

	UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA GESTIÓN DE BIBLIOTECAS				   		
	CARTA DE AUTORIZACIÓN						
CÓDIGO	AP-BIB-FO-06	VERSIÓN	1	VIGENCIA	2014	PÁGINA	1 de 2

Neiva, 09 de junio de 2023

Señores

CENTRO DE INFORMACIÓN Y DOCUMENTACIÓN

UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA

Ciudad

El (Los) suscrito(s):

DUBAN GALEANO SANCHEZ, con C.C. No. 1.080.267.004,

MARIA CAMILA RODRIGUEZ CAMACHO, con C.C. No. 1.075.315.669,

Autor(es) de la tesis y/o trabajo de grado o Duban Galeano Sánchez y María Camila Rodríguez

Titulado "ZONIFICACIÓN AMBIENTAL Y AMENAZAS ENTRE EL SECTOR DEL PAILÓN Y EL RÍO TUNE DENTRO DE LA CUENCA BAJA DEL RÍO BACHÉ"

presentado y aprobado en el año 2023 como requisito para optar al título de Ingeniero Agrícola.

Autorizo (amos) al CENTRO DE INFORMACIÓN Y DOCUMENTACIÓN de la Universidad Surcolombiana para que, con fines académicos, muestre al país y el exterior la producción intelectual de la Universidad Surcolombiana, a través de la visibilidad de su contenido de la siguiente manera:

- Los usuarios puedan consultar el contenido de este trabajo de grado en los sitios web que administra la Universidad, en bases de datos, repositorio digital, catálogos y en otros sitios web, redes y sistemas de información nacionales e internacionales "open access" y en las redes de información con las cuales tenga convenio la Institución.
- Permita la consulta, la reproducción y préstamo a los usuarios interesados en el contenido de este trabajo, para todos los usos que tengan finalidad académica, ya sea en formato Cd-Rom o digital desde internet, intranet, etc., y en general para cualquier formato conocido o por conocer, dentro de los términos establecidos en la Ley 23 de 1982, Ley 44 de 1993, Decisión Andina 351 de 1993, Decreto 460 de 1995 y demás normas generales sobre la materia.
- Continúo conservando los correspondientes derechos sin modificación o restricción alguna; puesto que, de acuerdo con la legislación colombiana aplicable, el presente es un acuerdo jurídico que en ningún caso conlleva la enajenación del derecho de autor y sus conexos.

Vigilada Mineducación

La versión vigente y controlada de este documento, solo podrá ser consultada a través del sitio web Institucional www.usco.edu.co, link Sistema Gestión de Calidad. La copia o impresión diferente a la publicada, será considerada como documento no controlado y su uso indebido no es de responsabilidad de la Universidad Surcolombiana.

	UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA GESTIÓN DE BIBLIOTECAS				   		
	CARTA DE AUTORIZACIÓN						
CÓDIGO	AP-BIB-FO-06	VERSIÓN	1	VIGENCIA	2014	PÁGINA	2 de 2

De conformidad con lo establecido en el artículo 30 de la Ley 23 de 1982 y el artículo 11 de la Decisión Andina 351 de 1993, "Los derechos morales sobre el trabajo son propiedad de los autores" , los cuales son irrenunciables, imprescriptibles, inembargables e inalienables.

DUBAN GALEANO SANCHEZ:

MARIA CAMILA RODRIGUEZ CAMACHO:

Firma: Duban Galeano S.

Firma: Camila Rodríguez

	UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA GESTIÓN DE BIBLIOTECAS					   	
	DESCRIPCIÓN DE LA TESIS Y/O TRABAJOS DE GRADO					SG 7384-1 SA-CERIE 197526 OS-CER 197555	
CÓDIGO	AP-BIB-FO-07	VERSIÓN	1	VIGENCIA	2014	PÁGINA	1 de 3

TÍTULO COMPLETO DEL TRABAJO: “ZONIFICACIÓN AMBIENTAL Y AMENAZAS ENTRE EL SECTOR DEL PAILÓN Y EL RÍO TUNE DENTRO DE LA CUENCA BAJA DEL RÍO BACHÉ”

AUTOR O AUTORES:

