



TGI
Grupo Energía Bogotá

AMBIENTAL

**CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE
INFLUENCIA DEL PROYECTO-MEDIO
ABIÓTICO**

03.2.2.GEOMORFOLOGÍA

3.	CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE INFLUENCIA	1
3.2	Medio Abiótico	1
3.2.2	Geomorfología	1
3.2.2.1	Geomorfología Regional	6
3.2.2.2	Geomorfología local	8
3.2.2.2.1	Análisis e interpretación geomorfológica local	9
3.2.2.2.1.1	Ortofoto	9
3.2.2.2.1.2	Modelo de sombras Hillshade	10
3.2.2.2.1.3	Contraste de relieve o relieve relativo	11
3.2.2.2.1.4	Inclinación de la ladera-Pendiente	13
3.2.2.2.1.5	Patrones de drenaje	15
3.2.2.2.2	Definición de las subunidades geomorfológicas	17
3.2.2.2.2.1	Geomorfoestructura	24
3.2.2.3	Procesos morfodinámicos	53
3.2.2.3.1	Procesos de remoción en masa	56
3.2.2.4	Análisis multitemporal	58
3.2.2.4.1	Adquisición y preparación de la información	58
3.2.2.4.2	Análisis e interpretación de coberturas	60
3.2.2.4.3	Verificación de campo	60
3.2.2.4.4	Generación de capas temáticas	61
3.2.2.4.5	Zonas de sedimentación activa	65
3.2.2.5	Susceptibilidad a la erosión	68
3.2.2.5.1	Factor R	70
3.2.2.5.1.1	Cálculo de R	70
3.2.2.5.1.2	Cálculo de IMF	72
3.2.2.5.2	Factor K	77
3.2.2.5.2.1	Cálculo de K	78
3.2.2.5.3	Factor LS	83
3.2.2.5.3.1	Cálculo subfactor L	83
3.2.2.5.3.2	Cálculo del subfactor S	89
3.2.2.5.3.3	Cálculo del factor LS	91
3.2.2.5.4	Factor C	94
3.2.2.5.5	Susceptibilidad a la erosión	95
	BIBLIOGRAFÍA	100

LISTADO DE FIGURAS

Figura 3-1	Área de influencia enmarcada en el mapa de geomorfológico de la plancha 205 – Chinchiná. Escala 1:100000	2
Figura 3-2	Ortofoto para el área de influencia	4
Figura 3-3	Modelo Digital de Elevación (DEM) para el área de influencia	5
Figura 3-4	Sistemas morfogenéticos regionales relacionados al área de influencia	8
Figura 3-5	Fotointerpretación geomorfológica, modelo de sombras	11
Figura 3-6	Relieve relativo para el área de influencia	13
Figura 3-7	Pendientes del terreno para el área de influencia	14
Figura 3-8	Patrón de drenaje	16
Figura 3-9	Cartografía geomorfológica preliminar	17

Elaboró: CONSGA S.A.S	Revisó: Cliente	Aprobó: Cliente	Código Proyecto PO-CO-2024-008	Cap. 3.2.2. Geomorfología Ver: 01	I
--------------------------	--------------------	-----------------	-----------------------------------	--------------------------------------	---

Figura 3-10 Formato de caracterización de estaciones geomorfológicas	18
Figura 3-11 Distribución espacial de las estaciones geomorfológicas para el área de influencia....	20
Figura 3-12 Geomorfología local para el área de influencia	21
Figura 3-13 Distribución porcentual de las geoformas para el área de influencia.....	23
Figura 3-14 Formato para la caracterización de fenómenos de remoción en masa	54
Figura 3-15 Distribución espacial del proceso morfodinámico identificado en el área de influencia	55
Figura 3-16 Imágenes consideradas para el análisis multitemporal.....	59
Figura 3-17 Coberturas de la tierra para el análisis multitemporal	62
Figura 3-18 Interpretación geomorfológica para el análisis multitemporal	63
Figura 3-19 Zonas de sedimentación activa para el análisis multitemporal	67
Figura 3-20 Esquema representativo para determinar la susceptibilidad a la erosión (USLE)	69
Figura 3-21 Factor de erosividad R.....	71
Figura 3-22 Localización de las estaciones seleccionadas	73
Figura 3-23 Precipitación media multianual.	76
Figura 3-24 Índice modificado de Fournier (IMF).....	77
Figura 3-25 Unidades cartográficas de suelos para el área de influencia	79
Figura 3-26 Distribución del Factor K o factor de erodabilidad del suelo	82
Figura 3-27 Distribución espacial del procesamiento para la obtención de m	85
Figura 3-28 Distribución espacial del parámetro m.....	86
Figura 3-29 Distribución espacial del parámetro A	87
Figura 3-30 Distribución espacial del subfactor L	88
Figura 3-31 Distribución espacial del subfactor S.....	90
Figura 3-32 Distribución espacial del factor LS.....	91
Figura 3-33 Distribución espacial del factor C para el área de influencia.....	95
Figura 3-34 Distribución espacial de la susceptibilidad a la erosión para el área de influencia	97
Figura 3-35 Distribución porcentual de la susceptibilidad a la erosión en el área de influencia	98

LISTADO DE TABLAS

Tabla 3-1 Sistemas morfogenéticos regionales dentro del contexto regional relacionados al área de influencia	7
Tabla 3-2 Rangos de intervalos de altura o relieve relativo	12
Tabla 3-3 Distribución de las pendientes del terreno.....	14
Tabla 3-4 Coordenadas de ubicación de las estaciones geomorfológicas.....	19
Tabla 3-5 Distribución porcentual de las geoformas.....	22
Tabla 3-6 Geoformas relacionadas a la Región geomorfológica de Ambiente Fluvial.	25

Elaboró: CONSGA S.A.S	Revisó: Cliente	Aprobó: Cliente	Código Proyecto PO-CO-2024-008	Cap. 3.2.2. Geomorfología Ver: 01	II
--------------------------	--------------------	-----------------	-----------------------------------	--------------------------------------	----

Tabla 3-7 Planicie aluvial confinada (Fpac)	27
Tabla 3-8 Cauce aluvial (Fca)	29
Tabla 3-9 Plano o llanura de inundación (Fpi)	31
Tabla 3-10 Geoforma relacionada a la Región geomorfológica de Ambiente Denudacional.	32
Tabla 3-11 Lomeríos poco disectados (Dlpd)	34
Tabla 3-12 Lomeríos disectados (Dld)	36
Tabla 3-13 Geoforma relacionada a la Región geomorfológica de Ambiente Volcánico.	37
Tabla 3-14 Flujo lahárico aterrazado (Vfla)	39
Tabla 3-15 Geoformas relacionadas a la Región geomorfológica de Ambiente Antropogénico.	40
Tabla 3-16 Canal artificial (Aca)	42
Tabla 3-17 Explotación de hidrocarburos (Aex)	44
Tabla 3-18 Cortes y llenos antrópicos (Acr)	46
Tabla 3-19 Cuerpo de agua artificial (Acaa)	48
Tabla 3-20 Planos y campos de llenos antrópicos (Ar)	50
Tabla 3-21 Perfil geomorfológico del área de influencia	52
Tabla 3-22 Proceso morfodinámico tipo punto identificado en el área de influencia	55
Tabla 3-23 Descripción de fenómeno de remoción en masa (Deslizamiento)	57
Tabla 3-24 Comparativo en la distribución porcentual de cada subunidad geomorfológica en las temporalidades evaluadas (2014 y 2024)	64
Tabla 3-25 Áreas relacionadas a sedimentación activa para el área de influencia	68
Tabla 3-26 Clasificación del factor R	72
Tabla 3-27 Estaciones seleccionadas	72
Tabla 3-28 Interpretación de datos meteorológicos mensuales multianuales	74
Tabla 3-29 Porcentaje de partículas en las unidades cartográficas del suelo para el área de influencia	80
Tabla 3-30 Calculo de parámetros para determinar el factor K o factor de erodabilidad	81
Tabla 3-31 Categorías empleadas para Subfactor L, Subfactor S y Factor LS	92
Tabla 3-32 Subfactor L, Subfactor S y Factor LS	93
Tabla 3-33 Factor C, relacionado a las coberturas de la tierra	94
Tabla 3-34 Bibliografía de la categorización de pérdida de suelos	96
Tabla 3-35 Categorización de pérdida de suelo definida para el área de influencia	96
Tabla 3-36 Susceptibilidad a la erosión para el área de influencia	98

Elaboró: CONSGA S.A.S	Revisó: Cliente	Aprobó: Cliente	Código Proyecto PO-CO-2024-008	Cap. 3.2.2. Geomorfología Ver: 01	III
--------------------------	--------------------	-----------------	-----------------------------------	--------------------------------------	-----

LISTADO DE FOTOGRAFIAS

Fotografía 3-1 Estación geomorfológica GMF-09	27
Fotografía 3-2 Estación geomorfológica GMF-16	29
Fotografía 3-3 Estación geomorfológica GMF-19	31
Fotografía 3-4 Estación geomorfológica GMF-15	34
Fotografía 3-5 Estación geomorfológica GMF-14	36
Fotografía 3-6 Estación geomorfológica GMF-05	39
Fotografía 3-7 Estación geomorfológica GMF-17	42
Fotografía 3-8 Estación geomorfológica GMF-18	44
Fotografía 3-9 Estación geomorfológica GMF-07	46
Fotografía 3-10 Estación geomorfológica GMF-12	48
Fotografía 3-11 Estación geomorfológica GMF-06	50
Fotografía 3-12 Proceso de remoción en masa: FRM-01.....	56

LISTADO DE ANEXOS

Anexo H. GEOSFERICO

2.Geomorfología

Anexo 2.1. F-01 Formato para Caracterización de Geoformas

Anexo 2.2. F-02 Formato para la caracterización de fenómenos de remoción en masa

Elaboró: CONSGA S.A.S	Revisó: Cliente	Aprobó: Cliente	Código Proyecto PO-CO-2024-008	Cap. 3.2.2. Geomorfología Ver: 01	IV
--------------------------	--------------------	-----------------	-----------------------------------	--------------------------------------	----

3. CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE INFLUENCIA

3.2 Medio Abiótico

3.2.2 Geomorfología

La Geomorfología es la ciencia que trata la descripción y el estudio de la génesis, clasificación, procesos y evolución de las formas antiguas y recientes del terreno (tanto terrestres como submarinas) y su relación con las estructuras infrayacentes. Esta ciencia está enfocada al análisis de la superficie de la tierra en donde interactúan la litosfera, la hidrósfera, la atmósfera y la biosfera (Carvajal, 2008). La geomorfología tiene como objeto principal la caracterización de las geoformas, con base en su morfoestructura, morfometría y principalmente en el origen de las geoformas (morfogénesis o región) y los procesos denudativos que han moldeado las geoformas (morfodinámica).

El análisis para la determinación de las subunidades geomorfológicas del área de influencia se realiza en las siguientes fases:

- Fase Precampo: Consulta, revisión y análisis de información secundaria
 - ◊ Recopilación de la información secundaria

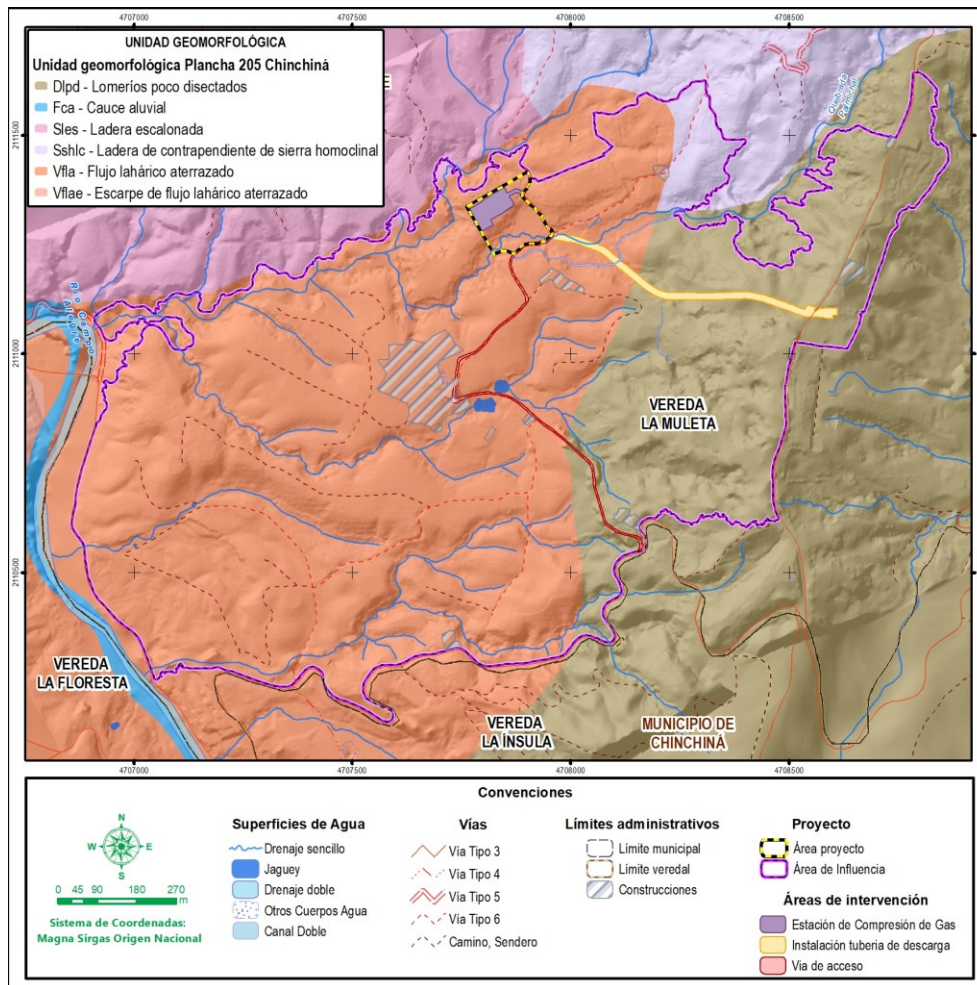
Durante esta fase se recopiló información geomorfológica secundaria principalmente de entidades como el Servicio Geológico Colombiano (SGC) y el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM), a continuación, se presenta la información secundaria recopilada para el presente estudio:

- Geología de la plancha 205 – Chinchiná a escala 1:100000. (SGC, Servicio Geológico Colombiano, 1998).
- Memoria Explicativa de la Zonificación de la Susceptibilidad y la Amenaza Relativa por Movimientos en Masa Escala 1:100.000 Plancha 205 - Chinchiná. (SGC, Servicio Geológico Colombiano. y Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia (UPTC), 2014).
- Mapa geomorfológico aplicado a Movimientos en Masa. Escala 1:100.000. Plancha 205 Chinchiná (SGC, Servicio Geológico Colombiano, 2014) (Figura 3-1).

Elaboró: CONSGA S.A.S	Revisó: Cliente	Aprobó: Cliente	Código Proyecto PO-CO-2024-008	Cap. 3.2.2. Geomorfología Ver: 01	1
--------------------------	--------------------	-----------------	-----------------------------------	--------------------------------------	---

- Mapa de Sistemas Morfogénicos de Colombia (Instituto de Hidrogeología, Meteorología y Estudios Ambientales-IDEAM, 2009) (Figura 3-4).
- Plan de Ordenación y Manejo Ambiental – POMCA -del Río Campoalegre y otros directos Cauca (CARDER y CORPOCALDAS, 2021).
- Plan de Ordenación y Manejo Ambiental – POMCA -del Río Chinchiná (CORPOCALDAS, 2016).

Figura 3-1 Área de influencia enmarcada en el mapa de geomorfológico de la plancha 205 – Chinchiná. Escala 1:100000



Fuente: Servicio Geológico Colombiano-SGC, 2014.

La cartografía del presente estudio fue elaborada bajo la metodología de Carvajal (2012), y acogida por el SGC, Servicio Geológico Colombiano (2012), en la propuesta metodológica

Elaboró: CONSGA S.A.S	Revisó: Cliente	Aprobó: Cliente	Código Proyecto PO-CO-2024-008	Cap. 3.2.2. Geomorfología Ver: 01	2
--------------------------	--------------------	-----------------	-----------------------------------	--------------------------------------	---

sistemática para la generación de mapas geomorfológicos analíticos aplicados a la zonificación de amenaza por movimientos en masa a escala 1:100.000, donde se utilizan los atributos de Morfoestructura y litología, Morfogénesis, Morfología, Morfometría, y Morfodinámica para su delimitación.

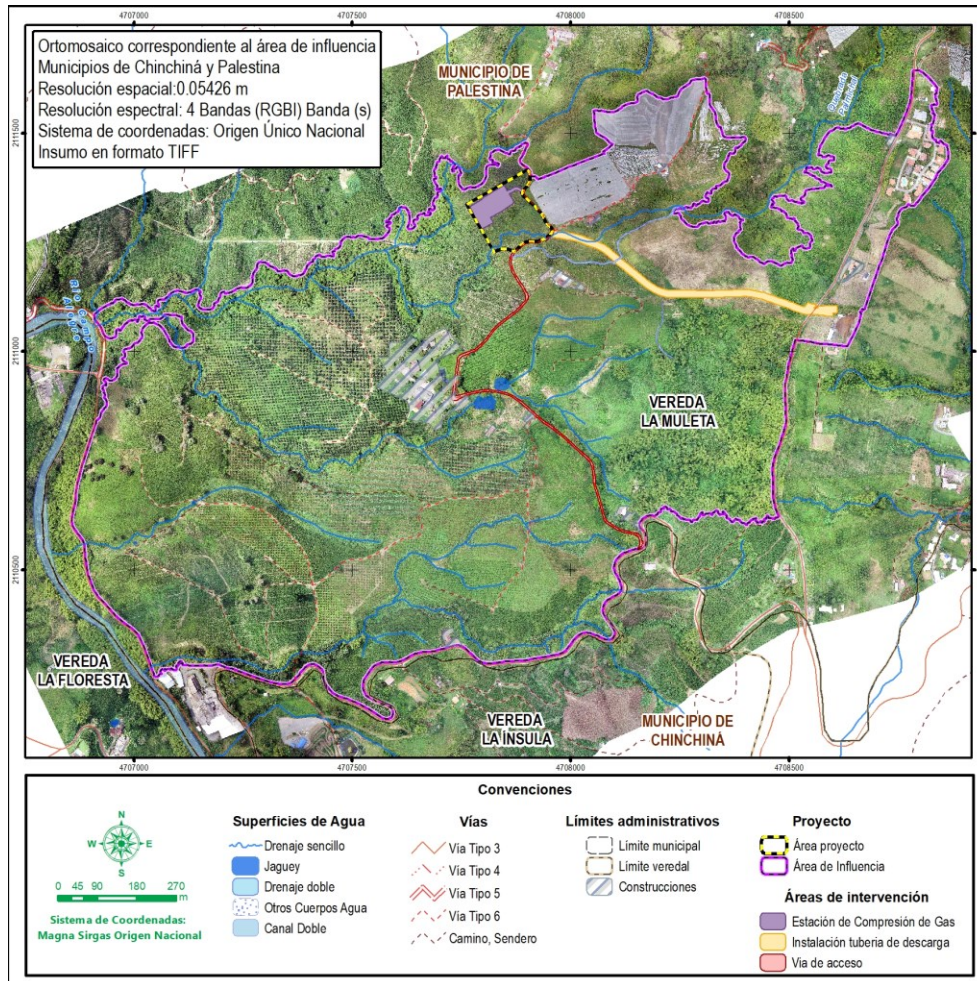
◇ Interpretación geomorfológica preliminar

De acuerdo con la información secundaria recopilada, se realiza la interpretación de los siguientes insumos ofimáticos:

- Ortofoto, con resolución espacial de 0,0543 m, resolución radiométrica de 8 bits y resolución espectral de cuatro (4) bandas (rojo, verde, azul e infrarrojo cercano), (Figura 3-2).

Elaboró: CONSGA S.A.S	Revisó: Cliente	Aprobó: Cliente	Código Proyecto PO-CO-2024-008	Cap. 3.2.2. Geomorfología Ver: 01	3
--------------------------	--------------------	-----------------	-----------------------------------	--------------------------------------	---

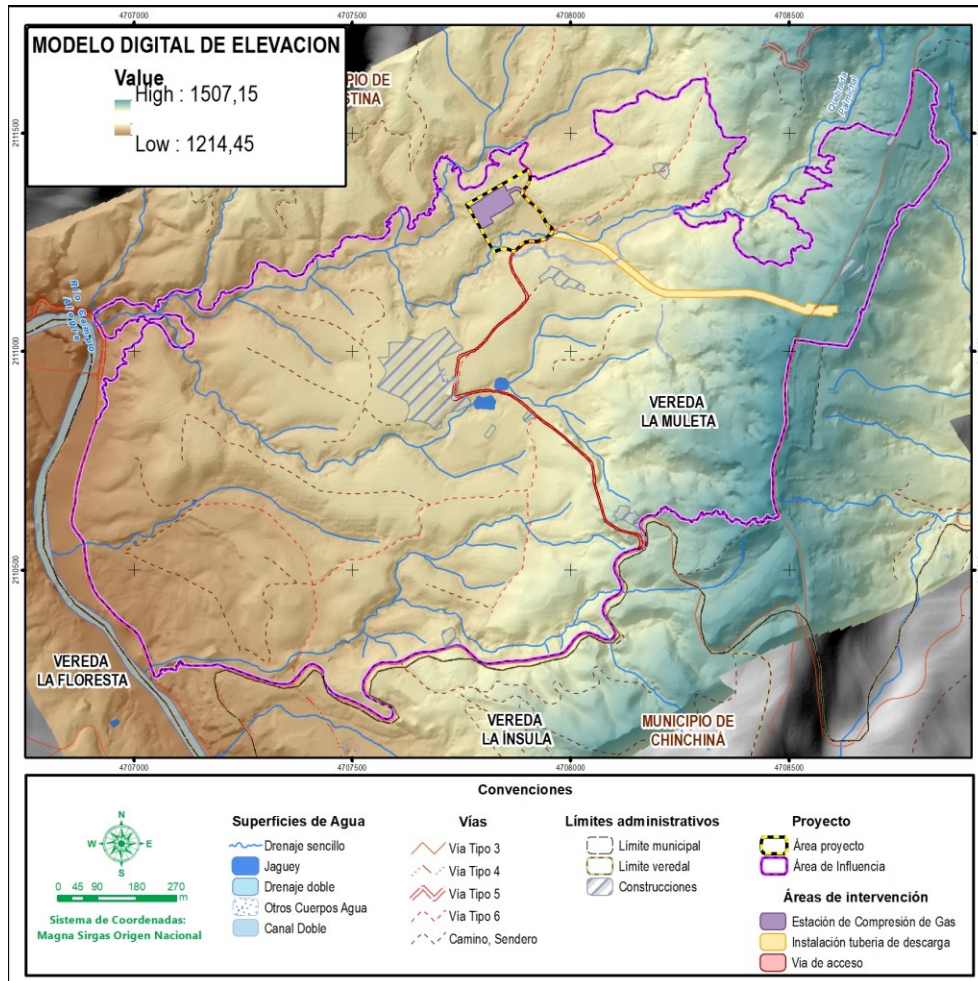
Figura 3-2 Ortofoto para el área de influencia



Fuente: CONSGA BIC S.A.S., 2024.

- Modelo Digital de Elevación (DEM), con resolución espacial de 0,217 m generado mediante Agisoft Metashape Professional, versión 1.7.3 build 12115, a partir de información levantada el 02 de abril de 2024 por método fotogramétrico (Figura 3-3).

Figura 3-3 Modelo Digital de Elevación (DEM) para el área de influencia



Fuente: CONSGA BIC S.A.S., 2024.

El proceso interpretativo, inicialmente consistió en el procesamiento de la información recopilada, con base en la cual se generaron insumos primarios a partir del Modelo Digital de Elevación como el mapa de pendientes, que fue reclasificado según las categorías establecidas por la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales (2014), también se generó una imagen sombreada del terreno (Hillshade), para representar de una forma más clara las características topográficas y geomorfológicas del área de influencia y finalmente obtener la cartografía geomorfológica preliminar.

Elaboró: CONSGA S.A.S	Revisó: Cliente	Aprobó: Cliente	Código Proyecto PO-CO-2024-008	Cap. 3.2.2. Geomorfología Ver: 01	5
--------------------------	--------------------	-----------------	-----------------------------------	--------------------------------------	---

- Fase de control de campo

Esta fase permite validar la información geomorfológica preliminar, en el trabajo de campo llevado a cabo el 11 y 12 de abril de 2024 en el municipio de Palestina, departamento de Caldas, se ejecutaron 19 estaciones geomorfológicas distribuidas sobre toda el área de influencia. La distribución de estas estaciones corresponde con zonas donde es posible observar de una manera más clara las características geomorfológicas como la morfología, morfometría y la morfogénesis, asociada a dos o más geoformas. Esta información esta descrita en el ítem de Geomorfología local.

- Fase post campo

En función de la información definida y levantada, se ajusta la identificación y clasificación de las geoformas definidas preliminarmente, además de sus límites, factores condicionantes y procesos morfodinámicos asociados, para así obtener finalmente la cartografía geomorfológica del área de influencia. Esta cartografía geomorfológica corresponde con la integración de la información recopilada y levantada en las fases anteriores, así como con la interpretación de atributos morfoestructurales, morfogenéticos, morfológicos, morfométricos, y morfodinámicos que son extraídos de la observación directa de insumos como el modelo digital del terreno, el modelo de sombras, el mapa de pendientes, imágenes satelitales, de variables temáticas como la geología y la cobertura vegetal y actividades de campo.

3.2.2.1 Geomorfología Regional

El área de Influencia, en el marco regional y según el Mapa de Sistemas Morfogénicos de Colombia, realizado por el Instituto de Hidrogeología, Meteorología y Estudios Ambientales-IDEAM (2009), se encuentra dentro de la macrounidad Montaña media, con presencia de sistemas morfogenéticos de primer nivel como Conos fluvioglaciares y Vertientes medias y sistemas morfogenéticos de segundo nivel como Relictos de superficies de aplanamiento. La caracterización regional se puede observar a mayor detalle en la Tabla 3-1 y en la Figura 3-4.

Elaboró: CONSGA S.A.S	Revisó: Cliente	Aprobó: Cliente	Código Proyecto PO-CO-2024-008	Cap. 3.2.2. Geomorfología Ver: 01	6
--------------------------	--------------------	-----------------	-----------------------------------	--------------------------------------	---

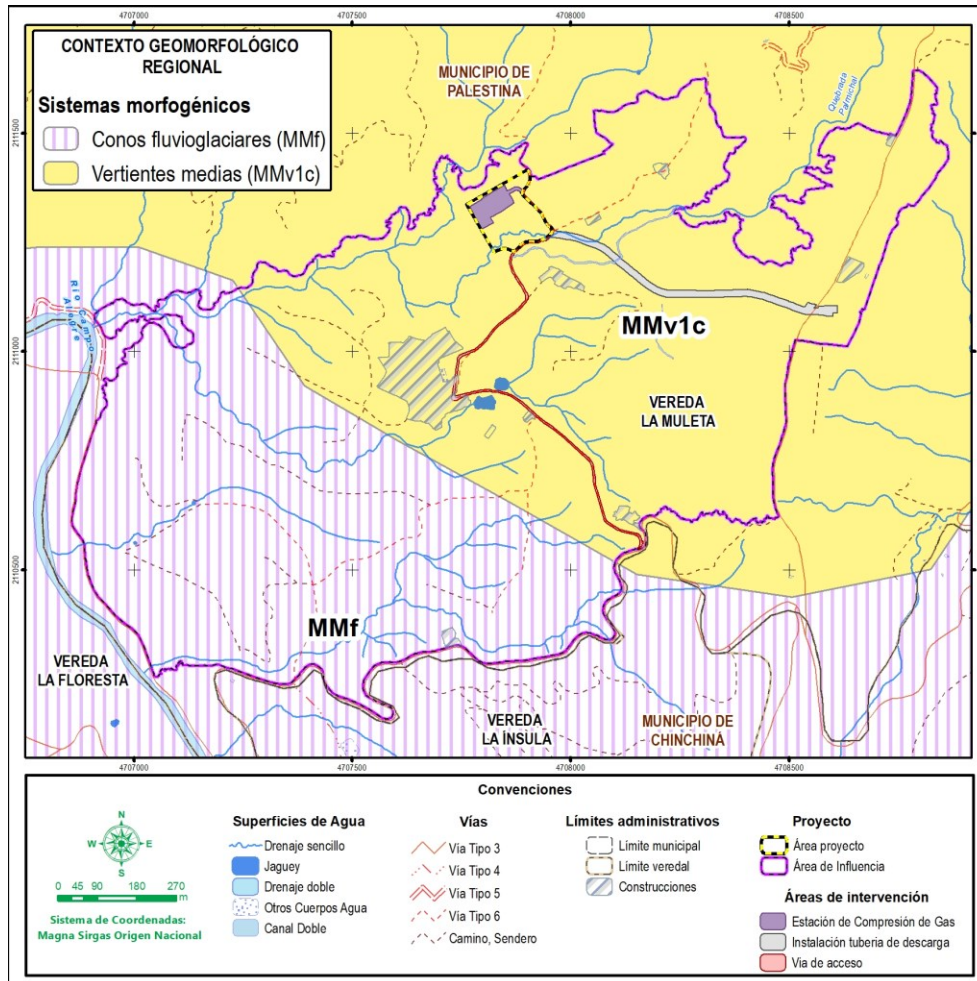
Tabla 3-1 Sistemas morfo genéticos regionales dentro del contexto regional relacionados al área de influencia

MACROUNIDAD	SISTEMA MORFOGENETICO 1	SISTEMA MORFOGENETICO 2	ESTRUCTURA	NOMENCLATURA	DESCRIPCION
Montaña media	Conos fluvioglaciares	-	Valles o cañones conectados hidrográficamente con áreas glaciares (recientes o del pasado)	MMf	Conos formados por depósitos de materiales detríticos sub-angulosos en matriz areno-limosa, con presencia de pendiente media inclinada, áreas planas a ligeramente onduladas y escurrimiento superficial concentrado.
	Vertientes medias	Relictos de superficies de aplanamiento	Macizos aplanados en el Terciario inferior	MMv1c	Colinas y lomeríos asociados a arenas de desagregación con espesores superiores a 5 m y cenizas volcánicas con espesores de 1 m aproximadamente, con presencia de escurrimiento superficial difuso y concentrado.

Fuente: Instituto de Hidrogeología, Meteorología y Estudios Ambientales-IDEAM, (2009).

Elaboró: CONSGA S.A.S	Revisó: Cliente	Aprobó: Cliente	Código Proyecto PO-CO-2024-008	Cap. 3.2.2. Geomorfología Ver: 01	7
--------------------------	-----------------	-----------------	-----------------------------------	--------------------------------------	---

Figura 3-4 Sistemas morfo genéticos regionales relacionados al área de influencia



Fuente: Instituto de Hidrogeología, Meteorología y Estudios Ambientales-IDEAM, (2009), modificado por CONSGA BIC S.A.S., 2024.

3.2.2.2 Geomorfología local

La geomorfología es el estudio de las formas del relieve de la superficie terrestre; su utilización práctica, permite la descripción y análisis de las formas y evolución del relieve estudiando los procesos del modelado.

Como se mencionó previamente, para la elaboración de la cartografía geomorfológica local se aplicó la metodología de Carvajal (2012), la cual es acogida por el Servicio Geológico Colombiano (2012) y se presenta a detalle en el numeral 1.1.2.1.2 Geomorfología contenido en *Anexos E. METODOLOGÍAS*. En términos generales para la elaboración de la

Elaboró: CONSGA S.A.S	Revisó: Cliente	Aprobó: Cliente	Código Proyecto PO-CO-2024-008	Cap. 3.2.2. Geomorfología Ver: 01	8
--------------------------	--------------------	-----------------	-----------------------------------	--------------------------------------	---

cartografía geomorfológica a nivel local, en primera medida se utilizó información secundaria, asociada a productos generados a través de diferentes tipos de sensores remotos en donde las especificaciones de cada insumo se encuentran en el ítem de GEOMORFOLOGÍA en el apartado de Fase pre campo (Numeral 3.2.2). A continuación, se muestra el análisis de algunos de los insumos usados para la interpretación de las geformas relacionadas al área de influencia.

3.2.2.2.1 Análisis e interpretación geomorfológica local

Para realizar la interpretación geomorfológica local, se realiza la validación y el reconocimiento de la morfología asociada al área de influencia, en donde se reconocen la existencia de tres tipos de materiales; depósitos, los cuales están relacionados a zonas en donde se acumulan materiales por la dinámica fluvial del área, y además, Depósitos de Lahar, relacionados a un ambiente volcánico y las Formaciones, Complejo Quebradagrande (Conjunto Volcánico), Complejo Arquía-Esquistos de Lisboa-Palestina. Estos materiales integran distintos tipos de material parental, es decir, que de forma preliminar, la diferencia entre estos materiales permite establecer que existen zonas de origen deposicional diferenciadas por zonas más competentes, además, es importante establecer que debido a estas variaciones de génesis, las subunidades geomorfológicas más representativas corresponden a los límites cartográficos definidos en la capa de Geología del presente proyecto; de acuerdo a lo anterior, a continuación se presenta el análisis de los insumos ofimáticos, los cuales permiten diferenciar en primera instancia las condiciones geomorfológicas del área de influencia.

3.2.2.2.1.1 Ortofoto

Esta fotointerpretación geomorfológica consistió en la revisión e identificación de áreas relacionadas a procesos erosivos y a drenajes; donde para el área de influencia no se identificaron procesos erosivos por fotointerpretación, ya que las zonas con escasa vegetación se asocian a cultivos de Guayaba y Café, así como a terrenos en preparación, por otra parte, es importante tener en cuenta que la vegetación densa cubre los drenajes.

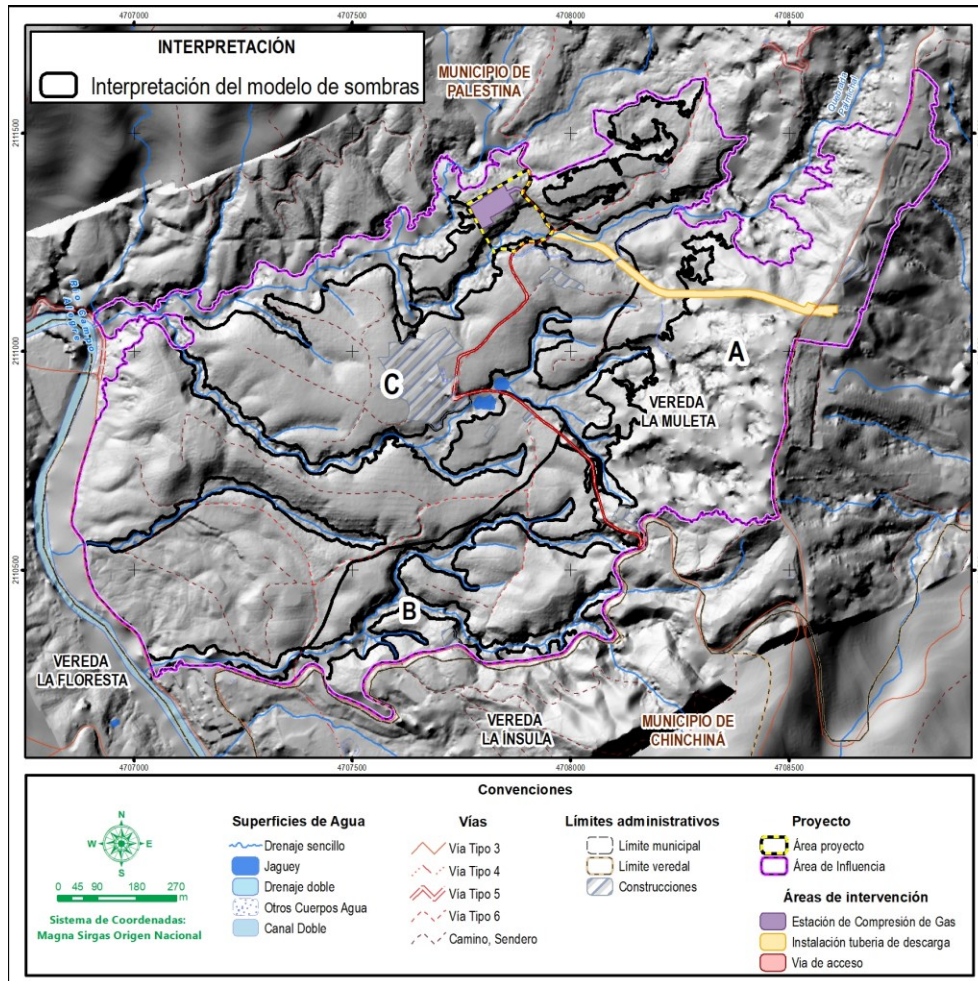
Elaboró: CONSGA S.A.S	Revisó: Cliente	Aprobó: Cliente	Código Proyecto PO-CO-2024-008	Cap. 3.2.2. Geomorfología Ver: 01	9
--------------------------	--------------------	-----------------	-----------------------------------	--------------------------------------	---

3.2.2.2.1.2 Modelo de sombras Hillshade

El modelo de sombras (Hillshade) al ser un ráster en el cual se resaltan las características del relieve mediante la iluminación de la superficie del terreno en función de la posición y la altura solar permite facilitar el contraste visual para identificar y caracterizar las geformas; En el área de influencia se observa un contraste textural en el modelo de sombras como se muestra en la Figura 3-5, en donde se observan zonas al este del área de influencia (A) de apariencia corrugada, posiblemente asociadas a erosión diferencial por los cambios de altura y debido a la dinámica de la esorrentía superficial generando el desgaste en superficie, estas zonas corrugadas son ampliamente diferenciables y contrastantes con las zonas que presentan texturas más lisas (C), en donde, estas zonas se visualizan cóncavas y con menor erosión que la previamente descrita, relacionándose esta textura a las cenizas y flujos de escombros de origen Volcánico; por último, el modelo de sombras permite observar que el flujo de escombros se encuentra disectado por los principales drenajes del área de influencia que son tributarios del Río Campo Alegre con el cual limita el área de influencia, estas zonas (B), se observan en gris oscuro, producto de la sombra en los sectores de socavación y relacionada a Depósitos Coluvio Aluviales. En conclusión, este insumo nos permite determinar y comprobar la existencia de tres regiones: ambiente volcánico, ambiente denudacional y ambiente fluvial.

