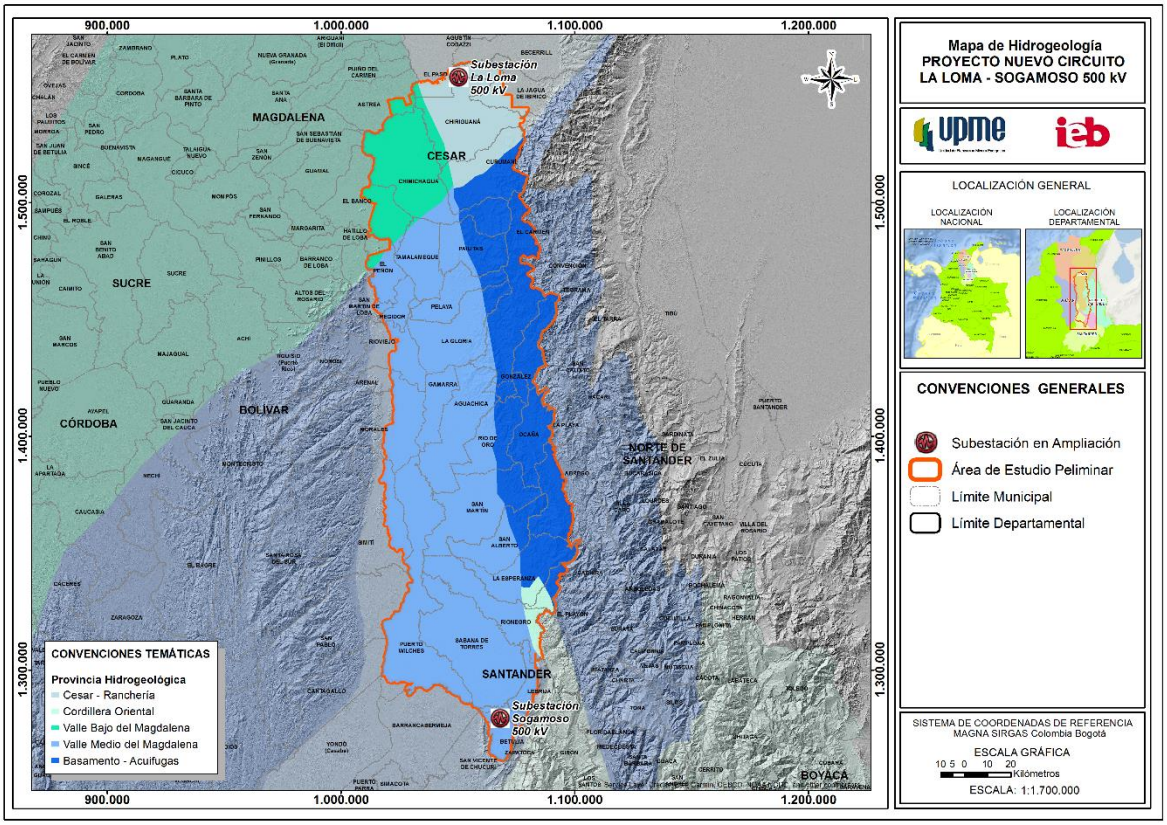
PRODUCTO	APTITUD ALTA (%)	APTITUD BAJA (%)	APTITUD MEDIA (%)	EXCLUSIÓN LEGAL (%)	NO APTA (%)
Aguacate hass	0,008%	0,204%	0,234%	91,609%	7,945%
Ají tabasco	12,525%	7,855%	11,818%	0,999%	66,803%
Cacao	10,534%	8,181%	15,690%	0,999%	64,596%
Caucho	9,881%	6,916%	17,526%	0,999%	64,677%
Cebolla bulbo semestre 1	4,856%	15,077%	17,905%	0,999%	61,162%
Cebolla bulbo semestre 2	1,497%	20,447%	15,527%	0,999%	61,530%
Fresa	0,161%	0,152%	0,265%	0,999%	98,422%
Maíz semestre 1	11,254%	6,571%	16,204%	0,999%	64,971%
Maíz semestre 2	7,085%	9,715%	17,250%	0,999%	64,951%
Mango	5,394%	6,543%	16,632%	0,999%	70,431%
Palma de aceite	21,239%	1,734%	16,384%	7,945%	52,697%
Papa semestre 1	0,000%	0,105%	0,003%	0,999%	98,893%
Papa semestre 2	0,000%	0,105%	0,003%	0,999%	98,893%
Papaya	5,626%	6,262%	14,719%	0,999%	72,394%
Pimentón	6,873%	10,017%	15,289%	0,999%	66,821%
Piña	7,262%	6,598%	14,634%	0,999%	70,507%
Plantaciones forestales	20,467%	12,910%	10,200%	0,000%	56,423%
Cachama	25,369%	8,062%	20,571%	5,982%	40,016%
Bocachico	17,899%	11,261%	24,855%	5,982%	40,002%
Tilapia	10,984%	16,700%	27,313%	5,982%	39,021%
Trucha	0,001%	0,077%	0,034%	5,982%	93,906%
Granjas avícolas	22,541%	6,146%	37,211%	1,955%	32,146%

Fuente: Consultor 2018, (UPRA, 2018b)

4.1.4 HIDROGEOLOGÍA

Para la caracterización de esta variable se tuvieron en cuenta las provincias hidrogeológicas definidas por el IDEAM en su Estudio Nacional del Agua del año 2010. Según los resultados de esta investigación, el área de estudio se localiza sobre cuatro provincias geológicas con un gran potencial, como se observa en la **Figura 4.27**.

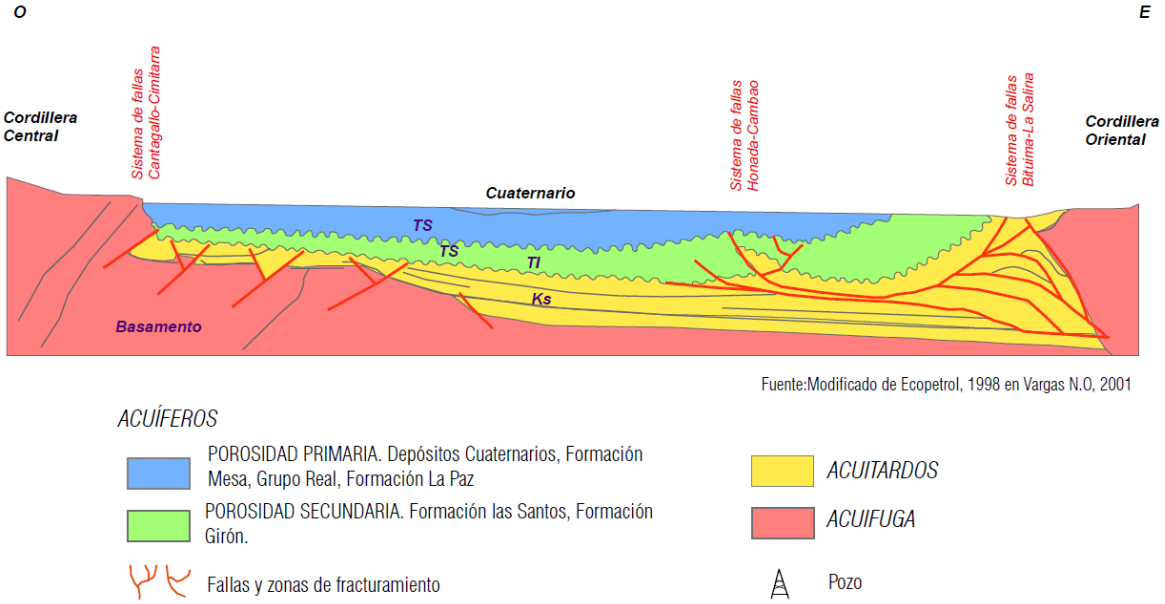
Figura 4.27 Hidrogeología del área de estudio preliminar



Fuente: Elaborado a partir de (IDEAM, 2010a)

La provincia hidrogeológica con mayor presencia en el área de estudio es la del Valle Medio del Magdalena, limitada al occidente por el basamento cristalino de la Cordillera Central, al norte por la Falla del Espíritu Santo, al nororiente por rocas vulcano-sedimentarias del Jurásico y por el Sistema de Fallas Santa Marta - Bucaramanga, y al sur, por el Cinturón Plegado de Girardot. En esta provincia hidrogeológica, los acuíferos de porosidad primaria corresponden a las secuencias sedimentarias de edad Terciaria, como la Formación La Lisama, el Grupo Chorro, el Grupo Chuspas, la Formación Real y la Formación Mesa. Los acuíferos de porosidad secundaria corresponden a las secuencias sedimentarias de edad Cretácica presentes en el Valle Medio del Magdalena (IDEAM, 2010a). En la **Figura 4.28** se muestra el modelo hidrogeológico de esta provincia.

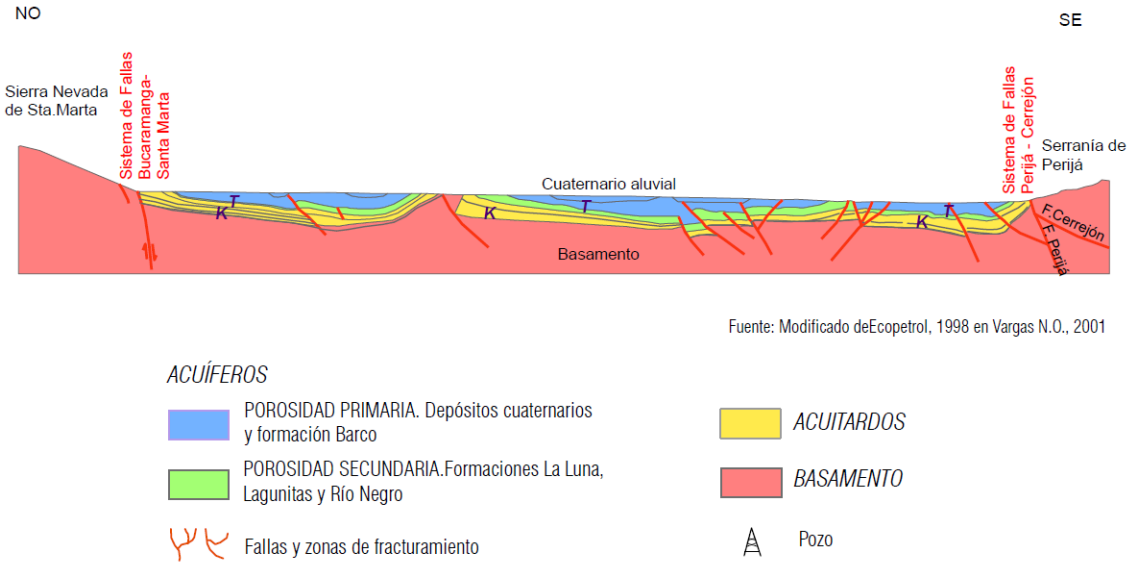
Figura 4.28 Modelo hidrogeológico básico de la provincia Valle Medio del Magdalena



Fuente: (IDEAM, 2010a)

La provincia hidrogeológica Cesar Ranchería está formada por una sucesión de areniscas, lutitas y calizas Paleozoicas depositadas sobre un basamento metamórfico, y las secuencias Cretácicas y Terciarias que suprayacen estas rocas. Las Formaciones Cuesta, Barco, Delicias, Aguas Blancas y Río Negro constituyen los acuíferos de porosidad primaria en la provincia, mientras las formaciones La Luna, Aguas Blancas, Lagunitas y el Grupo Cachirí representan los principales acuíferos con porosidad secundaria (IDEAM, 2010a). En la **Figura 4.29** se muestra el modelo hidrogeológico de esta provincia.