Primero y Segundo Apellido	Primero y Segundo Nombre
GALEANO SANCHEZ	DUBAN
RODRIGUEZ CAMACHO	MARIA CAMILA

DIRECTOR Y CODIRECTOR TESIS:

Primero y Segundo Apellido	Primero y Segundo Nombre
VARGAS CUERVO	ROBERTO

ASESOR (ES):

Primero y Segundo Apellido	Primero y Segundo Nombre
N/A	

PARA OPTAR AL TÍTULO DE: INGENIERO AGRICOLA

FACULTAD: INGENIERIA

PROGRAMA O POSGRADO: INGENIERIA AGRICOLA

CIUDAD: NEIVA AÑO DE PRESENTACIÓN: 2023 NÚMERO DE PÁGINAS: 58

TIPO DE ILUSTRACIONES (Marcar con una X):

Diagramas__X__ Fotografías__X__ Grabaciones en discos__ Ilustraciones en general__ Grabados__
 Láminas__ Litografías__ Mapas__X__ Música impresa__ Planos__ Retratos__ Sin ilustraciones__
 Tablas o Cuadros__X__

Vigilada Mineducación

La versión vigente y controlada de este documento, solo podrá ser consultada a través del sitio web Institucional www.usco.edu.co, link Sistema Gestión de Calidad. La copia o impresión diferente a la publicada, será considerada como documento no controlado y su uso indebido no es de responsabilidad de la Universidad Surcolombiana.

	UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA GESTIÓN DE BIBLIOTECAS DESCRIPCIÓN DE LA TESIS Y/O TRABAJOS DE GRADO						
CÓDIGO	AP-BIB-FO-07	VERSIÓN	1	VIGENCIA	2014	PÁGINA	2 de 3

SOFTWARE requerido y/o especializado para la lectura del documento:

MATERIAL ANEXO: 4 anexos (Mapas, fotografías, tablas, gráficos)

PREMIO O DISTINCIÓN (*En caso de ser LAUREADAS o Meritoria*):

PALABRAS CLAVES EN ESPAÑOL E INGLÉS:

<u>Español</u>	<u>Inglés</u>	<u>Español</u>	<u>Inglés</u>
1. <u>Zonificación Ambiental</u>	<u>Environmental zoning.</u>	6. <u>reptación</u>	<u>creeping</u>
2. <u>Amenazas</u>	<u>threats</u>	7. <u>biótico</u>	<u>biotic</u>
3. <u>Erosión</u>	<u>erosion</u>	8. <u>abiótico</u>	<u>abiotic</u>
4. <u>Avenida torrencial</u>	<u>torrential avenue</u>	9. <u>geología</u>	<u>geology</u>
5. <u>Inundación</u>	<u>flooding</u>	10. <u>fenómenos de remoción en masa</u>	<u>mass removal phenomena</u>

RESUMEN DEL CONTENIDO: (Máximo 250 palabras)

La Universidad Surcolombiana por medio del Museo Geológico y del Petróleo ha venido trabajando en los últimos años con estudiantes y profesionales de Ingeniería Agrícola integrando la geología con el campo de acción de este, para el Ingeniero Agrícola es importante el conocimiento del uso del suelo aplicado al desarrollo de los Planes de Ordenamiento Territorial (POT) y más específicamente en el conocimiento de los riesgos naturales y antrópicos porque serán la base para determinar el desarrollo urbano y rural de un municipio, con base en su diagnóstico y zonificación ambiental el Ingeniero Agrícola jugará un papel importante en el manejo del uso del suelo, diseño y control de obras civiles como el control de la erosión, entre otras de las actividades pertinentes.

El objetivo principal de este proyecto de grado fue realizar una zonificación ambiental y evaluar las amenazas naturales y antrópicas con incidencia en el área comprendida entre el sector denominado El Pailón hasta el sector de la confluencia entre el Río Tune y el Río Baché. En busca de alcanzar el objetivo del proyecto se

	UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA GESTIÓN DE BIBLIOTECAS							
	DESCRIPCIÓN DE LA TESIS Y/O TRABAJOS DE GRADO					SC 7384-1 SA-CERIE 507520 OS-CER 507555		
CÓDIGO	AP-BIB-FO-07	VERSIÓN	1	VIGENCIA	2014	PÁGINA	3 de 3	

describió la línea base biótica (flora y fauna) y abiótica (geomorfología y geología) de la zona de interés, identificando el tipo de suelo existente y clasificándolo de acuerdo con su uso y cobertura.