Elaboró: CONSGA S.A.S	Revisó: Cliente	Aprobó: Cliente	Código Proyecto PO-CO-2024-008	Cap. 3.2.2. Geomorfología Ver: 01	10
--------------------------	--------------------	-----------------	-----------------------------------	--------------------------------------	----

Figura 3-5 Fotointerpretación geomorfológica, modelo de sombras



Fuente: CONSGA BIC S.A.S., 2024.

3.2.2.2.1.3 Contraste de relieve o relieve relativo

El relieve relativo al definirse como la diferencia entre la mayor elevación y la menor elevación por unidad de área (Chacón, 1993) se expresa como la máxima diferencia de altura del terreno por Km². Para el cálculo de este insumo, se usó ArcGIS como herramienta de análisis y se clasificó teniendo en cuenta los valores presentados en la Tabla 3-2. El relieve relativo relacionado al área de influencia se puede observar en la Figura 3-6, indicando la existencia de materiales blandos erosionables en relación a las estructuras que se pueden encontrar en otras regiones del país, sin embargo, se puede apreciar predominantemente una diferencia entre la zona este del área de influencia, correspondiendo así a materiales más competentes y que se ve además enmarcada por la

Elaboró: CONSGA S.A.S	Revisó: Cliente	Aprobó: Cliente	Código Proyecto PO-CO-2024-008	Cap. 3.2.2. Geomorfología Ver: 01	11
--------------------------	--------------------	-----------------	-----------------------------------	--------------------------------------	----

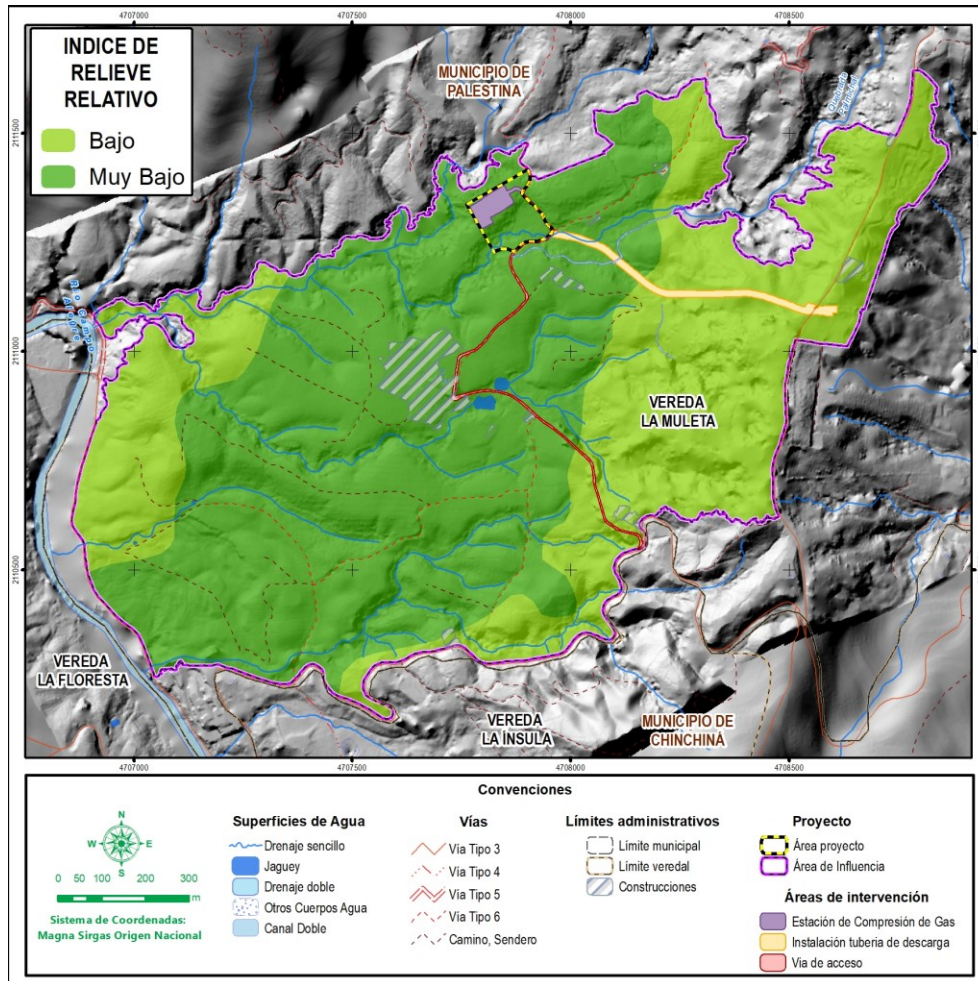
diferencia litológica del área de influencia, sin embargo, el índice de relieve relativo muy bajo no se atribuye a la erosión de los materiales únicamente, sino a su proceso de formación como flujo lahárico; se infiere además que dado a que la diferencia de altura es muy baja y baja, el potencial del sistema de drenaje también es bajo.

Tabla 3-2 Rangos de intervalos de altura o relieve relativo

ALTURA (m)	DESCRIPCIÓN DEL RELIVE	RESITENCIA RELATIVA DEL MATERIAL
< 50	Muy Bajo	Materiales muy blandos y erosionables.
50-250	Bajo	Blando erosionable.
250 – 500	Moderado	Moderadamente blando y erosión alta.
500 – 1000	Alto	Resistente y erosión moderada.
1000 – 2500	Muy Alto	Muy resistente y erosión baja.
>2500	Extremadamente alto	Extremadamente resistente y erosión muy baja

Fuente: Servicio Geológico Colombiano, 2012.

Figura 3-6 Relieve relativo para el área de influencia



Fuente: CONSGA BIC S.A.S., 2024.

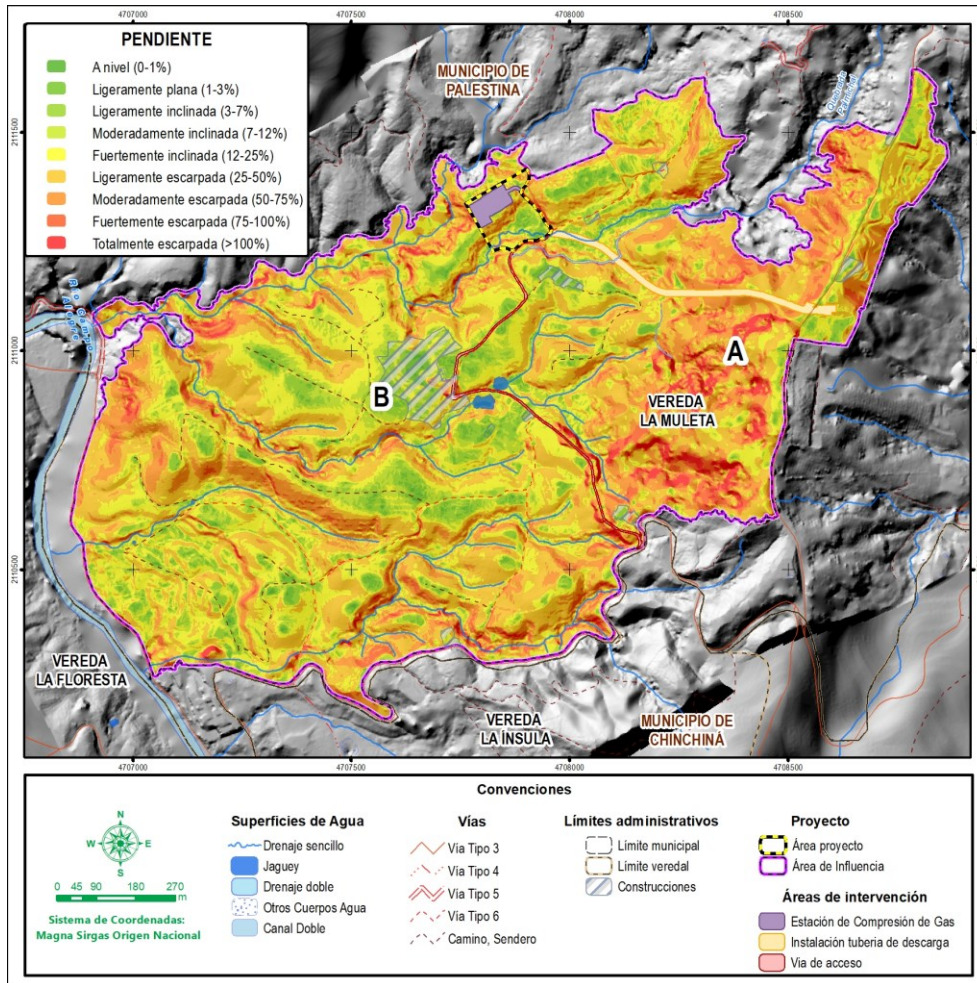
3.2.2.2.1.4 Inclinación de la ladera-Pendiente

En el área de influencia se pueden observar dos (2) zonas diferenciadas, en las cuales se aprecia una tendencia a pendientes ligeramente planas a ligeramente inclinadas hacia el centro (A), correspondientes a las cimas de los materiales de los depósitos de Lahar, asimismo en este sector se observan zonas con escarpes que se evidencian en pendientes de empinadas a fuertemente empinadas, las cuales pueden ser consecuencia de la génesis volcánica del área y que son marcadas por los drenajes del área de influencia, a su vez las pendientes permiten ver que al este del área de influencia (B) se observan zonas predominantemente escarpadas a totalmente escarpadas, esta diferencia de pendiente se relaciona a materiales más competentes, pero que por altura diferencial están más

Elaboró: CONSGA S.A.S	Revisó: Cliente	Aprobó: Cliente	Código Proyecto PO-CO-2024-008	Cap. 3.2.2. Geomorfología Ver: 01	13
--------------------------	--------------------	-----------------	-----------------------------------	--------------------------------------	----

propensos a erosionarse, la distribución espacial de las pendientes en el área de influencia se puede observar en la Figura 3-7.

Figura 3-7 Pendientes del terreno para el área de influencia



Fuente: CONSGA BIC S.A.S., 2024.

A continuación, en la Tabla 3-3 se presenta la distribución porcentual de la pendiente del terreno para el área de influencia

Tabla 3-3 Distribución de las pendientes del terreno

PENDIENTE	NOMENCLATURA	ÁREA (ha)	ÁREA (%)
A nivel	0 - 1 %	0,245	0,153
Ligeramente plana	1 - 3 %	3,035	1,897
Ligeramente inclinada	3 - 7 %	10,695	6,685
Moderadamente inclinada	7 - 12 %	15,530	9,707
Fuertemente inclinada	12 - 25 %	39,008	24,382

Elaboró: CONSGA S.A.S	Revisó: Cliente	Aprobó: Cliente	Código Proyecto PO-CO-2024-008	Cap. 3.2.2. Geomorfología Ver: 01	14
--------------------------	--------------------	-----------------	-----------------------------------	--------------------------------------	----

PENDIENTE	NOMENCLATURA	ÁREA (ha)	ÁREA (%)
Ligeramente escarpada o ligeramente empinada	25 - 50 %	54,206	33,881
Moderadamente escarpada o moderadamente empinada	50 - 75 %	25,609	16,007
Fuertemente escarpada o fuertemente empinada	75 - 100 %	7,969	4,981
Totalmente escarpada	>100%	3,691	2,307
TOTAL		159,990	100,000

Fuente: CONSGA BIC S.A.S., 2024.

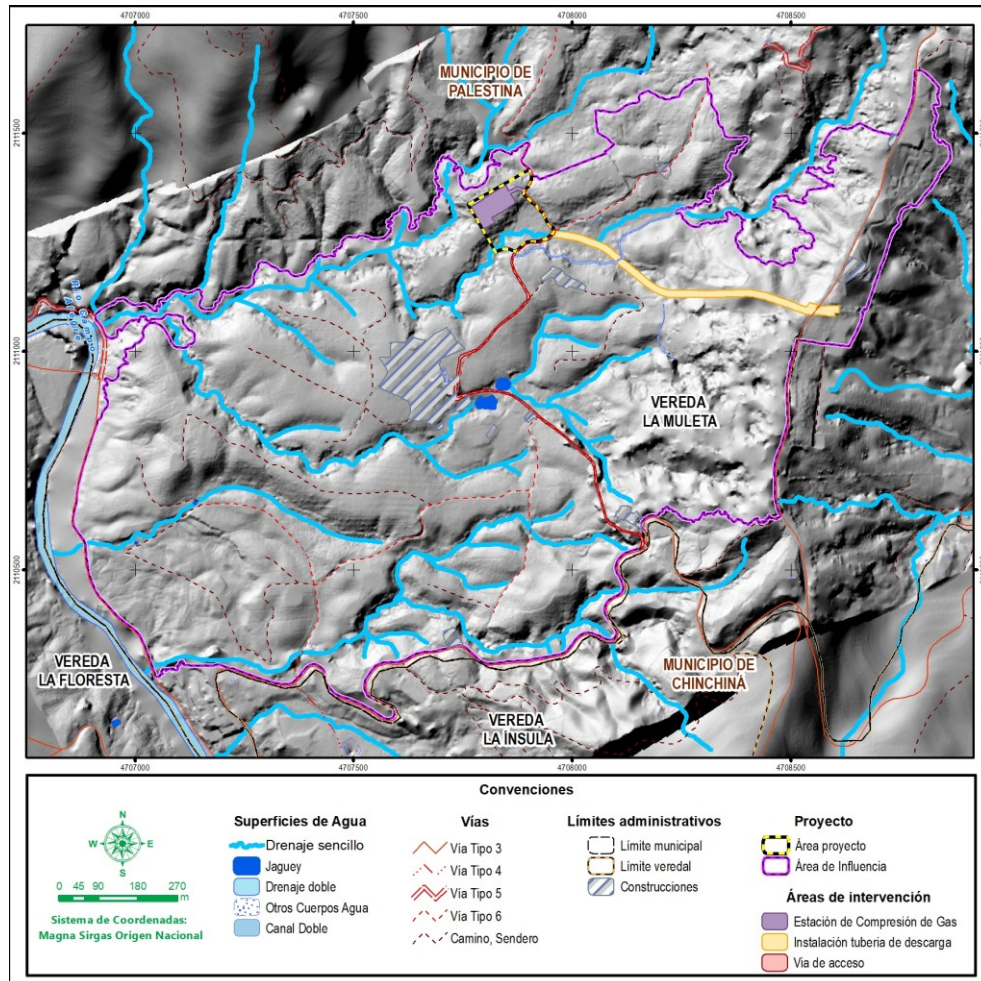
3.2.2.2.1.5 Patrones de drenaje

El patrón de drenaje para el área de influencia corresponde a drenajes sencillos de segundo orden que presentan una dirección preferencial hacia el oeste ya que son tributarios del Río Campo Alegre, el cual se encuentra fuera del área de influencia, además estos drenajes presentan pequeñas ramificaciones de drenajes, en donde la dirección se relaciona con la morfología de las laderas.

La estructura geológica de los Depósitos de Lahar permite visualizar la formación de distintos niveles de terraza los cuales son marcados por los drenajes en el área, es así como se dibuja un patrón de drenaje de tipo subparalelo con distintos niveles de incisión. En este tipo de drenaje los cursos de los drenajes se ramifican formando ángulos agudos con el cauce principal, como se muestra en la Figura 3-8. Asimismo, se tiene que el área de influencia presenta una densidad de drenaje que oscila desde 3,01 km/km² hasta 3,95 km/km².

Elaboró: CONSGA S.A.S	Revisó: Cliente	Aprobó: Cliente	Código Proyecto PO-CO-2024-008	Cap. 3.2.2. Geomorfología Ver: 01	15
--------------------------	--------------------	-----------------	-----------------------------------	--------------------------------------	----

Figura 3-8 Patrón de drenaje

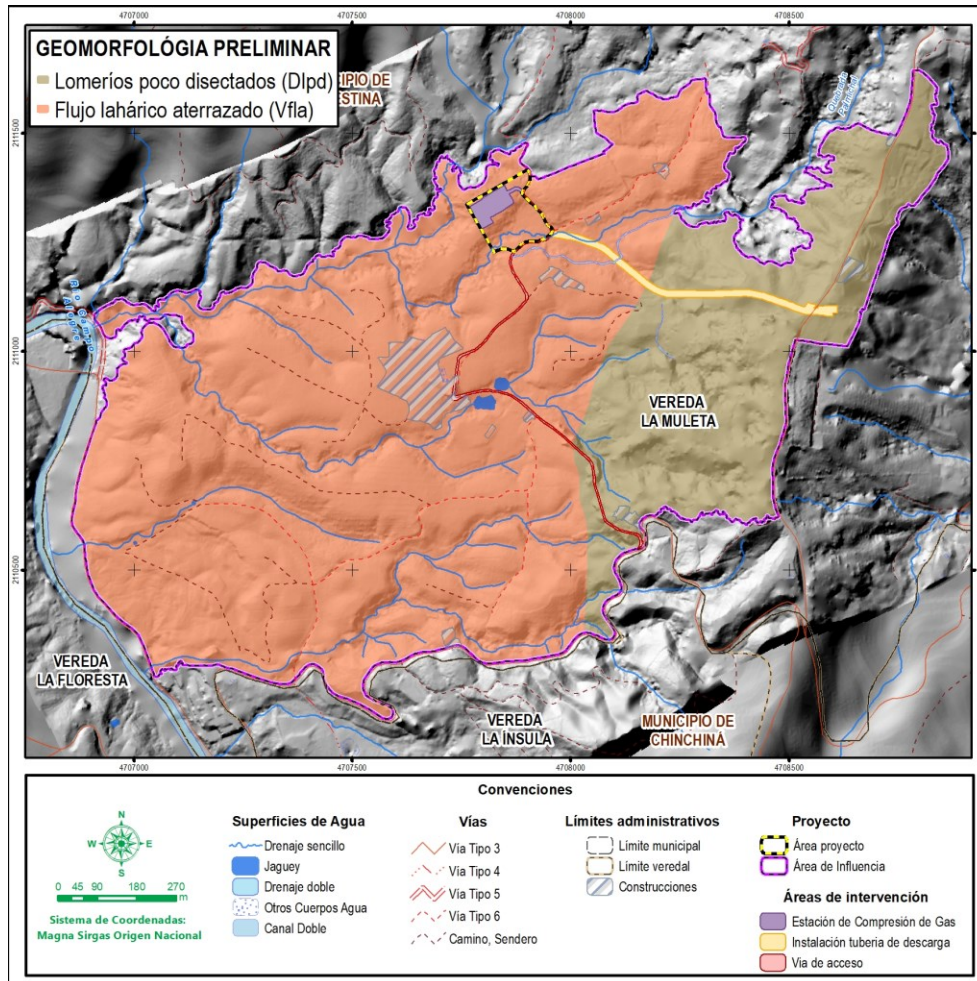


Fuente: CONSGA BIC S.A.S., 2024.

Una vez realizado el análisis de los insumos, se considera la cartografía geomorfológica preliminar de las subunidades geomorfológicas usando los límites cartográficos de la geología preliminar presentes en el área de influencia, como se observa en la Figura 3-9.

Elaboró: CONSGA S.A.S	Revisó: Cliente	Aprobó: Cliente	Código Proyecto PO-CO-2024-008	Cap. 3.2.2. Geomorfología Ver: 01	16
--------------------------	--------------------	-----------------	-----------------------------------	--------------------------------------	----

Figura 3-9 Cartografía geomorfológica preliminar



Fuente: CONSGA BIC S.A.S., 2024.

3.2.2.2.2 Definición de las subunidades geomorfológicas

Para validar la geomorfología preliminar, se levantaron 19 estaciones geomorfológicas, distribuidas sobre el área de influencia, la distribución de estas estaciones corresponde con zonas donde es posible observar de una manera más clara las características geomorfológicas como la morfogénesis, morfología y morfometría asociada a dos o más geoformas. La información fue consignada en los “formatos para caracterización de geoformas”, en donde se incluyen los aspectos más relevantes de las geoformas presentes en el área de influencia. En la Figura 3-10 se presenta una de las fichas de caracterización realizadas, las demás fichas pueden verse en Anexos\H. GEOSFERICO\2. Geomorfología\ Anexo 2.1. F-01 Formato para caracterización de geoformas SGC.

Elaboró: CONSGA S.A.S	Revisó: Cliente	Aprobó: Cliente	Código Proyecto PO-CO-2024-008	Cap. 3.2.2. Geomorfología Ver: 01	17
--------------------------	--------------------	-----------------	-----------------------------------	--------------------------------------	----

Figura 3-10 Formato de caracterización de estaciones geomorfológicas

CONSGA		F-01 FORMATO PARA CARACTERIZACIÓN DE GEOFORMAS ESTACIONES GEOMORFOLÓGICAS FORMATO DE CAMPO												TGI Geotecnología										
INFORMACIÓN GENERAL														CARACTERIZACIÓN SUBUNIDAD GEOMORFOLÓGICA										
PROYECTO:		MODIFICACIÓN DE LICENCIA PARA LA CONSTRUCCIÓN DE LA ESTACIÓN DE COMPRESIÓN DE GAS PALESTINA (ECG)										Geoforma caracterizada												
Departamento	Caldas	E (m)	4708231,35	Realizado por:	Leidy Cárdenas Avella									Lomeríos poco disectados (Dipd)										
Municipio	Palestina	N (m)	211244,64	Fecha:	12/04/2024																			
Vereda	La Muleta	Altitud	1364,84	Origen Coordenadas:	Magna Sirgas CTM 12																			
MORFOGENESIS				UBICACIÓN GEOMORFOLÓGICA								OBSERVACIONES												
TIPO DE REGIÓN				Geomorfología								Para el punto no se identifican procesos morfodinámicos. NA: No Aplica												
Antropogénico				Cordillera, Orogeno																				
Denuclacional				Cordillera Central																				
Eólico				Ambiente Denuclacional																				
Estructural				Lomerío																				
Fluvial				Lomeríos poco disectados																				
				Componente								No Aplica												
MORFOLOGÍA - MORFOLOGÍA - MORFOMETRÍA - COBERTURA														CARACT. DRENAJE				MORFODINÁMICA						
ID	TIPO DE REGIÓN GEOMORFOLÓGICA, RG	UNIDAD LITOLÓGICA						CARACT. DRENAJE						EROSIÓN				MOVIMIENTOS EN MASA						
		TRO	GM	GF	TSU	TG	TR	IR	I	LL	FL	FC	FV	C y U	D	FR	TEX	PT	TE	EC	IER	TMM	TMA	ACT
GMP-02	2	5	4	2	3.6	2 a 3	1	2	3	1	3	2	NA	6 y 3	3	5	1 a 3	4	NA	NA	NA	NA	NA	Inactiva
REGIÓN GEOMORFOLÓGICA, RG		TIPO DE ROCA, TRO		GRADO DE METEORIZACIÓN, GM		GRADO DE FRACTURAMIENTO, GF		DENSIDAD, D		PATRÓN, PT		TIPO DE EROSIÓN, TE		INTENSIDAD DE LA EROSIÓN, IER		TIPO DE LOS MM, TMM								
1. Antropogénico		1. Ignea ácida		1. Fresca		1. Roca Sana		1. Baja (<0,5 km/km ²)		1. Dendrítrico		1. Laminar		1. Suave		1. Caídas								
2. Denuclacional		2. Ignea intermedia		2. Débil		2. Roca fracturada		2. Moderada (0,5 a 1 km/km ²)		2. Subdendrítrico		2. Surcos		2. Moderada		2. Volcamientos								
3. Eólico		3. Ignea básica		3. Moderada		3. Roca Muy fracturada		3. Alta (>1 km/km ²)		3. Paralelo		3. Barrancos		3. Severa		3. Deslizamiento rotacional								
4. Estructural		4. Ignea ultrabásica		4. Alta						4. Subparalelo		4. Cárcavas		4. Deslizamiento traslacional		4. Reptación								
5. Fluvial		5. Volcánicas Básicas								5. Pinado		5. Socavación		5. Reptación										
6. Glacial		6. Sediment. cementada								6. Rectangular		6. Tierras malas		6. Propagación lateral										
7. Kástico										7. Radial		7. Terracetes		7. Flujos										
8. Marino										8. Anular		8. Eólica		8. Compuestos										
9. Volcánico										9. Multicuena		9. Glacial		9. Complejos										
										10. Condicionado		10. Kástica												
										11. Otro		11. Marina												
												12. Antrópica												
TIPO DE RELIEVE, TR		ÍNDICE DE RELIEVE, IR		TIPO DE SUELO, TSU		INCLINACIÓN, I		TEXTURA, TEX		D		FR		ESPACIAMIENTO ENTRE CANALES, EC										
1. Montañoso (>400 m)		1. Muy bajo (<50 m)		1. Antropico		1. A nivel (0-1%)		1. Gruesa		1		4 o 5		1. (<5 m)										
2. Colina (20 a 500 m)		2. Bajo (50 - 250 m)		2. Residual		2. Ligeramente plana (1-3%)		2. Mediana		2		3		2. (5 m a 15 m)										
3. Loma (50 a 200 m)		3. Montículo (<50 m)		3. Transportado		3. Ligeramente inclinada (3-7%)		3. Fina		3		2		3. (15 m a 50 m)										
4. Montículo (<50 m)		4. Plano		3.1 Aluviales (Terrazas, Abanicos)		4. Moderadamente inclinada (7-12%)		4. Muy Baja (5 a 10 #Frec/km ²)		4		1		4. (50 m a 150 m)										
5. Plano		5. Longitud LADERA, LL		3.2 Coluvios aluviales		5. Ligeramente escarpada (25-50%)		5. Muy baja (<5 #Frec/km ²)		5				5. (150 m a 500 m)										
1. Muy corta (<50 m)		1. Muy corta (<50 m)		3.3 Glacial		6. Moderadamente escarpada (50-75%)								6. (>500 m)										
2. Corta (50 - 250 m)		2. Corta (50 - 250 m)		3.4 Talus		7. Fuertemente escarpada (75-100%)																		
				3.5 Flujos		8. Totalmente escarpada (>100%)																		
				3.6 Volcánicos																				
				3.7 Eólicos																				
				3.8 Fluvioalacustre																				
				3.9 Plano de inundación																				
FORMA LADERA, FL		FORMAS DE LA CRESTA, FC		FORMAS DEL VALLE, FV		COBERTURA, C		GRUPO DE USO DEL TERRENO, U				TIPO DE ACTIVIDAD		TIPO DE MATERIAL ASOCIADO, TMA										
1. Larga (500 - 1000 m)		1. Rectilínea		1. Artesa		1. Pastos		1. Ganadería				Inactiva: No presenta movimientos en masa		1. Finos										
5. Muy larga (1000 - 2500 m)		2. Cóncava		2. Forma de V		2. Bosques		2. Explot. Forestal				Poco activa: Presenta pocos MM		2. Arena (0,075 a 4,75 mm)										
6. Extremada/larga (>2500 m)		3. Convexa		3. Forma de U		3. Cultivos		3. Agricultura				Activa: Presenta varios MM		3. Grava (4,75 - 75,0 mm)										
		4. Irregular				4. Canteras		4. Explotación minera						4. Guijros (75 - 300 mm)										
		5. Compleja				5. Urbana		5. Otro						5. Bloques (>300 mm)										
						6. Otro		Café																
ANEXOS DEL FORMATO																								
FOTOGRAFÍA 1						UBICACIÓN ESTACIÓN GEOMORFOLÓGICA																		
<p style="text-align: center;">Lomeríos poco disectados (Dipd)</p>																								

Fuente: CONSGA BIC S.A.S., 2024.

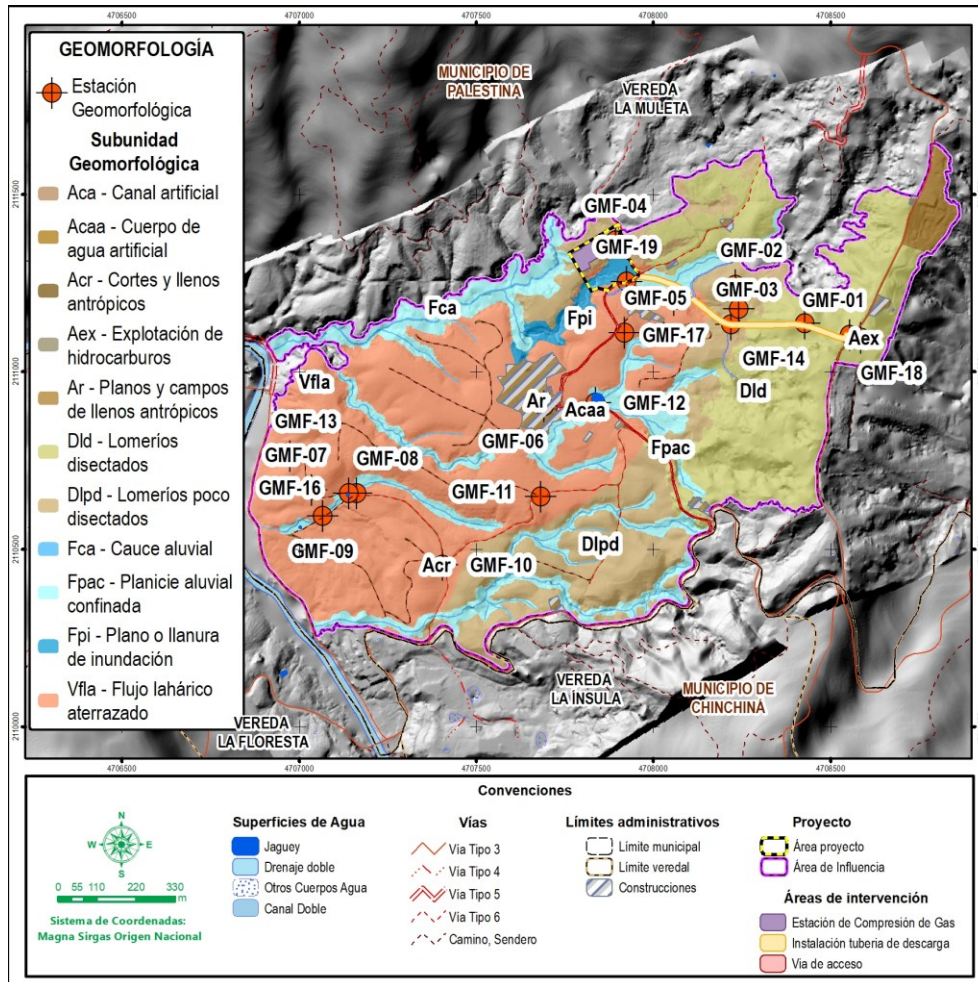
En la Tabla 3-4 y en la Figura 3-11, se presenta las coordenadas y ubicación de las estaciones geomorfológicas para el área de influencia.

Tabla 3-4 Coordenadas de ubicación de las estaciones geomorfológicas

ID ESTACIÓN GEOMORFOLÓGICA	GEOFORMA CARACTERIZADA	NOMENCLATURA	MAGNA SIRGAS ORIGEN ÚNICO		
			ESTE (m)	NORTE (m)	COTA (m.s.n.m.)
GMF-01	Lomeríos disectados	Dld	4.708.553,59	2.111.104,16	1.465,11
GMF-02	Lomeríos poco disectados	Dlpd	4.708.231,35	2.111.244,64	1.364,84
GMF-03	Lomeríos poco disectados	Dlpd	4.708.219,26	2.111.134,44	1.364,88
GMF-04	Lomeríos poco disectados	Dlpd	4.707.892,73	2.111.371,14	1.332,75
GMF-05	Flujo lahárico aterrazado	Vfla	4.707.917,23	2.111.110,21	1.344,57
GMF-06	Planos y campos de llenos antrópicos	Ar	4.707.690,69	2.110.903,75	1.339,96
GMF-07	Cortes y llenos antrópicos	Acr	4.707.035,44	2.110.666,91	1.283,63
GMF-08	Flujo lahárico aterrazado	Vfla	4.707.161,28	2.110.657,71	1.287,50
GMF-09	Planicie aluvial confinada	Fpac	4.707.066,01	2.110.593,56	1.274,17
GMF-10	Flujo lahárico aterrazado	Vfla	4.707.404,55	2.110.456,71	1.308,41
GMF-11	Cortes y llenos antrópicos	Acr	4.707.681,16	2.110.648,06	1.341,38
GMF-12	Cuerpo de agua artificial	Acaa	4.707.836,57	2.110.913,49	1.333,13
GMF-13	Flujo lahárico aterrazado	Vfla	4.706.973,34	2.110.763,18	1.275,32
GMF-14	Lomeríos disectados	Dld	4.708.426,12	2.111.136,93	1.445,38
GMF-15	Lomeríos poco disectados	Dlpd	4.708.240,51	2.111.178,23	1.363,66
GMF-16	Cauce aluvial	Fca	4.707.139,67	2.110.658,05	1.285,56
GMF-17	Canal artificial	Aca	4.708.057,57	2.111.203,64	1.339,11
GMF-18	Explotación de hidrocarburos	Aex	4.708.584,43	2.111.096,54	1.465,63
GMF-19	Plano o llanura de inundación	Fpi	4707.924,27	2.111.255,25	1.329,29

Fuente: CONSGA BIC S.A.S., 2024.

Figura 3-11 Distribución espacial de las estaciones geomorfológicas para el área de influencia.

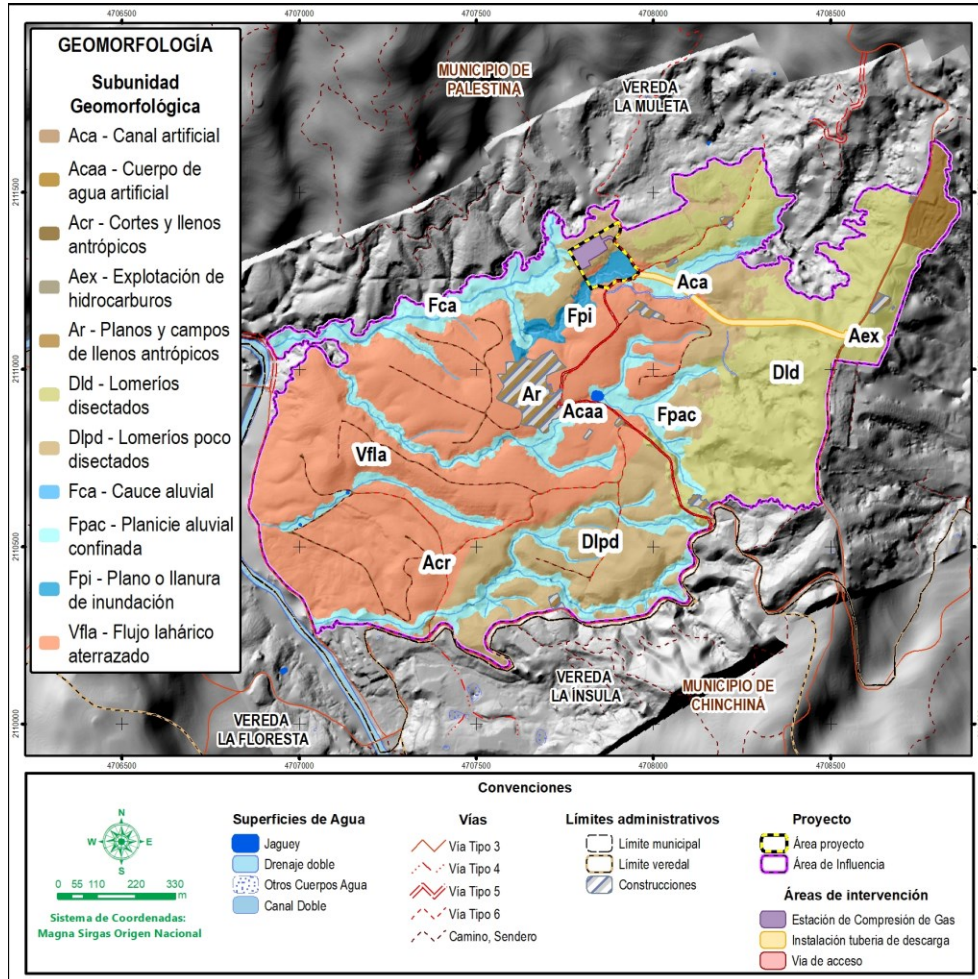


Fuente: CONSGA BIC S.A.S., 2024.

Teniendo en cuenta las características morfológicas identificadas dentro del área de influencia y de acuerdo a la integración de toda la información recopilada y levantada durante la fase de precampo, campo y post campo, se presenta a continuación, en la Tabla 3-5 y Figura 3-12 las subunidades geomorfológicas identificadas dentro del área de influencia, y su distribución porcentual en la Figura 3-13.