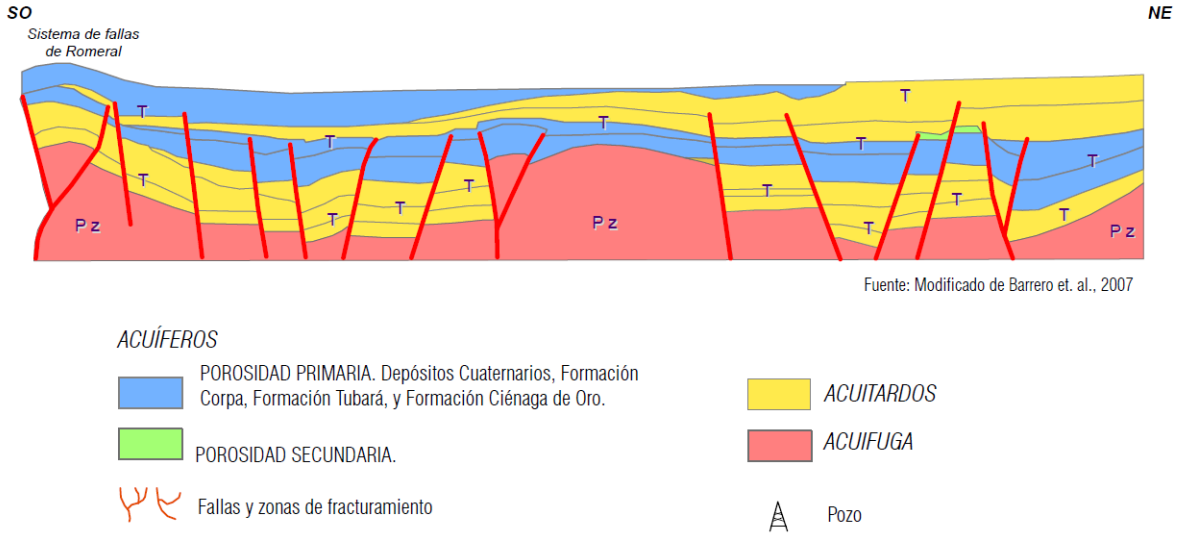
Figura 4.29 Modelo hidrogeológico básico de la provincia Cesar - Ranchería



Fuente: Elaborado a partir de (IDEAM, 2010a)

La provincia hidrogeológica Valle Inferior del Magdalena forma parte de la plataforma de la Llanura Caribe, en la que se encuentra una cobertura de sedimentos terciarios de tipo detrítico y carbonatado que alcanza espesores de hasta 7000 metros en las depresiones tectónicas, como las del Plato y Sucre. Las Formaciones Corpa, Tubará, Porquero y Ciénaga de Oro constituyen los principales acuíferos de porosidad primaria en la provincia (IDEAM, 2010a). En la **Figura 4.30** se muestra el modelo hidrogeológico de esta provincia.

Figura 4.30 Modelo hidrogeológico básico de la provincia Valle Inferior del Magdalena



Fuente: Elaborado a partir de (IDEAM, 2010a)

Por último, una mínima parte del área de estudio se localiza sobre la provincia Hidrogeológica de la Cordillera Oriental, limitada al norte por las rocas metamórficas del Macizo de Santander, al oriente por el Sistema de Fallas del Piedemonte Llanero, al sur por el Sistema de Fallas de Algeciras - Garzón y al occidente por el Sistema de Fallas Suaza, Prado - Bituima y La Salina (IDEAM, 2010a). Además, la región oriental del área de estudio está constituida por rocas cristalinas poco permeables y definidas como acuifugas, es decir, materiales que no contienen ni permiten el flujo de agua.

4.1.5 HIDROGRAFÍA

4.1.5.1 Zonificación hidrográfica

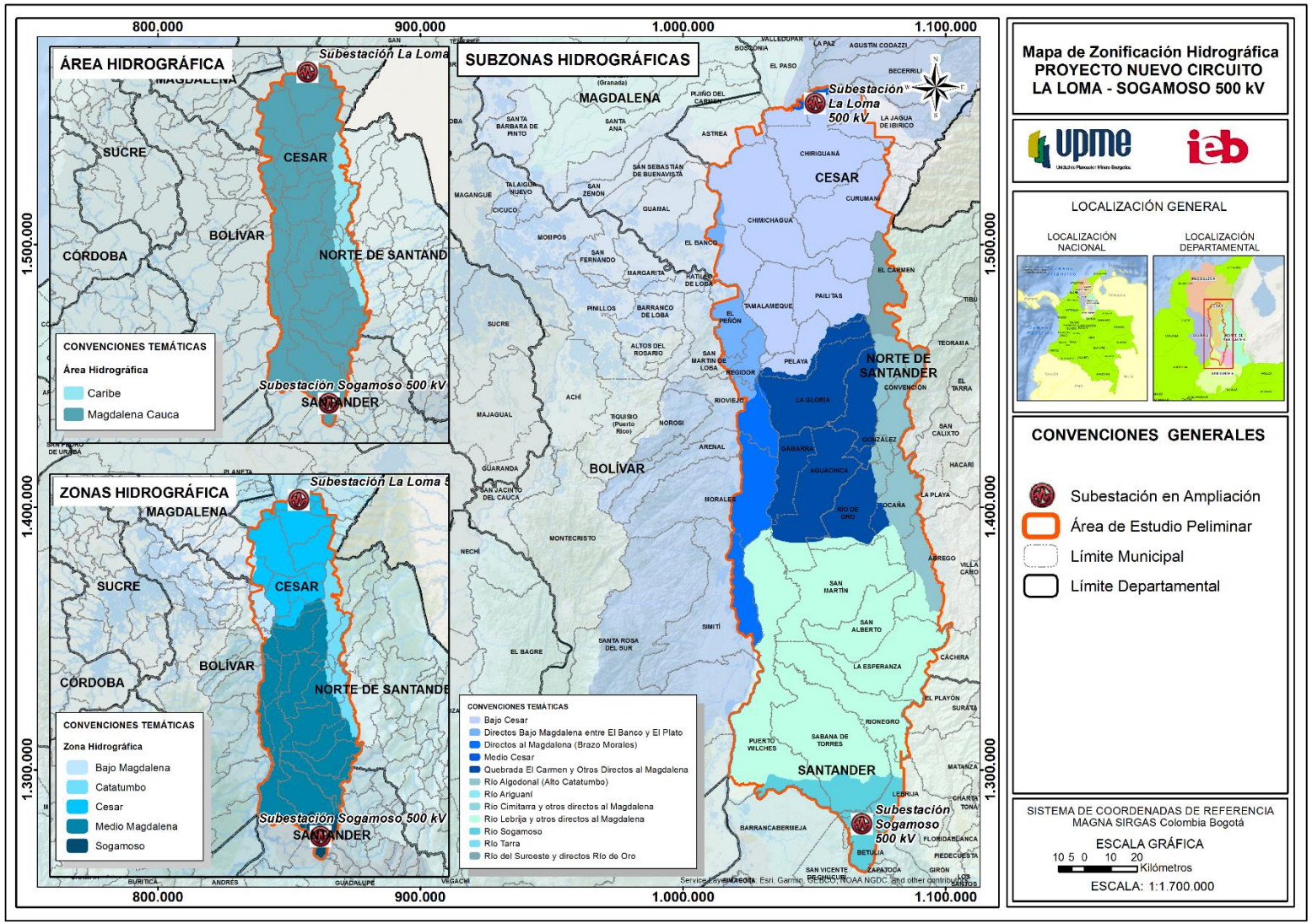
Con base en la codificación de las Unidades Hidrográficas e Hidrogeológicas de Colombia elaborado por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia (Instituto de Hidrología Metereología y Estudios Ambientales, 2013) y la capa cartográfica elaborada por la misma entidad

(Instituto de Hidrología Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM), 2013), se elaboró la zonificación hidrográfica del área de estudio.

En este sentido, el área de interés se encuentra dentro de las áreas hidrográficas Caribe (código 1) y Magdalena Cauca (código 2); en las zonas hidrográficas Catatumbo (código 16), Medio Magdalena (código 23), Sogamoso (código 24), Cesar (código 28) y bajo Magdalena (código 29). La **Figura 4.31** ilustra la zonificación hidrográfica del área de estudio a nivel de subzona hidrográfica. En la **Tabla 4.10** se presentan las áreas, zonas y subzonas hidrográficas para el área de interés.

La subzona hidrográfica Río Lebrija y otros directos al Magdalena ocupa el 33,45% del área de estudio preliminar en los municipios de san Martín, Aguachica, San Alberto, La esperanza, Cachirá, Rionegro, Sabana de Torres, Puerto Wilches, Ábrego, Río de Oro y Ocaña. La subzona hidrográfica Bajo Cesar cubre el 28,03% del área de estudio en jurisdicción de los municipios que se ubican al norte del área de estudio preliminar.

Figura 4.31 Zonificación hidrográfica para el área de estudio preliminar



Fuente: Consultor 2018; (Instituto de Hidrología Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM), 2013)

Tabla 4.10 Zonificación hidrográfica para el área de estudio

ÁREA HIDROGRÁFICA	CÓDIGO	ZONA HIDROGRÁFICA	CÓDIGO	SUBZONA HIDROGRÁFICA	CÓDIGO
Caribe	1	Catatumbo	16	Río Algodonal (Alto Catatumbo)	1605
				Río del Suroeste y directos Río de Oro	1608
				Río Tarra	1604
Magdalena Cauca	2	Bajo Magdalena	29	Directos Bajo Magdalena entre El Banco y El Plato	2907
		Cesar	28	Bajo Cesar	2805
				Medio Cesar	2802
				Río Ariguaná	2804
		Medio Magdalena	23	Directos al Magdalena (Brazo Morales)	2320
				Quebrada El Carmen y Otros Directos al Magdalena	2321
				Río Cimitarra y otros directos al Magdalena	2317
				Río Lebrija y otros directos al Magdalena	2319
		Sogamoso	24	Río Sogamoso	2405

Fuente: Consultor 2018; (Instituto de Hidrología Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM), 2013)

4.1.5.2 Ecosistemas lénticos y lóticos

Según Dinerstein (Dinerstein et al., 1995), los ecosistemas lénticos son cuerpos de agua con bajas tasas de renovación (baja velocidad de la corriente y elevado tiempo de retención), conformados por el aporte de varios afluentes; exceptuando los llamados endorreicos. Por otro lado, el mismo autor define los ecosistemas lóticos como cuerpos de agua con un flujo continuo y rápido de sus aguas debido a un gradiente altitudinal (el agua se mueve visiblemente y mínimo tiempo de retención). Los cuerpos de agua lóticos pueden ser de carácter permanente o intermitente, dependiendo de la disponibilidad de agua a nivel temporal.

Algunos ejemplos de ecosistemas lénticos son: lagos, estanques, charcas, pantanos, embalses y lagunas. Ejemplos de ecosistemas lóticos serían: ríos, quebradas, arroyos, manantiales, caños.

Para la identificación de ecosistemas lénticos y lóticos en el área de estudio, se tomó la Cartografía Básica escala 1:100.000 (Cubrimiento Nacional) del IGAC (Instituto Geográfico Agustín Codazzi-IGAC, 2017) y la capa de Ecosistemas acuáticos, costeros, marinos e insulares (EACMI), suministrada por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, de este archivo se extrajeron aquellos ecosistemas acuáticos que permanecen inundados durante la mayor parte del año, como se describió en el **Anexo 1. Metodología**.

- **Ecosistemas Lóticos**

De acuerdo con la cartografía elaborada por el IGAC (2018), en el área de estudio preliminar, se identifican 7992 drenajes. En la **Figura 4.32**, se presentan los ecosistemas lóticos para la zonificación hidrográfica desarrollada en el **numeral 4.1.5.1.**