ABSTRACT: (Máximo 250 palabras)

The Surcolombiana University through the Geological and Petroleum Museum has been working in recent years with students and professionals of Agricultural Engineering integrating geology with its field of action, for the Agricultural Engineer it is important to know the use of land applied to the development of Land Management Plans (POT) and more specifically in the knowledge of natural and anthropic risks because they will be the basis for determining the urban and rural development of a municipality, based on its diagnosis and environmental zoning, the Agricultural Engineer will play a important role in land use management, design and control of civil works such as erosion control, among other relevant activities.

The main objective of this degree project was to carry out an environmental zoning and to evaluate the natural and anthropic threats with an incidence in the area between the sector called El Pailón to the sector of the confluence between the Tune River and the Baché River. In search of achieving the objective of the project, the biotic (flora and fauna) and abiotic (geomorphology and geology) baseline of the area of interest was described, identifying the type of existing soil and classifying it according to its use and coverage.

APROBACION DE LA TESIS

Nombre Jurado: JAIME IZQUIERDO BAUTISTA

Firma: 

Nombre Jurado: EDINSON MUJICA RODRIGUEZ

Firma: 

Vigilada Mineducación

La versión vigente y controlada de este documento, solo podrá ser consultada a través del sitio web Institucional www.usco.edu.co, link Sistema Gestión de Calidad. La copia o impresión diferente a la publicada, será considerada como documento no controlado y su uso indebido no es de responsabilidad de la Universidad Surcolombiana.

**“ZONIFICACIÓN AMBIENTAL Y AMENAZAS ENTRE EL SECTOR DEL
PAILÓN Y EL RÍO TUNE DENTRO DE LA CUENCA BAJA DEL RÍO
BACHÉ”**

**“ENVIRONMENTAL ZONING AND THREATS BETWEEN THE PAILÓN
SECTOR AND THE TUNE RIVER WITHIN THE LOWER BASIN OF THE
BACHÉ RIVER”**

Trabajo de grado presentado al departamento de Ingeniería Agrícola como requisito para para
optar al título de: Ingeniero Agrícola

Autores

María Camila Rodríguez Camacho: 20171157890

Duban Galeano Sánchez: 20171157132

UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA

Facultad de Ingeniería

Programa de Ingeniería Agrícola

Neiva, Huila – Colombia, 2023

ZONIFICACIÓN AMBIENTAL Y AMENAZAS ENTRE EL SECTOR DEL PAILÓN Y EL RÍO TUNE DENTRO DE LA CUENCA BAJA DEL RÍO BACHÉ.

RESUMEN

La Universidad Surcolombiana por medio del Museo Geológico y del Petróleo ha venido trabajando en los últimos años con estudiantes y profesionales de Ingeniería Agrícola integrando la geología con el campo de acción de este, para el Ingeniero Agrícola es importante el conocimiento del uso del suelo aplicado al desarrollo de los Planes de Ordenamiento Territorial (POT) y más específicamente en el conocimiento de los riesgos naturales y antrópicos porque serán la base para determinar el desarrollo urbano y rural de un municipio, con base en su diagnóstico y zonificación ambiental el Ingeniero Agrícola jugará un papel importante en el manejo del uso del suelo, diseño y control de obras civiles como el control de la erosión, entre otras de las actividades pertinentes.

El objetivo principal de este proyecto de grado fue realizar una zonificación ambiental y evaluar las amenazas naturales y antrópicas con incidencia en el área comprendida entre el sector denominado El Pailón hasta el sector de la confluencia entre el Río Tune y el Río Baché. En busca de alcanzar el objetivo del proyecto se describió la línea base biótica (flora y fauna) y abiótica (geomorfología y geología) de la zona de interés, identificando el tipo de suelo existente y clasificándolo de acuerdo con su uso y cobertura.