Elaboró: CONSGA S.A.S	Revisó: Cliente	Aprobó: Cliente	Código Proyecto PO-CO-2024-008	Cap. 3.2.2. Geomorfología Ver: 01	20
--------------------------	--------------------	-----------------	-----------------------------------	--------------------------------------	----

Figura 3-12 Geomorfología local para el área de influencia



Fuente: CONSGA BIC S.A.S., 2024.

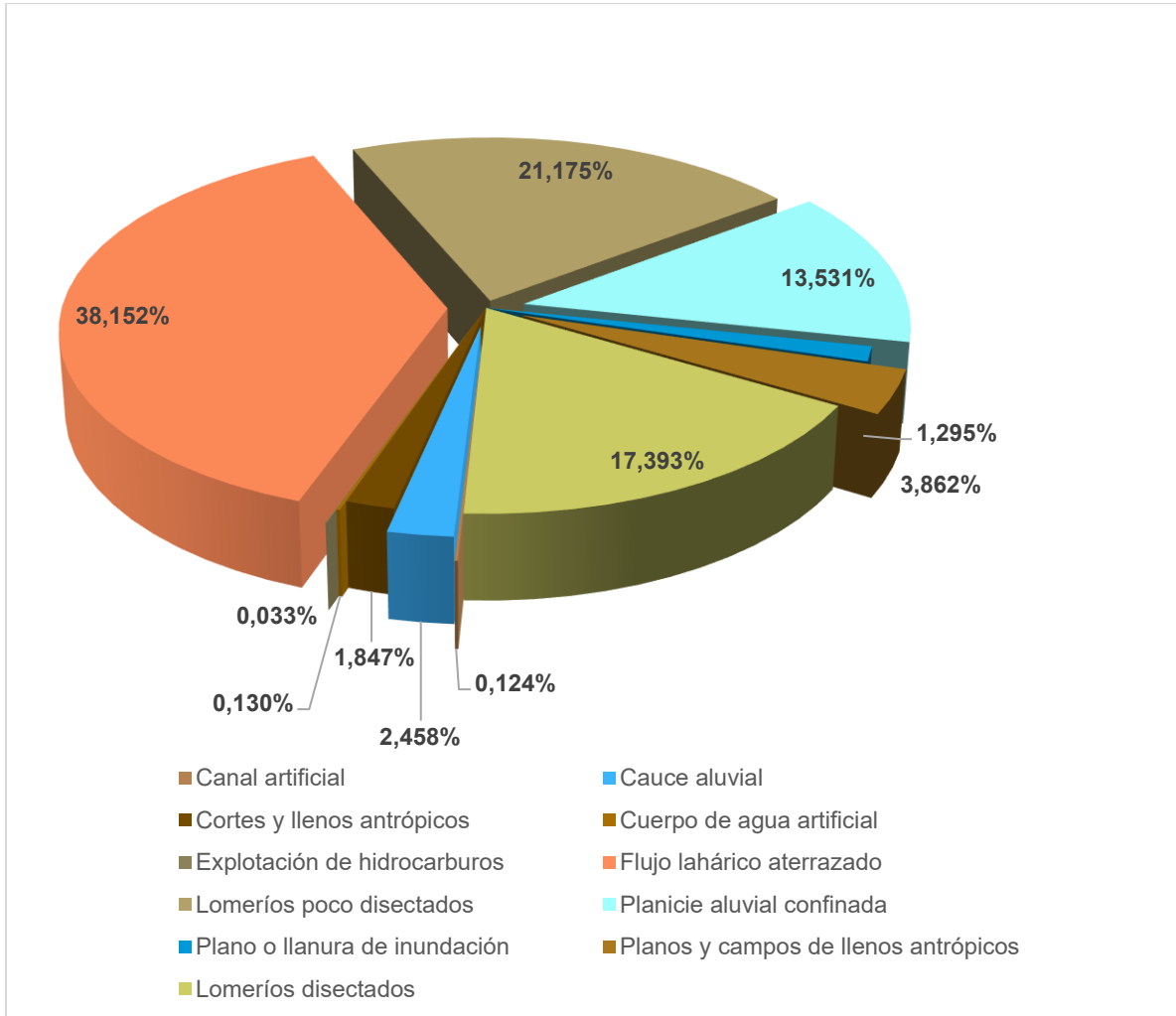
Elaboró: CONSGA S.A.S	Revisó: Cliente	Aprobó: Cliente	Código Proyecto PO-CO-2024-008	Cap. 3.2.2. Geomorfología Ver: 01	21
--------------------------	--------------------	-----------------	-----------------------------------	--------------------------------------	----

Tabla 3-5 Distribución porcentual de las geoformas

GEOMORFO ESTRUCTURA	PROVINCIA	REGIÓN	UNIDAD	SUBUNIDAD	NOMENCLATURA	ÁREA	
						ha	%
Cordillera, Orógeno	Cordillera Central	Ambiente Fluvial	Llanuras Inundación	Planicie aluvial confinada	Fpac	21,648	13,531
				Cauce aluvial	Fca	3,932	2,458
				Plano o llanura de inundación	Fpi	2,072	1,295
		Ambiente Denudacional	Lomerío	Lomeríos poco disectados	Dlpd	27,827	17,393
				Lomeríos disectados	Dld	33,877	21,175
		Ambiente Volcánico	Lahar	Flujo lahárico aterrazado	Vfla	61,039	38,152
		Ambiente Antropogénico	Superficie con modelado antrópico	Canal artificial	Aca	0,198	0,124
				Explotación de hidrocarburos	Aex	0,052	0,033
				Cortes y llenos antrópicos	Acr	2,956	1,847
				Cuerpo de agua artificial	Acaa	0,208	0,130
				Planos y campos de llenos antrópicos	Ar	6,179	3,862
		TOTAL					

Fuente: CONSGA BIC S.A.S., 2024.

Figura 3-13 Distribución porcentual de las geoformas para el área de influencia.



Fuente: CONSGA BIC S.A.S., 2024.

Para la descripción de las Subunidades geomorfológicas identificadas en el área de influencia se plantea la caracterización de cada geoforma a partir de la agrupación por Región geomorfológica para posteriormente caracterizar cada geoforma teniendo en cuenta sus atributos morfológicos, morfométricos y morfodinámicos, complementando la caracterización con la presentación de un perfil geomorfológico y de una fotografía o imagen asociada a la geoforma.

3.2.2.2.1 Geomorfoestructura

El área de influencia se encuentra enmarcada dentro de la Geomorfoestructura de Cordillera, Orógeno, específicamente la Cordillera de los Andes. Una cordillera, es una extensa formación montañosa compuesta por alineaciones de montañas interconectadas. En términos geológicos, una cordillera se define como una estructura alargada de relieve montañoso, resultado de la deformación tectónica de la corteza terrestre. Esta deformación puede ocurrir de diversas maneras, incluyendo plegamiento, fallamiento y elevamiento. Las cordilleras se caracterizan por tener una estructura interna compleja, compuesta por diferentes tipos de rocas, incluyendo rocas ígneas, metamórficas y sedimentarias (Stach, 2004).

- **Provincia geomorfológica**

El área de influencia se sitúa en uno de los tres ramales importantes en los que la Cordillera de los Andes se divide en el Sur de Colombia, específicamente en la Provincia Geomorfológica de la Cordillera Central. Esta se extiende desde el Nudo de Almaguer o Macizo Colombiano, en el departamento del Cauca al sur de Colombia, hasta la Serranía San Lucas, en el departamento de Bolívar al norte. La cordillera está limitada por los valles de los ríos Cauca y Magdalena al occidente y oriente, respectivamente, su origen geológico se remonta a millones de años atrás, cuando la Placa Nazca se subdujo bajo la Placa Sudamericana. Este proceso dio lugar a la formación de un arco volcánico submarino, conocido como el Arco Volcánico del Jurásico. Hace unos 180 millones de años, este arco volcánico emergió del mar, dando origen a la Cordillera Central, durante el Cretácico, la cordillera experimentó una intensa actividad magmática, lo que dio lugar a la formación de granitos y otras rocas ígneas, en el Terciario, la Cordillera Central fue sometida a un proceso de levantamiento y erosión, que la esculpió y le dio su forma actual (SGC, Servicio Geológico Colombiano, 2015). Está conformada por cuatro megaunidades litodémicas cuya exposición ocurre de manera ininterrumpida desde el sur del país hasta la latitud 6° Norte y una megaunidad de exposición discontinua que corresponde a la franja oriental de metamorfitas de alto grado (INGEOMINAS, 1995).

- ◇ **Región de Ambiente Fluvial**

Incluye las geofomas que se originan por procesos de erosión de las corrientes de los drenajes y por la acumulación o sedimentación de materiales en las áreas aledañas a

Elaboró: CONSGA S.A.S	Revisó: Cliente	Aprobó: Cliente	Código Proyecto PO-CO-2024-008	Cap. 3.2.2. Geomorfofología Ver: 01	24
--------------------------	--------------------	-----------------	-----------------------------------	--	----

dichas corrientes, tanto en épocas de grandes avenidas e inundación, como en la dinámica normal de las corrientes perennes, durante la época seca. De esta manera, es posible encontrar unidades aledañas a ríos, quebradas y en el fondo de los cauces, cuyos depósitos son transportados y acumulados cuando éstas pierden su capacidad de arrastre (SGC, Servicio Geológico Colombiano., 2012). En el área de influencia este ambiente está relacionado a la dinámica de los drenajes innominados que son tributarios del Río Campo Alegre, estos generan incisiones marcadas en el área de influencia originando tres (3) subunidades geomorfológicas las cuales se muestran en la Tabla 3-6 y son descritas posteriormente.

Tabla 3-6 Geformas relacionadas a la Región geomorfológica de Ambiente Fluvial.

GEOMORFO ESTRUCTURA	PROVINCIA	REGIÓN	UNIDAD	SUBUNIDAD	NOMENCLATURA
Cordillera, Orógeno	Cordillera Central	Ambiente Fluvial	Llanuras Inundación	Planicie aluvial confinada	Fpac
				Cauce aluvial	Fca
				Plano o llanura de inundación	Fpi

Fuente: CONSGA BIC S.A.S., 2024.

De manera general para el área de influencia las geformas relacionadas a la región geomorfológica de ambiente fluvial presentan una forma de valle en “U”; encontrándose el Cauce aluvial (Fca) hacia la parte más central y cóncava de las subunidades, seguido se encuentra la geforma de Planicie aluvial confinada (Fpac) en gran parte del área de influencia, y sólo hacia un sector noroeste se encuentra la secuencia de Cauce aluvial (Fca) y el Plano o llanura de inundación (Fpi).

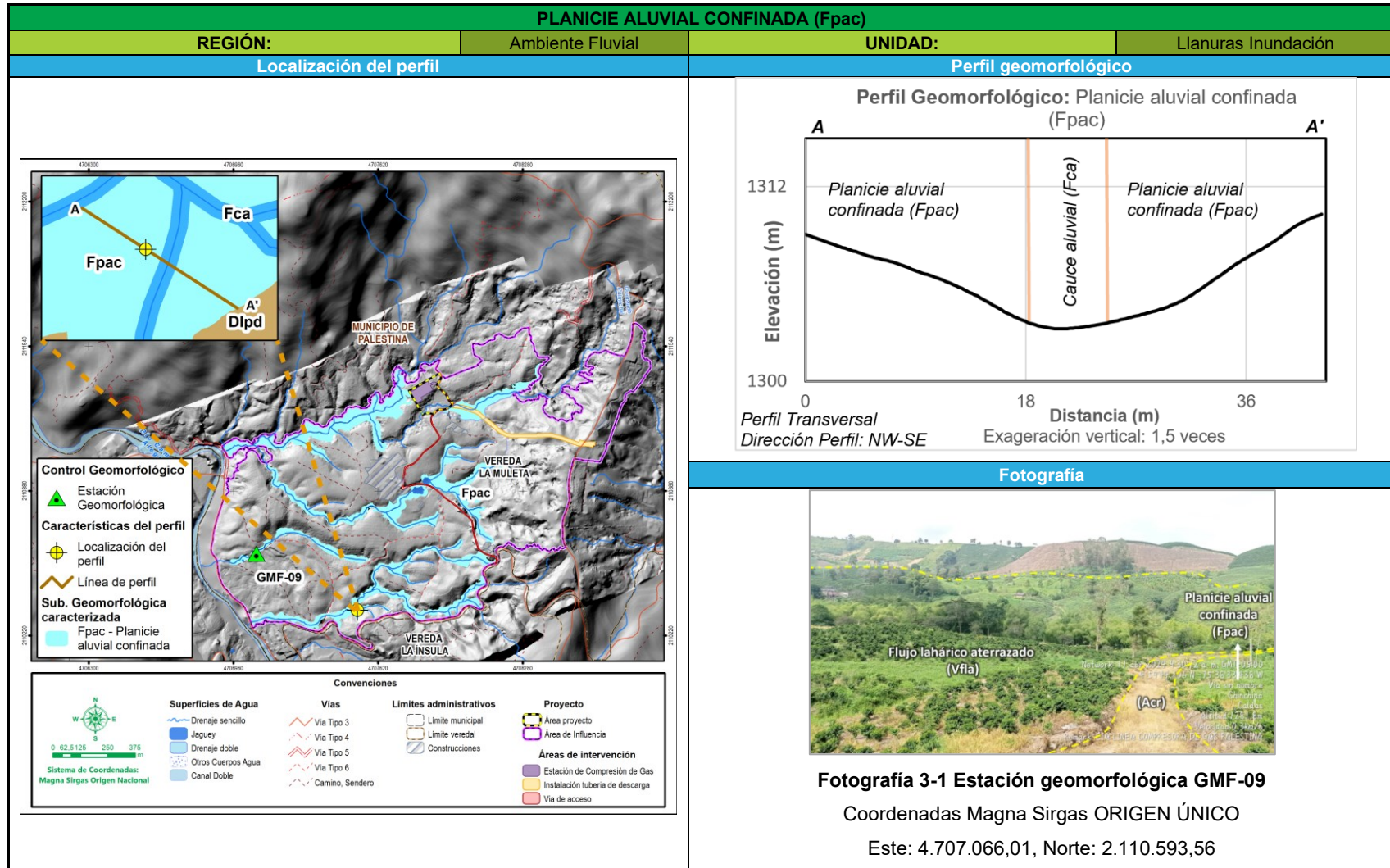
□ Planicie aluvial confinada (Fpac)

Franja de terreno de morfología plana, muy angosta eventualmente inundable, en forma de “U”, pero menos marcada que el cauce aluvial, limitada por otras geformas de morfología colinada, alomada o montañosa, que bordean los cauces fluviales, en los cuales se observa el estrangulamiento o estrechamiento del mismo (SGC, Servicio Geológico Colombiano., 2012). Para el área de influencia esta geforma se encuentra asociada a las riberas de los cuerpos de agua (drenajes), relacionada con la unidad geológica de Depósitos Coluvio aluviales, los cuales se encuentran confinados rodeados de cimas redondeadas colinadas del Depósito de Lahar principalmente.

- Morfología: En general para el área de influencia esta geoforma representa 21,648 ha lo que equivale al 13,531 %, planimétricamente esta geoforma presenta una forma irregular, alargada y estrecha, estando distribuida por toda el área y observándose una dirección preferencial al este.
- Morfometría: La geoforma Planicie aluvial confinada (Fpac) en el área de influencia se caracteriza por una topografía suave en la zona más central y de forma longitudinal en los cauces, con pendientes predominantes que oscilan desde Ligeramente plana (1-3%) hasta fuertemente inclinada (12-25%), además ocasionalmente se encuentra confinada por pendientes moderadamente escarpadas (50-75%). En el perfil geomorfológico relacionado en la Tabla 3-7 se observa que el relieve relativo de la geoforma es menor a 50 m, es decir muy bajo asociado a materiales muy blandos, con una inclinación predominante desde Plana a suavemente inclinada (<5°) hasta Inclinada (6-10°), se relaciona a una longitud de ladera muy corta (<50 m), tiene una forma cóncava, se asocia a un patrón de drenaje de tipo subparalelo, finalmente, esta geoforma presenta una forma de “U”.
- Morfodinámica: Para el área de influencia no se identificaron procesos morfodinámicos relacionados a esta geoforma, no se descarta la ocurrencia de los mismos.

Elaboró: CONSGA S.A.S	Revisó: Cliente	Aprobó: Cliente	Código Proyecto PO-CO-2024-008	Cap. 3.2.2. Geomorfología Ver: 01	26
--------------------------	--------------------	-----------------	-----------------------------------	--------------------------------------	----

Tabla 3-7 Planicie aluvial confinada (Fpac)



Fuente: CONSGA BIC S.A.S., 2024.

Elaboró: CONSGA S.A.S	Revisó: Cliente	Aprobó: Cliente	Código Proyecto PO-CO-2024-008	Cap. 3.2.2. Geomorfología Ver: 01	27
--------------------------	-----------------	-----------------	-----------------------------------	--------------------------------------	----

□ Cauce aluvial (Fca)

El origen de esta geoforma está determinado por el proceso de formación y evolución del canal que se desarrolla en un sistema fluvial que transporta sedimentos. Se hace referencia al canal que es caracterizado por ser dinámico debido a los cambios en su forma y posición derivados de procesos de erosión, sedimentación y migración lateral. Para el área de influencia esta geoforma se encuentra relacionada con la unidad geológica de Depósitos aluviales recientes.

- Morfología: En general para el área de influencia esta geoforma representa 3,932 ha lo que equivale al 2,458 %, planimétricamente esta geoforma presenta una forma alargada y estrecha, con dirección preferencial SW-NE, se encuentra distribuida por toda el área de influencia y está relacionada a los drenajes que la atraviesan.
- Morfometría: La geoforma Cauce aluvial (Fca) en el área de influencia se caracteriza por una topografía suave, con pendientes predominantes que oscilan desde Ligeramente plana (1-3%) hasta Ligeramente escarpada o ligeramente empinada (25-50%). En el perfil geomorfológico presentado en la Tabla 3-8 se observa que a esta geoforma se asocia una superficie de perfil topográfico cóncavo, con relieve relativo Muy bajo (<50 m), se relaciona a un patrón de drenaje de tipo subparalelo y cuenta con una forma de valle en “U”.
- Morfodinámica: Para el área de influencia no se identificaron procesos morfodinámicos relacionados a esta geoforma.

Elaboró: CONSGA S.A.S	Revisó: Cliente	Aprobó: Cliente	Código Proyecto PO-CO-2024-008	Cap. 3.2.2. Geomorfología Ver: 01	28
--------------------------	--------------------	-----------------	-----------------------------------	--------------------------------------	----

Tabla 3-8 Cauze aluvial (Fca)

CAUZE ALUVIAL (Fca)			
REGIÓN:	Ambiente Fluvial	UNIDAD:	Llanuras Inundación
Localización del perfil		Perfil geomorfológico	
		<p>Perfil Geomorfológico: Cauze aluvial (Fca)</p> <p>Elevación (m)</p> <p>Distancia (m)</p> <p>Perfil Transversal Dirección Perfil: NW-SE Exageración vertical: 2 veces</p>	
		Fotografía	
		<p>Fotografía 3-2 Estación geomorfológica GMF-16</p> <p>Coordenadas Magna Sirgas ORIGEN ÚNICO: Este: 4707139,67, Norte: 2110658,05.</p>	

Fuente: CONSGA BIC S.A.S., 2024.

Elaboró: CONSGA S.A.S	Revisó: Cliente	Aprobó: Cliente	Código Proyecto PO-CO-2024-008	Cap. 3.2.2. Geomorfología Ver: 01	29
--------------------------	-----------------	-----------------	-----------------------------------	--------------------------------------	----

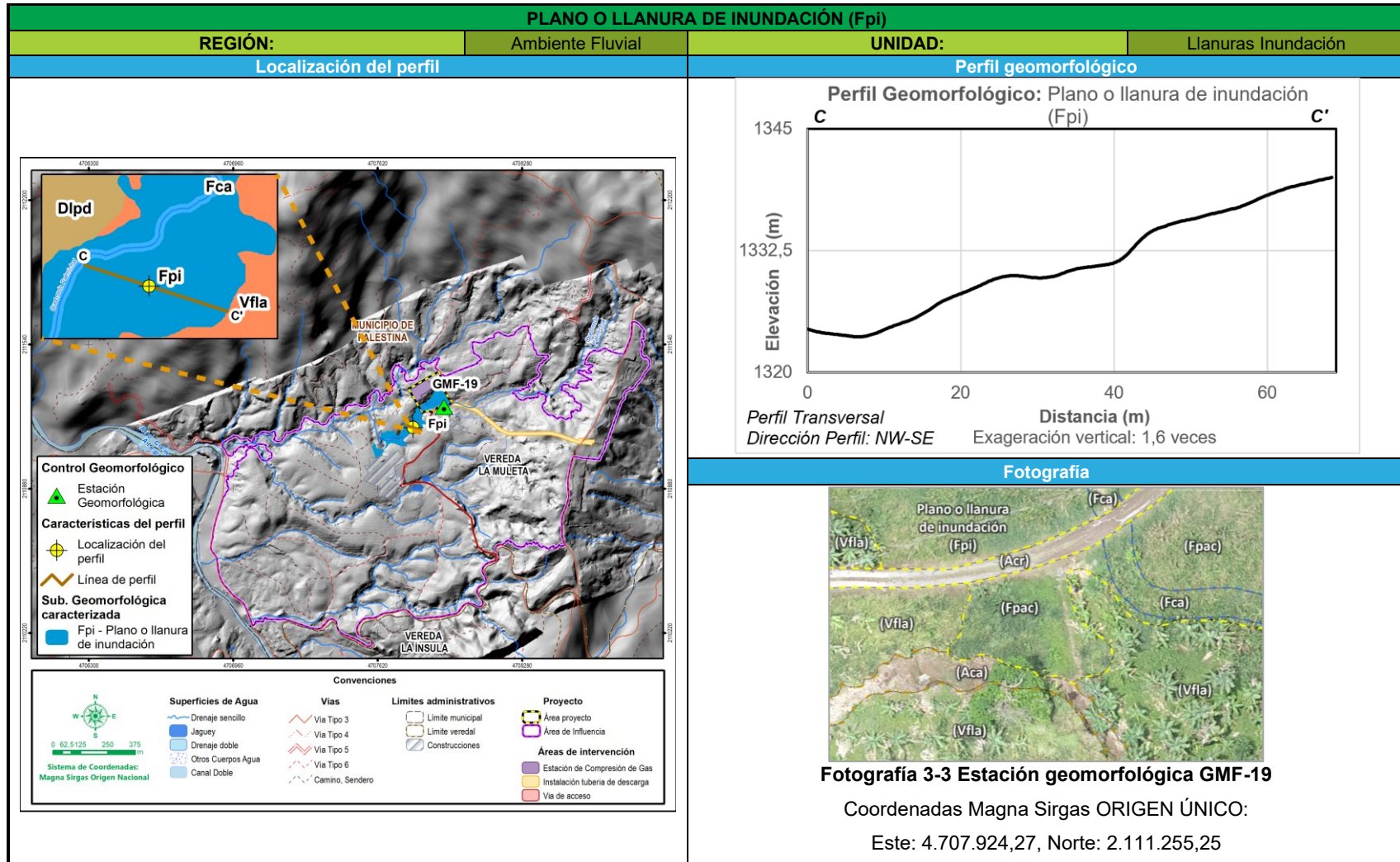
□ Plano o llanura de inundación (Fpi)

Superficie de morfología plana, baja a ondulada, eventualmente inundable. Se localiza bordeando los cauces fluviales, donde es limitado localmente por escarpes de terraza. Incluye los planos fluviales menores en formas de “U” o “V”, al igual que a los conos coluviales menores de los flancos de los valles intramontanos. En regiones montañosas, donde las corrientes fluviales tienden a unirse con sus tributarios para formar el cauce principal, en red de drenaje de tipo subparalelo de mediana densidad, se presentan como superficies estrechas, alargadas y profundas (SGC, Servicio Geológico Colombiano., 2012). Para el área de influencia esta geoforma se encuentra relacionada con la unidad geológica de Depósitos de plano de inundación.

- Morfología: En general para el área de influencia esta geoforma representa 2,072 ha lo que equivale al 1,295 %, planimétricamente esta geoforma presenta una forma irregular y alargada. Se encuentra hacia el noroeste del área de influencia y presenta una dirección preferencial SW-NE.
- Morfometría: La geoforma Plano o llanura de inundación (Fpi) en el área de influencia se caracteriza por una topografía suave, con pendientes predominantes desde Ligeramente inclinada (3-7%) hasta Fuertemente inclinada (12-25 %). En el perfil geomorfológico presentado en la Tabla 3-9 se observa que el relieve relativo de la geoforma es menor a 50 m, es decir muy bajo asociado a materiales muy blandos, cuenta con una inclinación predominante Inclinada (6-10°), se relaciona a una longitud de ladera muy corta (<50 m), tiene una forma cóncava, se asocia a un patrón de drenaje de tipo subparalelo; esta geoforma se relaciona a una forma de “U”.
- Morfodinámica: Para el área de influencia no se identificaron procesos morfodinámicos relacionados a esta geoforma.

Elaboró: CONSGA S.A.S	Revisó: Cliente	Aprobó: Cliente	Código Proyecto PO-CO-2024-008	Cap. 3.2.2. Geomorfoloía Ver: 01	30
--------------------------	--------------------	-----------------	-----------------------------------	-------------------------------------	----

Tabla 3-9 Plano o llanura de inundación (Fpi)



Fuente: CONSGA BIC S.A.S., 2024.

Elaboró: CONSGA S.A.S	Revisó: Cliente	Aprobó: Cliente	Código Proyecto PO-CO-2024-008	Cap. 3.2.2. Geomorfología Ver: 01	31
--------------------------	-----------------	-----------------	-----------------------------------	--------------------------------------	----

◇ **Región de Ambiente Denudacional**

Incluye las geoformas cuya expresión morfológica está definida por la acción combinada de procesos moderados a intensos de meteorización, erosión y transporte de origen gravitacional y pluvial que remodelan y dejan remanentes de las unidades preexistentes y de igual manera, crean nuevas por la acumulación de sedimentos. Estas geoformas están determinadas por la actividad de procesos de meteorización, y predominantemente de procesos erosivos hídricos y de fenómenos de transposición o de remoción en masa actuantes sobre geoformas pre-existentes (SGC, Servicio Geológico Colombiano., 2012). En el área de influencia este ambiente está relacionado a dos (2) subunidades geomorfológicas las cuales se muestran en la Tabla 3-10 y se describen posteriormente.

Tabla 3-10 Geoforma relacionada a la Región geomorfológica de Ambiente Denudacional.

GEOMORFO ESTRUCTURA	PROVINCIA	REGIÓN	UNIDAD	SUBUNIDAD	NOMENCLATURA
Cordillera, Orógeno	Cordillera Central	Ambiente Denudacional	Lomerío	Lomeríos poco disectados	Dlpd
				Lomeríos disectados	Dld

Fuente: CONSGA BIC S.A.S., 2024.

□ **Lomeríos poco disectados (Dlpd)**

Prominencias topográficas de morfología alomada o colinada, con cimas planas amplias y eventualmente redondeadas, de laderas muy cortas a cortas, de forma rectas, y eventualmente cóncavas y convexas, con pendientes inclinadas a muy abruptas, e índice de relieve muy bajo a bajo. En estos lomeríos los procesos de incisión son muy leves. Son frecuentes procesos erosivos y reptación y eventualmente movimientos en masa tipo deslizamiento rotacional (SGC, Servicio Geológico Colombiano., 2012). Para el área de influencia esta geoforma se encuentra relacionada con las unidades geológicas de Complejo Quebradagrande (Conjunto volcánico) y Complejo Arquía-Esquistos de Lisboa-Palestina

- **Morfología:** En general para el área de influencia esta geoforma representa 27,827 ha lo que equivale al 17,393%, planimétricamente presenta una forma irregular y se encuentra localizada hacia el este del área de influencia.

- **Morfometría:** La geoforma Lomeríos poco disectados (Dlpd) en el área de influencia se caracteriza por una topografía fuerte, con pendientes predominantes que oscilan desde Fuertemente inclinada (25-50%) hasta Fuertemente escarpada o fuertemente empinada (75-100%). Si bien para esta geoforma el relieve relativo generalizado para el área de influencia es principalmente bajo (50-250 m) relacionado a materiales blandos y erosionables, en el perfil presentado en la Tabla 3-11 se observa que el relieve relativo de esta sección en particular es muy bajo (<50 m) y se encuentra asociado a una zona más erosionable. Asimismo, en el perfil mencionado se observa una inclinación de ladera predominante desde Inclinada hasta Muy abrupta (6°-30°), se relaciona a una longitud de ladera muy corta (<50 m), con una forma de ladera convexa, se asocia a un patrón de drenaje de tipo subparalelo, y tiene una forma de cresta redondeada.
- **Morfodinámica:** Para el área de influencia no se identificaron procesos morfodinámicos relacionados a esta geoforma.

Elaboró: CONSGA S.A.S	Revisó: Cliente	Aprobó: Cliente	Código Proyecto PO-CO-2024-008	Cap. 3.2.2. Geomorfología Ver: 01	33
--------------------------	--------------------	-----------------	-----------------------------------	--------------------------------------	----

Tabla 3-11 Lomeríos poco disectados (Dlpd)

LOMERÍOS POCO DISECTADOS (Dlpd)			
REGIÓN:	Ambiente Denudacional	UNIDAD:	Lomerío
Localización del perfil		Perfil geomorfológico	
		<p>Perfil Geomorfológico: Lomeríos poco disectados (Dlpd)</p> <p>Elevación (m)</p> <p>Distancia (m)</p> <p>Perfil Transversal Dirección Perfil: SW-NE Exageración vertical: 3 veces</p>	
		<p>Fotografía</p> <p>Fotografía 3-4 Estación geomorfológica GMF-15</p> <p>Coordenadas Magna Sirgas ORIGEN ÚNICO: Este: 4.708.240,51, Norte: 2.111.178,23</p>	

Fuente: CONSGA BIC S.A.S., 2024.

Elaboró: CONSGA S.A.S	Revisó: Cliente	Aprobó: Cliente	Código Proyecto PO-CO-2024-008	Cap. 3.2.2. Geomorfología Ver: 01	34
--------------------------	-----------------	-----------------	-----------------------------------	--------------------------------------	----

□ Lomeríos disectados (DId)

Al igual que para los lomeríos poco disectados, estos corresponden a prominencias topográficas de morfología alomada o colinada, con cimas planas amplias y eventualmente redondeadas, de laderas muy cortas a cortas, de forma rectas, y eventualmente cóncavas y convexas, con pendientes inclinadas a muy abruptas, e índice de relieve muy bajo a bajo. En estos lomeríos los procesos de incisión son más fuertes en relación con los lomeríos poco disectados. Son frecuentes procesos erosivos y reptación y eventualmente movimientos en masa tipo deslizamiento rotacional (SGC, Servicio Geológico Colombiano., 2012). Para el área de influencia esta geoforma se encuentra relacionada con la unidad geológica de Complejo Quebradagrande (Conjunto volcánico).

- Morfología: En general para el área de influencia esta geoforma representa 33,877 ha lo que equivale al 21,175%, siendo la segunda más representativa; planimétricamente presenta una forma irregular y se encuentra localizada hacia el este del área de influencia.
- Morfometría: La geoforma Lomeríos disectados (DId) en el área de influencia se caracteriza por una topografía abrupta, con pendientes predominantes que oscilan desde Fuertemente inclinada (12-25%) hasta Totalmente escarpada (>100%). Para esta geoforma el relieve relativo generalizado en el área de influencia es bajo (50-250 m) relacionado a materiales blandos y erosionables, sin embargo, en el perfil presentado en la Tabla 3-12 se observa que el relieve relativo de esta sección en particular es muy bajo (<50 m) y se encuentra asociado a una zona más erosionable y disectada. Asimismo, en el perfil mencionado se observa una inclinación de ladera predominante desde Muy inclinada hasta Muy abrupta (11°-30°), presenta una longitud de ladera corta (50 m – 250 m), con una forma de ladera convexa a irregular, asociada a un patrón de drenaje de tipo subparalelo, y con forma de cresta redondeada.
- Morfodinámica: En el área de influencia relacionado a esta geoforma se identificó durante las actividades de campo un fenómeno de remoción en masa (FRM-01), correspondiente a un deslizamiento puntual; este proceso será descrito más adelante en el apartado Procesos morfodinámicos.

Elaboró: CONSGA S.A.S	Revisó: Cliente	Aprobó: Cliente	Código Proyecto PO-CO-2024-008	Cap. 3.2.2. Geomorfología Ver: 01	35
--------------------------	--------------------	-----------------	-----------------------------------	--------------------------------------	----

Tabla 3-12 Lomeríos disectados (DId)

LOMERÍOS DISECTADOS (DId)			
REGIÓN:	Ambiente Denudacional	UNIDAD:	Lomerío
Localización del perfil		Perfil geomorfológico	
		<p>Perfil Geomorfológico: Lomeríos disectados (DId)</p> <p>Perfil Transversal Dirección Perfil: SW-N E Exageración vertical: 3,5 veces</p>	
		<p>Fotografía</p> <p>Fotografía 3-5 Estación geomorfológica GMF-14</p> <p>Coordenadas Magna Sirgas ORIGEN ÚNICO: Este: 4.708.426,12, Norte: 2.111.136,93</p>	

Fuente: CONSGA BIC S.A.S., 2024.

Elaboró: CONSGA S.A.S	Revisó: Cliente	Aprobó: Cliente	Código Proyecto PO-CO-2024-008	Cap. 3.2.2. Geomorfología Ver: 01	36
--------------------------	-----------------	-----------------	-----------------------------------	--------------------------------------	----

◇ Región de Ambiente Volcánico

Incluye las geoformas que se originan por procesos relacionados con la actividad volcánica producto de la dinámica interna de la tierra, asociados principalmente a erupciones explosivas y/o efusivas, acumulación de productos y remoción de estos, así como a la intrusión submágmatca en los niveles superiores de la corteza (SGC, Servicio Geológico Colombiano., 2012). En el área de influencia este ambiente está relacionado a la actividad volcánica de la Cordillera Central y se relaciona una (1) subunidad geomorfológica la cual se muestra en la Tabla 3-13 y es descrita posteriormente.

Tabla 3-13 Geoforma relacionada a la Región geomorfológica de Ambiente Volcánico.

GEOMORFO ESTRUCTURA	PROVINCIA	REGIÓN	UNIDAD	SUBUNIDAD	NOMENCLATURA
Cordillera, Orógeno	Cordillera Central	Ambiente Volcánico	Lahar	Flujo lahárico aterrazado	Vfla

Fuente: CONSGA BIC S.A.S., 2024.

□ Flujo lahárico aterrazado (Vfla)

Superficie alomada suavemente inclinada (2° - 3°), con escarpes de diferente altura. Su génesis está asociada a la acumulación de productos volcánicos previamente depositados o generados durante la erupción, que han sido mezclados o removidos por cuerpos de aguas superficiales (lagos, ríos, lagunas o provenientes del derretimiento de hielo o nieve durante una erupción). Estos depósitos así acumulados van quedando elevados conforme la corriente hídrica va erosionando y recobrando su cauce (SGC, Servicio Geológico Colombiano., 2012). Para el área de influencia esta geoforma se encuentra relacionada con la unidad geológica de Depósitos de Lahar.