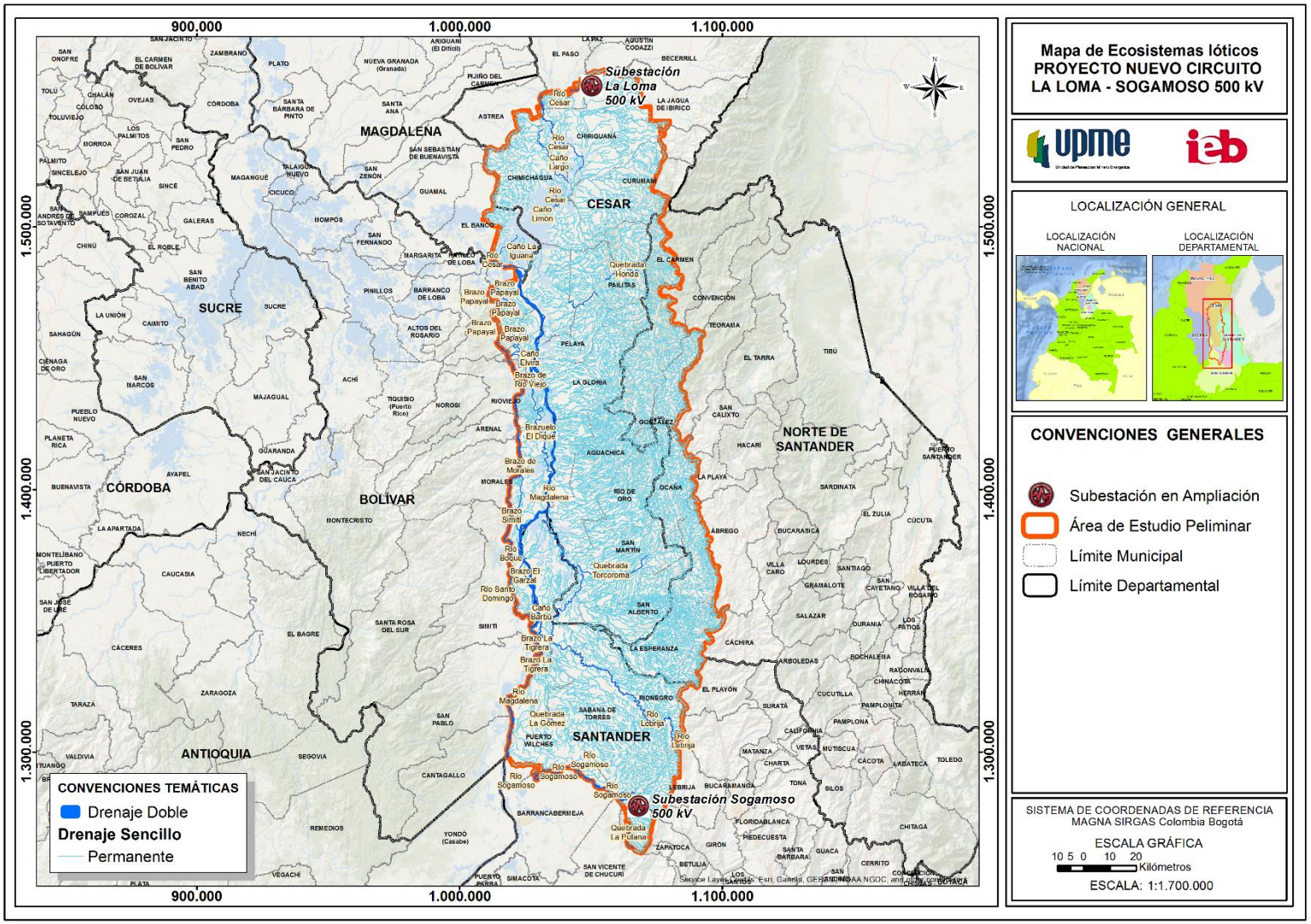
Los afluentes principales que se presentan en el área de estudio preliminar son el Río Magdalena, el río cesar, Río Sucio, El Río Sogamoso y Río Lebrija. Dentro del **Anexo 5** se presenta un documento con el listado de drenajes obtenidos a partir de la información consultada para cada una de las subzonas hidrográficas (**4.1.5_A_Ecosisitemas_Lóticos**). La **Tabla 4.11** detalla las subzonas hidrográficas para las cuales se elaboró en documento anexo.

Tabla 4.11 Descripción de anexos ecosistemas lóticos

DESCRIPCIÓN
Drenajes subzona río Algodonal
Drenajes subzona Río del suroeste y directos Río de Oro
Drenajes subzona Río Tarra
Drenajes subzona Directos Bajo Magdalena entre el Banco y El Plato
Drenajes subzona Bajo Cesar
Drenajes subzona Medio Cesar
Drenajes subzona río Ariguaná
Drenajes subzona Directos al Magdalena (brazo Morales)
Drenajes subzona Quebrada El Carmen y Otros Directos al Magdalena
Drenajes subzona Río Cimitarra y otros directos al Magdalena
Drenajes subzona Río Lebrija y otros directos al Magdalena
Drenajes subzona Río Sogamoso

Fuente: Consultor 2018

Figura 4.32 Ecosistemas lóticos en el área de estudio preliminar



Fuente: Consultor 2018; (Instituto Geográfico Agustín Codazzi-IGAC, 2018)

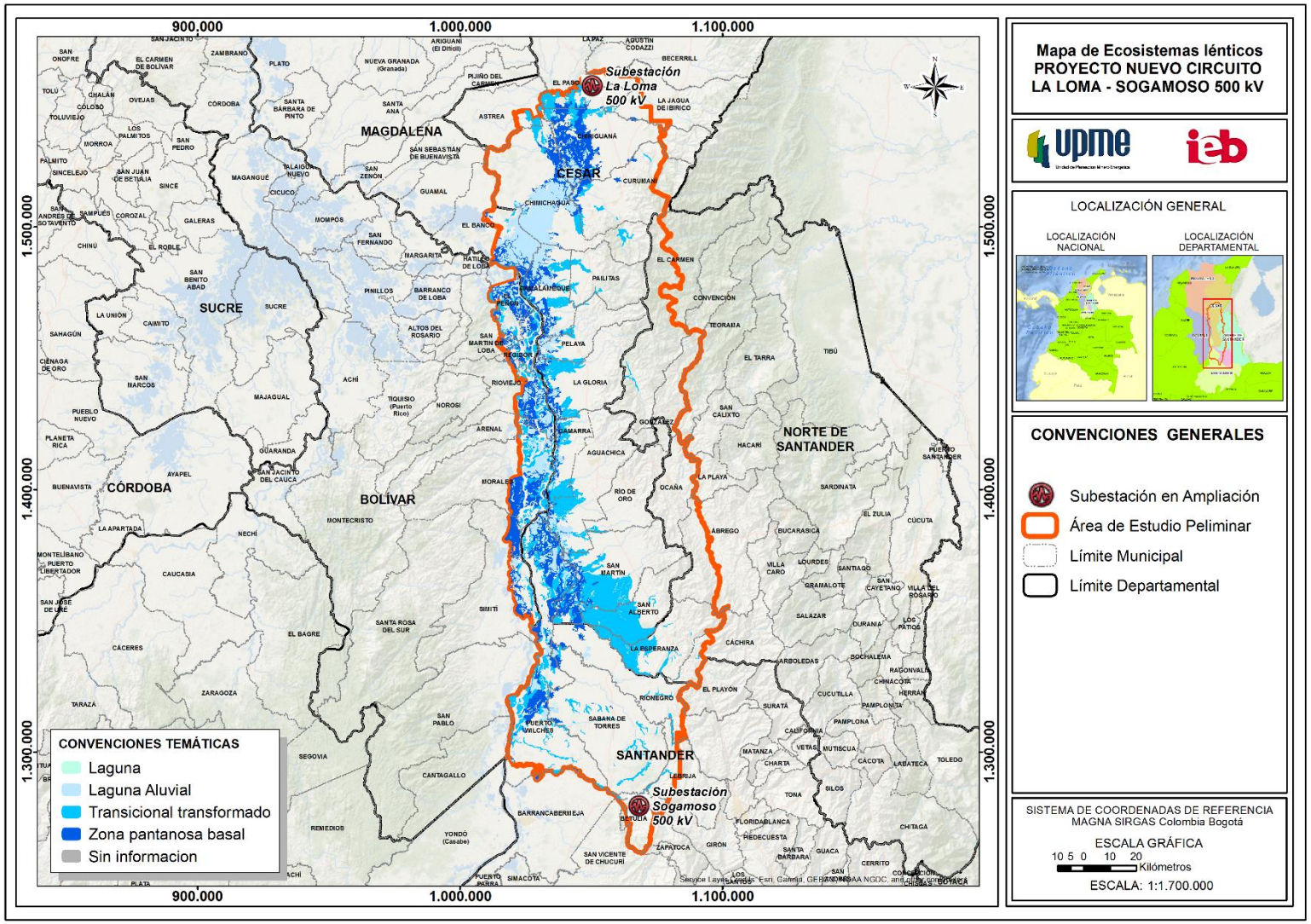
- **Ecosistemas Lénticos**

Para la identificación de ecosistemas lénticos en el área de estudio preliminar, se tomó la Cartografía Básica escala 1:100.000 (Cubrimiento Nacional) IGAC (Instituto Geográfico Agustín Codazzi-IGAC, 2017) y la capa de Ecosistemas acuáticos, costeros, marinos e insulares (EACMI), suministrada por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, de este archivo se extrajeron aquellos ecosistemas acuáticos que permanecen inundados durante la mayor parte del año.

En el área de estudio se identificaron diferentes Lagunas, Lagunas Aluviales, Zonas Pantanosas y ecosistemas Transicionales que presentan inundabilidad durante la mayor parte del año. Estos cuerpos de agua lénticos se ubican en el costado occidental del área de estudio preliminar, en los municipios que se encuentran dentro del valle del río Magdalena.

En la **Figura 4.33**, se muestran de manera gráfica los ecosistemas lénticos identificados en el área de estudio preliminar.

Figura 4.33 Ecosistemas lénticos en el área de estudio preliminar

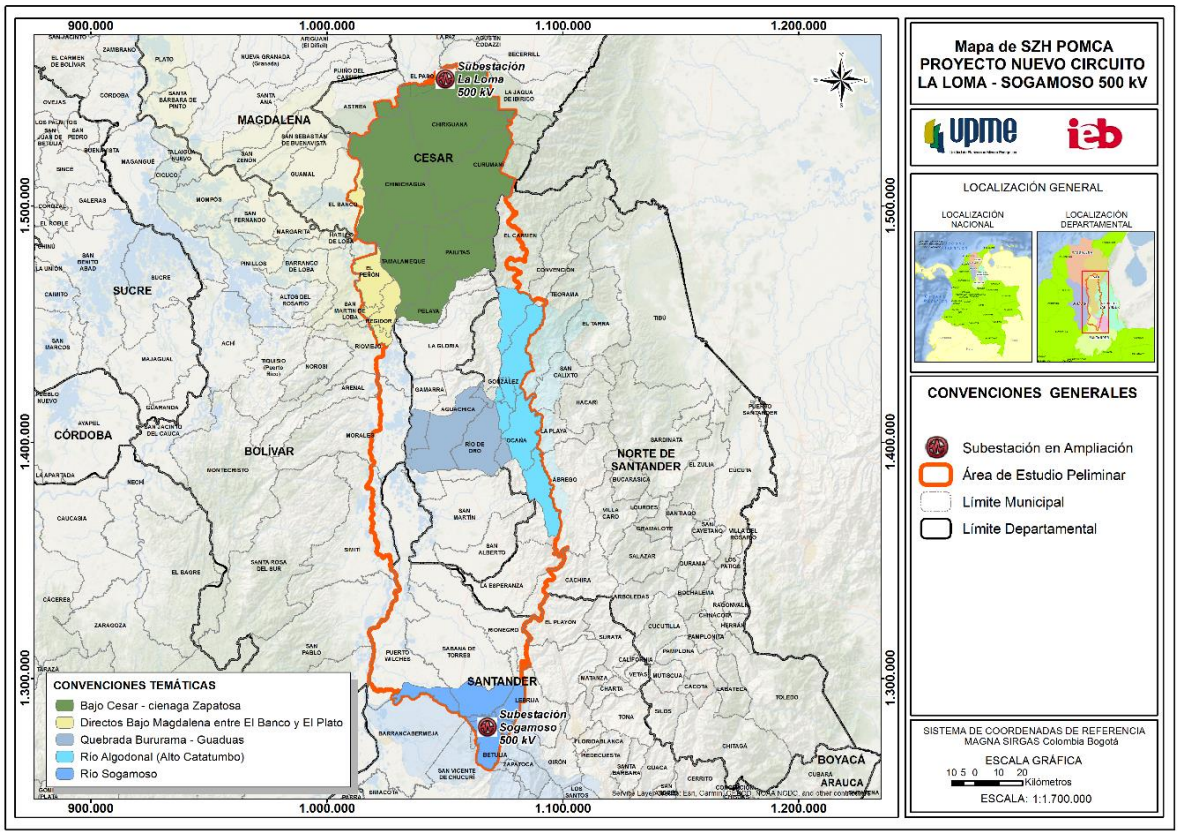


Fuente: Consultor 2018; (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2015)

4.1.5.3 Planes de ordenación y manejo de cuencas

Dentro del área de estudio preliminar se identificaron siete (7) cuencas que se encuentran siendo objeto de ordenación y manejo según lo establecido por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible en su guía para la elaboración de los Planes de Ordenación y Manejo de cuencas Hidrográficas (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2014). Al momento de la elaborar el documento de alertas tempranas para el proyecto "Línea de Transmisión La Loma – Sogamoso 500 kV", la información cartográfica disponible solo se obtuvo para las cinco (5) cuencas que se muestran en la **Figura 4.34.** Esta información se obtuvo a partir de la Zonificación hidrográfica desarrollada por el IDEAM (Instituto de Hidrología Metereología y Estudios Ambientales, 2013) y de la información de las cuencas hidrográficas suministrada por la Corporación Autónoma del Cesar (CORPOCESAR) a la UPME para el desarrollo del presente documento.

Figura 4.34 Cuencas objeto de ordenación en el área de estudio preliminar



Fuente: Consultor 2018; (Instituto de Hidrología Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM), 2013)

Según lo establece la guía de los Planes de ordenación y Manejo de Cuencas Hidrográficas (POMCA), estos son un instrumento a través del cual se realiza la planeación del uso coordinado del suelo, de las aguas, de la fauna y de la flora con el cual se busca el buen uso y manejo de los recursos. La elaboración de estos planes dentro del área de estudio preliminar es competencia de las autoridades ambientales.