***Palabras clave:* zonificación ambiental, amenazas, erosión, avenida torrencial, inundación, reptación, biótico, abiótico, geología, fenómenos de remoción en masa.**

ABSTRACT

The Surcolombiana University through the Geological and Petroleum Museum has been working in recent years with students and professionals of Agricultural Engineering integrating geology with its field of action, for the Agricultural Engineer it is important to know the use of land applied to the development of Land Management Plans (POT) and more specifically in the knowledge of natural and anthropic risks because they will be the basis for determining the urban and rural development of a municipality, based on its diagnosis and environmental zoning, the Agricultural Engineer will play a important role in land use management, design and control of civil works such as erosion control, among other relevant activities.

The main objective of this degree project was to carry out an environmental zoning and to evaluate the natural and anthropic threats with an incidence in the area between the sector called El Pailón to the sector of the confluence between the Tune River and the Baché River. In search of achieving the objective of the project, the biotic (flora and fauna) and abiotic (geomorphology and geology) baseline of the area of interest was described, identifying the type of existing soil and classifying it according to its use and coverage.

***Keywords:* Environmental zoning, threats, erosion, torrential avenue, flooding, creeping, biotic, abiotic, geology, mass removal phenomena.**

1 INTRODUCCIÓN

El Ingeniero Agrícola de la Universidad Surcolombiana en su formación académica se ha distinguido en los últimos años por profundizar muchas de las temáticas que competen al área de la geología, para dar continuidad al desarrollo de las investigaciones y los aportes obtenidos para el Valle Superior del Magdalena (VSM), liderados por el Museo Geológico y del Petróleo con el apoyo del Grupo de Investigación Geosciences, Infrastructure Productivity And Environment (GIPE) de la Universidad Surcolombiana, (A1 Miniciencias) se desarrolló el proyecto de grado “ZONIFICACIÓN AMBIENTAL Y AMENAZAS ENTRE EL SECTOR DEL PAILÓN Y EL RÍO TUNE DENTRO DE LA CUENCA BAJA DEL RÍO BACHÉ”.

La participación de los Ingenieros Agrícolas en los estudios de amenaza, vulnerabilidad y riesgo (AVR) son de gran importancia por su capacidad técnica en la elaboración de la línea base biótica y abiótica en el desarrollo de la zonificación ambiental para el manejo del uso del suelo y muestra un campo laboral poco trabajado por los Ingenieros Agrícolas (VARGAS CUERVO, Implementación de las herramientas de sistemas de información geográficas (sig) como apoyo al estudio complementario de amenazas vulnerabilidad y riesgo del municipio de la plata - huila, 2020).

El área de trabajo se localiza en la cuenca baja del Río Baché, más específicamente entre el Sector del Pailón y la desembocadura del Río Tune al Baché de acuerdo con sus características litológicas y presencia de formaciones geológicas principalmente de carácter arcilloso, el mal uso del suelo ha generado grandes problemas erosivos y fenómenos de remoción en masa (FRM) los cuales fueron caracterizados en este trabajo; así también las frecuentes inundaciones, avenidas torrenciales comunes en la cuenca del Río Baché agudizados por el Fenómeno del Pacífico o Niña, provocando que varios sectores del área sufran afectaciones en viviendas, vías, estructuras y cultivos; además, estos fenómenos recurrentes hace que se generan nuevas situaciones de riesgo a la población e infraestructura de la región cada vez que se presentan los periodos de ola invernal.

La Universidad Surcolombiana por medio del Museo Geológico y del Petróleo ha realizado varios trabajos de caracterización y de zonificación de riesgos geológicos en el área comprendida entre Palermo - Guácimos – Santa María con estudiantes de la Maestría en Ingeniería y Gestión Ambiental y con este trabajo fue profundizada la zona de estudio la cual presenta grandes problemas de amenazas y riesgos geológicos.

Los alcances del proyecto son elaborar la línea base ambiental biótica y abiótica necesaria para la evaluación del riesgo, realizando la base cartográfica acorde a estos trabajos, desarrollando un modelo digital por medio de los Sistemas de Información Geográfica (SIG), utilizando imágenes satelitales, modelos de elevación digital y fotografías aéreas.