- Morfología: En general para el área de influencia esta geoforma representa 61,039 ha lo que equivale al 38,152 %, siendo la más representativa para el área de influencia, planimétricamente esta presenta una forma irregular y cubre el sector suroeste del área de influencia.
- Morfometría: La geoforma Flujo lahárico aterrazado (Vfla) en el área de influencia se caracteriza por una topografía aterrazada suavizada, con pendientes predominantes que oscilan desde Ligeramente plana (1-3%) hasta Moderadamente escarpada o moderadamente empinada (50-75%). La geoforma Flujo lahárico

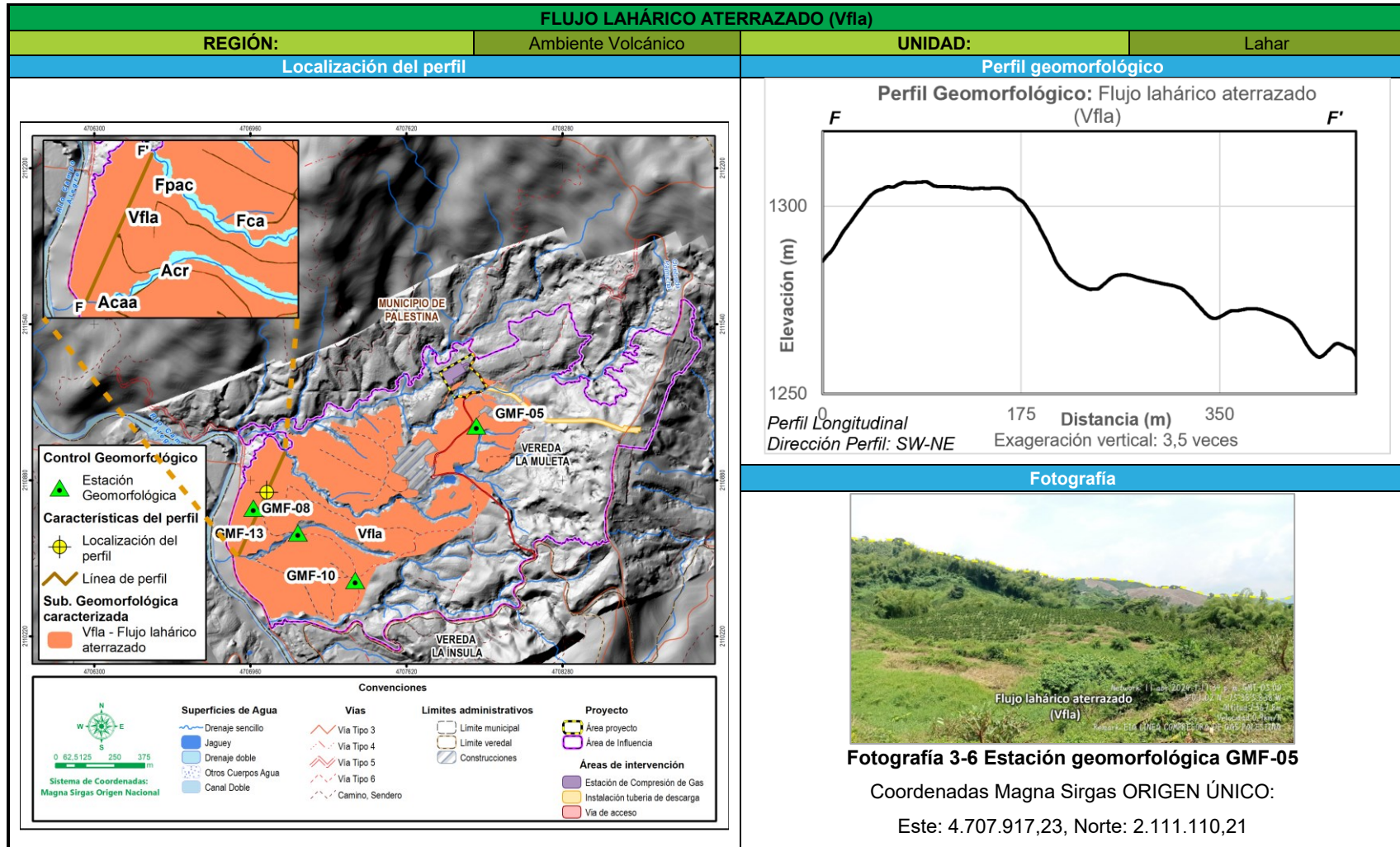
Elaboró: CONSGA S.A.S	Revisó: Cliente	Aprobó: Cliente	Código Proyecto PO-CO-2024-008	Cap. 3.2.2. Geomorfología Ver: 01	37
--------------------------	--------------------	-----------------	-----------------------------------	--------------------------------------	----

aterrazado (Vfla) está conformada por una sucesión de terrazas de distintas alturas, donde las cimas de las terrazas presentan una forma cóncava suavizada con presencia de leves ondulaciones importantes, por otra parte, los taludes que conforman las terrazas son preferentemente rectos y presentan una topografía suavizada, conformando pendientes que oscilan predominantemente desde Fuertemente inclinada (12-25%) hasta Moderadamente escarpadas o moderadamente empinadas (50-75%). En el perfil geomorfológico presentado en la Tabla 3-14 se observa que el relieve relativo de la geoforma es menor a 50 m, es decir muy bajo asociado a materiales muy blandos y erosionables, con una inclinación de ladera predominante desde Inclinada (6° a 10°) hasta Muy Abrupta (21° - 30°), se relaciona a una longitud de ladera corta (50 m – 250 m), cuenta con una forma irregular o escalonada, se asocia a un patrón de drenaje de tipo subparalelo, y presenta una forma de “U” en las disecciones y una forma de cresta convexa amplia en las cimas.

- Morfodinámica: Para el área de influencia no se identificaron procesos morfodinámicos relacionados a esta geoforma.

Elaboró: CONSGA S.A.S	Revisó: Cliente	Aprobó: Cliente	Código Proyecto PO-CO-2024-008	Cap. 3.2.2. Geomorfología Ver: 01	38
--------------------------	--------------------	-----------------	-----------------------------------	--------------------------------------	----

Tabla 3-14 Flujo lahárico aterrazado (Vfla)



Fuente: CONSGA BIC S.A.S., 2024.

Elaboró: CONSGA S.A.S	Revisó: Cliente	Aprobó: Cliente	Código Proyecto PO-CO-2024-008	Cap. 3.2.2. Geomorfología Ver: 01	39
--------------------------	-----------------	-----------------	-----------------------------------	--------------------------------------	----

◇ Región de Ambiente Antropogénico

Incluye las geofomas originadas como resultado de la intervención del hombre sobre el terreno, en la mayoría de los casos con el objetivo de realizar construcción de vivienda, obras de ingeniería, disposición de desechos o escombros y adecuación de nuevas vías, que modifica la morfología natural del terreno (SGC, Servicio Geológico Colombiano., 2012).

En el área de influencia este ambiente está relacionado a la intervención antrópica sobre el suelo principalmente para la adecuación y conformación de vías, para la construcción de viviendas y de infraestructura petrolera, así como para suplir necesidades relacionadas al suministro de agua. A esta región se relacionan cinco (5) subunidades geomorfológicas las cuales se muestran en la Tabla 3-15 y son descritas posteriormente.

Tabla 3-15 Geofomas relacionadas a la Región geomorfológica de Ambiente Antropogénico.

GEOMORFO ESTRUCTURA	PROVINCIA	REGIÓN	UNIDAD	SUBUNIDAD	NOMENCLATURA
Cordillera, Orógeno	Cordillera Central	Ambiente Antropogénico	Superficie con modelado antrópico	Canal artificial	Aca
				Explotación de hidrocarburos	Aex
				Cortes y llenos antrópicos	Acr
				Cuerpo de agua artificial	Acaa
				Planos y campos de llenos antrópicos	Ar

Fuente: CONSGA BIC S.A.S., 2024.

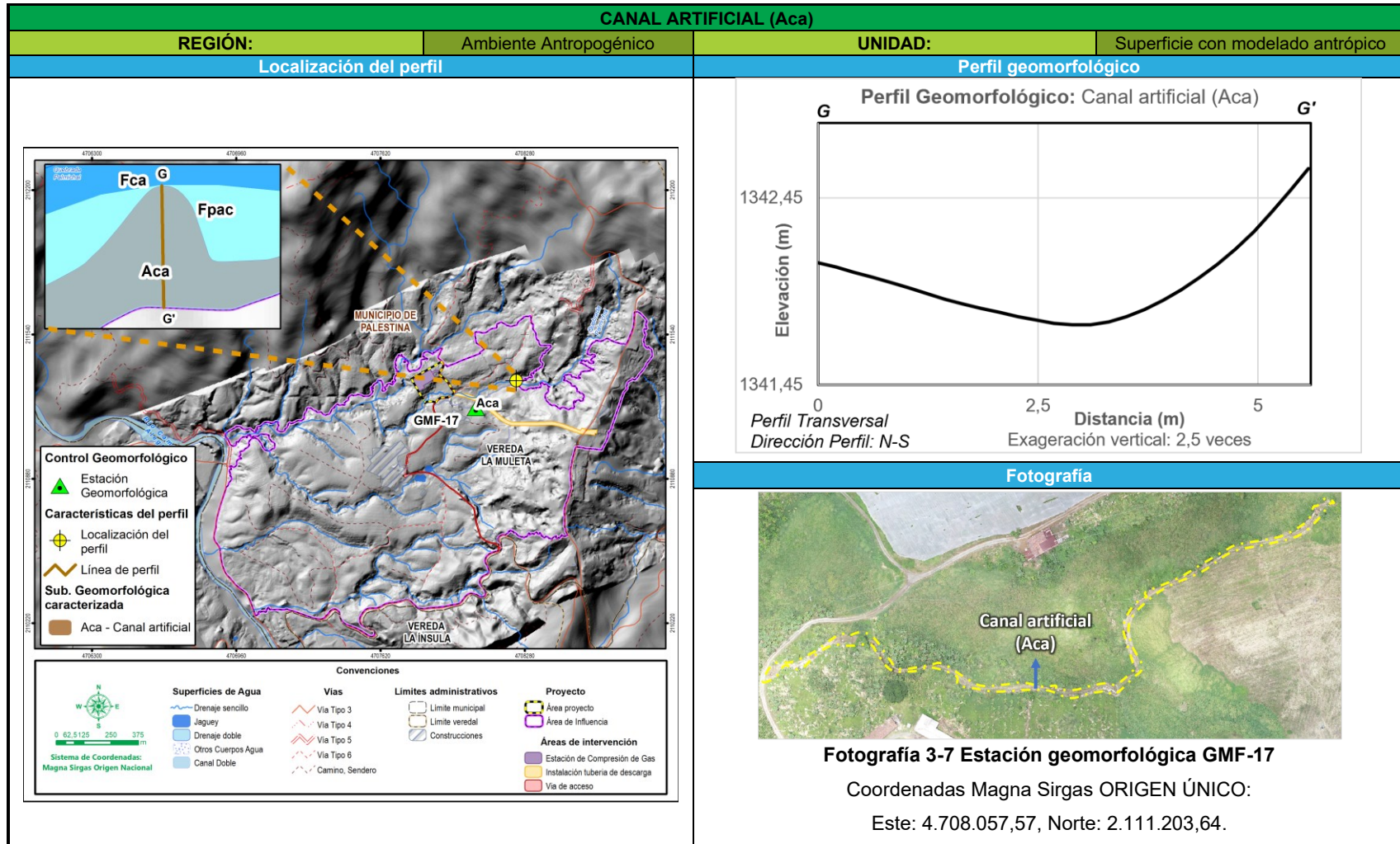
□ Canal artificial (Aca)

Canales construidos para dragado, rectificación de cauces para facilitar la navegación, para la canalización de ríos o quebradas en zonas urbanas y localmente para el abastecimiento de agua (SGC, Servicio Geológico Colombiano., 2012). Específicamente para el área de influencia esta geofoma se relaciona al abastecimiento de agua para riego de cultivos de Guayaba, Plátano y Café, los cuales se encuentran aledaños a esta geofoma; se asocia a la Cobertura de la tierra denominada como Canales.

- **Morfología:** En general para el área de influencia esta geoforma representa 0,198 ha lo que equivale al 0,124%, planimétricamente esta geoforma presenta una forma irregular y con secciones rectas, localizándose hacia el norte del área de influencia.
- **Morfometría:** La geoforma Canal artificial (Aca) en el área de influencia se caracteriza por una topografía suave, con pendientes predominantes que van desde Ligeramente plana (1-3%) hasta Fuertemente inclinada (12-25 %), también se presentan pendientes Ligeramente escarpada o ligeramente empinada (25-50%) asociada estas últimas a los taludes que la conforman. En el perfil geomorfológico presentado en la Tabla 3-16 se observa que esta geoforma tiene una forma cóncava; los taludes que conforman la geoforma tienen una forma irregular y pendientes abruptas, asimismo, cuenta con una amplitud promedio de cuatro (4) metros aproximadamente.
- **Morfodinámica:** Para el área de influencia no se identificaron procesos morfodinámicos relacionados a esta geoforma.

Elaboró: CONSGA S.A.S	Revisó: Cliente	Aprobó: Cliente	Código Proyecto PO-CO-2024-008	Cap. 3.2.2. Geomorfología Ver: 01	41
--------------------------	--------------------	-----------------	-----------------------------------	--------------------------------------	----

Tabla 3-16 Canal artificial (Aca)



Fuente: CONSGA BIC S.A.S., 2024.

Elaboró: CONSGA S.A.S	Revisó: Cliente	Aprobó: Cliente	Código Proyecto PO-CO-2024-008	Cap. 3.2.2. Geomorfología Ver: 01	42
--------------------------	-----------------	-----------------	-----------------------------------	--------------------------------------	----

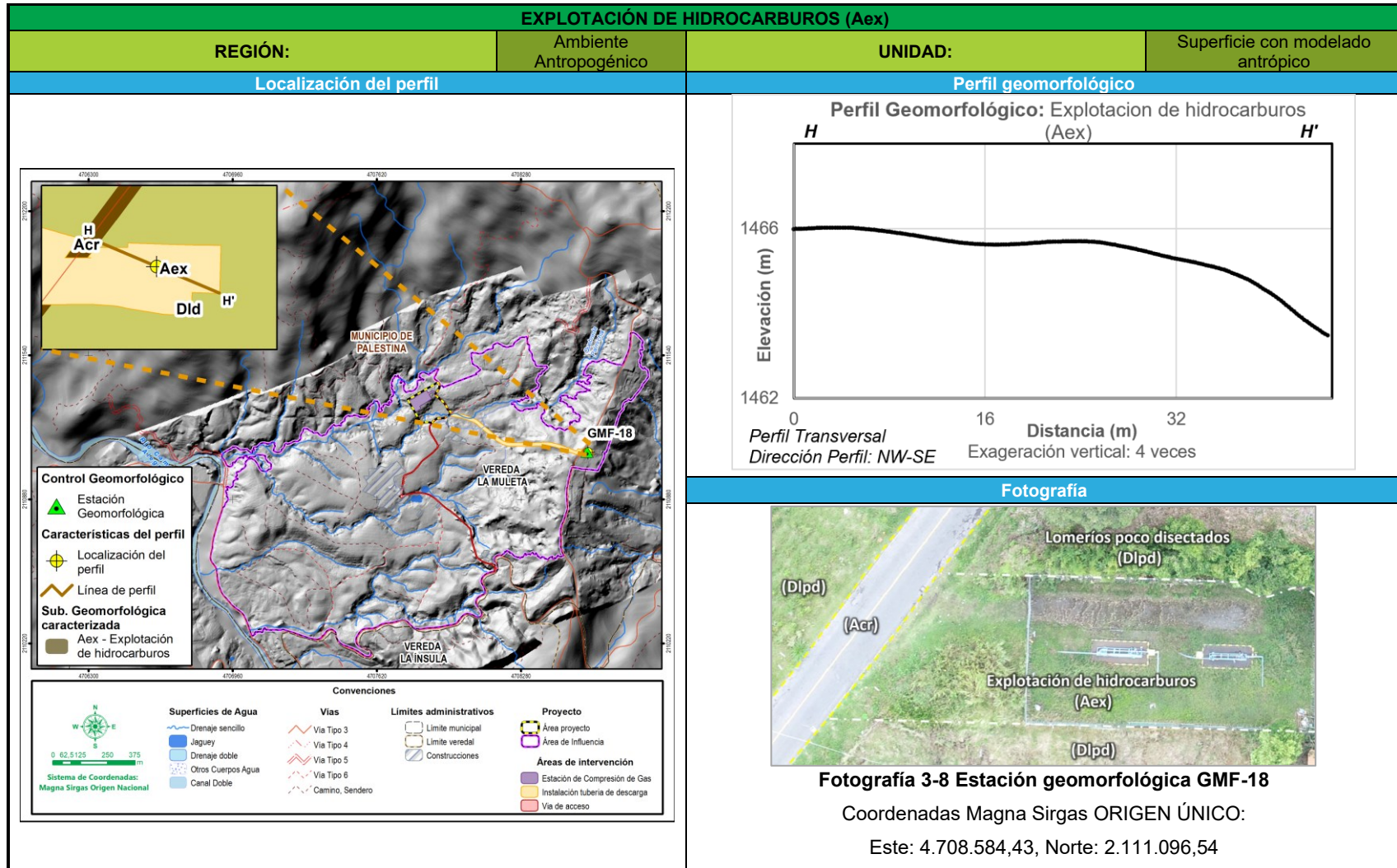
- Explotación de hidrocarburos (Aex)

Esta geoforma se relaciona a aquellas áreas que han sido modificadas de manera antrópica mediante el relleno y aplanamiento con el fin de construir plataformas de explotación de hidrocarburos. Específicamente para el área de influencia está asociada a la Cobertura de la tierra denominada como Explotación de hidrocarburos asociada al TAP.

- Morfología: En general para el área de influencia esta geoforma representa 0,052 ha lo que equivale al 0,033%, planimétricamente esta geoforma presenta una forma recta y uniforme, semejante a un rectángulo y se encuentra localizada en el margen noreste del área de influencia.
- Morfometría: La geoforma Explotación de hidrocarburos (Aex) en el área de influencia se caracteriza por una topografía suave, con pendientes predominantes que van desde Ligeramente plana (1-3%) hasta Ligeramente escarpada o ligeramente empinada (25-50 %). En el perfil geomorfológico presentado en la Tabla 3-17 se observa que esta geoforma se caracteriza por tener una base amplia y un tope más angosto (forma piramidal), con una altura baja, los taludes que la conforman se relacionan a pendientes hasta Ligeramente escarpada o ligeramente empinada (25-50 %).
- Morfodinámica: Para el área de influencia no se identificaron procesos morfodinámicos relacionados a esta geoforma.

Elaboró: CONSGA S.A.S	Revisó: Cliente	Aprobó: Cliente	Código Proyecto PO-CO-2024-008	Cap. 3.2.2. Geomorfología Ver: 041	43
--------------------------	--------------------	-----------------	-----------------------------------	---------------------------------------	----

Tabla 3-17 Explotación de hidrocarburos (Aex)



Fuente: CONSGA BIC S.A.S., 2024.

Elaboró: CONSGA S.A.S	Revisó: Cliente	Aprobó: Cliente	Código Proyecto PO-CO-2024-008	Cap. 3.2.2. Geomorfología Ver: 01	44
--------------------------	-----------------	-----------------	-----------------------------------	--------------------------------------	----

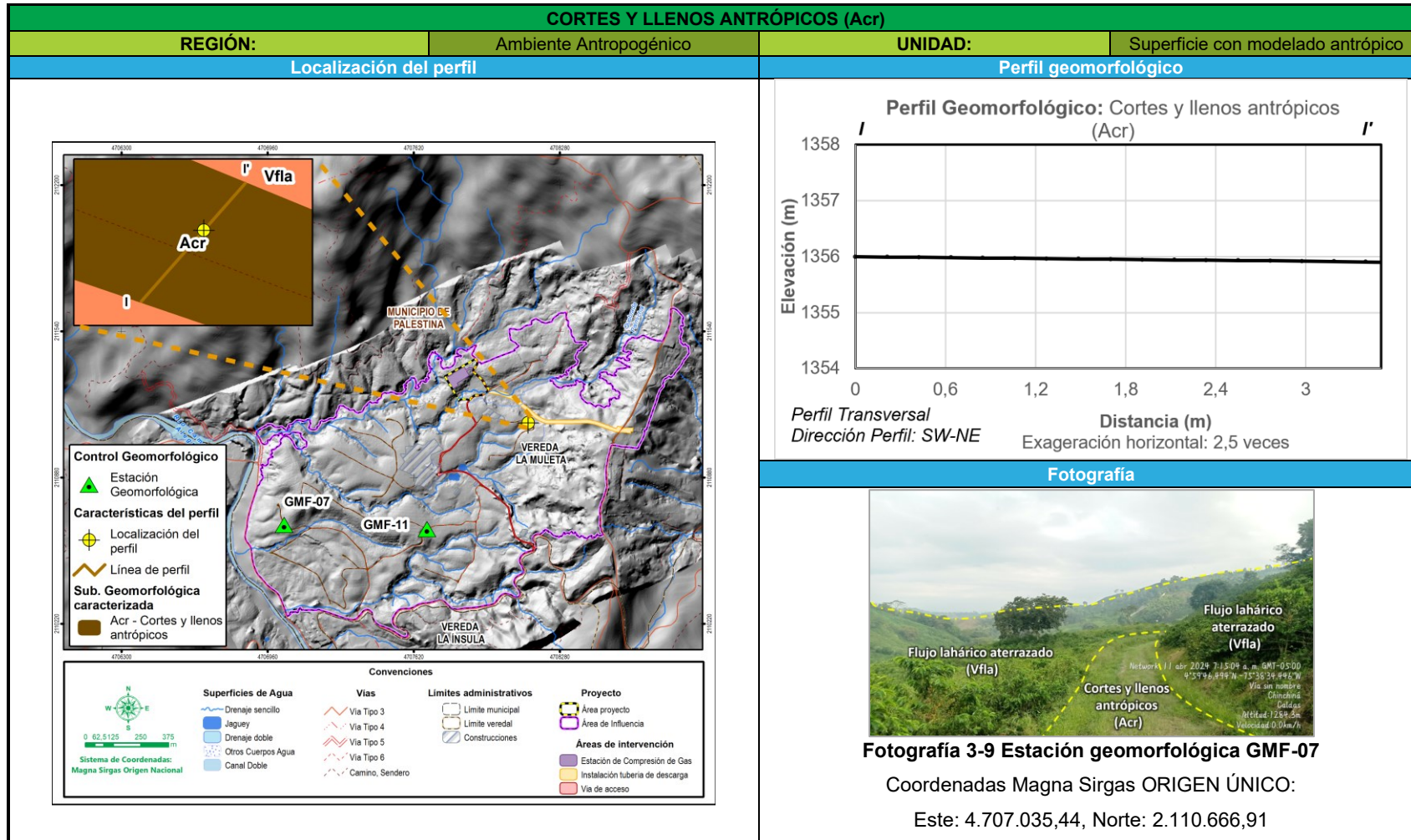
□ Cortes y llenos antrópicos (Acr)

Esta geoforma representa las áreas que han sido modificadas de manera antrópica, mediante el relleno en áreas planas, con el fin de construir tramos viales, que permitan la conexión entre diferentes puntos o asentamientos y la movilidad de las personas. Para el área de influencia esta geoforma está asociada a la Cobertura de la tierra correspondiente a Red vial y territorios asociados.

- Morfología: En general para el área de influencia esta geoforma representa 2,956 ha lo que equivale al 1,847%, planimétricamente se presenta como una forma irregular, estrecha, con amplias secciones rectas y se encuentra localizada por toda el área de influencia ya que se asocia a la red vial.
- Morfometría: La geoforma Cortes y llenos antrópicos (Acr) en el área de influencia se caracteriza por una topografía suave, con pendientes predominantes que oscilan desde Ligeramente plana (1-3%) hasta Moderadamente inclinada (7-12 %).
- Morfodinámica: Para el área de influencia no se identificaron procesos morfodinámicos relacionados a esta geoforma.

Elaboró: CONSGA S.A.S	Revisó: Cliente	Aprobó: Cliente	Código Proyecto PO-CO-2024-008	Cap. 3.2.2. Geomorfología Ver: 01	45
--------------------------	--------------------	-----------------	-----------------------------------	--------------------------------------	----

Tabla 3-18 Cortes y llenos antrópicos (Acr)



Fuente: CONSGA BIC S.A.S., 2024.

Elaboró: CONSGA S.A.S	Revisó: Cliente	Aprobó: Cliente	Código Proyecto PO-CO-2024-008	Cap. 3.2.2. Geomorfología Ver: 01	46
--------------------------	-----------------	-----------------	-----------------------------------	--------------------------------------	----

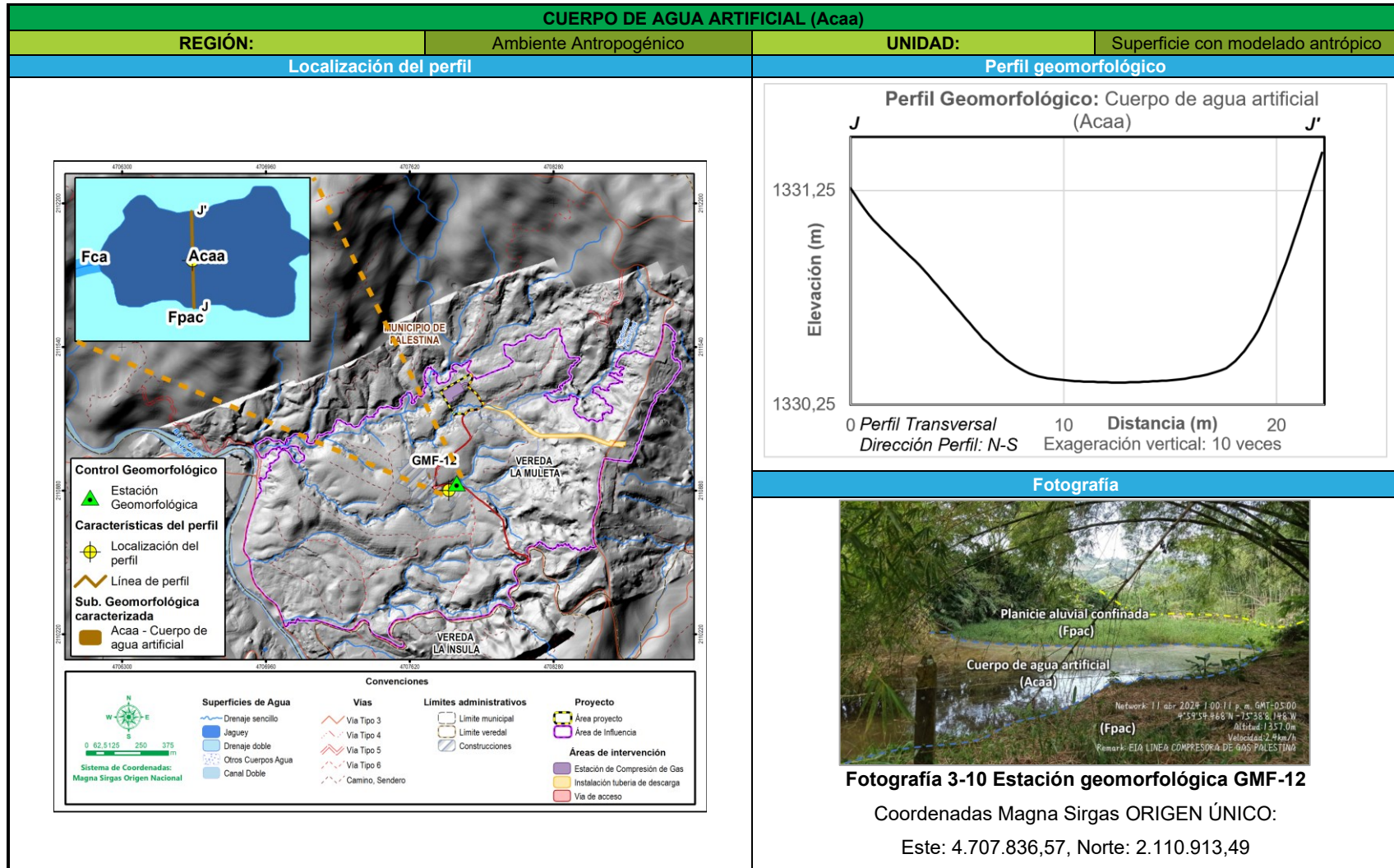
□ Cuerpo de agua artificial (Acaa)

Se generan de manera artificial, cuando se hacen excavaciones de poca profundidad, las cuales son impermeabilizadas, para el almacenamiento de agua para diferentes fines. Para el área de influencia esta geoforma está asociada a las Coberturas de la tierra correspondientes a Jagueys.

- Morfología: En general para el área de influencia esta geoforma representa 0,208 ha lo que equivale al 0,130%, planimétricamente esta geoforma presenta una forma irregular, correspondiendo con una depresión antrópica de muy poca profundidad, esta geoforma se localiza principalmente hacia el centro del área de influencia y en menor medida en el margen nororiental.
- Morfometría: La geoforma Cuerpo de agua artificial (Acaa) en el área de influencia se caracteriza por una topografía suave, con pendientes predominantes que oscilan desde Ligeramente plana (1-3%) hasta Ligeramente escarpada o ligeramente empinada (25-50 %), asociadas estas últimas a los taludes que la conforman. En el perfil geomorfológico presentado en la Tabla 3-19 se observa que los taludes que conforman la geoforma tienen una forma irregular y pendientes abruptas, se relaciona con una forma cóncava y en “U”, y en términos generales para el área de influencia, esta geoforma cuenta con una amplitud promedio que oscila desde cinco (5) metros hasta 25 metros.
- Morfodinámica: Para el área de influencia no se identificaron procesos morfodinámicos relacionados a esta geoforma.

Elaboró: CONSGA S.A.S	Revisó: Cliente	Aprobó: Cliente	Código Proyecto PO-CO-2024-008	Cap. 3.2.2. Geomorfología Ver: 01	47
--------------------------	--------------------	-----------------	-----------------------------------	--------------------------------------	----

Tabla 3-19 Cuerpo de agua artificial (Acaa)



Fuente: CONSGA BIC S.A.S., 2024.

Elaboró: CONSGA S.A.S	Revisó: Cliente	Aprobó: Cliente	Código Proyecto PO-CO-2024-008	Cap. 3.2.2. Geomorfología Ver: 01	48
--------------------------	-----------------	-----------------	-----------------------------------	--------------------------------------	----

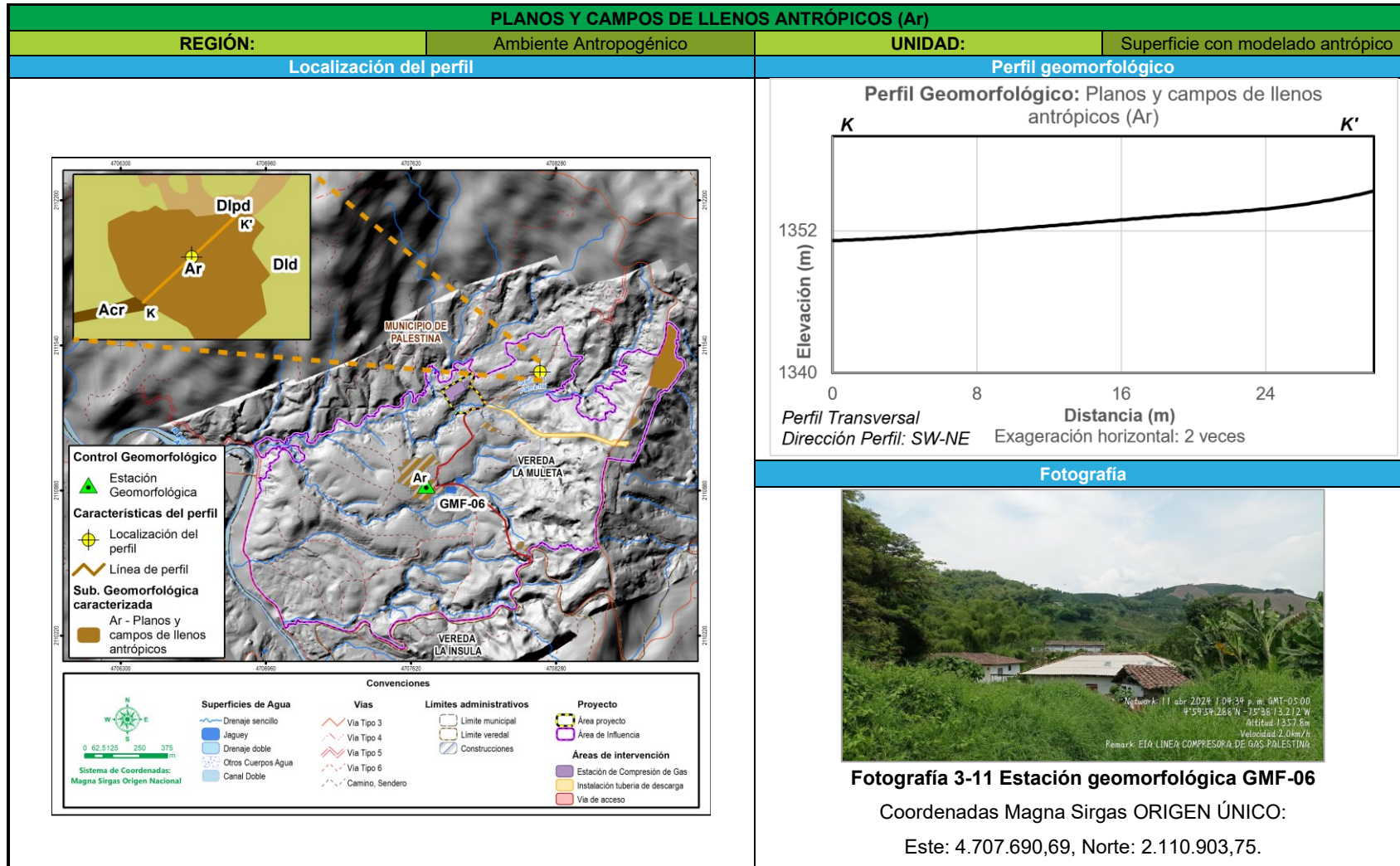
□ Planos y campos de llenos antrópicos (Ar)

Planos hechos artificialmente con material de relleno para acondicionar terrenos anegadizos para la construcción de viviendas. Técnicamente son de gravas, bloques y arena bien compactados, sin embargo, comúnmente son de escombros y desechos de construcción (SGC, Servicio Geológico Colombiano., 2012). Específicamente para el área de influencia, esta geoforma se relaciona con las Coberturas de la tierra Tejido urbano discontinuo y Tejido urbano continuo.

- Morfología: En general para el área de influencia esta geoforma representa 6,179 ha lo que equivale al 3,862%, planimétricamente esta geoforma presenta una forma irregular y con algunas secciones rectilíneas. Esta geoforma se encuentra de forma dispersa por el área de influencia, ya que está asociada a los terrenos que han sido acondicionados para la construcción de viviendas e infraestructura, encontrándose localizada principalmente en el sector central y oriental del área de influencia.
- Morfometría: La geoforma Planos y campos de llenos antrópicos (Ar) en el área de influencia se caracteriza por una topografía plana, con pendientes que van desde A nivel (0-1%) hasta Fuertemente inclinada (12-25 %). Esta geoforma se caracteriza por presentar una base amplia y un tope más angosto (forma piramidal), cuenta con una altura baja, los taludes que la conforman pueden llegar a relacionarse con pendientes hasta Moderadamente escarpada o moderadamente empinada (50-75 %). El perfil geomorfológico relacionado a la geoforma se muestra en la Tabla 3-20.
- Morfodinámica: Para el área de influencia no se identificaron procesos morfodinámicos relacionados a esta geoforma.

Elaboró: CONSGA S.A.S	Revisó: Cliente	Aprobó: Cliente	Código Proyecto PO-CO-2024-008	Cap. 3.2.2. Geomorfología Ver: 01	49
--------------------------	--------------------	-----------------	-----------------------------------	--------------------------------------	----

Tabla 3-20 Planos y campos de llenos antrópicos (Ar)



Fuente: CONSGA BIC S.A.S., 2024.

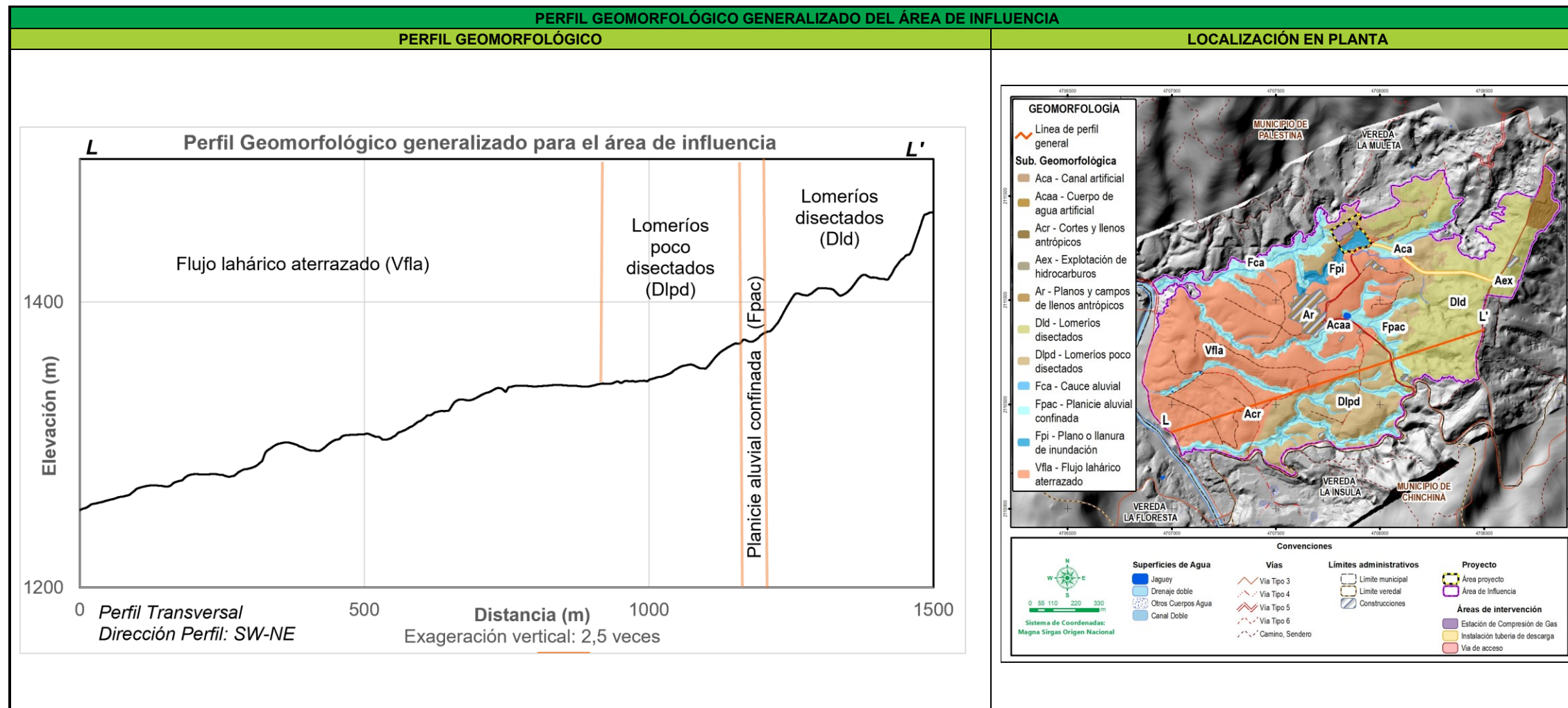
Elaboró: CONSGA S.A.S	Revisó: Cliente	Aprobó: Cliente	Código Proyecto PO-CO-2024-008	Cap. 3.2.2. Geomorfología Ver: 01	50
--------------------------	-----------------	-----------------	-----------------------------------	--------------------------------------	----

Como conclusión, en el área de influencia se identificaron regiones geomorfológicas de Ambiente Denudacional principalmente, seguido de Ambiente Volcánico, Ambiente Fluvial y en menor medida Ambiente Antropogénico, a las cuales a su vez se les relaciona las Unidades geomorfológicas de Lomerío, Lahar, Llanuras inundación y Superficies con modelado antrópico respectivamente. Finalmente se llegó a la definición de las Subunidades geomorfológicas del área de influencia alcanzando una escala de detalle 1:25.000; encontrándose que para el área de influencia la Subunidad geomorfológica más representativa se asocia a la Región geomorfológica de Ambiente Volcánico correspondiente a la geoforma de Flujo lahárico aterrazado (Vfla), con porcentaje de ocupación del 38,153%, seguido de Lomeríos disectados (Dld) de Región geomorfológica de Ambiente Denudacional con una ocupación de 21,175%. La geoforma con menor porcentaje de ocupación (0,033%) corresponde a Explotación de hidrocarburos relacionada a la región geomorfológica de Ambiente Antropogénico

A continuación, en la Tabla 3-21 se muestra el perfil geomorfológico generalizado para el área de influencia, donde se evidencia a través del perfil transversal las diferencias morfométricas de cada una de las subunidades geomorfológicas más representativas correspondientes a Flujo lahárico aterrazado (Vfla), Lomeríos poco disectados (Dlpd), Planicie aluvial confinada (Fpac) y Lomeríos disectados (Dld).