En el **numeral 2. MARCO LEGAL** y dentro del **Anexo 2. Normatividad,** se relacionan las resoluciones que dan cuenta del estado de la ejecución de los Planes de Ordenación y Manejo al interior de cada corporación. La **Tabla 4.12** describe el estado en que se encuentra cada uno de los planes.

Tabla 4.12 Cuencas objeto de ordenación en el área de estudio preliminar

CUENCA	ESTADO
Río Algodonal	POMCA del Río Algodonal, el cual fue aprobado y aadoptado por la Resolución 623 del 18 de junio de 2018 de la Corporación Autonoma Regional de la Frantera Nororiental (CORPONOR) y la Resolución 0490 del del 18 de junio de 2018 de la Corporación Autónoma Regional del Cesar (CORPOCESAR)
Bajo cesar – ciénaga Zapatosa	En ordenación
Río Calenturitas	POMCA del Río Calenturitas, el cual fue adoptado por la Resolución 0629 del 25 de junio de 2018 de la Corporación Autónoma Regional del Cesar (CORPOCESAR)
Río Buturama	En ordenación
Río Sogamoso	En ordenación
Directos bajo Magdalena entre El banco y Plato	En ordenación
Río Lebrija Medio	En ordenación

Fuente: Consultor 2018

4.1.5.4 Susceptibilidad a inundación

"Las inundaciones son fenómenos hidrológicos recurrentes potencialmente destructivos, que hacen parte de la dinámica de evolución de una corriente. Se producen por lluvias persistentes y generalizadas que producen un aumento progresivo del nivel de las aguas contenidas dentro de un cauce superando la altura de las orillas naturales o artificiales, ocasionando un desbordamiento y dispersión de las aguas sobre las llanuras de inundación y zonas aledañas a los cursos de agua normalmente no sumergidas.

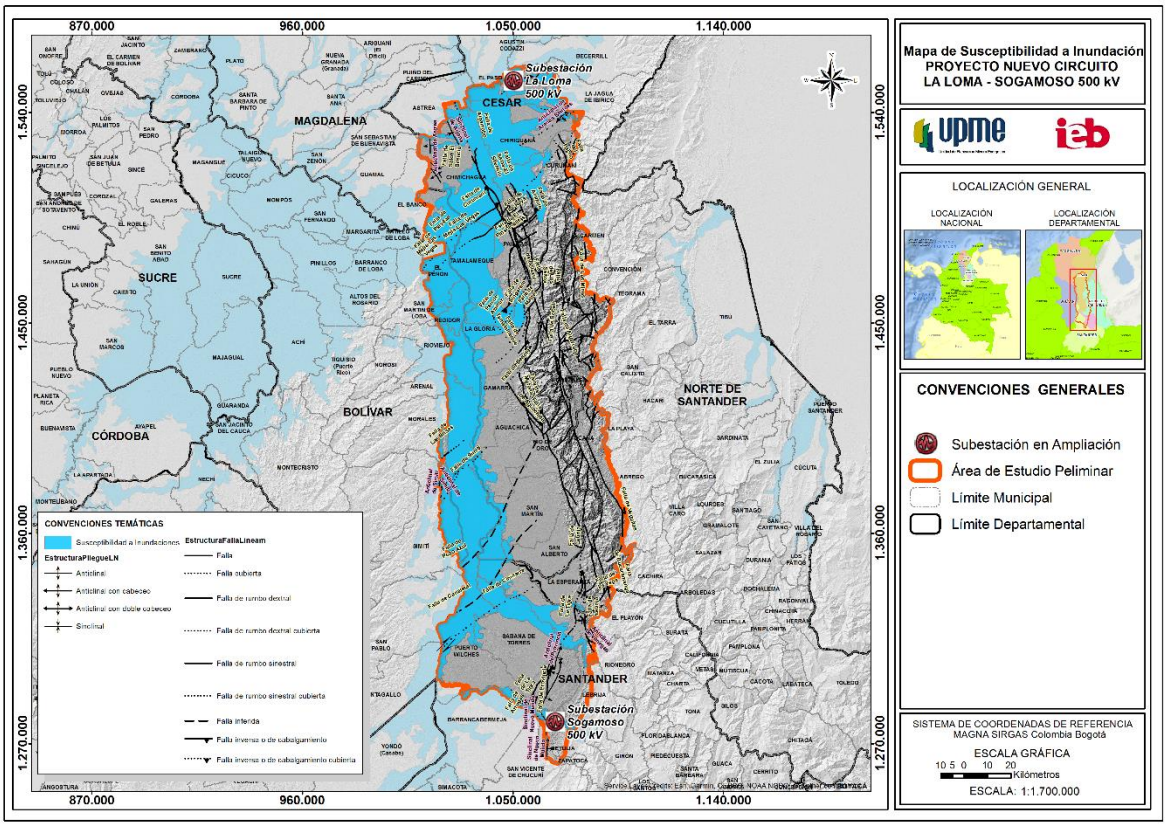
En la clasificación más sencilla se pueden identificar dos tipos: inundaciones lentas, que son aquellas que ocurren en las zonas planas de los ríos y con valles aluviales extensos, los incrementos de nivel diario son de apenas del orden de centímetros, reporta afectaciones de grandes extensiones, pero usualmente pocas pérdidas de vidas humanas, el tiempo de afectación puede fácilmente llegar a ser del orden de meses, en Colombia el ejemplo más claro es la región de la Mojana.

El otro tipo de inundación es las llamadas crecientes súbitas, que aunque las áreas de afectación son menores, el poder destructivo es potencialmente mayor y cobra el mayor número de vidas cuando se presentan, responden rápidamente a la ocurrencia de fuertes precipitaciones en las partes altas

de las cuencas, los incrementos de nivel son del orden de metros en pocas horas, y el tiempo de permanencia de estas inundaciones en las zonas afectadas son igualmente de horas o pocos días, estas se presentan en todas las cuencas de alta pendiente de la región Andina principalmente."(IDEAM, 2018).

La caracterización de esta variable en el área de estudio preliminar, se realizó con base en la delimitación de zonas susceptibles a inundación realizada por el IDEAM en el año 2010, como se observa en la **Figura 4.35.** Las zonas inundables se asocian a las llanuras de inundación del río Magdalena y sus afluentes tributarios en la zona, como los ríos Lebrija y Sogamoso.

Figura 4.35 Susceptibilidad a la inundación del área de estudio preliminar



Fuente: Elaborado a partir de (IDEAM, 2010a)

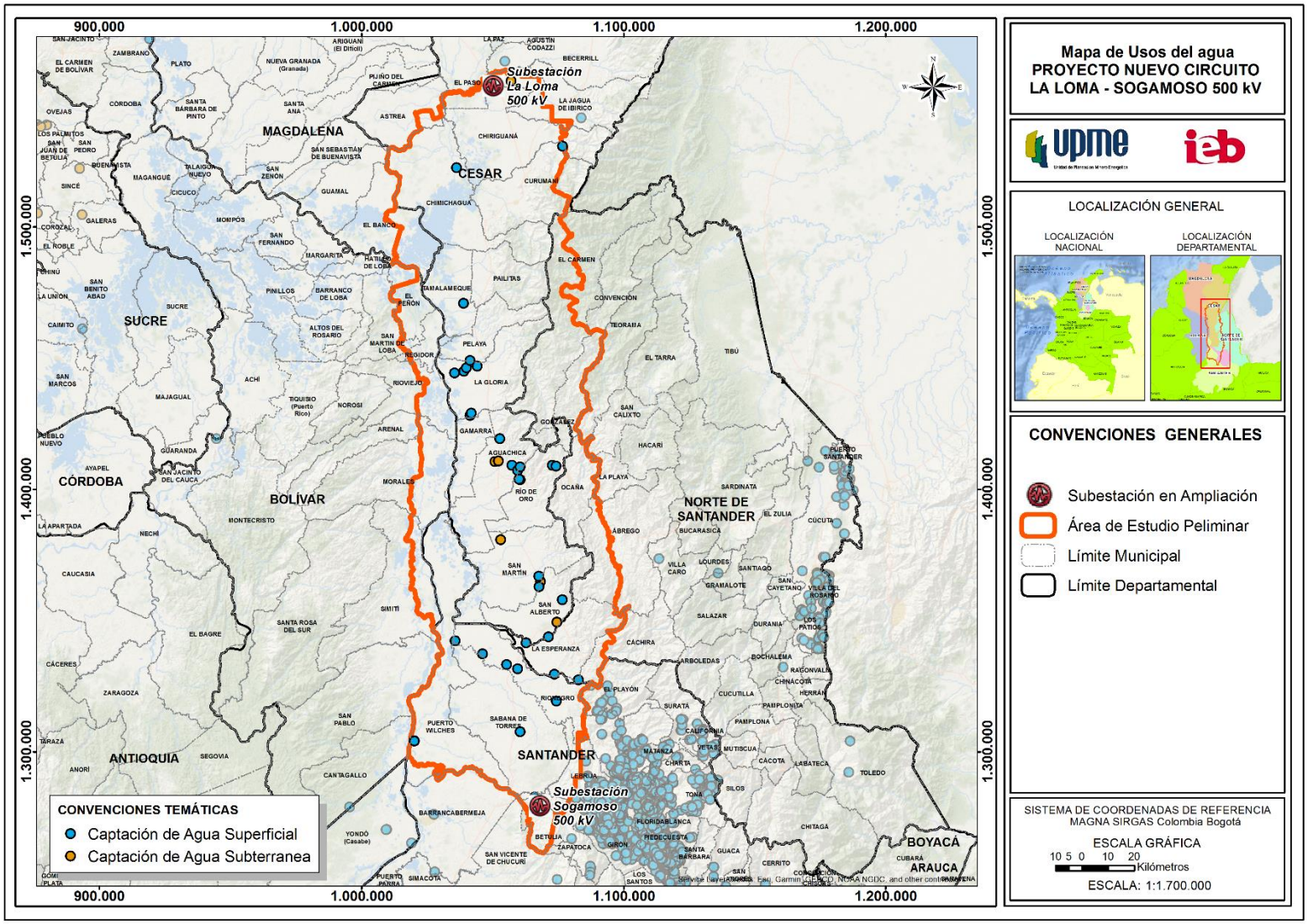
4.1.6 USOS DEL AGUA

Los usos del agua descritos para el área de estudio preliminar se obtuvieron mediante la consulta del mapa de Captaciones de agua superficiales y subterráneas registrados en el Sistema de Información del recurso Hídrico (SIRH) (IDEAM Instituto de Hidrología Metereología y Estudios Ambientales, 2013).

En el área de estudio para el proyecto "Línea de Transmisión La Loma – Sogamoso 500 kV" se encuentran registradas 43 captaciones de agua, de las cuales siete (7)

corresponden a captaciones de fuentes subterráneas y 36 a fuentes superficiales. En la **Figura 4.36** y en la **Tabla 4.13** se muestran las captaciones registradas dentro del área de estudio y su jurisdicción. El mayor número de captaciones superficiales (6) se encuentra en el municipio de La Gloria y el mayor número de captaciones subterráneas se encuentra en el municipio de Aguachica.

Figura 4.36 Captaciones de agua en el área de estudio preliminar



Fuente: Consultor 2018; (IDEAM Instituto de Hidrología Metereología y Estudios Ambientales, 2013)

Tabla 4.13 Captaciones de agua en el área de estudio preliminar

CAPTACIONES DE AGUA			
CORPORACIÓN	**TIPO DE CAPTACIÓN**	**NÚMERO DE CAPTACIONES**	**SUBZONA HÍDRICA**
CAS	Superficial	3	Río Fonce
CDMB	Superficial	1	Río Chicamocha
		7	Río Lebrija y otros directos al Magdalena
CORPOCESAR	Superficial	5	Bajo Cesar
		16	Quebrada El Carmen y Otros Directos al Magdalena Medio
		4	Río Lebrija y otros directos al Magdalena
	Subterránea	1	Bajo Cesar
		4	Quebrada El Carmen y Otros Directos al Magdalena Medio
		2	Río Lebrija y otros directos al Magdalena

Fuente: Consultor 2018; (IDEAM Instituto de Hidrología Metereología y Estudios Ambientales, 2013)

Las captaciones que se describen en este documento corresponden a las registradas hasta la fecha de elaboración de la fuente consultada, en el año 2013.