La evaluación y cartografía de la línea base biótica y abiótica básica para el análisis de estabilidad, zonificación de amenazas, evaluación de la vulnerabilidad física, evaluación del riesgo actual y la zonificación ambiental son el resultado de los trabajos de campo, la interpretación de imágenes satélite y la información secundaria adquirida de trabajos realizados por el Museo Geológico y del Petróleo en el sector minero (VARGAS CUERVO, Estudio de Impacto Ambiental (EIA) para el bloque San Jorge en el área de las concesiones mineras 14200 y 19221 en Neiva – Palermo Huila . Universidad Surcolombiana. Neiva Huila. 2020, 2020).

El levantamiento de la columna estratigráfica de las rocas y depósitos sedimentarios aflorantes entre el sector del Pailón y la desembocadura del Río Tune, se realizó por el método de poligonal abierta tomando registro de los diferentes tipos de litología, datos estructurales, asociándolas a los procesos exógenos presentes como son los diferentes tipos de erosión y fenómenos de riesgos geológicos dominantes, además se presenta la caracterización mineralógica y petrofísica de las rocas que conforman las unidades estratigráficas aflorantes, la Formación Gualanday 5% , la formación Guaduala 50% y los depósitos cuaternarios asociados a la dinámica fluvial del Río Baché 45%.

2 MATERIALES Y MÉTODOS

La metodología empleada en esta investigación consta de la revisión bibliográfica de la base cartográfica, geológica y geomorfológica realizada por el Museo Geológico y del Petróleo en trabajos anteriores, reconocimiento en campo (registros fotográficos y toma de coordenadas con GPS marca GARMIN, modelo MAP 64S), interpretación de imágenes aéreas (Drone) y satelitales consultadas a través de la versión libre de Google Earth, consulta de datos meteorológicos en la página web del Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales – IDEAM y su respectivo análisis mediante el software Microsoft Excel. La información recolectada fue procesada por medio del software ArcGIS 10.5 con licencia de la Universidad Surcolombiana, con base en la metodología Corine Land Cover adaptada para Colombia, la Leyenda de Usos Agropecuarios del Suelo realizada por el Instituto Geográfico Agustín Codazzi – IGAC, la nomenclatura utilizada para realizar el levantamiento estratigráfico del área de estudio y la clasificación de erosión elaborada para este proyecto cumple con los objetivos planteados:

- Describir la línea base biótica (flora, fauna) y abiótica (geomorfología, geología) de la zona de interés.
- Identificar el tipo de suelo en la zona y clasificarlo de acuerdo con el uso y cobertura.
- Identificar, evaluar y zonificar las amenazas naturales y antrópicas que actualmente están presente en el área de influencia.

2.1 Localización geográfica y accesos

El proyecto se desarrolló en la Vereda San Francisco, municipio de Palermo – Huila, evaluando los distintos aspectos ambientales dentro del polígono delimitado por las coordenadas consignadas en la **TABLA 1**, ocupando una extensión de área de 533 ha y 54 m² (véase **FIGURA 1**).

La infraestructura vial para el acceso a la zona de estudio está conformada por una vía secundaria que de Palermo conduce a Santa María, la cual posee un ancho de 4 a 5 m con pendientes moderadas en un territorio de colinas onduladas. El área cuenta con un fluido eléctrico interconectado con el Municipio de Palermo - Huila.

TABLA 1. Coordenadas del polígono para el área de estudio.

Puntos	Este	Norte
1	846131,676	815476,503
2	846793,601	816172,863
3	848571,446	814969,355
4	851072,213	813803,945
5	850175,032	812678,452