Elaboró: CONSGA S.A.S	Revisó: Cliente	Aprobó: Cliente	Código Proyecto PO-CO-2024-008	Cap. 3.2.2. Geomorfología Ver: 01	51
--------------------------	--------------------	-----------------	-----------------------------------	--------------------------------------	----

Tabla 3-21 Perfil geomorfológico del área de influencia



Fuente: CONSGA BIC S.A.S., 2024

3.2.2.3 Procesos morfodinámicos

Los procesos morfodinámicos, corresponden a una serie de acciones sucesivas y/o simultáneas y sinérgicas a través de las cuales los agentes morfogenéticos, principalmente los externos, son capaces de modelar las formas de la superficie terrestre. Los procesos morfodinámicos están asociados a una secuencia conformada por la erosión de las rocas, el transporte de los materiales removidos y la sedimentación de dichos materiales.

En términos generales, los procesos morfodinámicos se dividen en tres grupos principales:

- Procesos denudativos o erosivos
- Procesos constructivos o de sedimentación
- Procesos de remoción en masa

Durante las actividades de campo desarrolladas el 11 y 12 de abril de 2024, en el municipio de Palestina, departamento de Caldas, para el área de influencia se identificó un (1) proceso morfodinámico, correspondiente a un (1) fenómeno de remoción en masa tipo deslizamiento, el cual debido a su importancia y su dimensionamiento de carácter puntual fue definido en el anexo cartográfico como tipo punto y se presenta en *Anexos\H. GEOSFERICO\2. Geomorfología\ Anexo 2.2. F-02. Formato para la caracterización de fenómenos de remoción en masa*, el cual se observa en la Figura 3-14.

Elaboró: CONSGA S.A.S	Revisó: Cliente	Aprobó: Cliente	Código Proyecto PO-CO-2024-008	Cap. 3.2.2. Geomorfología Ver: 01	53
--------------------------	--------------------	-----------------	-----------------------------------	--------------------------------------	----

Figura 3-14 Formato para la caracterización de fenómenos de remoción en masa

REALIZADO POR:		ID:	FECHA VISITA:	ALTA:	IMPORTANCIA:
Ledy Cardenas Avella		FRM-01	12 de 4 de 2024	<input type="checkbox"/>	BAJA <input checked="" type="checkbox"/>
LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA		REFERENTES GEOGRÁFICOS		DOCUMENTACIÓN	
POR DIVISION POLITICA Departamento: Caldas (Este (m): 470823.89) (Norte (m): 211124.38) (Cota (m s.n.m.): 1295.72) Municipio: Palestina (Origen coordenadas: Nacional) Vereda: La Matata		PLANCHAS N° PLANCHA: 205 AÑO: 2001 ESCALA: 1:10000 EDITOR: INGEOMIN N° Vuelo: _____ Año: _____ Escala: _____ Editor: _____		FOTOGRAFÍAS AERIAS Año: _____ Escala: _____ Editor: _____	
ACTIVIDAD DEL MOVIMIENTO		LITOLOGÍA Y ESTRUCTURA		SISTEMA DE CLASIFICACIÓN	
EDAD: < 1 año, 1-5 años, 6-10 años, 11-15 años, 16-20 años ESTADO: Activo, Reactivo, Suspendido, Inactivo, Latente, Abandonado, Estabilizado, Retiro ESTILO: Compuesto, Múltiple, Sucesivo, Único DISTRIBUCIÓN: Retrajado, Avanzado, Enchafado, Confinado, Creciente, Decreciente, Móvil		DESCRIPCIÓN: Rocas volcánicas básicas de Complejo Cuadrangrande (conjunto volcánico (Kv)), de origen marino, constituido por bloques litológico de rocas sedimentarias de origen marino (dolomita, arenitas arcillosas, cuarzoarenitas, chert y conglomerados de variada composición), vulcanitas de arco (tobas, andesitas, basaltos), y fragmentos de corteza oceánica (gabros, basaltos y diabasas). LITOLOGÍA Y ESTRUCTURA: ESTRUCTURA, ORIENTACIÓN, ESPACIAMIENTO (m) ESTRUCTURA: DR, RZ ORIENTACIÓN: 2-0-0, 2-0-0, 0-0-0-0, 0-0-0-0, 0-0-0-0, 0-0-0-0 ESPACIAMIENTO (m): 0-0-0-0, 0-0-0-0, 0-0-0-0, 0-0-0-0, 0-0-0-0, 0-0-0-0		HUMEDAD: Rocas, Diertrios, Tierra, Lodos, Turba PLASTICIDAD: Alta, Media, Baja, No plástico	
CLASIFICACIÓN DEL MOVIMIENTO					
TIPO MOVIMIENTO		SUBTIPO MOVIMIENTO		TIPO MATERIAL	
Caída, Volcanismo, Deslizamiento, Flujos, Prosiguimiento Lateral, Reparación, Deform. Gravim. Profundas		Desliz. traslacional, Desliz. en caña, Desliz. traslacional en caña, Desliz. traslacional planar, Volcan. Resaca de roca, Volcan. macizo rocoso, Desliz. rotacional, Desliz. por flujo, Desliz. en caña, Desliz. traslacional en caña, Crecida de detritos, Flujos de tierra, Flujos de detritos, Flujos de arena, Desliz. licuación de arena, Desliz. licuación de lodo		Rocas, Diertrios, Tierra, Lodos, Turba	
ORIGEN SUELO		TIPO DEPOSITO (Origen sobre sedimentos)		VELOCIDAD	
Residual, Sedimentario		Litológico, Marino, Glacial		Entr. rápido (>5 m/min), Moderado (>13 m/min), Lento (>1 m/año), Rápido (>3.8 m/año), Muy lento (>10 mm/año)	
GENERAL		DIMENSIONES DEL TERRENO		DEFORMACIÓN TERRENO	
Diferencia de altura corona a punta (m): 10.83 Longitud horizontal corona a punta (m): 24.67 Faltabiltud (grados): _____ Pendiente de ladera en Post-falla (grados): _____ Pendiente de ladera en Pre-falla (grados): _____ Dirección del movimiento (grados): N42W Azimut del talud (grados): 318		Ancho de la masa desplazada W0 (m): _____ Ancho de la superficie de ruptura W1 (m): _____ Longitud de la masa desplazada L0 (m): _____ Longitud de superficie de ruptura L1 (m): _____ Espesor de la masa desplazada D0 (m): _____ Profundidad de superficie de ruptura D1 (m): _____ Longitud total L (m): _____		MODOS: Ondulación, Escalamiento, Severidad: Leve, Media, Severa Localizado sobre la subunidad geomorfológica Lomerios disectados (Dgl), perteneciente a la región geomorfológica de ambiente denudacional.	
CAUSAS DEL MOVIMIENTO					
INHERENTES		MOVIMIENTO TECTÓNICO		CONTRIBUYENTES - DETONANTES	
Material plástico débil, Material sensible, Material cohesionado, Material meteor. fisicamente, Material meteor. químicamente, Material fallado por corte		Sismo, Erupción volcánica, Lluvias (mm) 24h, Viento, Derrubio, Avance/Retroceso de glaciares, Remojamiento de lagos en crateres, Remojamiento de presas		Desembalse rápido de presas, Erosión en la corona del talud por glaciares, Socavación por el talud por corriente agua, Socavación por el talud por oleaje, Socavación de margenes de rios, Erosión Fluvial, Carga en la corona del talud, Erosión subterránea (disolución, tubificación), Irigación	
SUPERFICIAL		SUBSUPERFICIAL		ESTADO	
Terras malás, Curvas, Hondonadas, Laminar, Cavernas, Taludización, Antigua, Reciente		Antigua, Reciente		Bolo, Severa, Moderado	
COBERTURA Y USO DEL SUELO		USO DEL SUELO		REFERENCIAS	
Vías, Herbáceas, Bosque/Selva, Matorrales, Cursos de agua		Cultivos, Construcciones, Pastos, Ganadería, Área protegida, Agrícola, Recreación, Zona arqueológica, Vivienda, Minería, Sin uso		AUTOR, AÑO, TÍTULO, EDITOR, CIUDAD, PÁGINAS	
EFECTOS SECUNDARIOS					
TIPO (Costa & Schuster, 1988)		MORFOMETRÍA DE LA PRESA		CONDICIONES DE LA PRESA	
I, II, III, IV, V, VI		Longitud (m), Volumen (m³), Talud arriba (°), Talud abajo (°)		Obstrucción parcial, Moderadamente socavada, Fuertemente socavada, Parcialmente fallada, Fallada, Erosión de la pata, Estabilización artificial, Ligero socavada	
Diferencia de altura corona a punta (m), Longitud horizontal corona a punta (m), Faltabiltud (grados), Pendiente de ladera en Post-falla (grados), Pendiente de ladera en Pre-falla (grados), Dirección del movimiento (grados), Azimut del talud (grados)		Longitud (m), Área (m²), Volumen (m³), Nivel agua bajo corona (m)		Efectos: Tsunami (m), Emulsificada, Sedimentación, Sismo	
DAÑOS					
POBLACIÓN AFECTADA		INFRAESTRUCTURA, ACTIVIDADES ECONÓMICAS, DAÑOS AMBIENTALES			
Vívidos, Desaparecidos, Pensionarios, Familias		TIPO DAÑO, CANTIDAD, UNIDAD, TIPO DAÑO, VALOR (US\$)			
TIPO DE DAÑO: Ninguno		(Grid of damage types and values)			
NOTAS					
Se observa un deslizamiento en esta área, se tiene un punto de control para verificar su evolución.					
APRECIACIÓN DEL RIESGO		ANEXO FOTOGRAFICO			
(Risk assessment grid)		FECHA, FOTOGRAFIA, OBSERVACIONES			
ESQUEMA DEL MOVIMIENTO					
PLANIA			PERFIL		
(Plan view map of the landslide area)			(Cross-section profile of the landslide)		
Observaciones: Se observa un fenómeno de remoción en masa tipo deslizamiento, el cual se encuentra inactivo. Este punto corresponde al proceso morfodinámico delimitado en el anexo cartográfico como tipo punto FRM-01.					

Fuente: CONSGA BIC S.A.S., 2024.

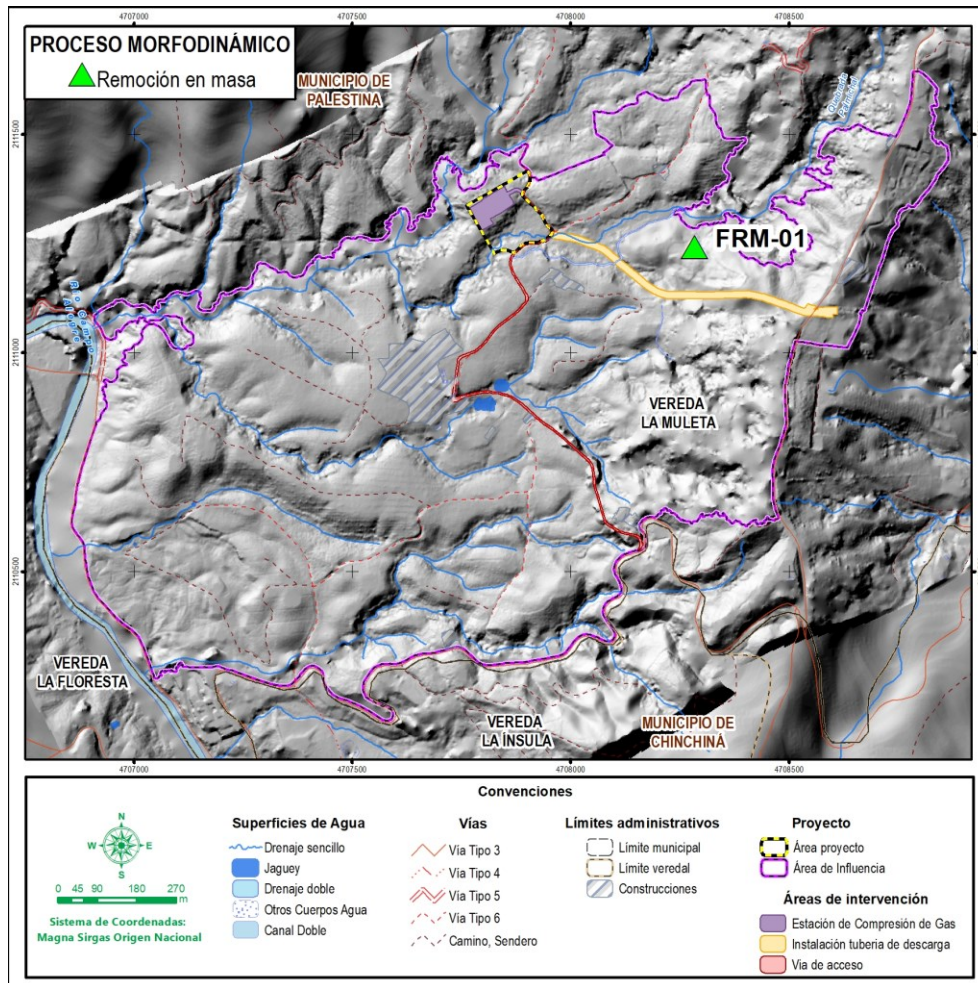
Las coordenadas de ubicación del proceso identificado se presentan en la Tabla 3-4 y la distribución espacial en el área de influencia se observa en la Figura 3-15.

Tabla 3-22 Proceso morfodinámico tipo punto identificado en el área de influencia

ID PROCESO	TIPO DE PROCESO	DESCRIPCIÓN	COORDENADAS MAGNA SIRGAS ORIGEN ÚNICO		
			ESTE(m)	NORTE (m)	COTA (m.s.n.m.)
FRM-01	Denudativo	Deslizamiento	4.708.282,89	2.111.241,58	1.368,92

Fuente: CONSGA BIC S.A.S., 2024.

Figura 3-15 Distribución espacial del proceso morfodinámico identificado en el área de influencia



Fuente: CONSGA BIC S.A.S., 2024

Elaboró: CONSGA S.A.S	Revisó: Cliente	Aprobó: Cliente	Código Proyecto PO-CO-2024-008	Cap. 3.2.2. Geomorfología Ver: 01	55
--------------------------	--------------------	-----------------	-----------------------------------	--------------------------------------	----

Como complemento a la información anterior se realizó búsqueda en la plataforma del SIMMA (Sistema de Información de Movimientos en Masa) y no se identificaron fenómenos de remoción en masa para el área de influencia.

3.2.2.3.1 Procesos de remoción en masa

La remoción en masa se caracteriza por volúmenes de material terrestre, como suelo, rocas, sedimentos o detritos que se desprenden y se mueven de una superficie generalmente en pendientes pronunciadas y que ocurre de manera repentina o gradual. Este proceso puede ser causado por diversas razones, incluyendo la saturación del suelo debido a la lluvia intensa, cambios en la geología del terreno, actividad sísmica, la erosión constante o la acción humana.



Fotografía 3-12 Proceso de remoción en masa: FRM-01.

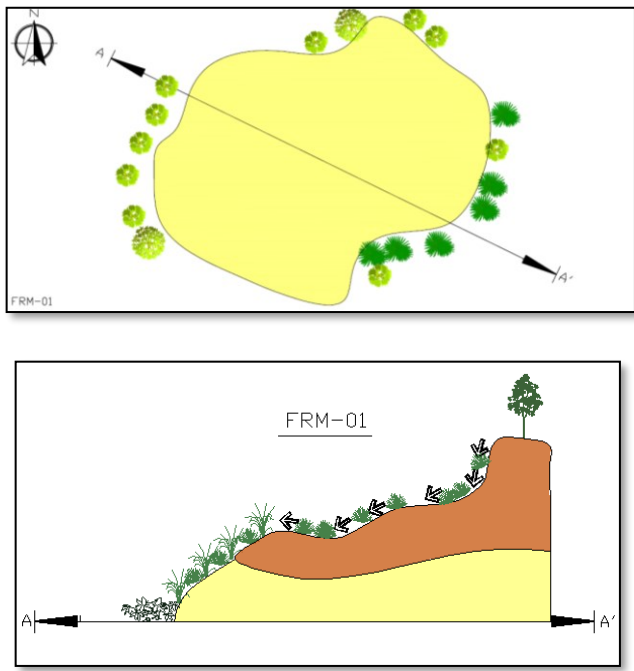
Coordenadas Magna Sirgas origen único: Este: 4.708.282,89, Norte: 2.111.241,58.

Fuente: CONSGA BIC S.A.S., 2024.

En la Tabla 3-23 se presenta la caracterización y descripción del fenómeno de remoción en masa identificado en el área de influencia.

Elaboró: CONSGA S.A.S	Revisó: Cliente	Aprobó: Cliente	Código Proyecto PO-CO-2024-008	Cap. 3.2.2. Geomorfología Ver: 01	56
--------------------------	--------------------	-----------------	-----------------------------------	--------------------------------------	----

Tabla 3-23 Descripción de fenómeno de remoción en masa (Deslizamiento)

FENÓMENO DE REMOCIÓN EN MASA				
ID	LOCALIZACIÓN			TIPO DE MOVIMIENTO
FRM-01	División Política		Coordenadas Magna Sirgas ORIGEN ÚNICO	
	Departamento	Caldas	Este (m)	4.708.282,89
	Municipio	Palestina	Norte (m)	2.111.241,58
	Vereda	La Muleta	Altura (m.s.n.m.)	1.368,92
	Descripción			Esquema del Movimiento
	<p>Movimiento tipo Deslizamiento, antiguo e inactivo, compuesto por rocas volcánicas básicas de Complejo Quebradagrande (conjunto volcánico) (Kvc), constituido por bloques alargados alineados estructuralmente y cuenta con dos unidades litodérmicas que agrupa rocas volcánicas y sedimentarias de edad cretácico inferior. En el área de influencia corresponde al basamento y afloran rocas meteorizadas de coloración amarilla a marrón con bajo diaclasamiento, compuesta por piroxenos, anfíboles y plagioclasa de tamaño medio a fino, lo cual puede corresponder con un basalto. El deslizamiento se encuentra localizado sobre la geoforma de Lomeríos disectados (Dld), presenta una dirección de movimiento N42W y azimut de 318°. Como contribuyentes o detonantes del deslizamiento se relaciona principalmente la erosión pluvial. Este se considera de riesgo bajo ya que no se encuentra asociado a ninguna infraestructura.</p>			

Fuente: CONSGA BIC S.A.S., 2024.

3.2.2.4 Análisis multitemporal

El análisis multitemporal se realiza con base en la interpretación de dos imágenes obtenidas para el área de influencia en un periodo de 10 años, es decir, que cuentan con una resolución temporal diferente, y que, además, tienen una resolución espectral similar, para facilitar su interpretación. Asimismo, corresponden con imágenes multiespectrales, ya que en los procesos de teledetección y percepción remota representan una gran herramienta, que permite obtener resultados favorables respecto a proyectos de tipo investigativo, sobre todo en el área ambiental. La utilización de este tipo de imágenes se plantea teniendo en cuenta sus características, las cuales, además, permiten ser mejoradas espacial y espectralmente, aunque no son las más detalladas visualmente, tienen varios componentes que permiten obtener resultados favorables en cuanto al proceso de planificación y toma de decisiones.

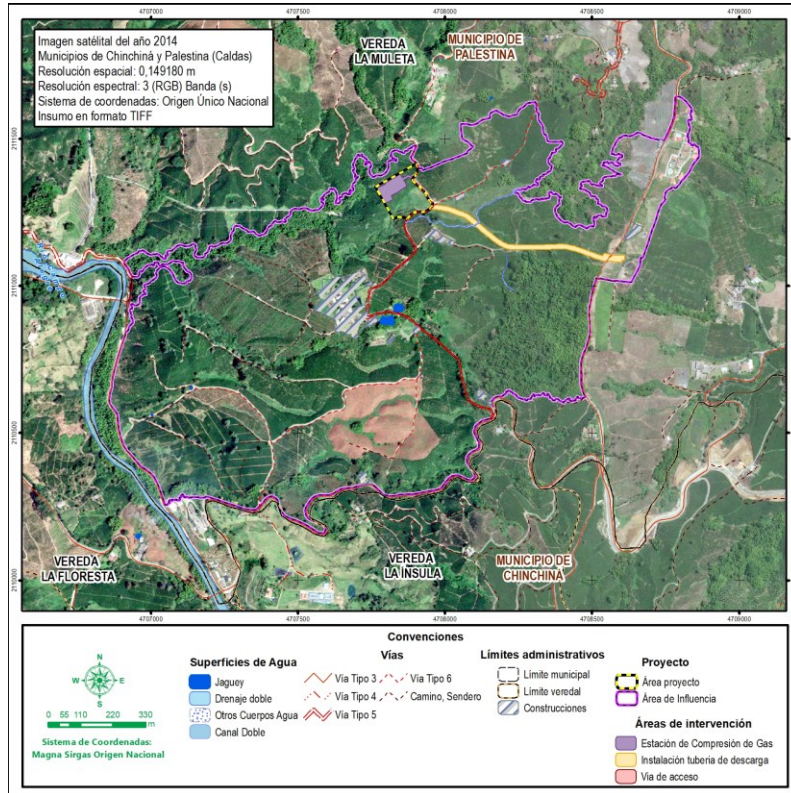
3.2.2.4.1 Adquisición y preparación de la información

A continuación, se presentan las características de las imágenes consideradas para el análisis multitemporal en el área de influencia (Figura 3-16).

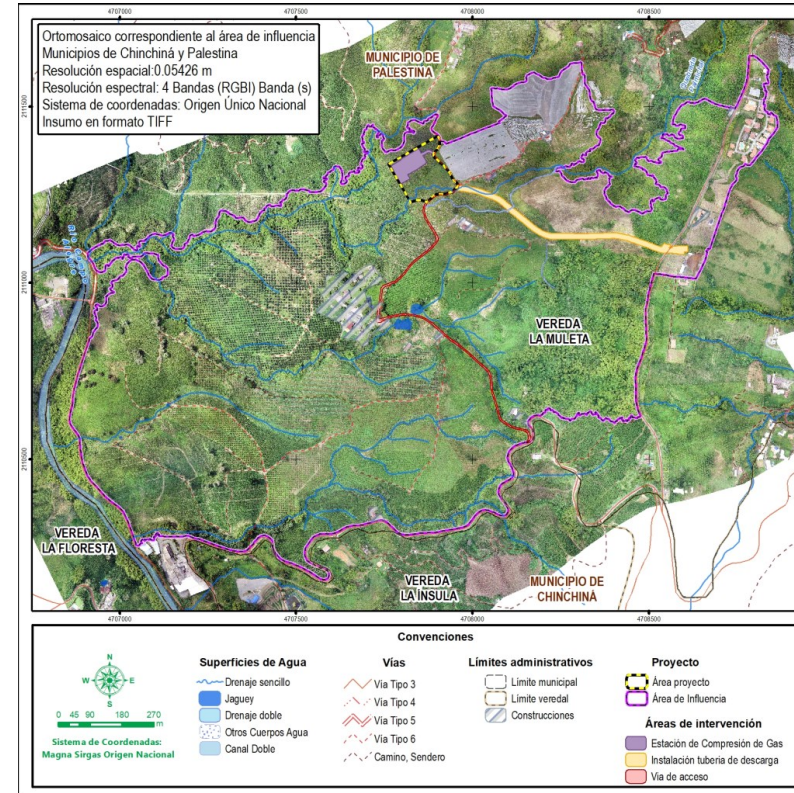
- Ortofoto, con resolución espacial de 0,0542623 m, resolución radiométrica de 8 bits y resolución espectral de cuatro (4) bandas (rojo, verde, azul e infrarrojo cercano), con temporalidad de 2024, obtenido a partir del procesamiento de información levantada en campo mediante método fotogramétrico.
- Imagen satelital, con resolución espacial de 0,149188 m, resolución espectral de tres (3) bandas (rojo, verde, azul) y temporalidad de 2014, obtenida de la misión de observación terrestre Sentinel 2.

Elaboró: CONSGA S.A.S	Revisó: Cliente	Aprobó: Cliente	Código Proyecto PO-CO-2024-008	Cap. 3.2.2. Geomorfología Ver: 01	58
--------------------------	--------------------	-----------------	-----------------------------------	--------------------------------------	----

Figura 3-16 Imágenes consideradas para el análisis multitemporal



A) Imagen Satelital (Temporalidad 2014)



B) Ortofotograma (temporalidad 2024)

Fuente: CONSGA BIC S.A.S., 2024.

Elaboró: CONSGA S.A.S	Revisó: Cliente	Aprobó: Cliente	Código Proyecto PO-CO-2024-008	Cap. 3.2.2. Geomorfología Ver: 01	59
--------------------------	-----------------	-----------------	-----------------------------------	--------------------------------------	----

3.2.2.4.2 Análisis e interpretación de coberturas

Este análisis multitemporal consiste inicialmente en la generación de la geomorfología multitemporal (año 2014), a partir de la imagen satelital multitemporal (2014) así como de la capa de coberturas vegetales desarrollada para dicha temporalidad mediante una clasificación supervisada donde se identificaron las diferentes firmas espectrales en la imagen y se asociaron a un tipo de cobertura específico de acuerdo con el sistema metodológico Corine Land Cover (CORINE, 1990).

3.2.2.4.3 Verificación de campo

Posteriormente, se realiza una comparación entre la geomorfología multitemporal (año 2014) y la geomorfología actual presentada en el ítem 3.2.2.2.2 *Definición de las subunidades geomorfológicas*, con el fin de observar los cambios en las temporalidades evaluadas, como, por ejemplo, diferencias entre las geoformas relacionadas a la dinámica fluvial de los drenajes y a la actividad antrópica, entre otros.

Adicionalmente, de acuerdo con las actividades de campo, para el área de influencia se identificó únicamente un (1) deslizamiento relacionado a la geoforma de Lomeríos disectados (Dld), donde debido a su carácter puntual no es posible caracterizarlo por fotointerpretación y por ende no se contempló dentro del análisis multitemporal. Específicamente el presente estudio, está orientado a la observación de zonas con sedimentación activa (relacionada al cambio de las geoformas pertenecientes a la Región geomorfológica de ambiente fluvial para las temporalidades evaluadas), en cuanto al análisis de las zonas de erosión activa, no será considerado debido a que no se identificaron procesos erosivos durante las actividades de campo, así como tampoco durante la fotointerpretación realizada.

Elaboró: CONSGA S.A.S	Revisó: Cliente	Aprobó: Cliente	Código Proyecto PO-CO-2024-008	Cap. 3.2.2. Geomorfología Ver: 01	60
--------------------------	--------------------	-----------------	-----------------------------------	--------------------------------------	----

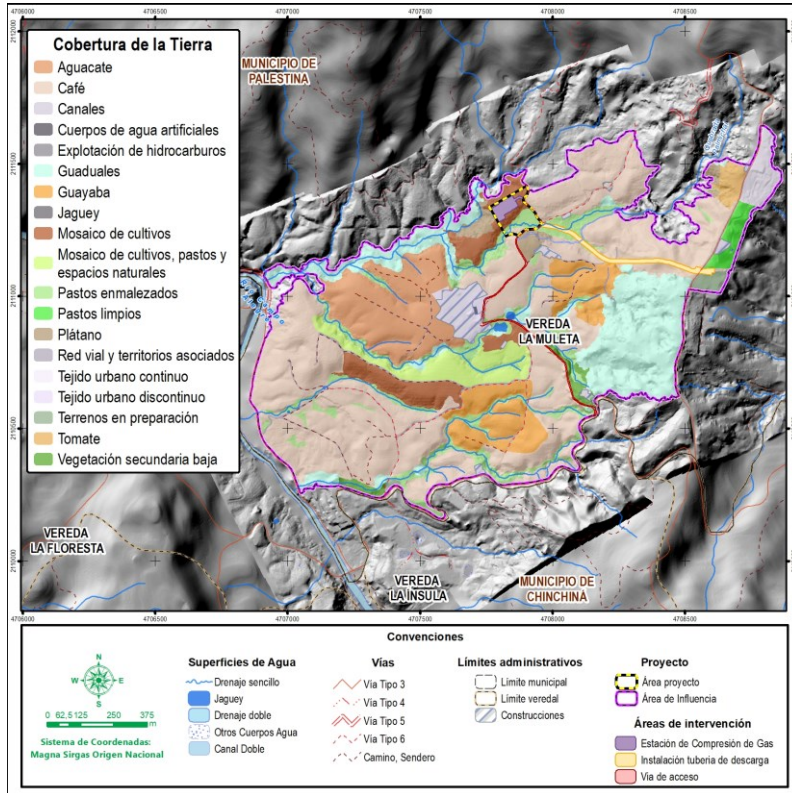
3.2.2.4.4 Generación de capas temáticas

Para realizar el análisis multitemporal, se generó la cartografía geomorfológica para los dos periodos en evaluación (2014 y 2024), tomando como punto de partida, que la evolución morfogenética de las geoformas, tienen un proceso de evolución de cientos a miles de años, y que en el periodo aquí evaluado no se observarán cambios significativos en la morfología del terreno, a excepción de las geoformas asociadas con la dinámica fluvial y con el factor antrópico.

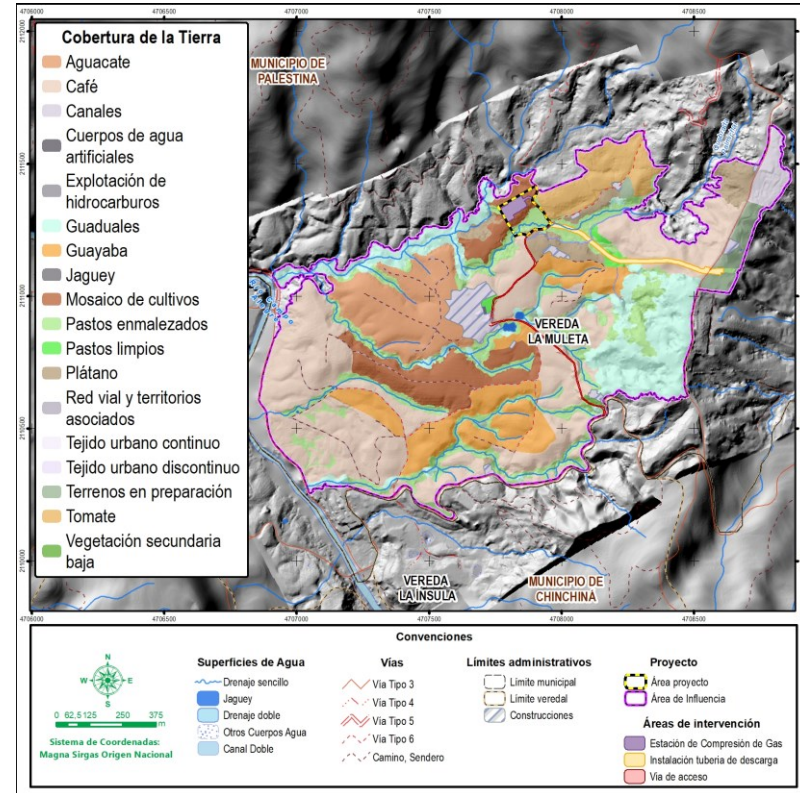
A continuación, en la Figura 3-17 se presenta la distribución espacial de las coberturas de la tierra y en la Figura 3-18 se presenta la interpretación geomorfológica correspondiente para las temporalidades evaluadas. Asimismo, en la Tabla 3-24. se presenta el comparativo en la distribución porcentual de cada geoforma para las temporalidades evaluadas.

Elaboró: CONSGA S.A.S	Revisó: Cliente	Aprobó: Cliente	Código Proyecto PO-CO-2024-008	Cap. 3.2.2. Geomorfología Ver: 01	61
--------------------------	--------------------	-----------------	-----------------------------------	--------------------------------------	----

Figura 3-17 Coberturas de la tierra para el análisis multitemporal



A) Coberturas De La Tierra Para El Año 2014

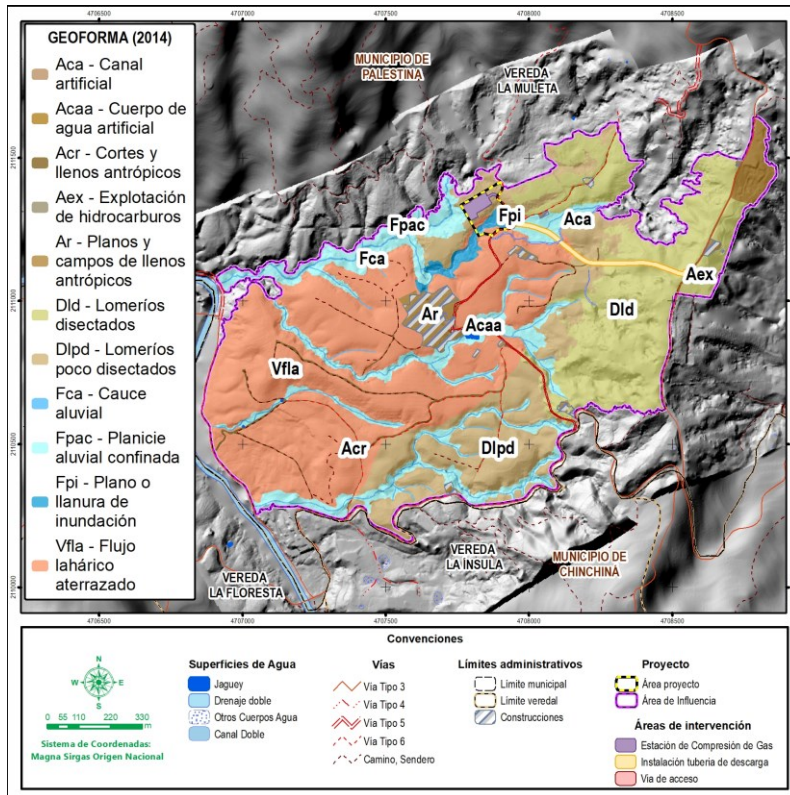


B) Coberturas De La Tierra Para El Año 2024

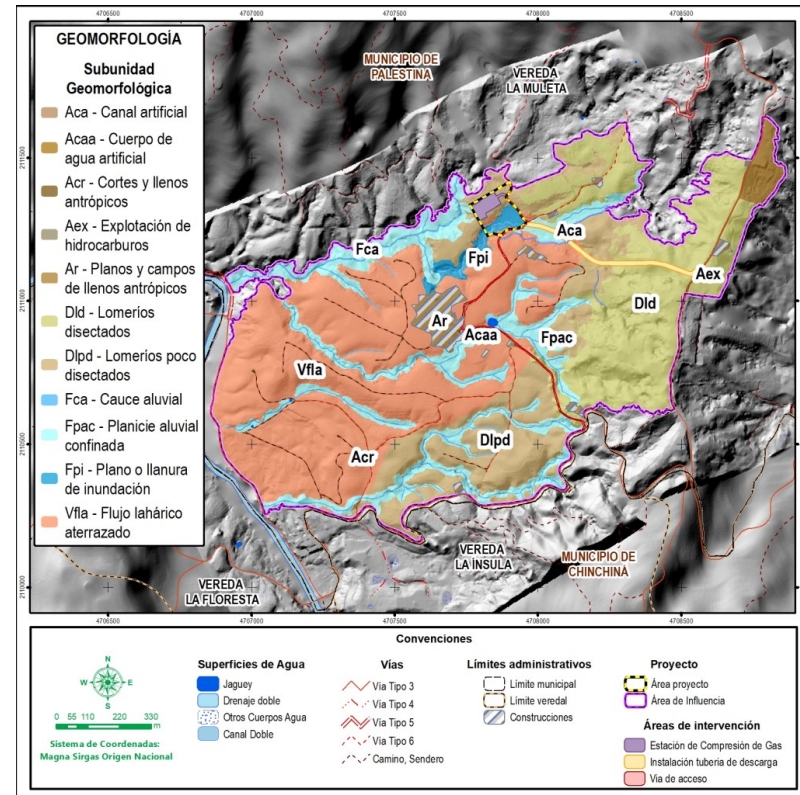
Fuente: CONSGA BIC S.A.S., 2024

Elaboró: CONSGA S.A.S	Revisó: Cliente	Aprobó: Cliente	Código Proyecto PO-CO-2024-008	Cap. 3.2.2. Geomorfología Ver: 01	62
--------------------------	-----------------	-----------------	-----------------------------------	--------------------------------------	----

Figura 3-18 Interpretación geomorfológica para el análisis multitemporal



A) Interpretación geomorfológica para el año 2014



B) Interpretación geomorfológica para el año 2024

Fuente: CONSGA BIC S.A.S., 2024

Elaboró: CONSGA S.A.S	Revisó: Cliente	Aprobó: Cliente	Código Proyecto PO-CO-2024-008	Cap. 3.2.2. Geomorfología Ver: 01	63
--------------------------	-----------------	-----------------	-----------------------------------	--------------------------------------	----

**Tabla 3-24 Comparativo en la distribución porcentual de cada subunidad geomorfológica en las temporalidades
evaluadas (2014 y 2024)**

GEOMORFO ESTRUCTURA	PROVINCIA	REGIÓN	UNIDAD	SUBUNIDAD	NOMENCLATURA	AÑO 2014		AÑO 2024		DIFERENCIA 2024 CON RESPECTO A 2014	
						ha	%	ha	%	ha	%
Cordillera, Orógeno	Cordillera Central	Ambiente Fluvial	Llanuras Inundación	Planicie aluvial confinada	Fpac	18,738	11,712	21,652	13,533	+2,91	+1,82
				Cauce aluvial	Fca	3,931	2,457	3,935	2,460	+0,001	+0,001
				Plano o llanura de inundación	Fpi	1,622	1,014	2,065	1,291	+0,45	+0,28
		Ambiente Denudacional	Lomerío	Lomeríos poco disectados	Dlpd	29,053	18,160	27,827	17,393	-1,23	-0,77
				Lomeríos disectados	Dld	34,441	21,527	33,877	21,175	-0,56	-0,35
		Ambiente Volcánico	Lahar	Flujo lahático aterrazado	Vfla	61,857	38,664	61,039	38,153	-0,82	-0,51
		Ambiente Antropogénico	Superficie con modelado antrópico	Canal artificial	Aca	0,165	0,103	0,198	0,124	+0,03	+0,02
				Explotación de hidrocarburos	Aex	0,052	0,033	0,052	0,033	Sin cambios	
				Cortes y llenos antrópicos	Acr	3,576	2,235	2,955	1,847	-0,62	-0,39
				Cuerpo de agua artificial	Acaa	0,094	0,059	0,208	0,130	+0,11	+0,07
				Planos y campos de llenos antrópicos	Ar	6,457	4,036	6,179	3,862	-0,28	-0,17
TOTAL						159,99	100,00	159,99	100,00	-	-

Fuente: CONSGA BIC S.A.S., 2024.