4.1.7 ATMÓSFERA

La atmósfera, entendida como una capa gaseosa que rodea el planeta tierra, está sujeta a los cambios de variables climatológicas y atmosféricas que determinan el estado de la atmosfera (Manuel Puigcerver Zanón, 2008).

En este sentido, las condiciones de la atmosfera permiten definir el estado del clima para un lugar y periodo de tiempo determinado. El clima puede analizarse en un periodo de tiempo en el que se incluyan todas las características de los "regímenes del elemento climático, que están en función del tiempo y que pueden presentar variaciones cíclicas en intervalos de tiempo más o menos largos" (Pabon et al., 2001). La información suministrada por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, IDEAM corresponde a los promedios multianuales para el periodo 1981 – 2010, esta temporalidad permite representar las variaciones en el tiempo de cada una de las variables.

Es importante resaltar que el estado del tiempo y las características que identifican el clima, no solo dependen de la circulación atmosférica, sino que también están condicionados por las particularidades locales, en los que resulta conveniente mencionar la diferencia entre la dinámica física de las superficies de tierra y agua o de valle y montaña, para el caso de los Andes, como también las dadas por la modificación del uso del suelo y actividades antropogénicas, como sucede con el desarrollo urbano acelerado (IDEAM, 2005).

Los principales elementos del clima son la presión atmosférica, la temperatura, la precipitación, la velocidad y la dirección del viento, la radiación, la humedad relativa y la evaporación (Pabon et al., 2001); adicionalmente, para la

caracterización del área de estudio se incluye el nivel ceráunico. A continuación, se describe cada una de estas variables para el área de estudio preliminar.

4.1.7.1 Presión atmosférica

A partir de la información procedente de 153 estaciones en Colombia, se estimó la relación entre la superficie, altura del nivel del mar del terreno en específico y la magnitud de la presión atmosférica (Jaime et al., 2007). Dando como resultado la siguiente ecuación para describir la magnitud de la presión atmosférica promedio multianual para Colombia:

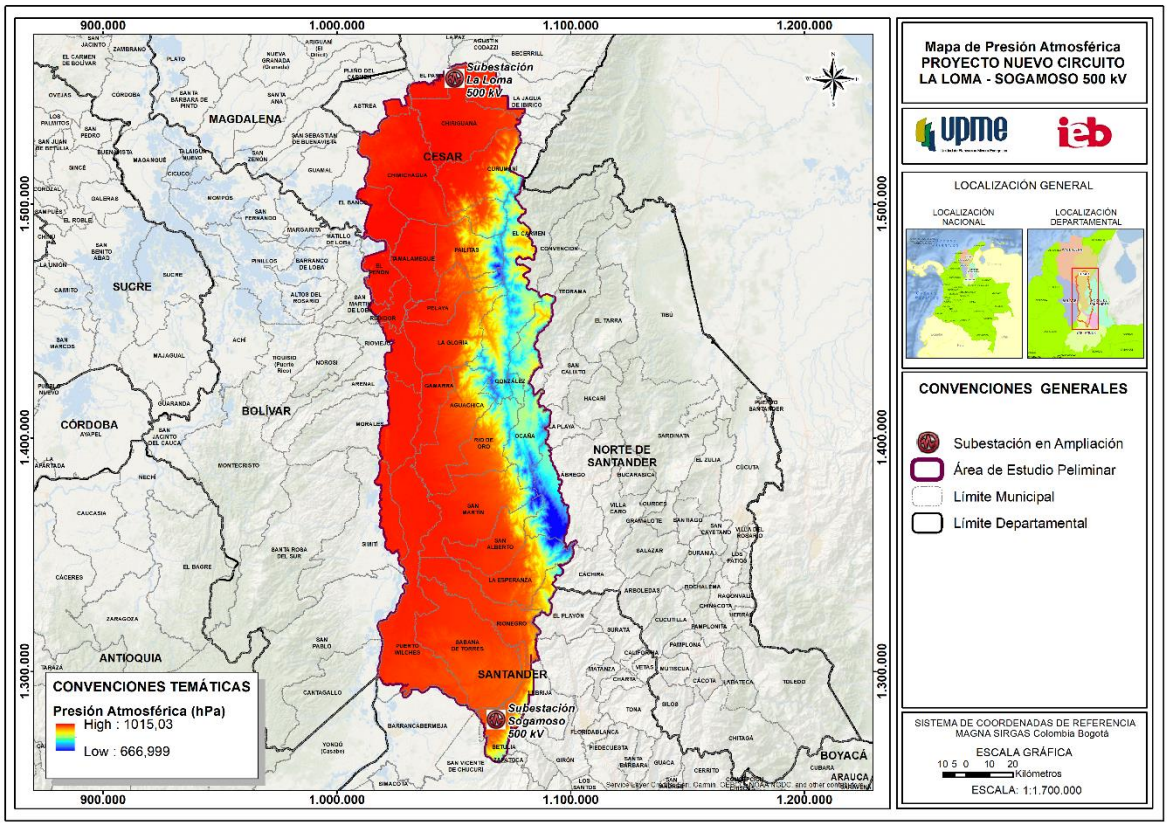
$$P = 1009{,}28 * \exp(-H/8631)$$

Donde P corresponde a la presión promedio multianual en hectopascales (hPa) y H a la altura sobre el nivel del mar en metros (m). Para la obtención de esta variable, en el área de estudio preliminar se emplearon los Modelos de Elevación Digital de resolución espacial de 12,5 x12,5 m descritos en el **Anexo 1. Metodología,** dentro de la variable tectónica.

En la **Figura 4.37** se puede observar la distribución espacial de la presión atmosférica promedio multianual en el área de estudio. La disminución en la magnitud de la variable se da en a medida que se presenta mayor elevación sobre el nivel del mar, al costado oriental del área de estudio preliminar donde se encuentra el sistema montañoso cercano a las serranías del Perijá y los Motilones.

Los mayores registros de presión atmosférica se dan en zonas que se encuentran a menor altitud sobre el nivel del mar y en las áreas aledañas al valle amplio del Río Magdalena.

Figura 4.37 Presión atmosférica promedio multianual en el área de estudio preliminar



Fuente: Consultor 2018

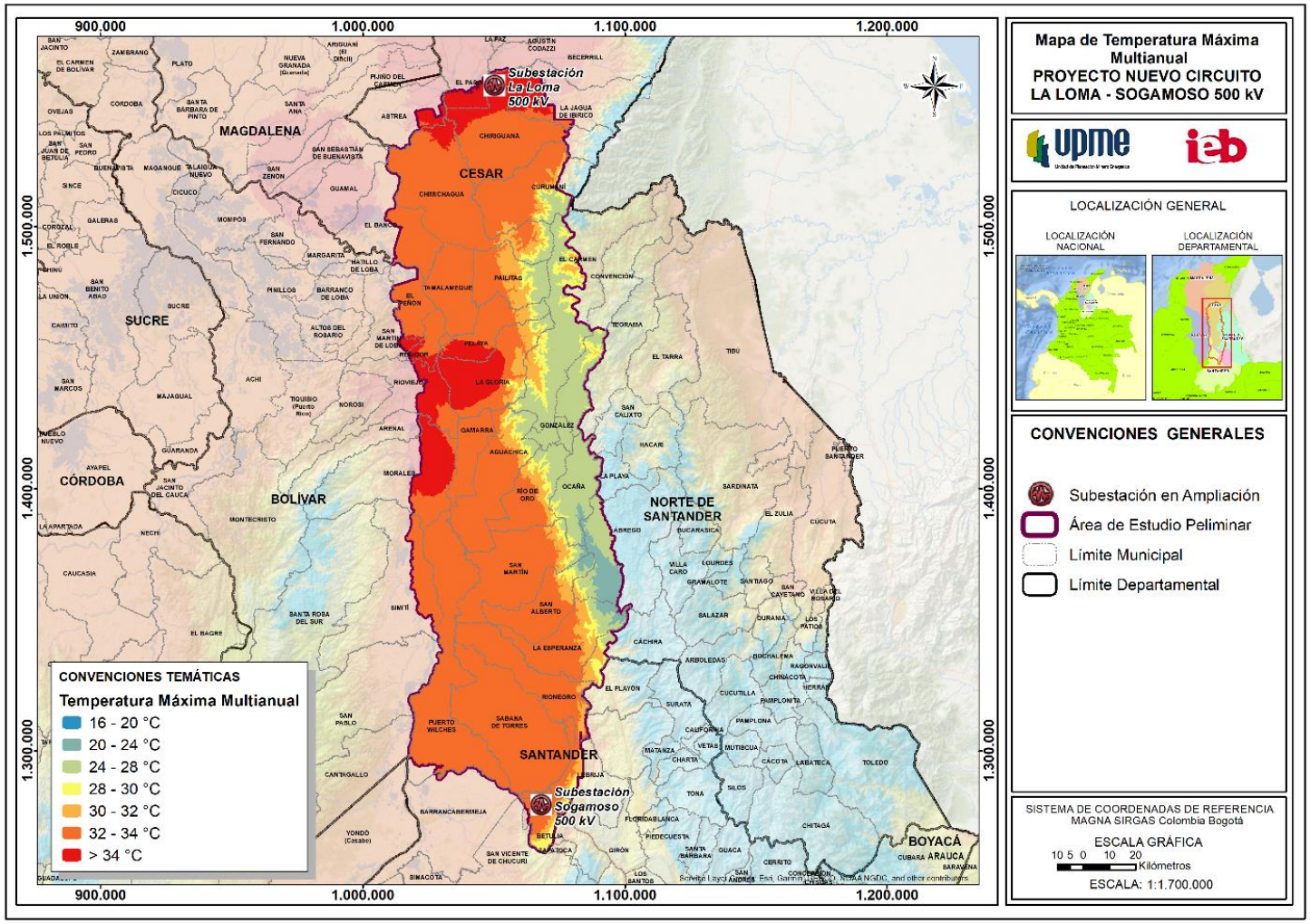
4.1.7.2 Temperatura

La temperatura está determinada por las particularidades fisiográficas del territorio, esto determina la variabilidad espacial de la temperatura. En la región andina donde se ubica el área de estudio, la temperatura media varía en función de los pisos térmicos (Pabon et al., 2001). A medida que aumenta la altitud sobre el nivel del mar, la temperatura disminuye.

Para la caracterización de esta variable se consultaron los mapas de Distribución de la temperatura máxima (Instituto De Hidrología, 2014a), distribución de la temperatura media (Instituto De Hidrología, 2014b) y distribución de la temperatura mínima (Instituto De Hidrología, 2014c) elaborados por el IDEAM.

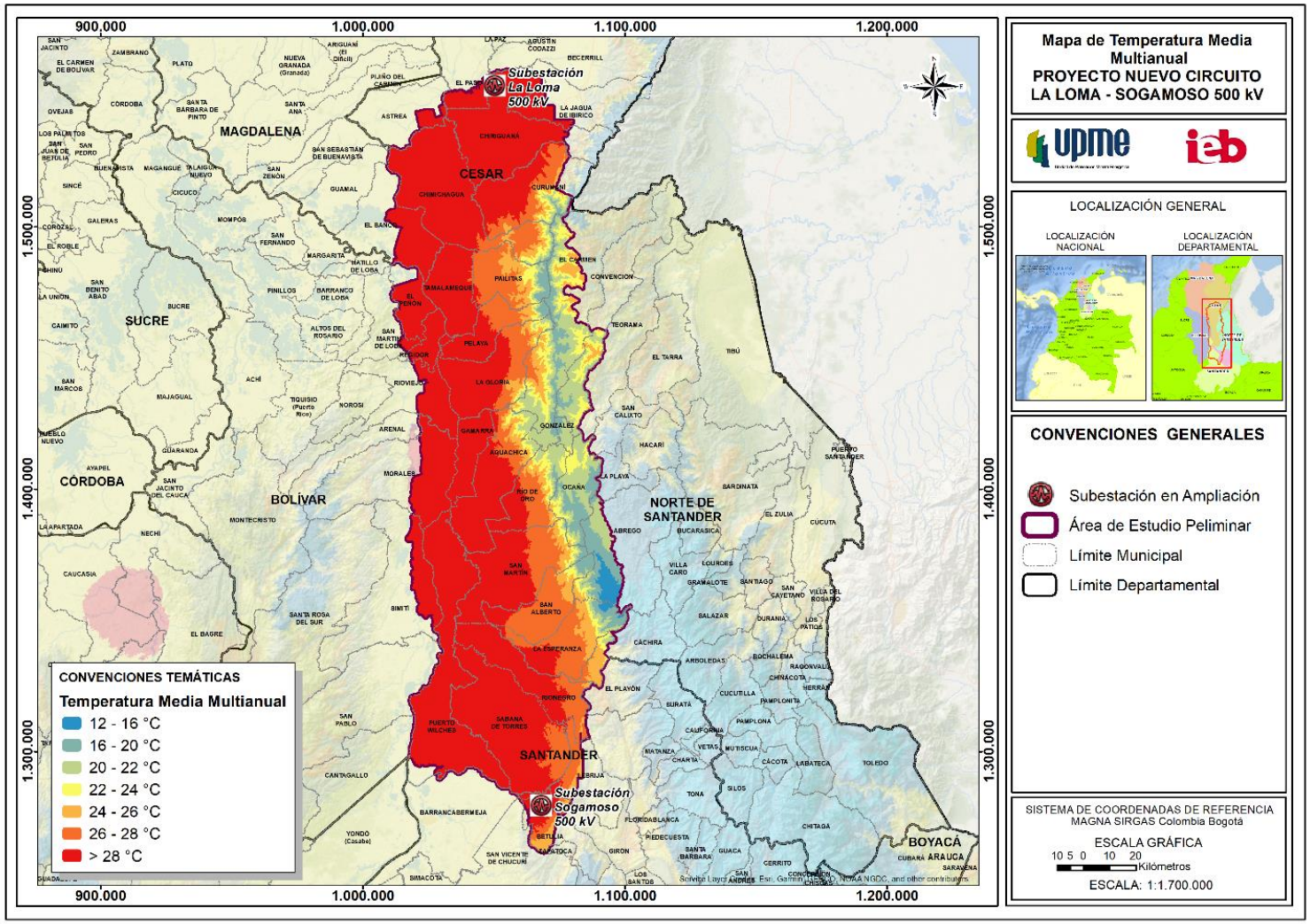
La Figura 4.38, Figura 4.39 y Figura 4.40 ilustran la distribución de la temperatura máxima, media y mínima, respectivamente, dentro del área de estudio preliminar.