De acuerdo con la interpretación y comparación de la cartografía geomorfológica, así como de la generación de la cobertura vegetal de los años 2014 y 2024, se concluye que las geoformas tanto a nivel regional como a nivel de detalle evolucionan en el tiempo geológico, esta evolución se refleja en el cambio de la morfología del terreno. Para el área de influencia, en los periodos evaluados se evidencia cambio en la morfología, principalmente para las geoformas relacionadas a las Regiones geomorfológicas de ambientes antropogénico y fluvial, donde debido al incremento para el 2024 de las geoformas relacionadas a la dinámica fluvial se disminuye el área de ocupación de las geoformas relacionadas a la región geomorfológica denudacional y volcánica ; es de resaltar que estos cambios no superan las 3 ha, tal y como se observa en la Tabla 3-24.

3.2.2.4.5 Zonas de sedimentación activa

Como se mencionó previamente debido a que en el área de influencia no se identificaron procesos erosivos durante las actividades de campo como tampoco por fotointerpretación no se desarrolla el análisis multitemporal para zonas de erosión activa. Por otra parte, es evidente que la evolución morfológica en el área de influencia, está asociada directamente con la dinámica fluvial de los drenajes, pues son estos los principales agentes modeladores en geoformas como las presentes en el área de influencia; por lo anterior, desde el punto de vista morfodinámico es clave determinar las áreas donde existe sedimentación activa, ya que corresponden con zonas donde no se presentarían las condiciones geotécnicas óptimas para la ejecución de obras y requerirían un manejo adecuado.

Específicamente para el área de influencia no se identificaron procesos morfodinámicos de sedimentación, sin embargo, para este análisis multitemporal se consideraron como zonas de sedimentación activa aquellas geoformas pertenecientes a la región geomorfológica de ambiente fluvial (Planicie aluvial confinada (Fpac), Cauce aluvial (Fca) y Plano o llanura de inundación (Fpi)) dado que son geoformas derivadas de la dinámica fluvial de los drenajes que atraviesan el área de influencia y cuya dinámica está relacionada a procesos de transporte y sedimentación por lo cual resulta pertinente considerarlas para el presente análisis.

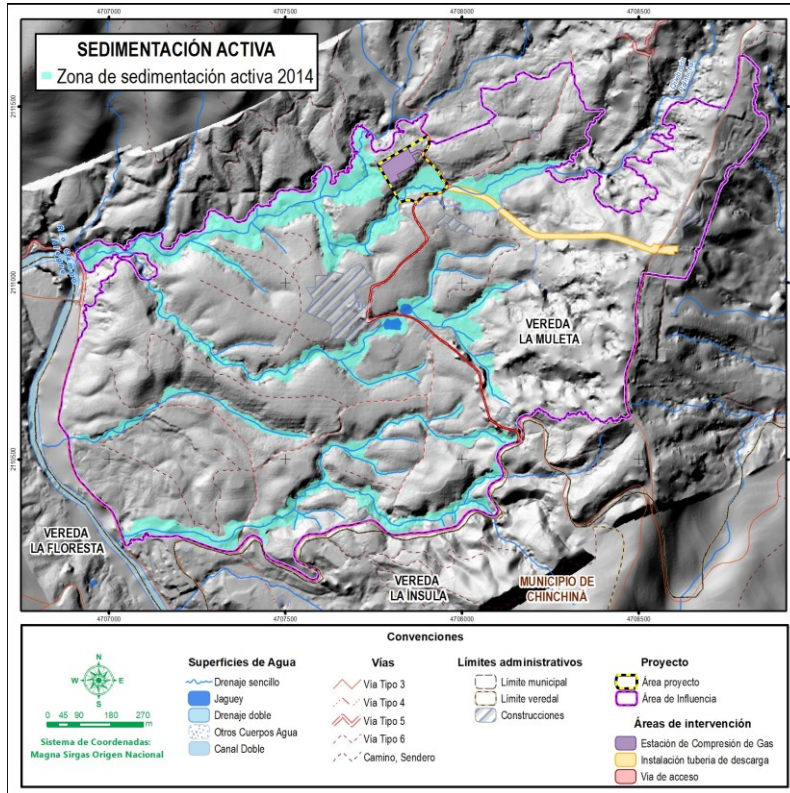
Elaboró: CONSGA S.A.S	Revisó: Cliente	Aprobó: Cliente	Código Proyecto PO-CO-2024-008	Cap. 3.2.2. Geomorfoloía Ver: 01	65
--------------------------	--------------------	-----------------	-----------------------------------	-------------------------------------	----

A continuación, en la Figura 3-19 se presentan las zonas con sedimentación activa identificadas para cada uno de los periodos evaluados, lo que permite identificar cómo estas áreas han ido cambiando en el tiempo y hacer proyecciones.

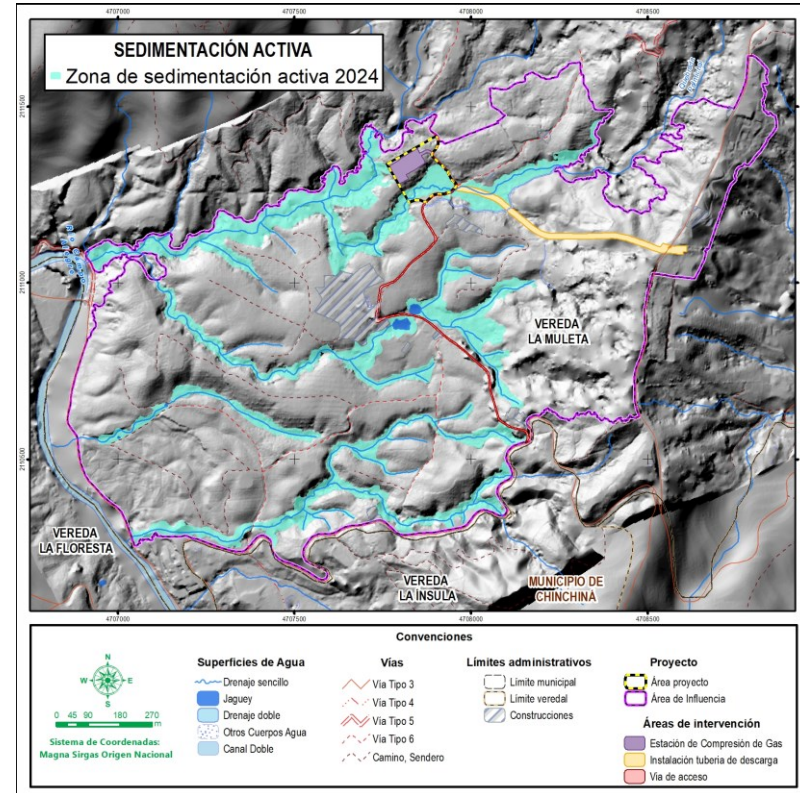
De acuerdo con la interpretación geomorfológica realizada, se observa que, en lo referente a zonas con sedimentación activa se percibe un incremento leve de las mismas, pasando de 24,29 ha en 2014, a 27,65 ha en 2024. Estas zonas como se mencionó previamente están relacionadas con las áreas donde se cartografiaron las geoformas pertenecientes a la región geomorfológica de ambiente fluvial.

Elaboró: CONSGA S.A.S	Revisó: Cliente	Aprobó: Cliente	Código Proyecto PO-CO-2024-008	Cap. 3.2.2. Geomorfología Ver: 01	66
--------------------------	--------------------	-----------------	-----------------------------------	--------------------------------------	----

Figura 3-19 Zonas de sedimentación activa para el análisis multitemporal



A) Zonas de sedimentación activa para el año 2014



B) Zonas de sedimentación activa para el año 2024

Fuente: CONSGA BIC S.A.S., 2024

Elaboró: CONSGA S.A.S	Revisó: Cliente	Aprobó: Cliente	Código Proyecto PO-CO-2024-008	Cap. 3.2.2. Geomorfología Ver: 01	67
--------------------------	-----------------	-----------------	-----------------------------------	--------------------------------------	----

A continuación, en la Tabla 3-25, se presenta un resumen, del porcentaje de área para zonas con sedimentación activa, en cada uno de los periodos evaluados (2014 y 2024).

Tabla 3-25 Áreas relacionadas a sedimentación activa para el área de influencia

SEDIMENTACIÓN ACTIVA			
AÑO	ÁREA (ha)	PORCENTAJE (%)	DIFERENCIA 2024 CON RESPECTO A 2014
2014	24,29	15,18	+2,10
2024	27,65	17,28	

Fuente: CONSGA BIC S.A.S., 2024.

3.2.2.5 Susceptibilidad a la erosión

La susceptibilidad del suelo a ser erosionado se calculará para el área de influencia a través de la Ecuación Universal de Perdida de Suelos (USLE) de la siguiente manera (Ecuación 1):

$$SE = R * K * L * S * C$$

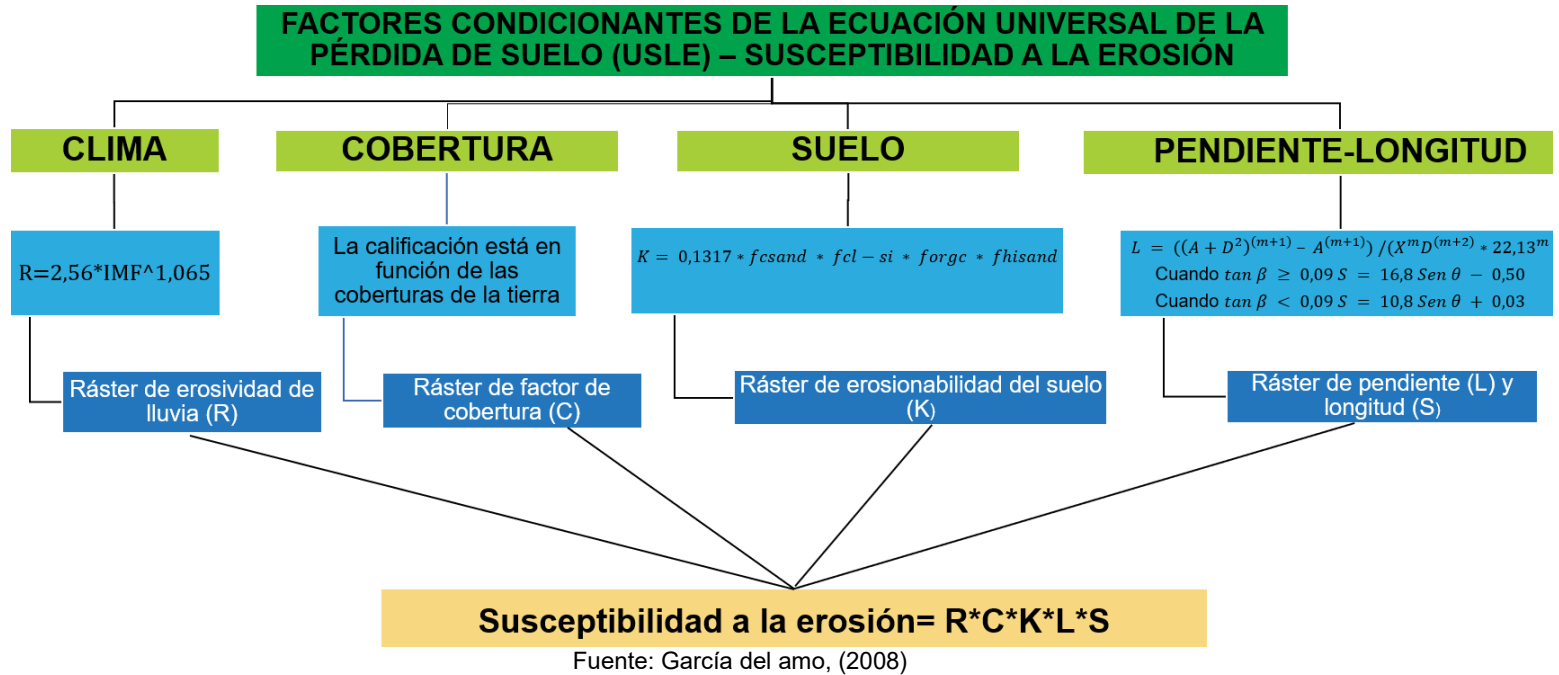
Donde:

Ecuación 1

- SE, Susceptibilidad a la erosión correspondiente a la pérdida de suelo en t/ha año.
- R, es el factor erosividad de la lluvia en MJmm/ha año.
- K, es el factor erosionabilidad el suelo en (t/ha)/(MJmm/ha) Tonelada por hectárea que se pierde de suelos cada vez que se aplica un mili julios por hectárea al año.
- L, es el factor longitud del terreno (adimensional)
- S, es el factor pendiente del terreno (adimensional)
- C, es el factor de la cobertura de la tierra (adimensional)

A continuación, en la Figura 3-20, se presenta el esquema metodológico empleado en el presente estudio para determinar la susceptibilidad a la erosión del área de influencia mediante el método USLE.

Figura 3-20 Esquema representativo para determinar la susceptibilidad a la erosión (USLE)



3.2.2.5.1 Factor R

La capacidad de erosión de la lluvia se puede definir como la agresividad de la precipitación sobre el suelo, representa la energía con que las gotas de lluvia que caen a una determinada intensidad pueden romper los agregados superficiales en partículas de tamaño transportable.

Para la estimación del factor R se consideró lo propuesto por Rodríguez et al., (2004), quienes emplearon la siguiente ecuación (Ecuación 2):

$$R = 2,56 * IMF ^ 1,065$$

Donde: **Ecuación 2**

- R, es el factor erosividad de la lluvia en MJ*mm/ha año.
- IMF, es el Índice Modificado de Fournier en MJ*mm/ha año

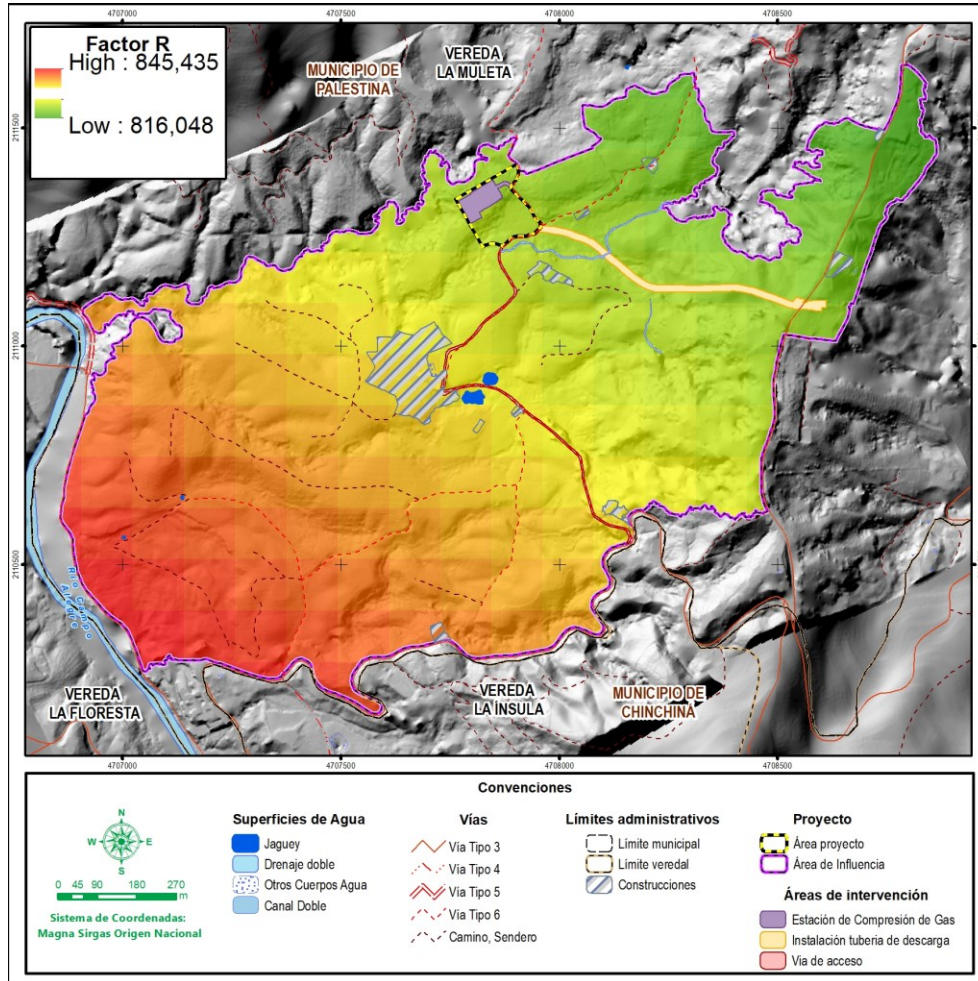
A continuación, se presenta el cálculo del Índice Modificado de Fournier.

3.2.2.5.1.1 Cálculo de R

Para el área de influencia se calcula el valor de erosividad (Factor R) aplicando la Ecuación 2 y mediante el empleo de herramientas de geoprocésamiento de ArcGIS, el factor R para el área de influencia se muestra en la Figura 3-21.

Elaboró: CONSGA S.A.S	Revisó: Cliente	Aprobó: Cliente	Código Proyecto PO-CO-2024-008	Cap. 3.2.2. Geomorfología Ver: 01	70
--------------------------	--------------------	-----------------	-----------------------------------	--------------------------------------	----

Figura 3-21 Factor de erosividad R



Fuente: CONSGA BIC S.A.S., 2024.

Los valores del factor R oscilan entre 816,048 MJ*mm/ha año y 845,435 MJ*mm/ha año, encontrándose valores altos hacia el sector suroeste y los valores más bajos hacia el sector noreste del área de influencia. Para analizar los valores del factor R se tuvo en cuenta los rangos adaptados por Echeverri Tafur & Obando Moncayo (2010), presentados en la Tabla 3-26, donde se evidencia que la totalidad del área de influencia tiene una erosividad por el factor R de tipo natural, es decir, la susceptibilidad a la erosión por precipitación corresponderá a la naturalmente esperada por la acción de la lluvia.

Elaboró: CONSGA S.A.S	Revisó: Cliente	Aprobó: Cliente	Código Proyecto PO-CO-2024-008	Cap. 3.2.2. Geomorfología Ver: 01	71
--------------------------	--------------------	-----------------	-----------------------------------	--------------------------------------	----

Tabla 3-26 Clasificación del factor R

EROSIVIDAD R (MJ*mm/ha año)	CLASIFICACIÓN
0-1000	Natural
>1000-2500	Muy Baja
>2500-5000	Baja
>5000-7500	Moderada
>7500-10000	Alta

Fuente: Tafur, L., & Obando Moncayo, F. H., (2010)

3.2.2.5.1.2 Cálculo de IMF

El Índice Modificado de Fournier o IMF fue planteado por Arnoldus (1977) como una corrección de Fournier (1960) para considerar no sólo la precipitación mensual del mes más húmedo, sino también la del resto de los meses. Este Índice Modificado de Fournier (IMF), caracteriza la agresividad de la precipitación y se calcula con la Ecuación 3:

$$IMF = \sum_{i=1}^{12} \frac{p_i^2}{P_t}$$

Donde:

Ecuación 3

- P_i es la precipitación de cada mes (mm)
- P_t es la precipitación media anual (mm)

Los datos de precipitación fueron obtenidos de la red del Instituto de Hidrología Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM), donde se seleccionaron las cinco (5) estaciones meteorológicas más próximas al área de influencia las cuales se describen en la Tabla 3-27 y se observan en la Figura 3-22. Estas estaciones cuentan con la suficiente confiabilidad en la toma de datos, un historial continuo y homogéneo, en general con 23 años de mediciones (2000-2023). Estos datos se encuentran contenidos en el Capítulo 03.2ABIOT(ATMOSF), numeral 3.2.9.1 Clima del presente estudio.

Tabla 3-27 Estaciones seleccionadas

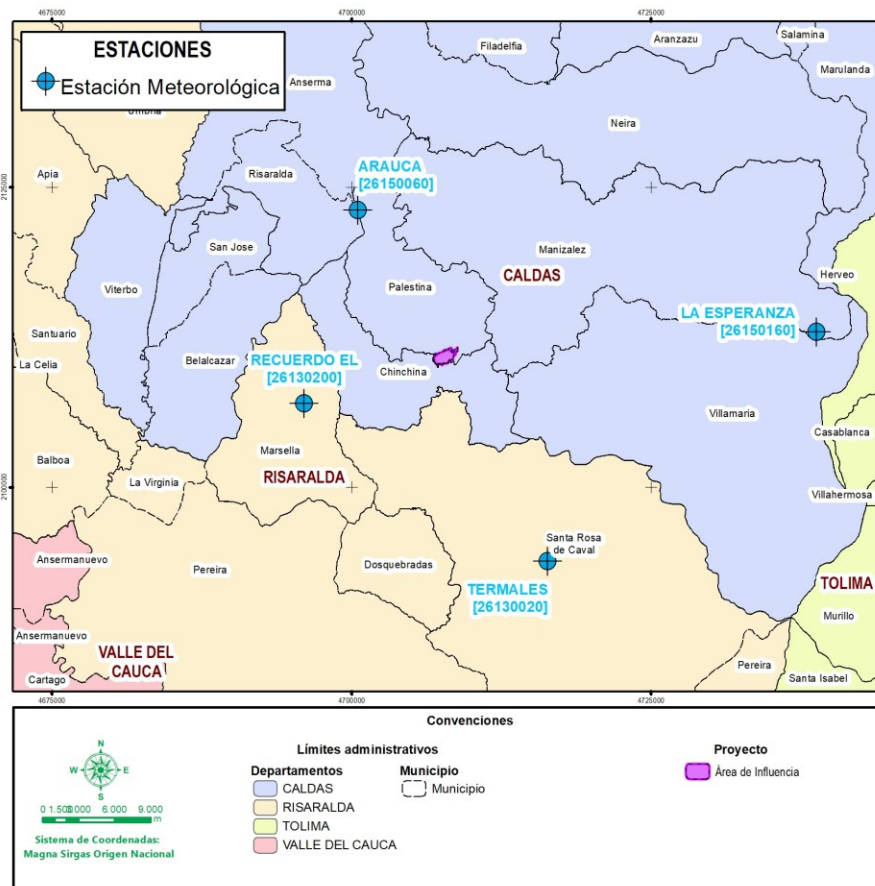
CODIGO	NOMBRE	ALTITUD	COORDENADAS MAGNA SIRGAS ORIGEN ÚNICO	
			ESTE (m)	NORTE (m)
26130020	Termales	2001	4716382,42	2093808,95
26130200	El Recuerdo	1587	4696063,65	2106969,33

Elaboró: CONSGA S.A.S	Revisó: Cliente	Aprobó: Cliente	Código Proyecto PO-CO-2024-008	Cap. 3.2.2. Geomorfología Ver: 01	72
--------------------------	--------------------	-----------------	-----------------------------------	--------------------------------------	----

CODIGO	NOMBRE	ALTITUD	COORDENADAS MAGNA SIRGAS ORIGEN ÚNICO	
			ESTE (m)	NORTE (m)
26150160	La Esperanza	917	4738804,17	2112933,17
26150060	Arauca	3341	4700568,21	2123113,34
2615502	Naranjal	1407	4705980,90	2108059,50

Fuente: Datos Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM, 2019).

Figura 3-22 Localización de las estaciones seleccionadas

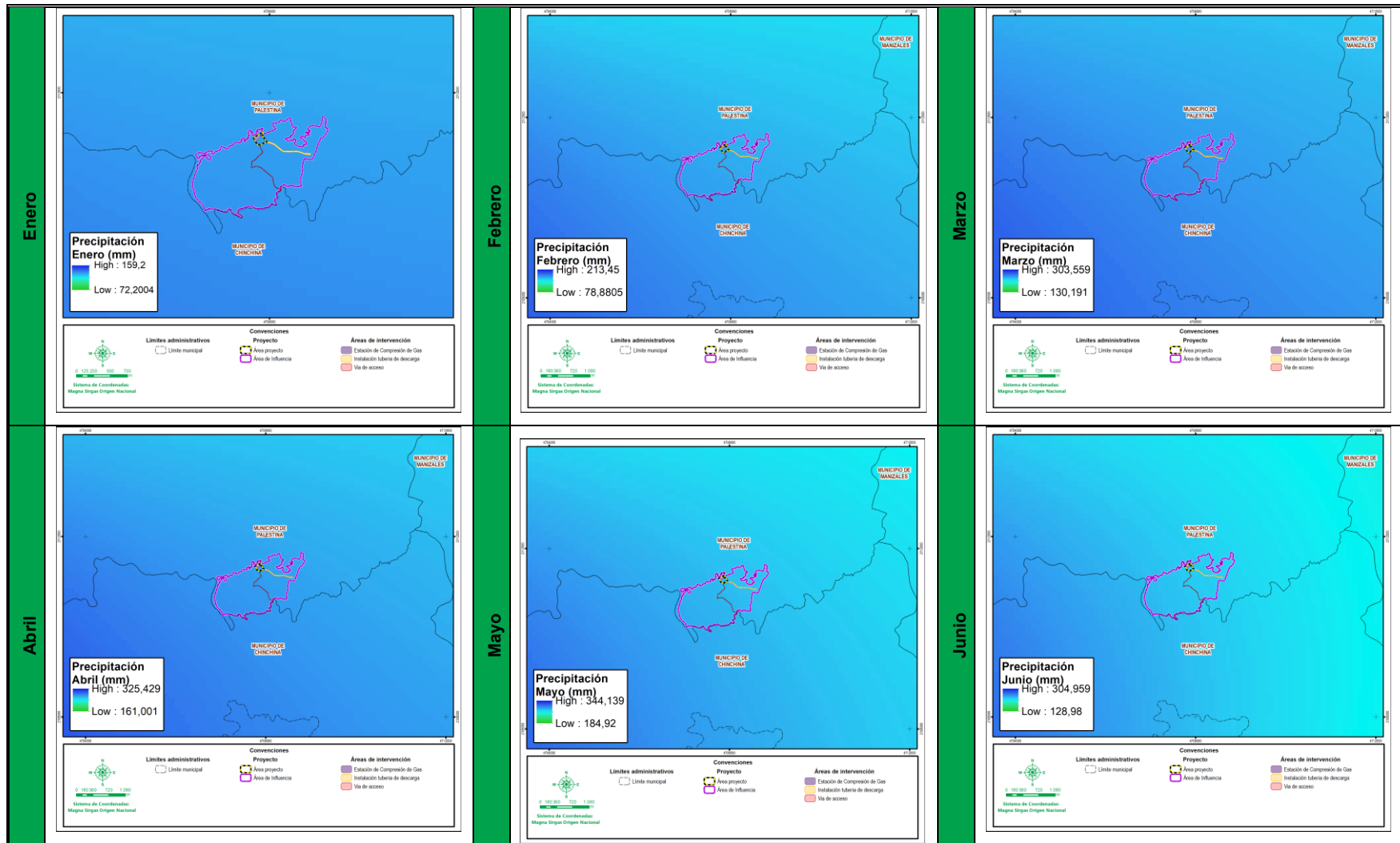


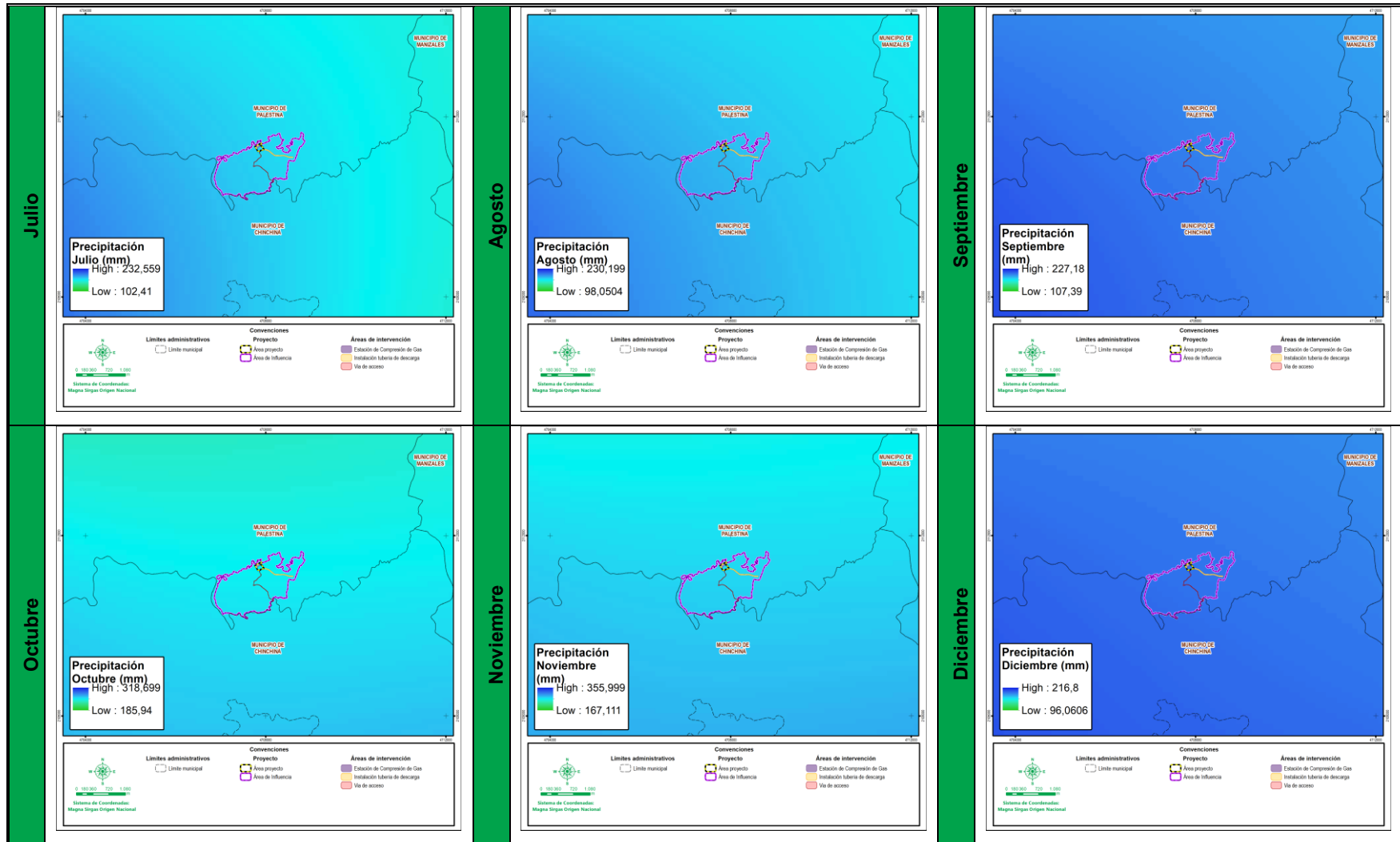
Fuente: Datos Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM, 2019).

Con el fin de realizar el modelamiento espacial y temporal de los datos de precipitación, se analizaron datos entre los años 2000 hasta el 2023, donde se realiza la interpolación de los datos de precipitación de las estaciones meteorológicas referidos a nivel de lluvias mensuales medias multianuales, mediante el uso de herramientas de geoprocésamiento de ArcGIS, los resultados de esta interpolación generada se pueden ver en la Tabla 3-28.

Elaboró: CONSGA S.A.S	Revisó: Cliente	Aprobó: Cliente	Código Proyecto PO-CO-2024-008	Cap. 3.2.2. Geomorfología Ver: 01	73
--------------------------	--------------------	-----------------	-----------------------------------	--------------------------------------	----

Tabla 3-28 Interpretación de datos meteorológicos mensuales multianuales



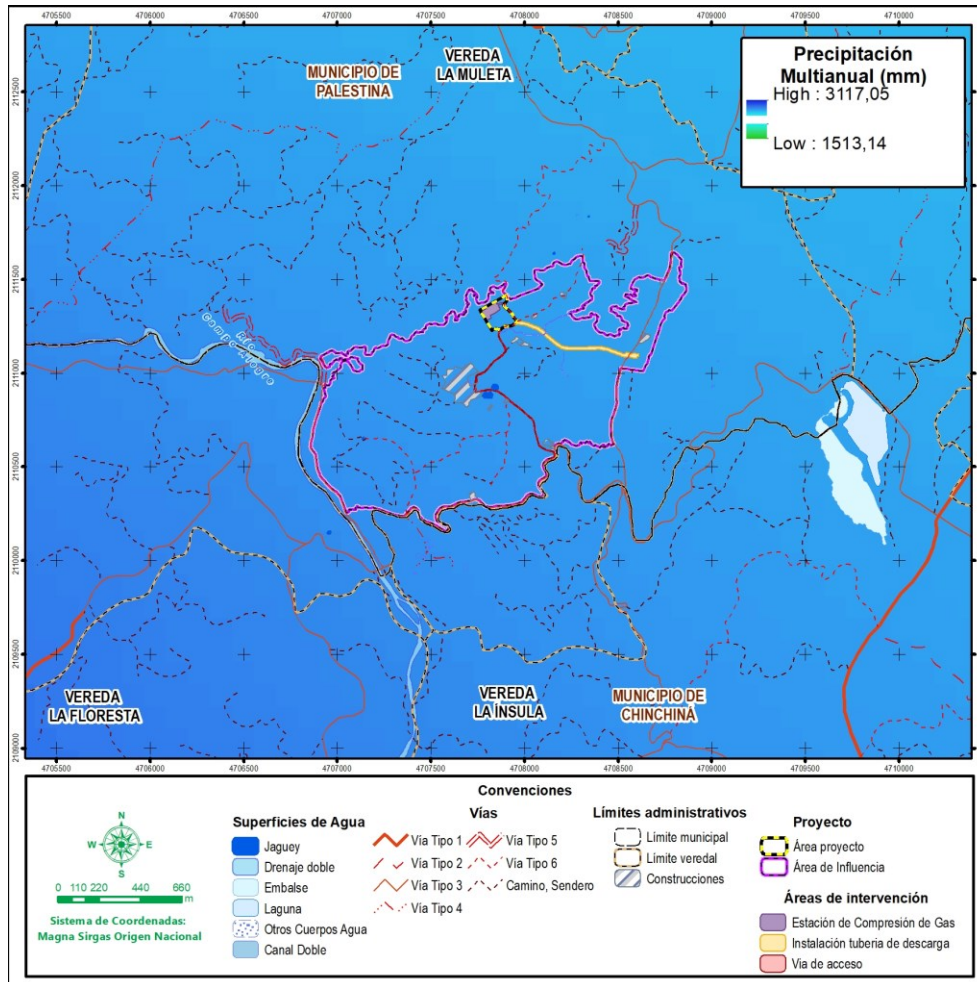


Fuente: CONSGA BIC S.A.S., 2024.

Elaboró: CONSGA S.A.S	Revisó: Cliente	Aprobó: Cliente	Código Proyecto PO-CO-2024-008	Cap. 3.2.2. Geomorfología Ver: 01	75
--------------------------	-----------------	-----------------	-----------------------------------	--------------------------------------	----

Además, se calculó la precipitación media multianual, cuyo resultado corresponde con la suma de las interpolaciones mensuales realizadas anteriormente, el resultado puede verse en la Figura 3-23.

Figura 3-23 Precipitación media multianual.

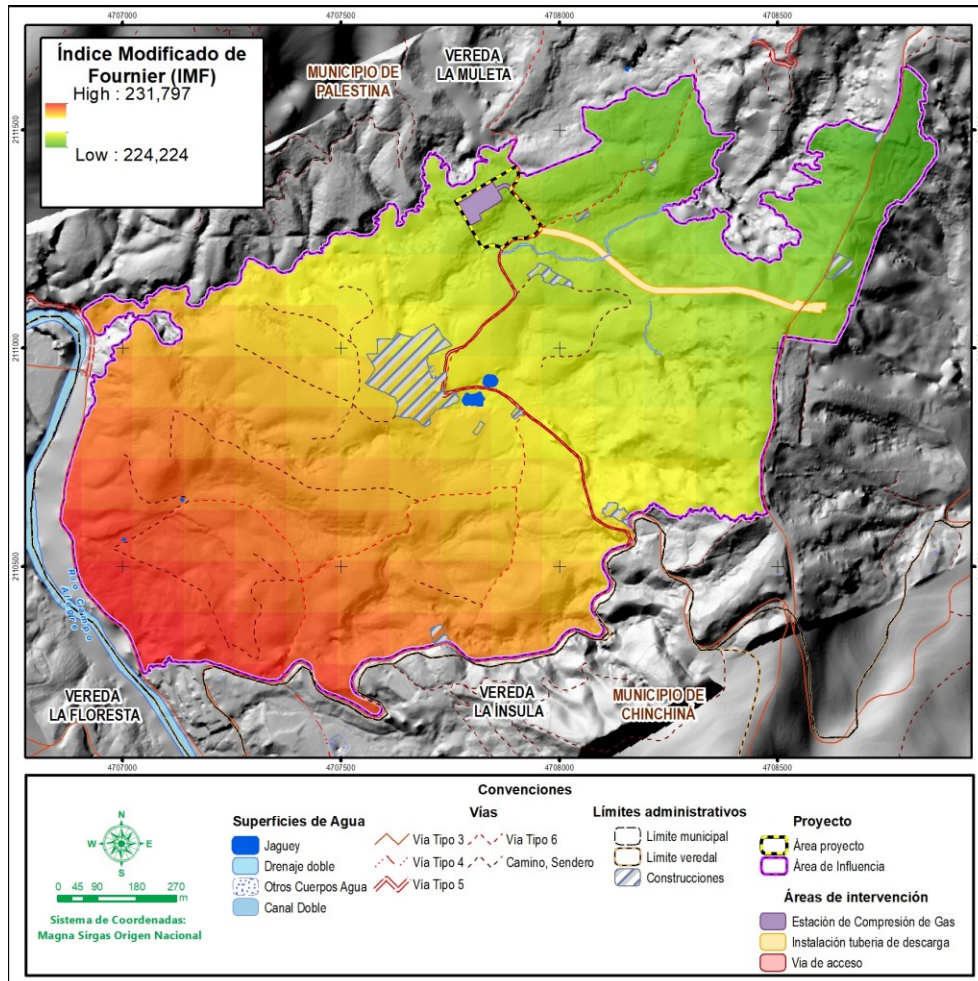


Fuente: CONSGA BIC S.A.S., 2024.

Con base en el resultado de las interpolaciones mensuales multianuales de la precipitación, Tabla 3-28 y la precipitación media multianual, Figura 3-23, se calculó el Índice Modificado de Fournier (IMF) de acuerdo a la Ecuación 3 mediante el empleo de herramientas de geoprocresamiento de ArcGIS; el IMF para el área de influencia se muestra en la Figura 3-24.

Elaboró: CONSGA S.A.S	Revisó: Cliente	Aprobó: Cliente	Código Proyecto PO-CO-2024-008	Cap. 3.2.2. Geomorfología Ver: 01	76
--------------------------	--------------------	-----------------	-----------------------------------	--------------------------------------	----

Figura 3-24 Índice modificado de Fournier (IMF)



Fuente: CONSGA BIC S.A.S., 2024.

3.2.2.5.2 Factor K

El factor K representa la erosionabilidad del suelo, es decir, muestra su vulnerabilidad a la acción del agua; es una característica inherente a los suelos, que es función de la acción individual y/o combinada de sus propiedades físicas, químicas y biológicas, así como también del manejo que de ellos se haga (Barrios, 1995). El método más completo para estimar K es el Nomograma de Wischmeier & Smith (1978), el cual requiere datos sobre porcentaje de limo, arena muy fina, arena, contenido de materia orgánica o carbono en el horizonte más superficial, estructura y permeabilidad.

Elaboró: CONSGA S.A.S	Revisó: Cliente	Aprobó: Cliente	Código Proyecto PO-CO-2024-008	Cap. 3.2.2. Geomorfología Ver: 01	77
--------------------------	--------------------	-----------------	-----------------------------------	--------------------------------------	----

Para el cálculo de la erodabilidad del terreno, se utilizará la metodología de Williams (Copernicus, 2019), según la cual, el factor K se calcula de acuerdo con la clasificación del tipo de suelo y de su textura superficial (gruesa, media o fina), de acuerdo con las siguientes ecuaciones:

Ecuación 4 $f_{csand} = (0,2 + 0,3 * \exp(-0,256 * ms * (1 - (msilt/100))))$

Ecuación 5 $f_{cl-si} = (msilt / mc + msilt) 0,3$

Ecuación 6 $f_{orgC} = 1 - (0,25 * orgC) / (orgC + \exp(3,72 - 2,95 * orgC))$

Ecuación 7 $f_{hisand} = 1 - (0,7 * (1 - (ms / 100))) / (1 - (\frac{ms}{100})) + \exp(-5,51 + 22,9 * (1 - (\frac{ms}{100})))$

Ecuación 8 $K = 0,1317 * f_{csand} * f_{cl-si} * f_{orgC} * f_{hisand}$

Donde:

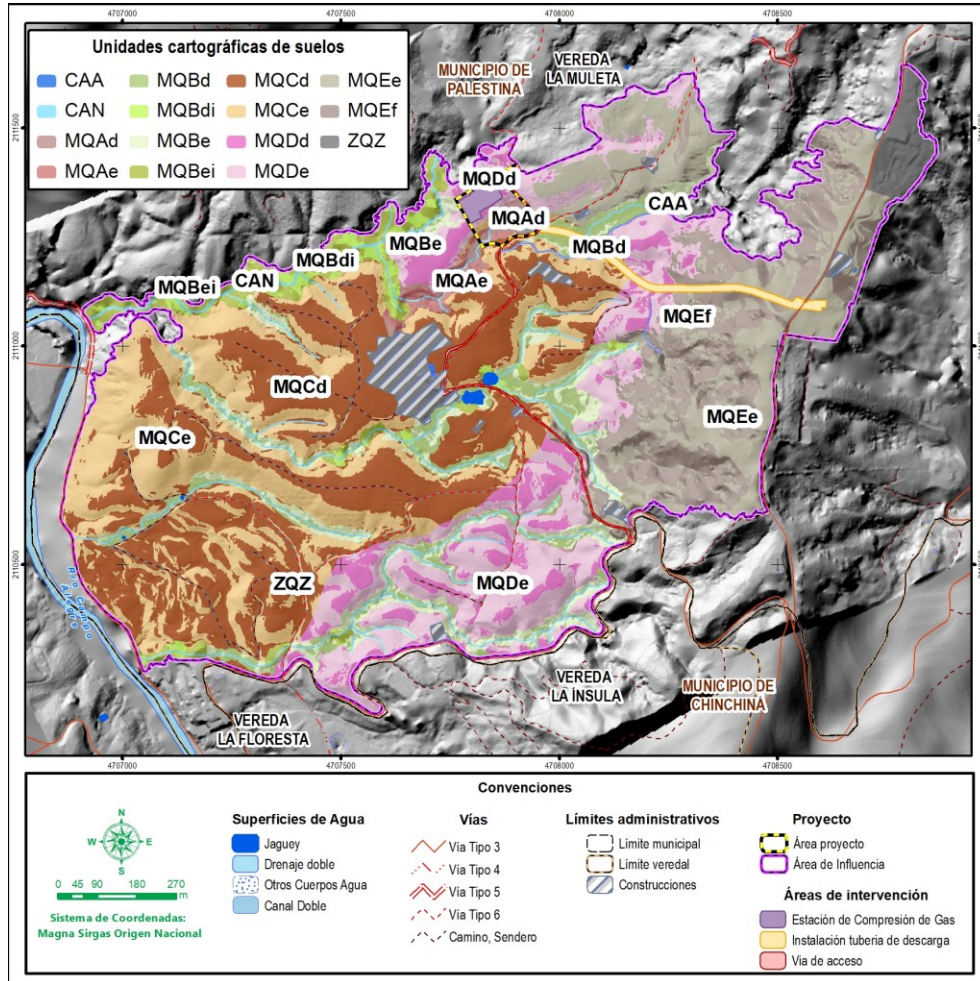
- fcsand, parámetro relacionado al porcentaje de arena respecto al contenido de limo
- fcl-si, parámetro relacionado al porcentaje de arcilla menos el contenido de limo
- forgc, parámetro relacionado a la cantidad de materia orgánica
- f_hisand, parámetro relacionado al porcentaje de arena
- K, es el factor de erodabilidad del terreno
- m, porcentaje de arena relacionado al suelo
- msilt, porcentaje de limo relacionado al suelo
- mc, porcentaje de arcillas relacionado al suelo
- orgC, porcentaje de carbono orgánico relacionado al suelo

3.2.2.5.2.1 Cálculo de K

A continuación, en la Figura 3-25 se presenta la distribución espacial de las unidades cartográficas de suelos para el área de influencia.

Elaboró: CONSGA S.A.S	Revisó: Cliente	Aprobó: Cliente	Código Proyecto PO-CO-2024-008	Cap. 3.2.2. Geomorfología Ver: 01	78
--------------------------	--------------------	-----------------	-----------------------------------	--------------------------------------	----

Figura 3-25 Unidades cartográficas de suelos para el área de influencia



Fuente: CONSGA BIC S.A.S., 2024.

Para el cálculo del factor K se tuvo en cuenta los porcentajes de arena, limo, arcilla y carbono total de acuerdo con los perfiles modales relacionados en los resultados de los ensayos de laboratorio para cada una de las unidades cartográficas del suelo presentes para el área de influencia, estos resultados, se encuentran en el Capítulo 03.3 ABIOT(SUELOS) del presente estudio. A continuación, en la Tabla 3-29 se muestran los porcentajes de partículas para cada unidad cartográfica del suelo.

Elaboró: CONSGA S.A.S	Revisó: Cliente	Aprobó: Cliente	Código Proyecto PO-CO-2024-008	Cap. 3.2.2. Geomorfología Ver: 01	79
--------------------------	--------------------	-----------------	-----------------------------------	--------------------------------------	----

Tabla 3-29 Porcentaje de partículas en las unidades cartográficas del suelo para el área de influencia

UNIDAD TAXONÓMICA	SIMBOLO	% ARENA	% LIMO	% ARCILLA	% CARBONO TOTAL
Thaptic Melanudands, Typic hapludands	MQAd	88	9	3	5,22
	MQAe	88	9	3	5,22
Typic hapludands	MQBd	77	20	3	4,01
	MQBdi	77	20	3	4,01
	MQBe	77	20	3	4,01
	MQBei	77	20	3	4,01
Inceptic hapluands, Andic humudepts	MQCd	88	9	3	5,22
	MQCe	45	50	5	5,79
Lithic hapludands	MQDd	45	50	5	5,79
	MQDe	45	50	5	5,79
Lithic hapludands, Inceptic hapluands	MQEe	45	50	5	5,79
	MQEf	45	50	5	5,79

Fuente: CONSGA BIC S.A.S., 2024.

A continuación, en la Tabla 3-30, se presentan los resultados de la aplicación de la Ecuación 4 (fcsand), Ecuación 5 (fcl-si), Ecuación 6 (forgc), Ecuación 7 (f_hisand) y Ecuación 8 (Factor K) para cada una de las unidades cartográficas del suelo presentes en el área de influencia.

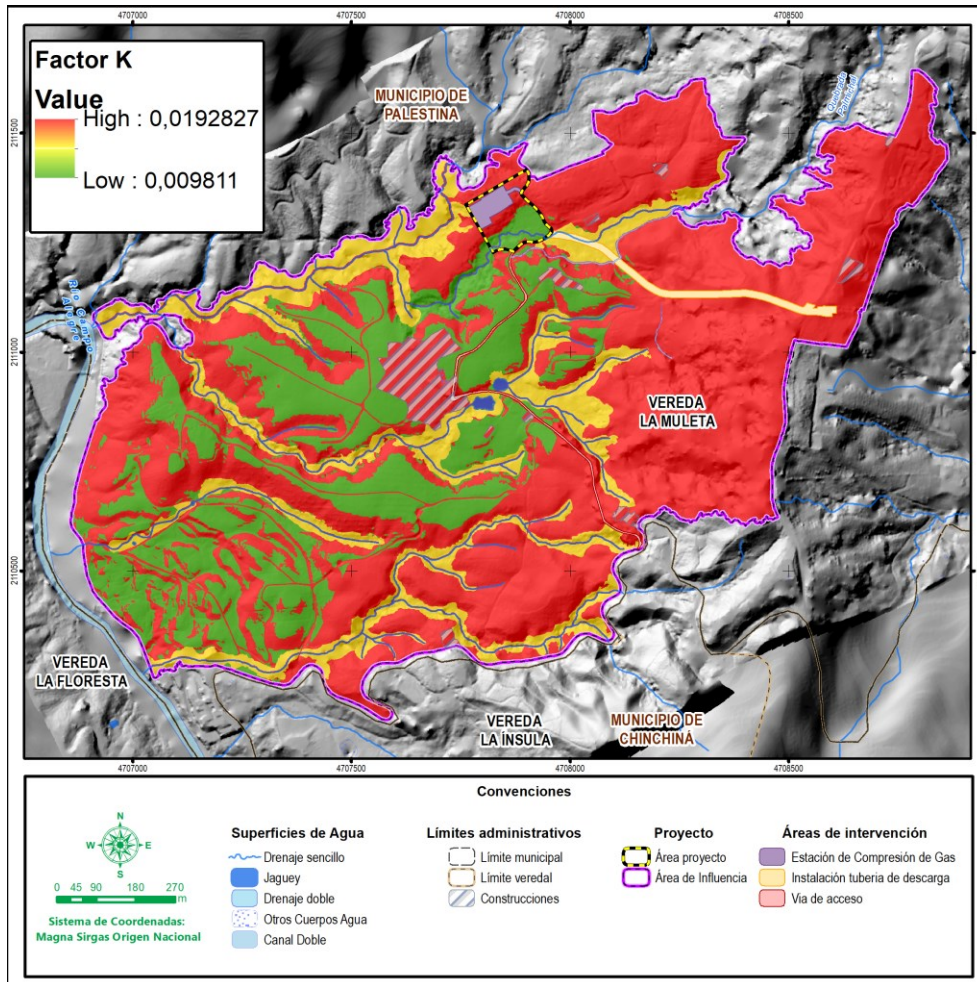
Tabla 3-30 Calculo de parámetros para determinar el factor K o factor de erodabilidad

UNIDAD TAXONÓMICA	SIMBOLO	% ARENA	% LIMO	% ARCILLA	% CARBONO TOTAL	Fcsand	F cl-si	F orgc	F hisand	K usle	K
Thaptic Melanudands, Typic hapludands	MQAd	88	9	3	5,22	0,2000	0,9173	0,7500	0,5414	0,0745	0,0098
	MQAe	88	9	3	5,22	0,2000	0,9173	0,7500	0,5414	0,0745	0,0098
Typic hapludands	MQBd	77	20	3	4,01	0,2000	0,9589	0,7500	0,8413	0,1210	0,0159
	MQBdi	77	20	3	4,01	0,2000	0,9589	0,7500	0,8413	0,1210	0,0159
	MQBe	77	20	3	4,01	0,2000	0,9589	0,7500	0,8413	0,1210	0,0159
	MQBei	77	20	3	4,01	0,2000	0,9589	0,7500	0,8413	0,1210	0,0159
Inceptic hapluands, Andic humudepts	MQCd	88	9	3	5,22	0,2000	0,9173	0,7500	0,5414	0,0745	0,0098
	MQCe	45	50	5	5,79	0,2009	0,9718	0,7500	0,9997	0,1464	0,0193
Lithic hapludands	MQDd	45	50	5	5,79	0,2009	0,9718	0,7500	0,9997	0,1464	0,0193
	MQDe	45	50	5	5,79	0,2009	0,9718	0,7500	0,9997	0,1464	0,0193
Lithic hapludands, Inceptic hapluands	MQEe	45	50	5	5,79	0,2009	0,9718	0,7500	0,9997	0,1464	0,0193
	MQEf	45	50	5	5,79	0,2009	0,9718	0,7500	0,9997	0,1464	0,0193

Fuente: CONSGA BIC S.A.S., 2024.

Una vez realizado el cálculo del factor K de acuerdo a la Ecuación 8 y mediante procesamiento SIG, fue posible espacializar los datos, los cuales se presentan a continuación en la Figura 3-26.

Figura 3-26 Distribución del Factor K o factor de erodabilidad del suelo



Fuente: CONSGA BIC S.A.S., 2024.

De acuerdo con los valores de los porcentajes de la composición del suelo se tiene que entre mayor porcentaje tenga el suelo de limo, hay una mayor probabilidad de erosión del suelo y por ende va a ser mayor el valor de K, donde, según la Figura 3-26, las áreas relacionadas al color rojo, corresponden a los suelos donde el porcentaje de limo corresponde al 50%, siendo mayor que el porcentaje de arena el cual corresponde a 45%, presentándose mayor probabilidad de erosión del suelo ($K= 0,01928 \text{ (t/ha) / (MJmm/ha)}$) en el área de influencia, por otra parte, en los suelos relacionados a las áreas de color amarillo,

Elaboró: CONSGA S.A.S	Revisó: Cliente	Aprobó: Cliente	Código Proyecto PO-CO-2024-008	Cap. 3.2.2. Geomorfología Ver: 01	82
--------------------------	--------------------	-----------------	-----------------------------------	--------------------------------------	----

se reduce el porcentaje de limo al 20%, son suelos en donde predomina la arena con porcentaje del 77% y la arcilla en menos proporción (3%), por ende tienen una probabilidad inferior al desarrollo de erosión del suelo ($K= 0,01594 \text{ (t/ha) / (MJmm/ha)}$). Finalmente, las áreas relacionadas al color verde, corresponden a suelos en donde el limo y la arcilla se reducen considerablemente en (9%) y (3%) respectivamente con una proporción de arena de (88%), por lo cual el valor de K presenta los valores más bajos, y corresponde con aquellas zonas del área de influencia donde la probabilidad de erosión del suelo es la más baja ($K= 0,00981 \text{ (t/ha) / (MJmm/ha)}$).

3.2.2.5.3 Factor LS

El factor topográfico LS es la relación entre el suelo perdido en un terreno cualquiera, con pendiente p y longitud λ , se refiere entonces al efecto combinado de la pendiente y la longitud de los terrenos expuestos a la erosión laminar y en surcos. Su valor se obtiene por multiplicación de dos subfactores: longitud (L) y pendiente (S) como se muestra en la Ecuación 9.

Ecuación 9

$$LS = L * S$$

Donde:

- L, es el factor longitud del terreno (adimensional)
- S, es el factor pendiente del terreno (adimensional)

3.2.2.5.3.1 Cálculo subfactor L

El subfactor L se refiere a la distancia horizontal desde el punto más alto, donde se origina el flujo superficial, al punto más bajo donde comienza la deposición que fluye por escorrentía a un canal. Para el cálculo del subfactor L se aplica la fórmula propuesta por Desmet P & Govers (1996), mostrada a continuación (Ecuación 10):

Elaboró: CONSGA S.A.S	Revisó: Cliente	Aprobó: Cliente	Código Proyecto PO-CO-2024-008	Cap. 3.2.2. Geomorfología Ver: 01	83
--------------------------	--------------------	-----------------	-----------------------------------	--------------------------------------	----

Ecuación 10

$$L = ((A + D^2)^{(m+1)} - A^{(m+1)}) / (X^m D^{(m+2)} * 22,13^m)$$

Donde:

- m – Parámetro calculado mediante la Ecuación 12
- A - Acumulación del flujo a nivel del píxel (Este parámetro es calculado a partir del DEM definido para el área de influencia, donde inicialmente y mediante el uso herramientas de geoprocésamiento de ArcGIS se crea un ráster de dirección del flujo desde cada celda hasta su vecina, para posteriormente a partir del ráster generado crear un nuevo ráster correspondiente al flujo acumulado en cada celda (A)).
- D - Lado de píxel, (Corresponde al lado del píxel del DEM empleado para el procesamiento).
- X - Coeficiente de forma ($X=1$ para sistemas pixelados)

A continuación, se explica el cálculo de m y A respectivamente para la obtención del subfactor L

- m

Para el cálculo del parámetro m , se implementan las ecuaciones que fueron propuestas por Renard et al., (1997), en donde en primera instancia, se genera el parámetro Beta (β) o la pendiente del terreno en grados a partir del DEM, este parámetro se obtiene mediante el empleo de herramientas de geoprocésamiento de ArcGIS

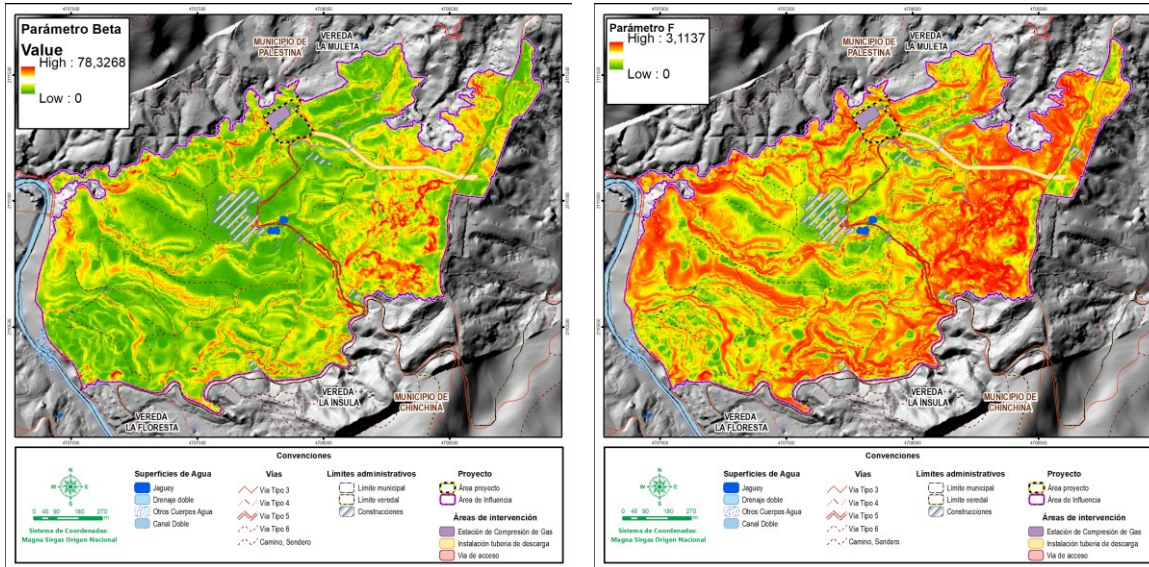
Una vez obtenida la superficie ráster de Beta (β) se aplica la Ecuación 11 y de esta manera se obtiene F , ver Figura 3-27.

$$F = (\sin \beta / 0,0896) / 3(\sin \beta^{0,8} + 0,56)$$

Ecuación 11

Elaboró: CONSGA S.A.S	Revisó: Cliente	Aprobó: Cliente	Código Proyecto PO-CO-2024-008	Cap. 3.2.2. Geomorfología Ver: 01	84
--------------------------	--------------------	-----------------	-----------------------------------	--------------------------------------	----

Figura 3-27 Distribución espacial del procesamiento para la obtención de m



A) Parámetro Beta (β)

B) Parámetro F

Fuente: CONSGA BIC S.A.S., 2024.

A partir de la obtención de F y por medio de la Ecuación 12 se determina m.

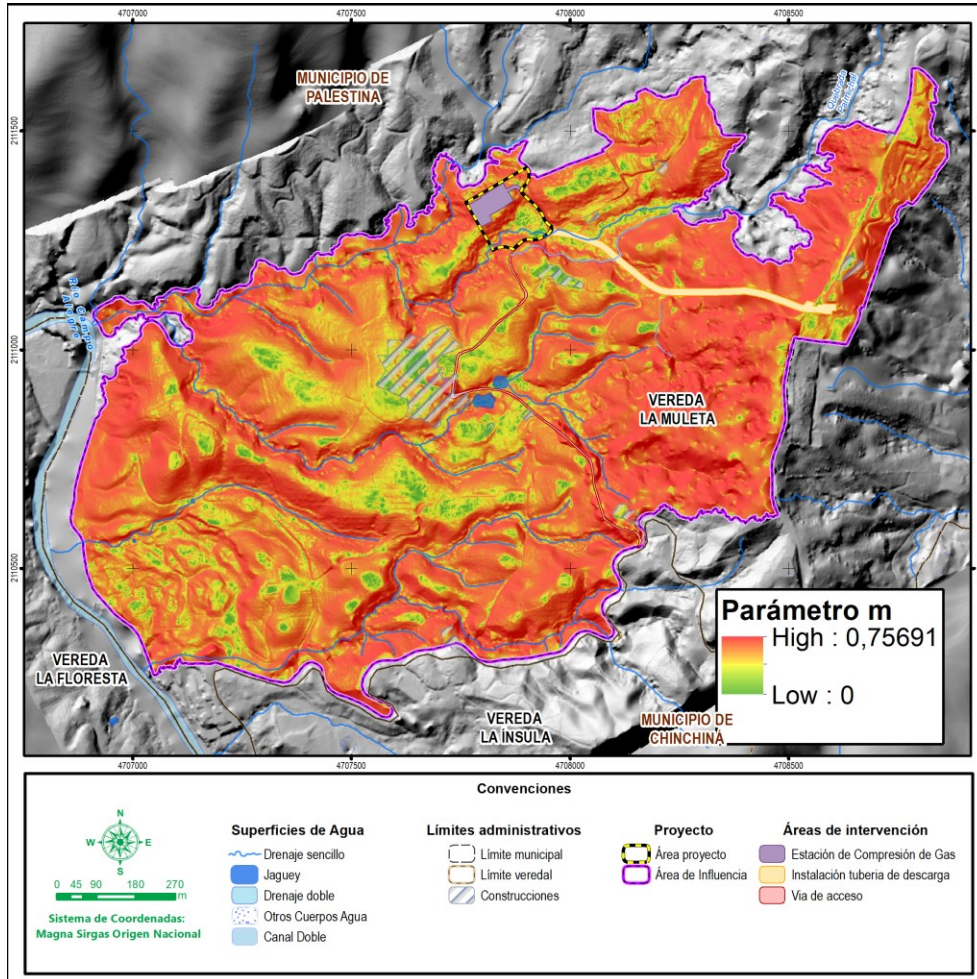
Ecuación 12

$$m = F / (1 + F)$$

A continuación, en la Figura 3-28 se presentan m para el área de influencia.

Elaboró: CONSGA S.A.S	Revisó: Cliente	Aprobó: Cliente	Código Proyecto PO-CO-2024-008	Cap. 3.2.2. Geomorfología Ver: 01	85
--------------------------	--------------------	-----------------	-----------------------------------	--------------------------------------	----

Figura 3-28 Distribución espacial del parámetro m



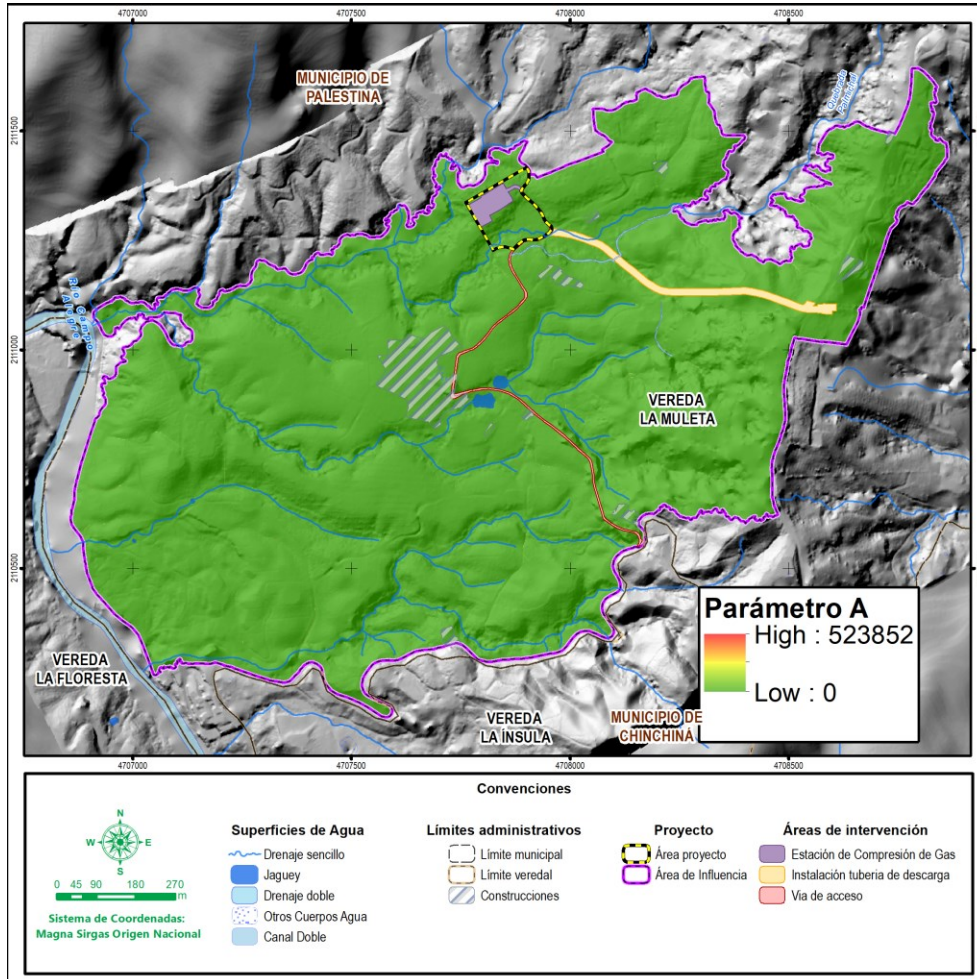
Fuente: CONSGA BIC S.A.S., 2024.

– A

A continuación, en la Figura 3-29 se presenta la distribución espacial del parámetro A, el cual fue calculado a partir del DEM definido para el área de influencia, donde inicialmente y mediante el uso herramientas de geoprocésamiento de ArcGIS se crea un ráster de dirección del flujo, para posteriormente a partir del ráster generado crear el flujo acumulado en cada celda correspondiente este último al parámetro A.

Elaboró: CONSGA S.A.S	Revisó: Cliente	Aprobó: Cliente	Código Proyecto PO-CO-2024-008	Cap. 3.2.2. Geomorfología Ver: 01	86
--------------------------	--------------------	-----------------	-----------------------------------	--------------------------------------	----

Figura 3-29 Distribución espacial del parámetro A

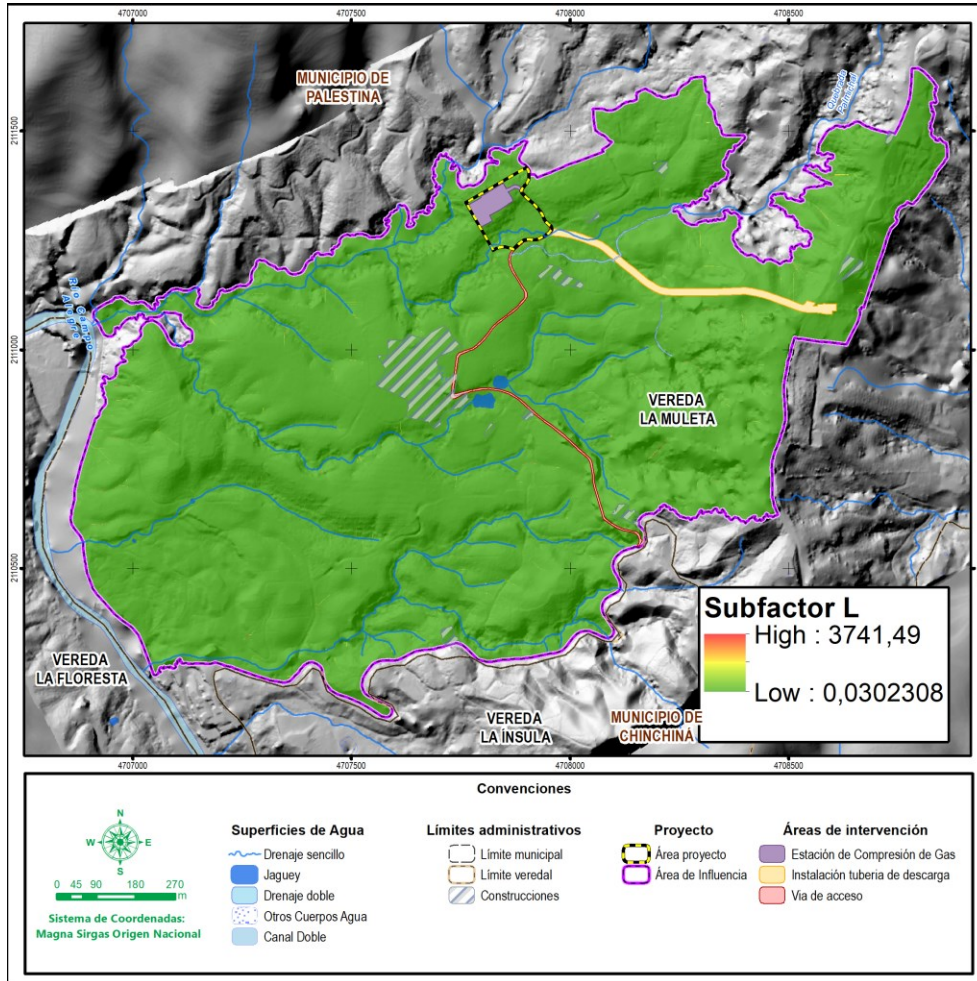


Fuente: CONSGA BIC S.A.S., 2024.

Finalmente, después del cálculo de los parámetros presentados previamente, se procedió a realizar el cálculo del subfactor L mediante la aplicación de la Ecuación 10, la distribución espacial para el área de influencia se presenta en la Figura 3-30.

Elaboró: CONSGA S.A.S	Revisó: Cliente	Aprobó: Cliente	Código Proyecto PO-CO-2024-008	Cap. 3.2.2. Geomorfología Ver: 01	87
--------------------------	--------------------	-----------------	-----------------------------------	--------------------------------------	----

Figura 3-30 Distribución espacial del subfactor L



Fuente: CONSGA BIC S.A.S., 2024.

El subfactor L se refiere a la distancia horizontal desde el punto más alto, donde se origina el flujo superficial, al punto más bajo donde comienza la deposición que fluye por escorrentía a un canal.

De acuerdo con los resultados del subfactor L (Figura 3-30), los valores oscilan entre 0,0302308 y 3741,49, donde la distancia entre el punto más alto en donde se origina el flujo hasta los canales es baja, esto debido a la disposición y distribución de los mismos en el área de influencia, además que estas zonas de color verde por las condiciones de pendiente y formas de ladera presentan baja o nula acumulación de flujo; también, se aprecian pequeñas zonas dispersas con apariencia chispeada de color amarillo,

Elaboró: CONSGA S.A.S	Revisó: Cliente	Aprobó: Cliente	Código Proyecto PO-CO-2024-008	Cap. 3.2.2. Geomorfología Ver: 01	88
--------------------------	--------------------	-----------------	-----------------------------------	--------------------------------------	----

naranja y rojo, que asocian a áreas donde se presenta mayor acumulación de flujo dado a los valores altos del factor A, se concluye que teniendo en cuenta que los valores de L predominantemente tienden a ser pequeños, se asocia una baja probabilidad de erosión en el área de influencia por el subfactor L.

3.2.2.5.3.2 Cálculo del subfactor S

El subfactor S corresponde con la pendiente del terreno, donde el ángulo β se toma como el ángulo medio a todos los subgrados en la dirección de mayor pendiente.