Figura 4.38 Temperatura máxima multianual en el área de estudio preliminar



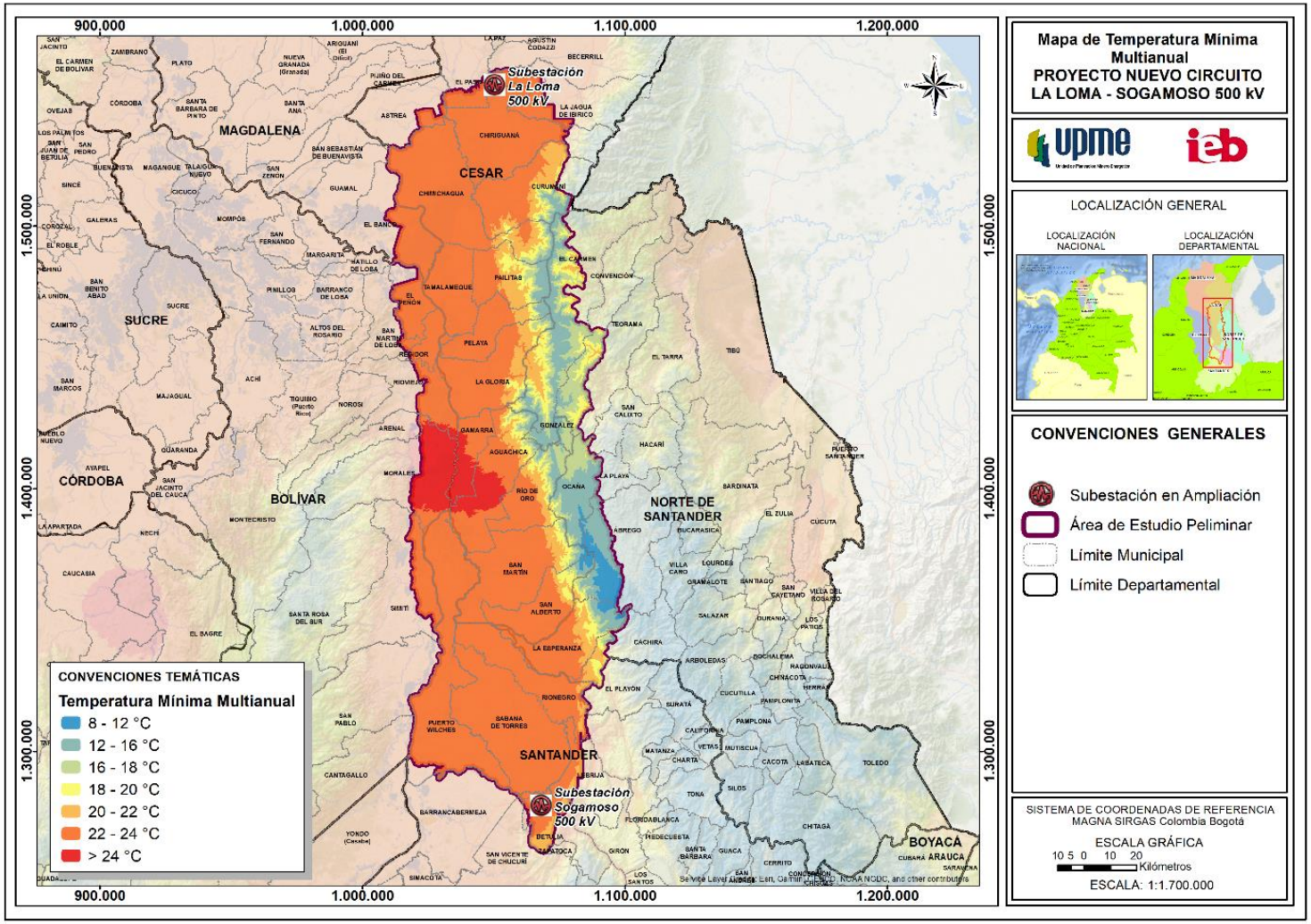
Fuente: Consultor 2018; (Instituto De Hidrología, 2014a)

Figura 4.39 Temperatura media multianual en el área de estudio preliminar



Fuente: Consultor 2018; (Instituto De Hidrología, 2014b)

Figura 4.40 Temperatura mínima multianual en el área de estudio preliminar



Fuente: Consultor 2018; (Instituto De Hidrología, 2014c)

Los rangos de temperatura para el área de estudio varían en cada una de las figuras (Temperatura máxima, media y mínima); independientemente de esto, los mayores rangos de temperatura se registran en las áreas cercanas al valle del Río magdalena donde la altitud sobre el nivel del mar es menor; con el aumento de la altitud en la zona adyacente al valle mencionado, hacia el oriente del área de estudio preliminar, se registran valores bajos de temperatura en los municipios ubicados en esta área.

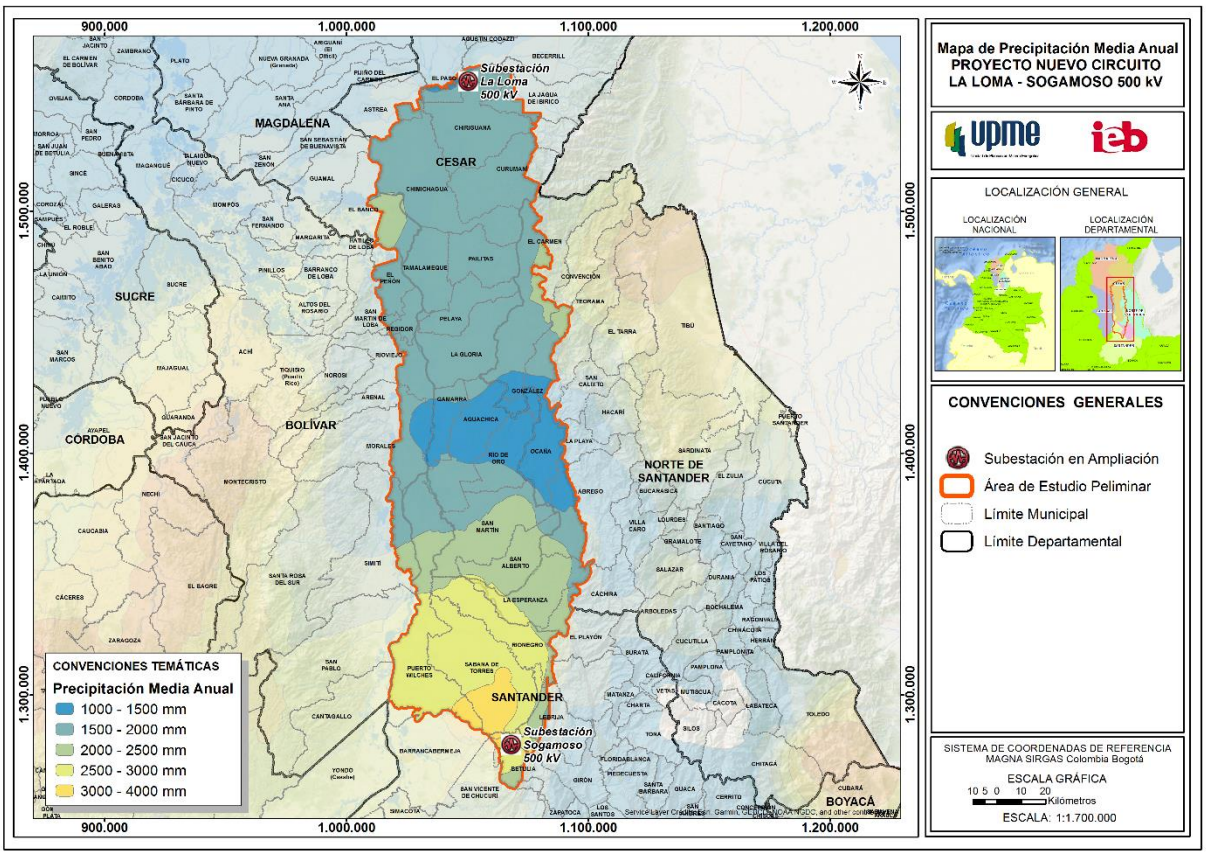
Los rangos de la temperatura media multianual dentro del área de estudio muestran que la temperatura varía entre los 12 °C y los 28 °C, los menores registros de temperatura se presentan en la zona oriental del área de estudio preliminar en inmediaciones de las serranías que se encuentran en los departamentos Cesar y Norte de Santander.

4.1.7.3 **Precipitación**

La precipitación está determinada por la ubicación geográfica y por la influencia de factores como la circulación atmosférica, el relieve, la integración entre la tierra y el mar y la influencia de áreas selváticas o boscosas (Pabon et al., 2001).

La identificación de los rangos de precipitación para el área de estudio se realizó a partir del Mapa de Precipitación Media Total Anual elaborado por el IDEAM (Instituto De Hidrología, 2014f). La **Figura 4.41** muestra la distribución espacial de la precipitación total promedio multianual (mm) para el área de estudio.

Figura 4.41 Precipitación total promedio multianual en el área de estudio preliminar



Fuente: Consultor 2018; (Instituto De Hidrología, 2014f)

Dentro del área de estudio preliminar los mayores rangos de precipitación se presentan en la zona sur, en la región de la Magdalena Medio, en el departamento de Santander, el rango de precipitación en esta área varía entre los 2500 y los 4000 mm.