Para el cálculo del subfactor S se aplicó la fórmula propuesta por McCool et al., (1987) y se presenta a continuación:

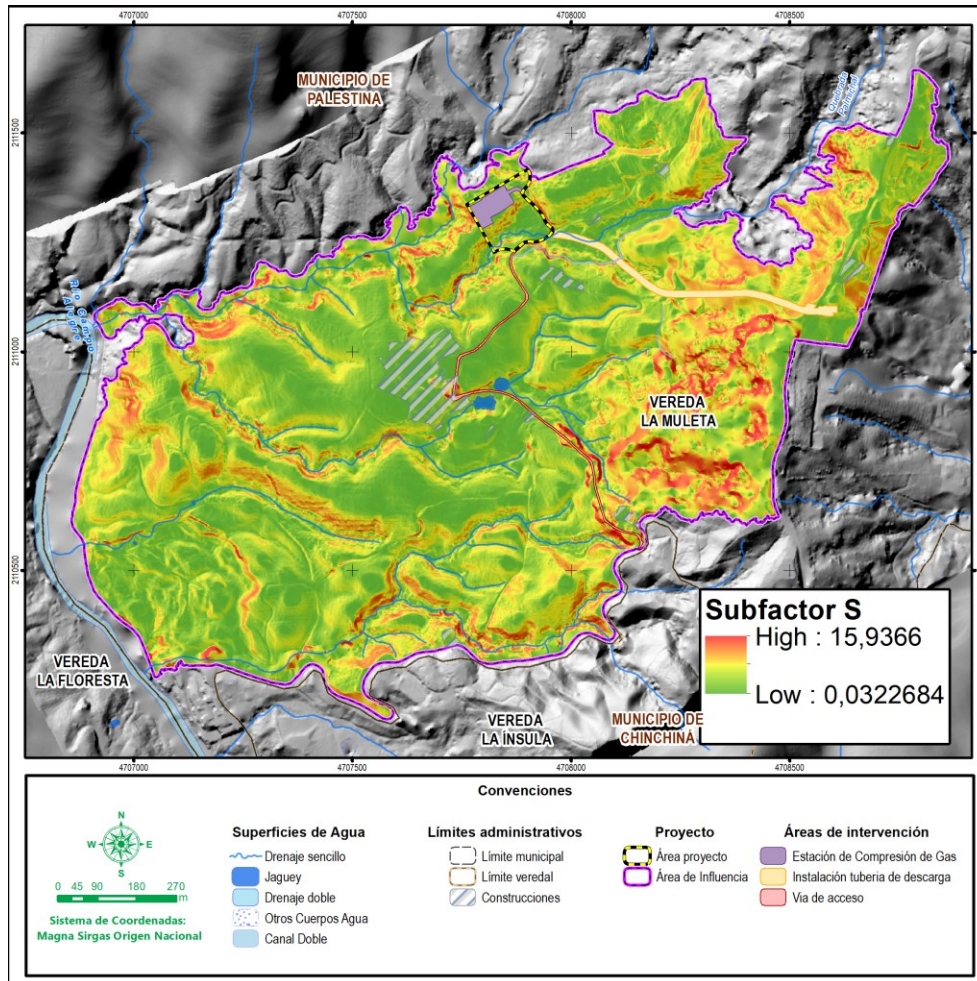
$$\text{Cuando } \tan \beta \geq 0,09 \quad S = 16,8 \text{ Sen } \theta - 0,50 \quad \text{Ecuación 13}$$

$$\text{Cuando } \tan \beta < 0,09 \quad S = 10,8 \text{ Sen } \theta + 0,03 \quad \text{Ecuación 14}$$

La distribución espacial del subfactor S para el área de influencia se calculó de acuerdo con la Ecuación 13 y Ecuación 14 y se presenta en la Figura 3-31.

Elaboró: CONSGA S.A.S	Revisó: Cliente	Aprobó: Cliente	Código Proyecto PO-CO-2024-008	Cap. 3.2.2. Geomorfología Ver: 01	89
--------------------------	--------------------	-----------------	-----------------------------------	--------------------------------------	----

Figura 3-31 Distribución espacial del subfactor S



Fuente: CONSGA BIC S.A.S., 2024.

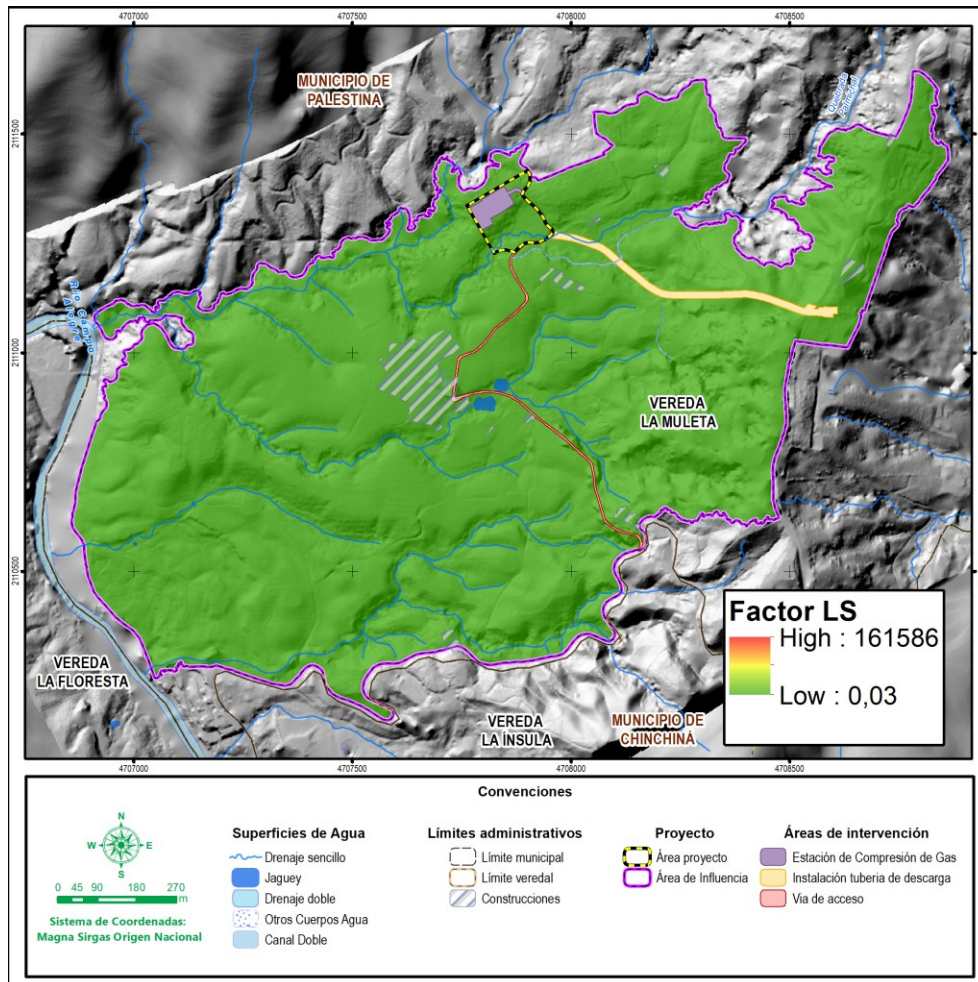
Respecto a los resultados obtenidos para el subfactor S (Figura 3-31) correspondiente a la erosión por arrastre físico debido a la pendiente del terreno, se tiene que los valores para el área de influencia oscilan entre 0,0322684 y 15,9366, donde se asocian predominantemente los valores mayores (color naranja y rojo) al noreste del área de influencia y que coinciden con aquellas zonas donde se evidencian pendientes escarpadas a totalmente escarpadas y que presentarían por ende una mayor probabilidad de erosionarse. Por otra parte, los valores menores (color verde y amarillo) se encuentran asociados a zonas hacia el centro del área de influencia predominantemente, donde se evidencia una tendencia de pendientes ligeramente planas a ligeramente inclinadas y que presentarían de acuerdo con el subfactor S una menor probabilidad de erosionarse.

Elaboró: CONSGA S.A.S	Revisó: Cliente	Aprobó: Cliente	Código Proyecto PO-CO-2024-008	Cap. 3.2.2. Geomorfología Ver: 01	90
--------------------------	--------------------	-----------------	-----------------------------------	--------------------------------------	----

3.2.2.5.3.3 Cálculo del factor LS

Para el cálculo del Factor LS, se realizó el cruce de archivos de entrada tipo raster por medio del procesamiento SIG aplicando la Ecuación 9, obteniéndose su respectiva espacialización para el área de influencia, la cual puede verse en la Figura 3-32.

Figura 3-32 Distribución espacial del factor LS



Fuente: CONSGA BIC S.A.S., 2024.

Para obtener un contraste visual representativo y poder analizar mejor la incidencia del Factor LS o factor topográfico en la generación de la susceptibilidad a la erosión para el área de influencia, se reclasificaron los subfactores L, S y factor LS, en las mismas categorías (Tabla 3-31), sin embargo, es importante mencionar que las capas empleadas para el cálculo de la susceptibilidad a la erosión corresponden a las derivadas de la

Elaboró: CONSGA S.A.S	Revisó: Cliente	Aprobó: Cliente	Código Proyecto PO-CO-2024-008	Cap. 3.2.2. Geomorfología Ver: 01	91
--------------------------	--------------------	-----------------	-----------------------------------	--------------------------------------	----

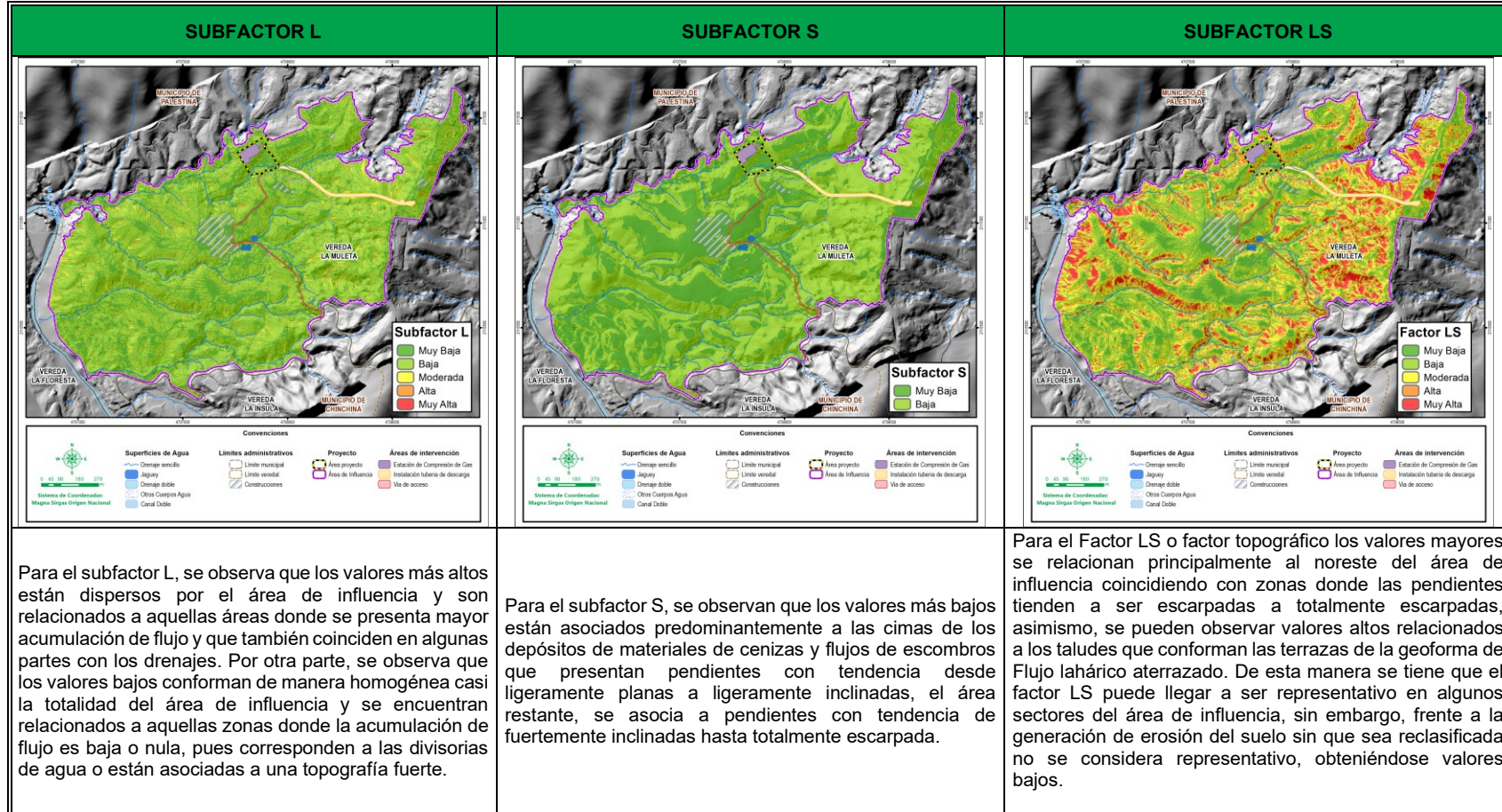
aplicación de las respectivas fórmulas (Figura 3-30, Figura 3-31 y Figura 3-32), es decir, no se usaron las capas reclasificadas pues como se mencionó previamente, lo mostrado en la Tabla 3-32 es con fines prácticos de visualización y mayor entendimiento del resultado obtenido del factor LS para el área de influencia.

Tabla 3-31 Categorías empleadas para Subfactor L, Subfactor S y Factor LS

INTERVALO	CLASIFICACIÓN
0-3	Muy Baja
>3-25	Baja
>25-75	Moderada
>75-100	Alta
>100	Muy Alta

Fuente: CONSGA BIC S.A.S., 2024.

Tabla 3-32 Subfactor L, Subfactor S y Factor LS



Fuente: CONSGA BIC S.A.S., 2024

Elaboró: CONSGA S.A.S	Revisó: Cliente	Aprobó: Cliente	Código Proyecto PO-CO-2024-008	Cap. 3.2.2. Geomorfología Ver: 01	93
--------------------------	-----------------	-----------------	-----------------------------------	--------------------------------------	----

3.2.2.5.4 Factor C

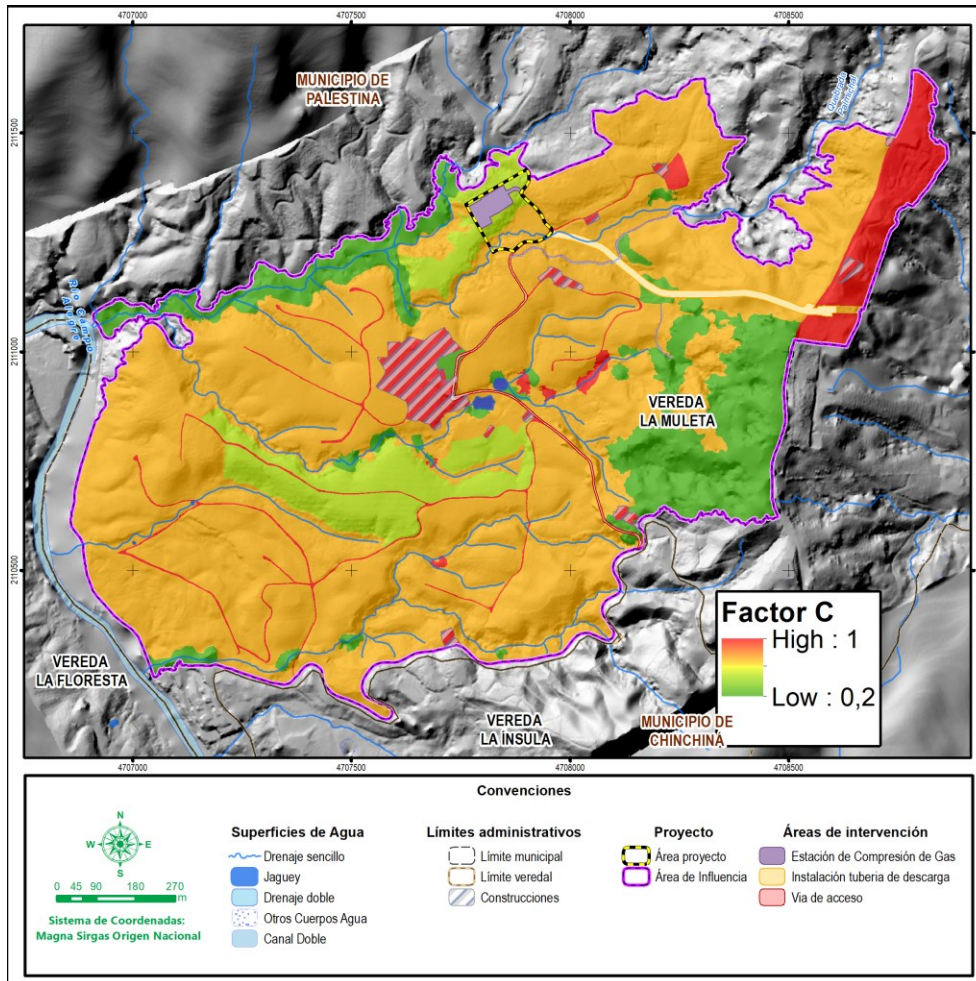
Este factor disminuye la probabilidad de erosión de las áreas donde hay mayor cobertura del suelo por la presencia de la vegetación; sin embargo, para el caso de los suelos descubiertos, aumenta la probabilidad de pérdida de suelo en estas áreas. Dada la importancia de las coberturas en la protección del suelo, se hace necesario su análisis dentro de la determinación de la susceptibilidad a la erosión del terreno, donde, los valores obtenidos para el factor C, varían entre 0,2 y 1,0. De acuerdo con la clasificación, entre mayor cantidad de vegetación haya, los valores son cercanos a cero (0) disminuyendo la probabilidad de erosión del suelo, pero cuando el suelo esta descubierto los valores tienden a 1. A continuación, en la Tabla 3-33, se presentan los valores por unidades de cobertura de la tierra presentes en el área de influencia y en la Figura 3-33 se muestra la distribución espacial del factor C.

Tabla 3-33 Factor C, relacionado a las coberturas de la tierra

COBERTURA	FACTOR C
Aguacate	0,35
Café	0,35
Canales	1
Cuerpos de agua artificiales	1
Explotación de hidrocarburos	1
Guadales	0,2
Guayaba	0,35
Jaguey	1
Mosaico de cultivos	0,3
Pastos enmalezados	0,35
Pastos limpios	0,25
Plátano	0,35
Red vial y territorios asociados	1
Tejido urbano continuo	1
Tejido urbano discontinuo	1
Terrenos en preparación	0,4
Tomate	0,35
Vegetación secundaria baja	0,2

Fuente: CONSGA BIC S.A.S., 2024.

Figura 3-33 Distribución espacial del factor C para el área de influencia



Fuente: CONSGA BIC S.A.S., 2024.

3.2.2.5.5 Susceptibilidad a la erosión

Para el cálculo de la susceptibilidad a la erosión en el área de influencia, se multiplicaron los factores de la ecuación determinados con las expresiones anteriores de acuerdo con la Ecuación 1.

Para la categorización de la susceptibilidad a la erosión se consultaron diferentes estudios, como se muestran en la Tabla 3-34, los cuales han aplicado la metodología desarrollada para el presente proyecto para la obtención de la susceptibilidad a la erosión, en ellos, se evidencia que la categorización de los intervalos de erosión por pérdida de suelo se define de acuerdo a las características específicas del área estudiada.

Elaboró: CONSGA S.A.S	Revisó: Cliente	Aprobó: Cliente	Código Proyecto PO-CO-2024-008	Cap. 3.2.2. Geomorfología Ver: 01	95
--------------------------	--------------------	-----------------	-----------------------------------	--------------------------------------	----

Tabla 3-34 Bibliografía de la categorización de pérdida de suelos

CALIFICACIÓN DE PÉRDIDA	PÉRDIDA DE SUELO (t/ha año)		
	(FAO , 1980)	(León Montes, 2011)	(Cañón, 2021)
Muy bajo	0-5	50	970
Bajo	>5-12	>50-100	>970-2900
Moderado	>12-25	>100-150	>2900-5500
Alta	>25-50	>150-200	>5500-83100
Muy Alta	>50-200	>200-250	>83100
Irreversible	>200	>250	-

Fuente: CONSGA BIC S.A.S., 2024.

Por lo anterior, teniendo en cuenta la interpretación de variables R, K, L, C y S obtenidas en el área de influencia y a criterio experto, se determinan los intervalos de categorización presentados en la Tabla 3-35 de la susceptibilidad a la erosión.

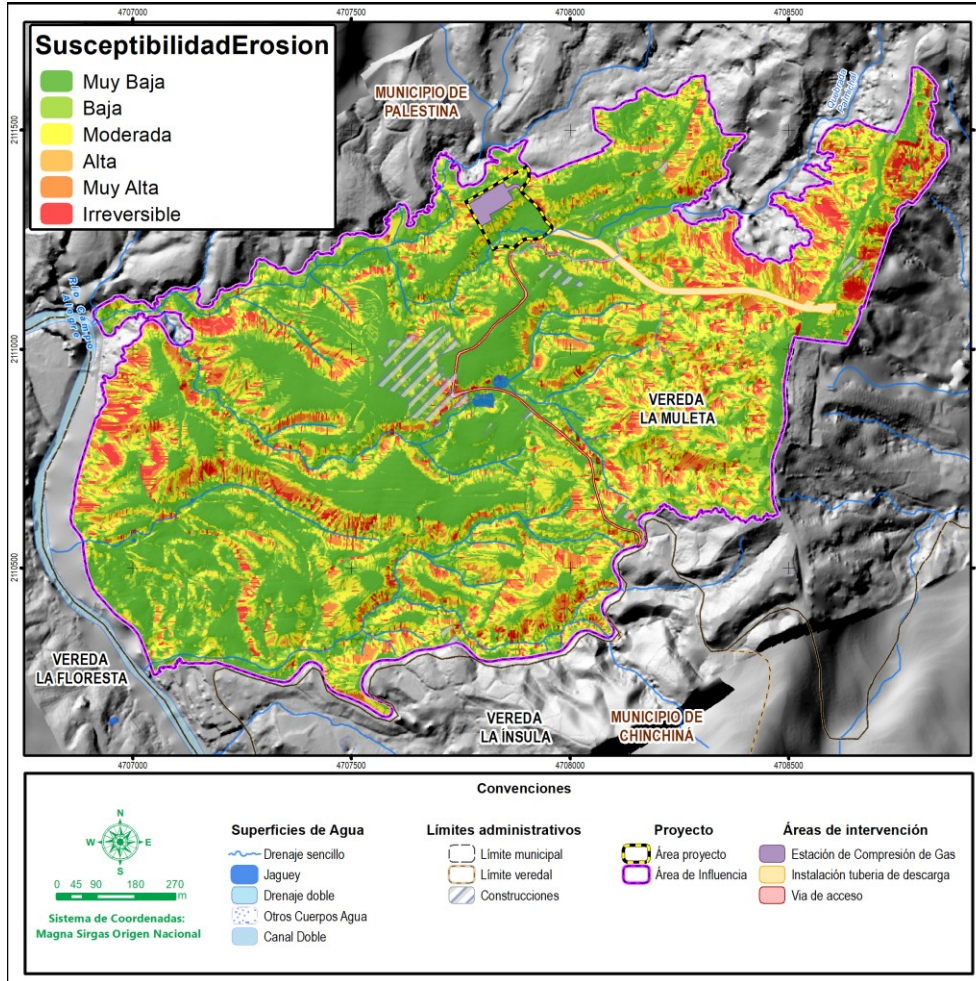
Tabla 3-35 Categorización de pérdida de suelo definida para el área de influencia

PÉRDIDA DE SUELO (t/ha año)	CALIFICACIÓN DE PÉRDIDA
0-50	Muy bajo
>50-150	Bajo
>150-350	Moderado
>350-450	Alta
>450-800	Muy Alta
>800	Irreversible

Fuente: CONSGA BIC S.A.S., 2024.

El resultado del análisis de la susceptibilidad a la erosión en el área de influencia, presenta valores de pérdida de suelo incluso > 800 t/ha año, los cuales, se relacionan primordialmente a las zonas evaluadas con mayor potencial erosivo desde el factor LS, es decir en donde las condiciones topográficas en las que las pendientes son más elevadas y por lo tanto existe mayor probabilidad de desprendimiento de material. De acuerdo a los intervalos presentados en la Tabla 3-35 se clasifica y categoriza la susceptibilidad a la erosión para el área de influencia, esta clasificación puede verse en la Figura 3-34, y su distribución porcentual se presenta en la Tabla 3-36 y en la Figura 3-35.

Figura 3-34 Distribución espacial de la susceptibilidad a la erosión para el área de influencia



Fuente: CONSGA BIC S.A.S., 2024.

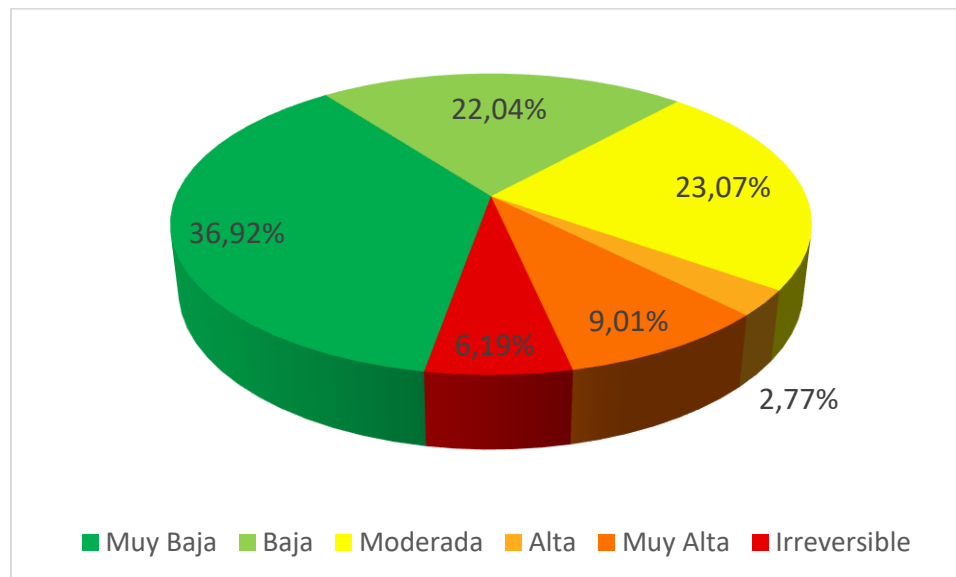
Elaboró: CONSGA S.A.S	Revisó: Cliente	Aprobó: Cliente	Código Proyecto PO-CO-2024-008	Cap. 3.2.2. Geomorfología Ver: 01	97
--------------------------	--------------------	-----------------	-----------------------------------	--------------------------------------	----

Tabla 3-36 Susceptibilidad a la erosión para el área de influencia

PÉRDIDA DE SUELO (t/ha año)	CALIFICACIÓN DE PÉRDIDA	ÁREA (ha)	ÁREA (%)
0-50	Muy baja	59,072	36,92
>50-150	Baja	35,268	22,04
>150-350	Moderada	36,911	23,07
>350-450	Alta	4,424	2,77
>450-800	Muy Alta	14,412	9,01
>800	Irreversible	9,901	6,19
TOTAL		159,99	100,00

Fuente: CONSGA BIC S.A.S., 2024.

Figura 3-35 Distribución porcentual de la susceptibilidad a la erosión en el área de influencia



Fuente: CONSGA BIC S.A.S., 2024.

Como conclusión puede decirse que, el 36,92% del área de influencia presenta una muy baja susceptibilidad al desarrollo de erosión, es decir, está asociada a una pérdida de suelo <50 t/ha año, este hecho se relaciona principalmente a la textura de los suelos la cual posee una buena resistencia al desprendimiento (Factor K), también se relaciona a una topografía suave que limita el potencial gravitatorio (Factor LS). Las categorías de susceptibilidad a la erosión con menor ocupación corresponden a la alta (pérdida de suelo >350 t/ha año - <= 450 t/ha año), muy alta (pérdida de suelo >450 t/ha año - <= 800 t/ha año) e irreversible (pérdida de suelo >800 t/ha año), asociadas estas categorías a aquellas zonas con

pendientes predominantes que oscilan desde Ligeramente escarpada o ligeramente empinada (25-50%) hasta Totalmente escarpada (>100%) y que por sus condiciones topográficas fuertes presentan un importante potencial gravitatorio (Factor LS).

Elaboró: CONSGA S.A.S	Revisó: Cliente	Aprobó: Cliente	Código Proyecto PO-CO-2024-008	Cap. 3.2.2. Geomorfología Ver: 01	99
--------------------------	--------------------	-----------------	-----------------------------------	--------------------------------------	----

BIBLIOGRAFÍA

- ANLA, Autoridad Nacional de Licencias Ambientales. (2014). *Manual de Técnicas para la Evaluación de Pendientes*. Bogotá.
- Arnoldus, H. M. (1977). *An approximation of the rainfall factor in the Universal Soil Loss Equation*. Gran Bretaña: Boodst, M., y Gabriels, D., (eds.) Assessment of erosion:127-132. John Wiley y Sons, Inc. Chichester.
- Arnoldus, H. M. (1977). *Methodology Used to Determine the Maximum Potential Range Average Annual Soil Loss to Sheet and Rill Erosion in Morocco*. Assessing Soil Degradation, FAO Soils Bulletin (FAO), 34, 39-48.
- Barrios. (1995). citado en (CORTOLIMA, 2006).
- Cañón, J. A. (2021). *Análisis de la erosión potencial y efectiva del suelo por medio de la ecuación universsal de pérdida de suelo "USLE" en el área de jurisdicción de Ila CAR*. Bogotá, Colombia: Universidad Militar Nueva Granda.
- CARDER, y CORPOCALDAS. (2021). *Plan de Ordenación y Manejo Ambiental - POMCA - del Río Campoalegre y otros directos del Cauca*.
- Carvajal. (2008). Propuesta metodológica para la elaboración de mapas geomorfológicos .
- Carvajal, J. H. (2012). *Propuesta de estandarización de la cartografía geomorfológica en Colombia*. Servicio Geológico Colombiano.
- Chacón, T. (1993). *Estabilidad de laderas y el impacto del terremoto de Limón*. Costa Rica: Escuela de Ciencias Geográficas, 121 páginas.
- Copernicus. (2019). *Supplementary materials for the manuscript: "A systematic assessment of uncertainties in large scale soil loss estimation from different representations of USLE input factors-A case study for Kenya and Uganda."*
- CORINE. (1990). *Metodología Corine Land Cover*. Comisión de la Comunidad Europea.
- CORPOCALDAS. (2016). *Plan de Ordenación y Manejo Ambiental - POMCA - del Río Chinchiná*. Resolución 411 de 2016.
- CORPORINOQUÍA. (2007). *Plan de Ordenación y Manejo Ambiental (POMCA)*. Colombia: Corporinoquía.
- Desmet P, J. J., y Govers, G. A. (1996). GIS procedure for automatically calculating the USLE LS factor on topographically complex landscape units. *Journal of Soil and Water Conservation*, 51 (5): 427-433.

Elaboró: CONSGA S.A.S	Revisó: Cliente	Aprobó: Cliente	Código Proyecto PO-CO-2024-008	Cap. 3.2.2. Geomorfología Ver: 01	100
--------------------------	--------------------	-----------------	-----------------------------------	--------------------------------------	-----

- Echeverri Tafur, L., y Obando Moncayo, F. H. (2010). *Erosividad de las Lluvias en la Región Centro-Sur del Departamento de Caldas, Colombia*. Revista Facultad Nacional Agronomía, 1(62).
- FAO . (1980). *Metodología provisional para la Evaluación de la Degradación de los Suelos*. Roma, Italia: FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura).
- Fournier, F. (1960). *Climat et érosion*. France. París.: Ed. Presses Universitaires.
- García del amo, L. J. (2008). *Manual de la erosión del suelo*.
- Hengl,T. (2003). *Pedometric mapping.Bridging the gaps between conventional and pedometric approaches*. ITC Dissertation 101 Enschede,The Netherlands .
- Hernandez. (1990). citado en (CORTOLIMA, 2006).
- Huggett, R. (2007). *Fundamentals of Geomorphology*. Routledge: Segunda Edición.
- IGAC, Instituto Geográfico Agustín Codazzi. (2014). *Mapa de suelos del territorio colombiano a escala 1:100.000. Departamento del Caldas*. Colombia: IGAC.
- INGEOMINAS. (1995). *Unidades litodémicas en la Cordillera Central de Colombia*. Medellín: INGEOMINAS.
- Instituto de Hidrogeología, Meteorología y Estudios Ambientales-IDEAM. (2009). *Sistemas Morfogénicos del territorio colombiano*. Bogotá, Colombia: IDEAM.
- León Montes, M. A.-A. (2011). *Mapa Nacional de erosión potencial. Tecnología y ciencias del agua* .
- Mccool, D. K., Brown, L. C., Foster, G. R., Mutchler, C. K., y Meyer, L. (1987). Revised slope steepness factor for the Universal Soil Loss Equation.
- Padilla, J. (2001). Los Suelos residuales y su importancia con la cartografía geológica para ingeniería. *XI Jornada Geotécnica de la Ingeniería Colombiana*. Bogotá: Sociedad Colombiana de Ingeniería.
- Pike, R. J., & Dikau. (1995). *Advances in geomorphometry. Proceedings of the Walter F. . Wood memorial symposium Zeitschrift für Geomorphologie Supplementband 101*.
- Renard, K. G., Foster, G. R., Weesies, G. A., McCool, D. K., y Yoder, D. C. (1997). *Predicting Soil Erosion by Water: A Guide to Conservation Planning With the Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE) (703rd ed.)*. Agriculture Handbook Number 703.
- Rodríguez, M. F., Rodríguez, M. F., Florentino, A., Gallardo, J., y García R, D. A. (2004). *Sistemas de Información geográfica en la evaluación de la erosión hídrica en*

Elaboró: CONSGA S.A.S	Revisó: Cliente	Aprobó: Cliente	Código Proyecto PO-CO-2024-008	Cap. 3.2.2. Geomorfología Ver: 01	101
--------------------------	--------------------	-----------------	-----------------------------------	--------------------------------------	-----

- Badajoz-España aplicando la metodología USLE.* Badajoz-España : Agronomía tropical, 54(4), 391-409.
- SGC, Servicio Geológico Colombiano. (1998). *Geología de la plancha 205-Chinchiná.* Bogotá: Servicio Geológico Colombiano.
- SGC, Servicio Geológico Colombiano. (2014). *Mapa geomorfológico aplicado a Movimientos en Masa. Escala 1:100000. Plancha 205 Chinchiná.* Bogotá: Servicio Geológico Colombiano (SGC).
- SGC, Servicio Geológico Colombiano. (2015). *Geología de Colombia.* Bogotá, Colombia: Servicio Geológico Colombiano.
- SGC, Servicio Geológico Colombiano. (2012). *Propuesta metodológica sistemática para la generación de mapas geomorfológicos analíticos aplicados a la zonificación de amenaza por movimientos en masa escala 1:100.000 .* Bogotá: Servicio Geológico Colombiano.
- SGC, Servicio Geológico Colombiano. (2016). *Anexo E Interpretación de imágenes de sensores remotos.* Bogotá: Servicio Geológico Colombiano (SGC).
- SGC, Servicio Geológico Colombiano. y Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia (UPTC). (2014). *Memoria Explicativa de la Zonificación de la Susceptibilidad y la Amenaza Relativa por Movimientos en Masa Escala 1:100.000 Plancha 205 - Chinchiná.* Bogotá: Servicio Geológico Colombiano.
- Stach, C. (2004). *Geología estructural.* Paraninfo.
- Strandbeerg. (1975). *Manual de Fotografía Aérea.* Barcelona: Omega.
- Tricart. (1965a). *Principes et méthodes de la géomorphologie.* Paris: Masson.
- Tricart. (1965b). *Morphogenèse et pédogenèse. I. Approche méthodologique: géomorphologie et pédologie.*
- Wischmeier, W. H., y Smith, D. (1978). *Predicting rainfall erosion losses. A guide to conservation planning.* United States : Department of Agriculture, Agriculture Handbook 537:58 P.
- Zinck, J. (1988). *Geopedología. Elementos de geomorfología para estudios de suelos y de riesgos naturales.* ITC Faculty of Geo Information Science and Earth Observation Enschede, The Netherlands.
- Zinck, J. A. (2012). *Geopedología. ITC Special Lecture Notes Series.*

Elaboró: CONSGA S.A.S	Revisó: Cliente	Aprobó: Cliente	Código Proyecto PO-CO-2024-008	Cap. 3.2.2. Geomorfología Ver: 01	102
--------------------------	--------------------	-----------------	-----------------------------------	--------------------------------------	-----



**Modificación de Licencia para la construcción
de la estación de compresión de Gas
Palestina (ECG)**



\\192.168.140.200\versiones parciales internas\EIA-Palestina\Información Adicional\DOCUMENTOS VF\PDF\3. Caracterización del área de influencia\3.2 Medio Abiótico

Elaboró: CONSGA S.A.S	Revisó: Cliente	Aprobó: Cliente	Código Proyecto PO-CO-2024-008	Cap. 3.2.2. Geomorfología Ver: 01	103
--------------------------	--------------------	-----------------	-----------------------------------	--------------------------------------	-----