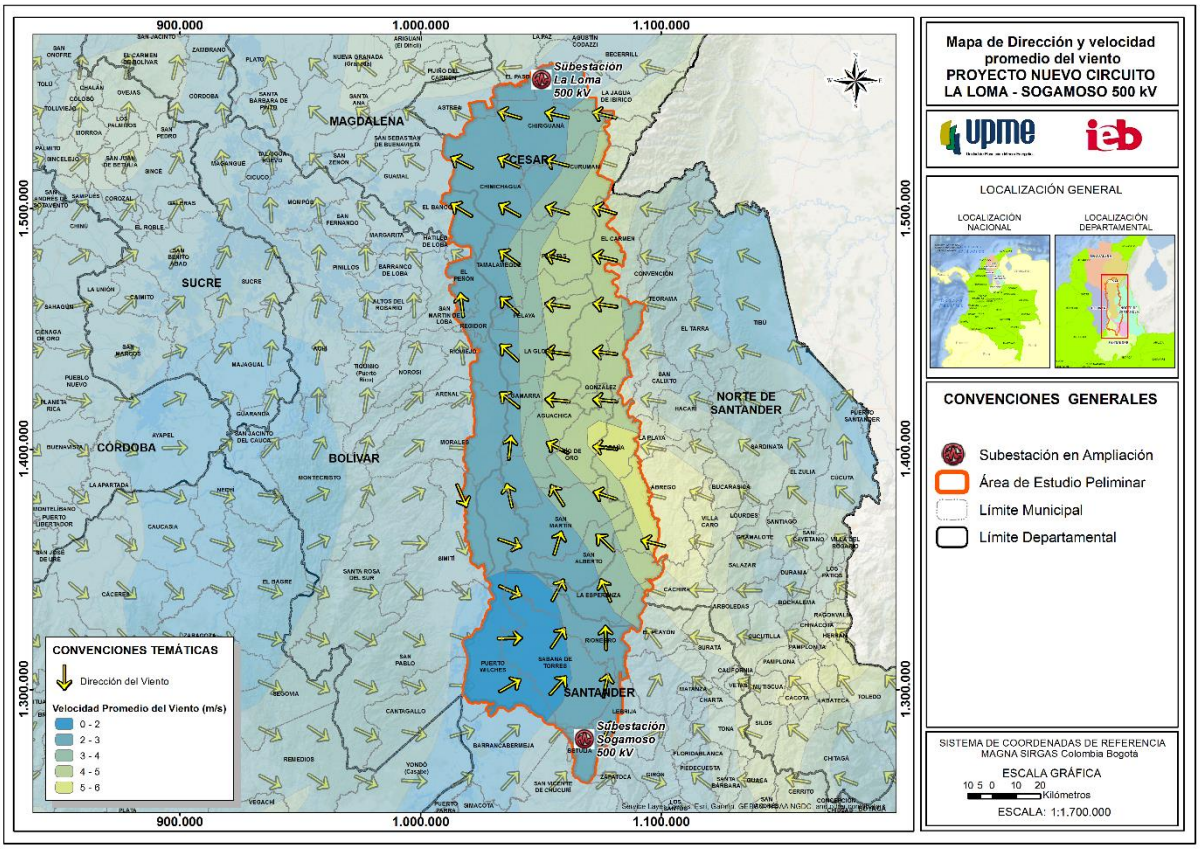
El rango de precipitación que se presenta en la mayor área de la zona de estudio preliminar corresponde al intervalo entre 1500 y 2000 mm/año. Dentro de este rango de precipitación se encuentran los departamentos de Cesar, Magdalena y Bolívar. Los menores registros de precipitación se presentan en los municipios de Gamarra, González, Ocaña, Aguachica y río de Oro, donde se registran lluvias entre los 1000 y 1500 mm/año.

4.1.7.4 Velocidad y dirección del viento

La ubicación geográfica del territorio colombiano determina el comportamiento de la dirección y la velocidad de los vientos; las condiciones fisiográficas determinan en gran parte la dirección y la velocidad del viento (Pabon et al., 2001).

A partir de la caracterización de la dirección y velocidad del viento promedio multianual disponible en el Atlas de Viento Interactivo generado por el IDEAM (Instituto De Hidrología, 2015b) (Instituto De Hidrología, 2015a), se generó la **Figura 4.42**, en la cual se observa la distribución espacial de la velocidad [m/s] y dirección [°] de los vientos para el área de estudio preliminar.

Figura 4.42 Velocidad y dirección promedio multianual en el área de estudio preliminar



Fuente: Consultor 2018; (Instituto De Hidrología, 2015a, 2015b)

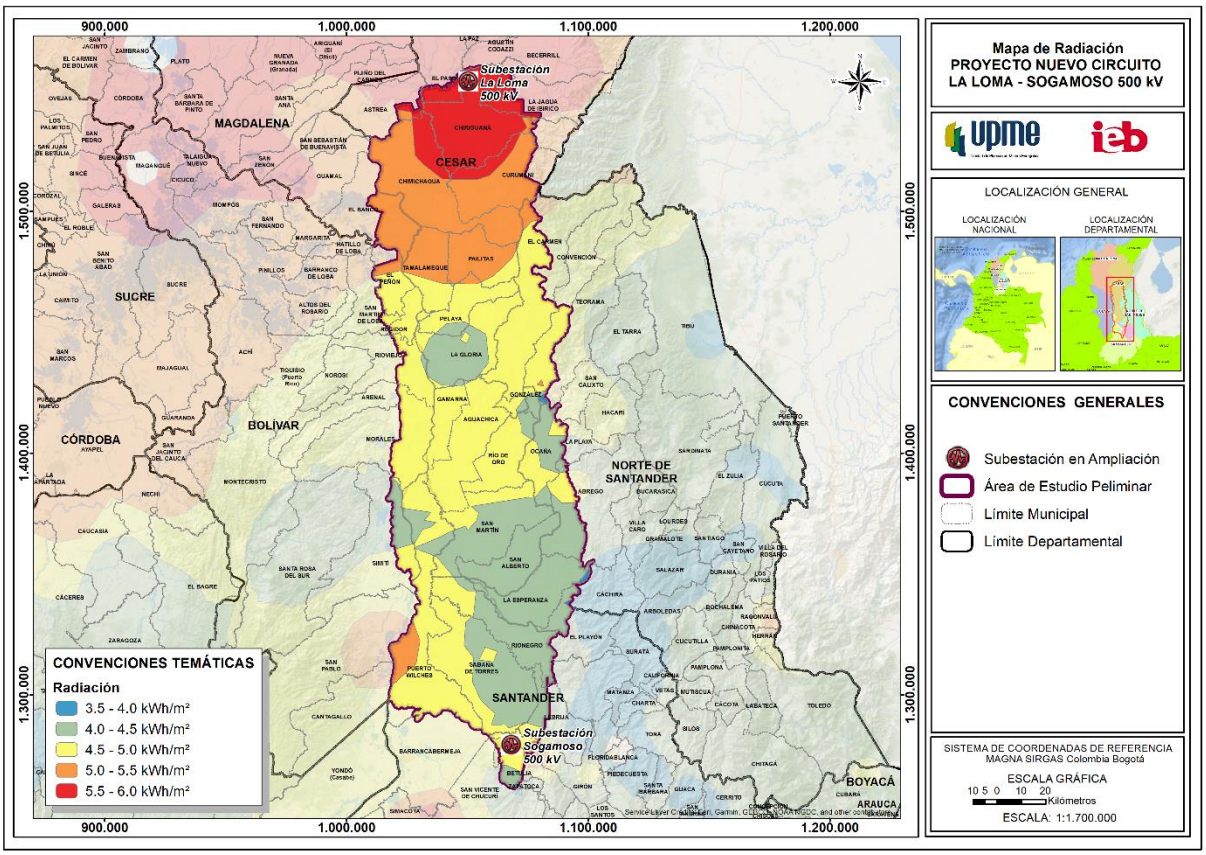
En el área de estudio, la velocidad del viento se encuentra en el rango entre 0 y 6 m/s; el aumento de ésta se da en sentido occidente – oriente, siendo menor la velocidad en el valle del río Magdalena y mayor hacia las serranías ubicadas en el costado oriental.

Con respecto a la dirección promedio multianual, los vientos provenientes del oriente, en sentido oriente – occidente, predominan en el área de estudio.

4.1.7.5 Radiación solar

La radiación solar es la fuente principal de energía para todos los procesos atmosféricos (Pabon et al., 2001), la **Figura 4.43** se generó a partir del mapa de radiación solar global generado por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (Instituto De Hidrología, 2010).

Figura 4.43 Radiación solar promedio multianual en el área de estudio preliminar



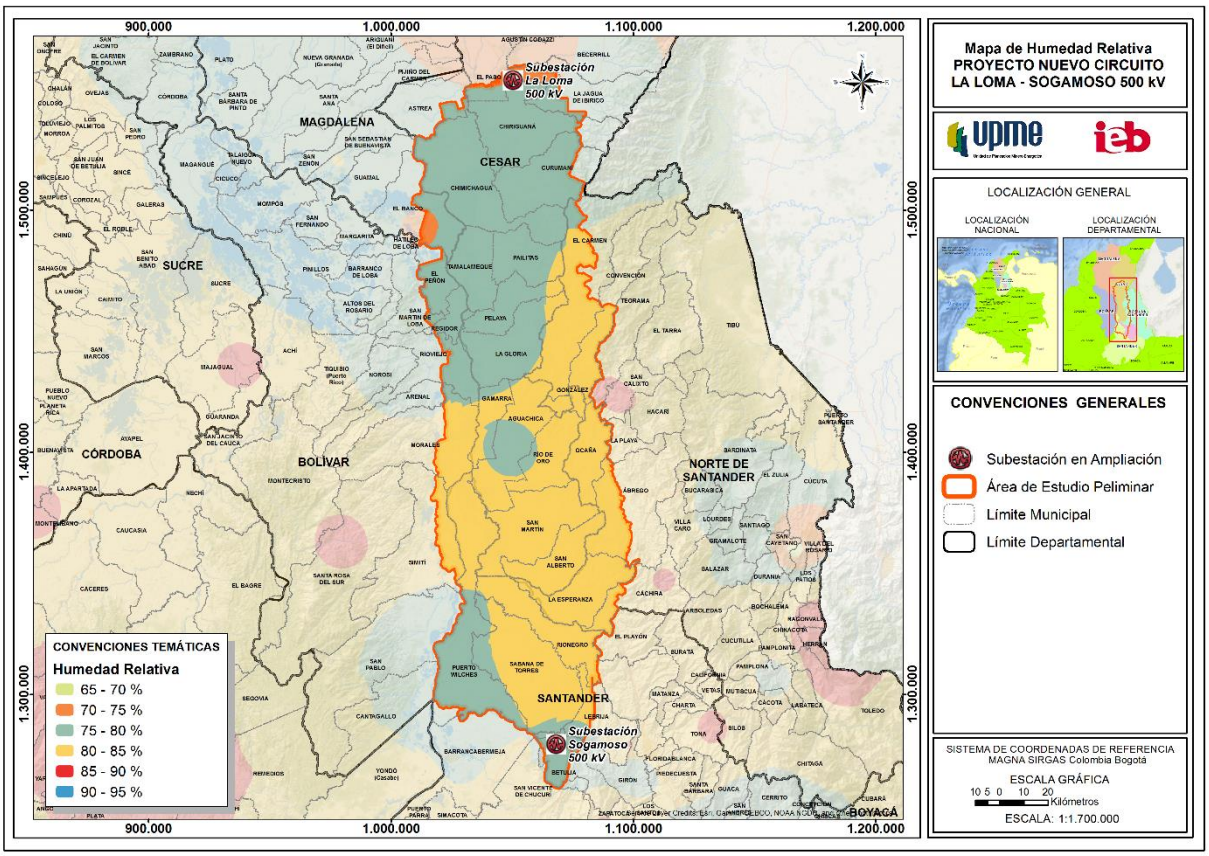
Fuente: Consultor 2018, (Instituto De Hidrología, 2010)

El área de interés presenta una radiación que varía entre 3,5 y 6,0 kWh/m^2, estos registros concuerdan con el comportamiento de esta variable en la región Caribe (Pabon et al., 2001). Los mayores registros de radiación se presentan al norte del área de estudio preliminar, esto debido a la proximidad del área de estudio con el norte del país, donde se presentan los mayores registros históricos de radiación.

4.1.7.6 Humedad relativa

La humedad relativa para el área de estudio preliminar se extrajo del mapa de Humedad Relativa Anual elaborado por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (Instituto De Hidrología, 2014e), a partir de esta información se elaboró la **Figura 4.44.**

Figura 4.44 Humedad relativa, promedio multianual en el área de estudio preliminar



Fuente: Consultor 2018; (Instituto De Hidrología, 2014e)

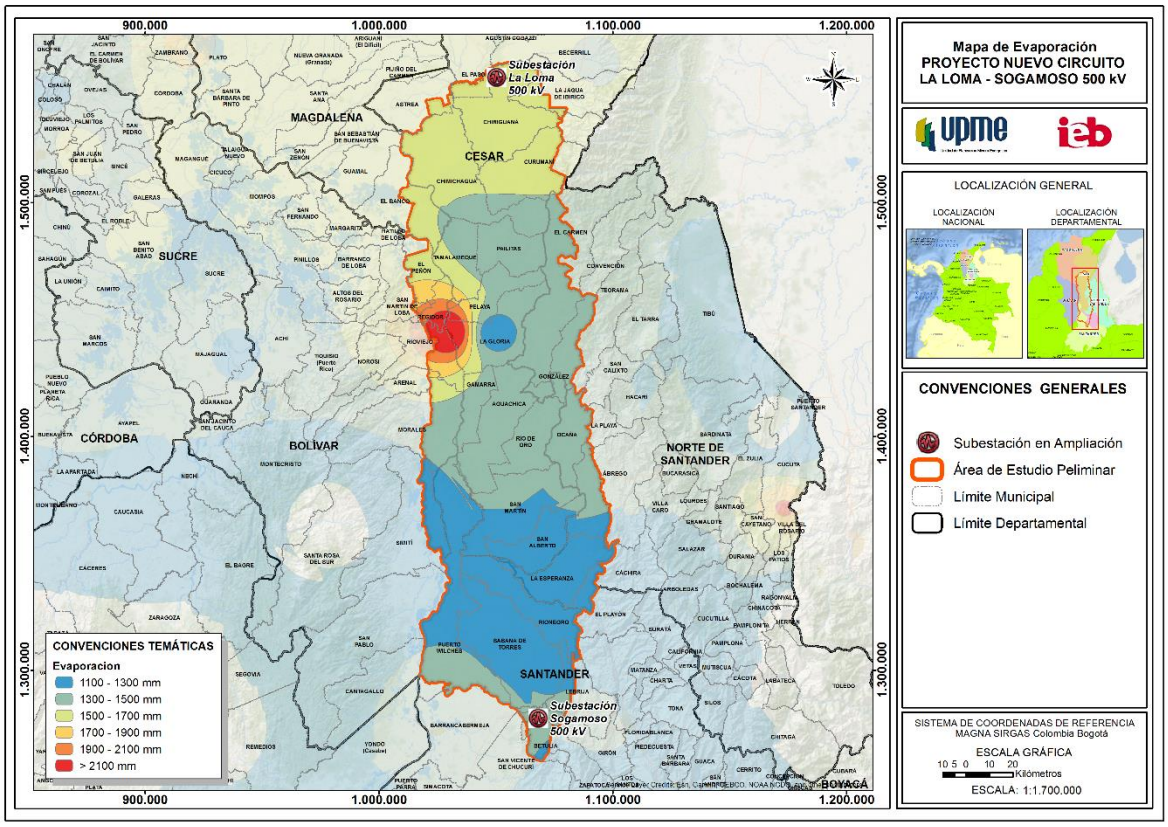
Dentro del área de estudio preliminar, el rango con menor humead relativa se presenta al norte y sur del área; en estas zonas la humedad relativa está en el rango entre el 75 y el 80%. En los municipios ubicados al centro y oriente del área de estudio preliminar, esta variable varía entre el 80 y el 85%, siendo este el mayor rango presente dentro del área analizada.

En los municipios de El Banco, Magdalena, y la Jagua de Ibirico, Cesar, se presenta un área específica en la que la humedad relativa se encuentra en el rango entre 70 y el 75% de humedad, siendo este el menor registro presentado dentro del área de estudio.

4.1.7.7 Evaporación

La evaporación se entiende como la transferencia de agua desde la superficie terrestre a la atmósfera (Pabon et al., 2001). Para la elaboración de la **Figura 4.45** se empleó el mapa de evaporación total anual elaborado por el Instituto de Hidrología Meteorología y Estudios Ambientales (Instituto De Hidrología, 2014d).

Figura 4.45 Evaporación total anual para el área de estudio preliminar



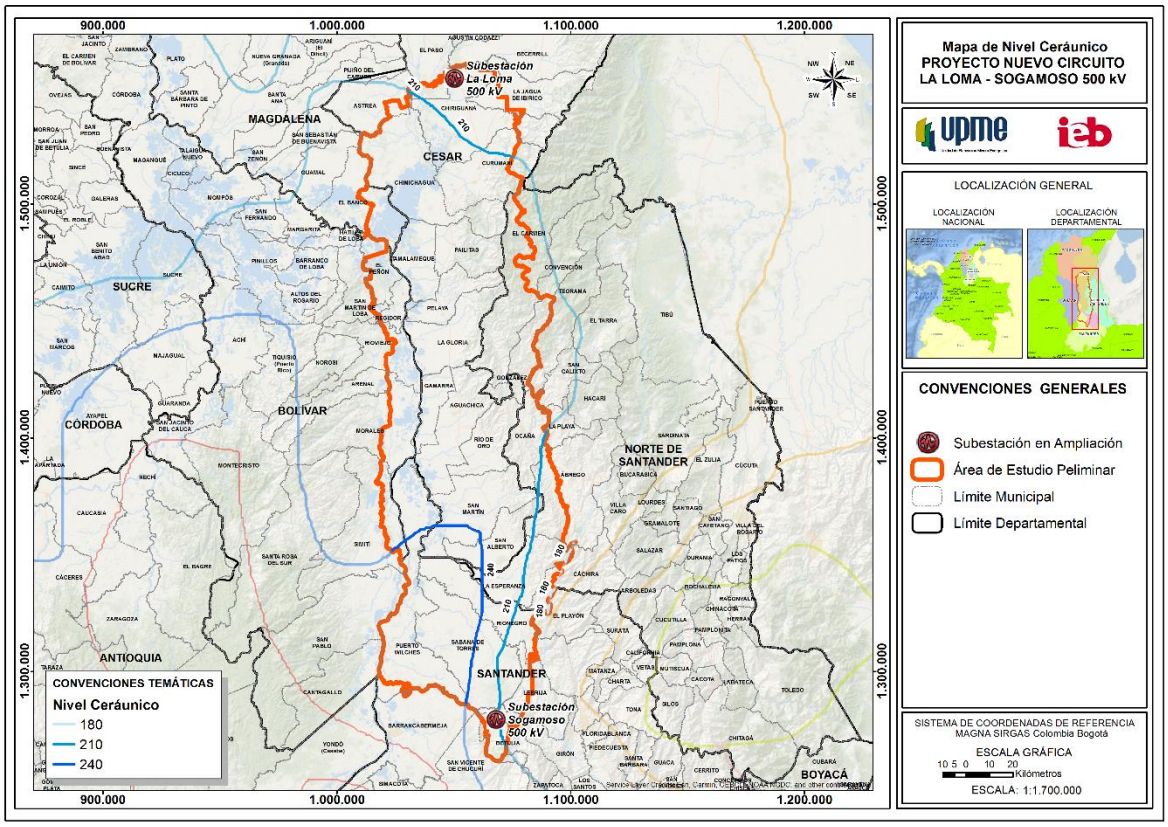
Fuente: Consultor 2018; (Instituto De Hidrología, 2014d)

En el área de estudio preliminar, la evaporación varía entre los 1.100 y los 2.100 mm, los amplios rangos de evaporación que se presentan dentro del área de estudio preliminar están relacionados con la temperatura y la radiación que se presentan al interior del área de estudio y que se describieron en numerales anteriores. El mayor rango de evaporación se presenta en los municipios de Regidor, Rioviejo, La Gloria y Pelaya, en el costado noroccidental del área de estudio preliminar. En esta área la evaporación supera los 2100 mm.

4.1.7.8 Nivel ceráunico

Este concepto es definido como "el número de días al año en los cuales por lo menos un trueno es oído". La estadística de este parámetro ha sido universalmente aceptada para señalar la frecuencia de los rayos en un determinado territorio (Torres & Castaño, 1991). A partir de la caracterización espacio-temporal sobre las descargas eléctricas atmosféricas en Colombia (Torres & Castaño, 1991), se generó un mapa de nivel ceráunico, en el cual se evidencia la distribución espacial de la frecuencia de los rayos en el territorio colombiano. Por tanto, a partir de esta información se generó la **Figura 4.46**, donde se observan las líneas isoceráunicas en el área de estudio preliminar.

Figura 4.46 Nivel Ceráunico en el área de estudio preliminar



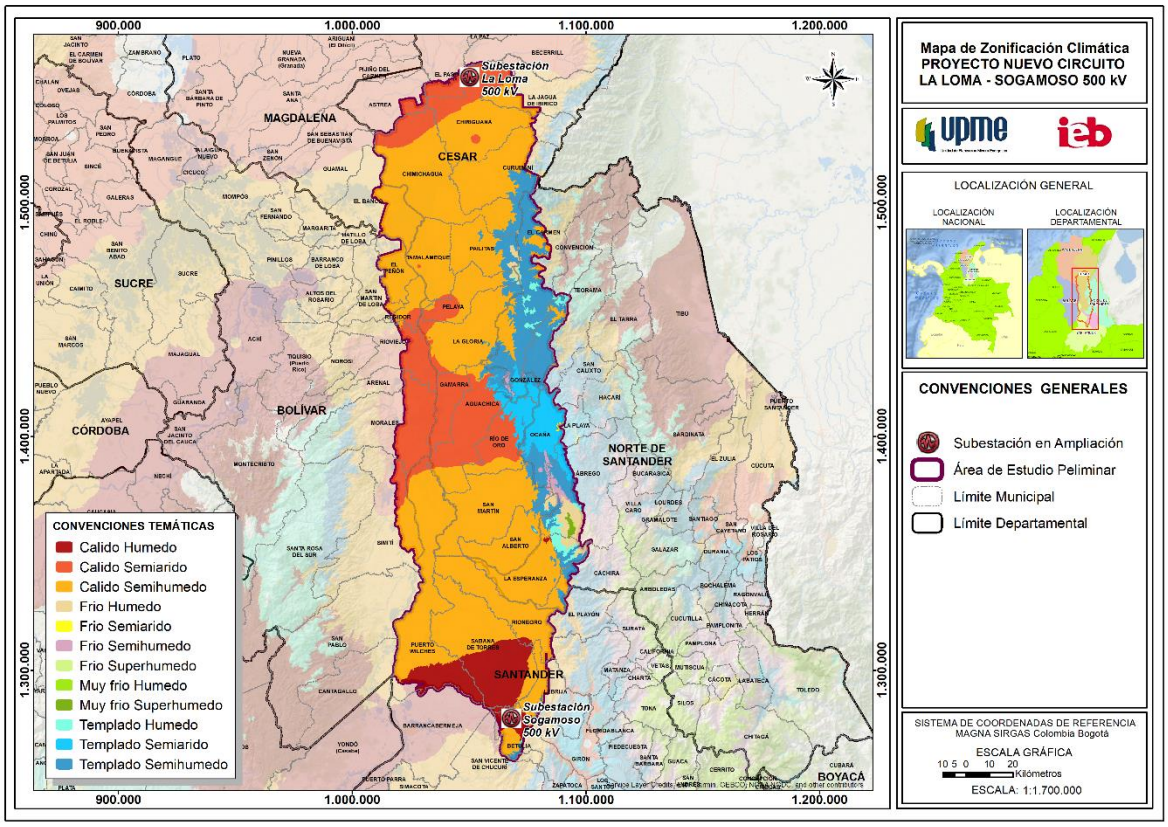
Fuente: Consultor 2018; (Torres & Castaño, 1991)

En el área de estudio preliminar se presentan tres (3) líneas isoceráunicas que muestran tres valores diferentes para la variable caracterizada; el menor número de días al año (180) se presenta al suroriente del área de estudio preliminar en el departamento de Norte de Santander y Santander. El mayor número de días (240), se presenta sobre los municipios de San Martín, La esperanza Sabana de torres y Puerto Wilches, al sur del área de estudio preliminar. Al norte del área, a la altura de los municipios de Chiriguaná y Curumaní se presenta una línea isoceráunica con un valor intermedio entre las líneas ya descritas. Esta línea tiene un nivel de 210 días por año.

4.1.7.9 Zonas climáticas

Para obtener la información de esta variable se empleó el mapa de clasificación climática de Caldas – Lang (Instituto de Hidrología Metereología y Estudios Ambientales, 2012). La **Figura 4.47** ilustra la clasificación climática para el área de estudio preliminar.

Figura 4.47 Zonas climáticas de Caldas - Lang para el área de estudio preliminar



Fuente: Consultor 2018; (IDEAM, 2012)

La zonificación climática agrupa áreas climatológicamente homogéneas. La clasificación climática de Caldas - Lang combina la clasificación de Caldas con la de Lang para obtener 25 tipos de clima, en función de un factor térmico y de humedad. Estos parámetros permiten hacer una "clasificación climática adecuada de una localidad determinada" (Hurtado Moreno et al., 2017).

El área de estudio preliminar varia en un rango altitudinal aproximadamente desde los 50 msnm sobre el cauce del Río Magdalena, hasta los 3500 msnm en el cerro de Jurisdicciones, dicha variación genera a su vez un variado grupo de pisos térmicos y climas; por ello en el área de estudio se pueden diferenciar 12 tipos de clima en los pisos térmicos cálido, templado, frío y muy frío; de estos, los climas Cálido Semiárido y Cálido Semihúmedo son los más representativos dentro de toda el área analizada. Las zonas asociadas a los pisos térmicos Templado y frio se encuentran ubicados al oriente del área de estudio, en la zona donde se ubican las serranías de los Motilones y del Perijá. Al sur del área de estudio preliminar, en jurisdicción de los municipios de Puerto Wilches, Sabana de Torres y Betulia se presenta una zona Cálida Húmeda, que concuerda con las humedades relativas superiores al 70% que se presentan en la zona.

Unidad de Planeacion Minero Energetica