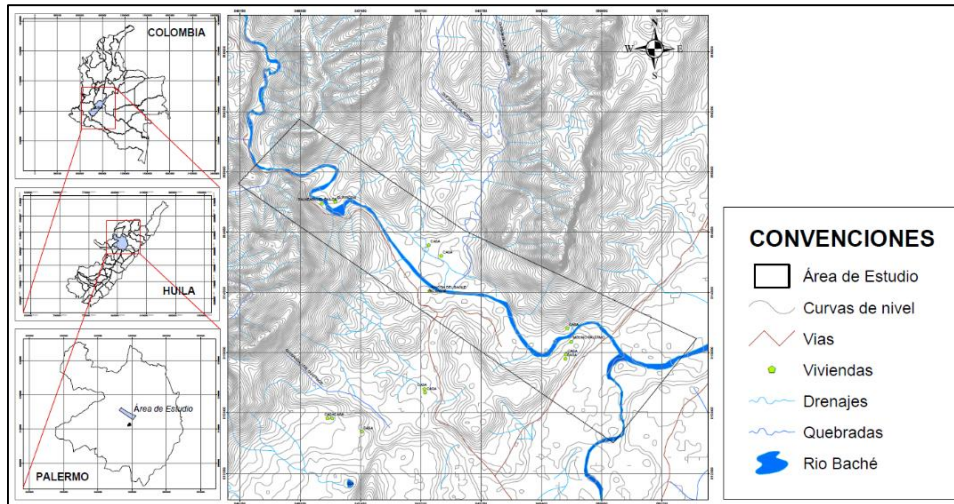


FIGURA 1. Recorte del mapa de localización geográfica del área de estudio.

Fuente. Modificado de (VARGAS CUERVO, Estudio de Impacto Ambiental (EIA) y Plan de Manejo Ambiental (PMA) para la solicitud de formalización minera con placa NFM – 14252 para material de arrastre. Vereda San Francisco, Palermo - Huila., 2021)

2.1.1 MAPAS TOPOGRÁFICOS Y GEOLÓGICOS

El área de estudio está enmarcada en las planchas topográficas 323-III-B y 323-IV-A a escala 1:25.000 del IGAC.

La base cartográfica geológica utilizada para este proyecto fue consultada y adquirida en el SERVICIO GEOLÓGICO COLOMBIANO (SGC), utilizando la plancha geológica 323 a escala 1:100.000 (véase **FIGURA 2**); la información geológica de esta plancha fue enriquecida durante varios años por el Museo Geológico y del Petróleo.

La formación Guaduala aflora en la zona central de la plancha en mención y abarca un área de 15 Km² según lo asevera (VARGAS CUERVO, Geomorfología y Amenazas Geológicas del municipio de Neiva. INGENIERIA Y REGIÓN - Revista de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Surcolombiana., 2001).

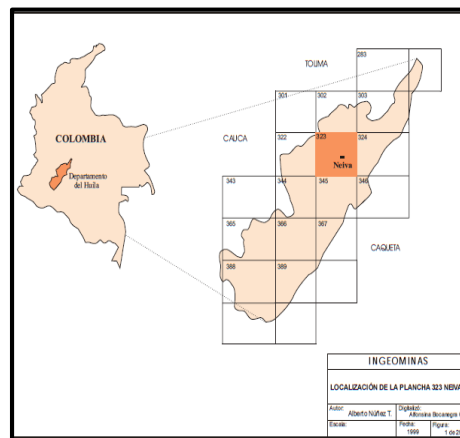


FIGURA 2. Localización de la plancha 323.

Fuente. (NUÑEZ T, 1999)

Con la base cartográfica de las planchas topográficas 323-III-B y 323-IV-A fue realizada una

restitución topográfica con curvas de nivel cada 5 metros, apoyada en un Modelo de Elevación Digital (DEM) obtenido por la Universidad Surcolombiana, vuelos con Drone y finalmente verificando con puntos GPS (véase **FIGURA 3**). (VARGAS CUERVO, Programa de Trabajos de Explotación y Programa de Trabajos y Obras (PTO) para la solicitud de formalización minera NFM – 14252, localizada en la vereda San Francisco, municipio de Palermo en el Departamento del Huila., 2021)

Con los datos obtenidos en campo y por medio de imágenes satelitales se realizó el procesamiento de la información en el programa ArcGIS 10.5 iniciando con un bosquejo en el cual se clasifica la información útil para el proyecto y se organiza de manera que facilite su entendimiento al momento de digitalizar en la pantalla.

Los polígonos para las diferentes coberturas vegetales y usos del suelo se digitalizan directamente en la pantalla a partir de fotografías aéreas, las capas así creadas para cada serie histórica son completadas con información de atributos y organizadas en las clases de uso de la tierra: guadua (*Bambusa guadua* L.), cultivos (mezcladas entre periódicos y perennes), residencias, zonas inundables, bosque, pastos, áreas ribereñas y vías. El área y el perímetro se calculan para cada polígono, creando mapas de uso de la tierra por serie histórica. (IGAG, 2015)

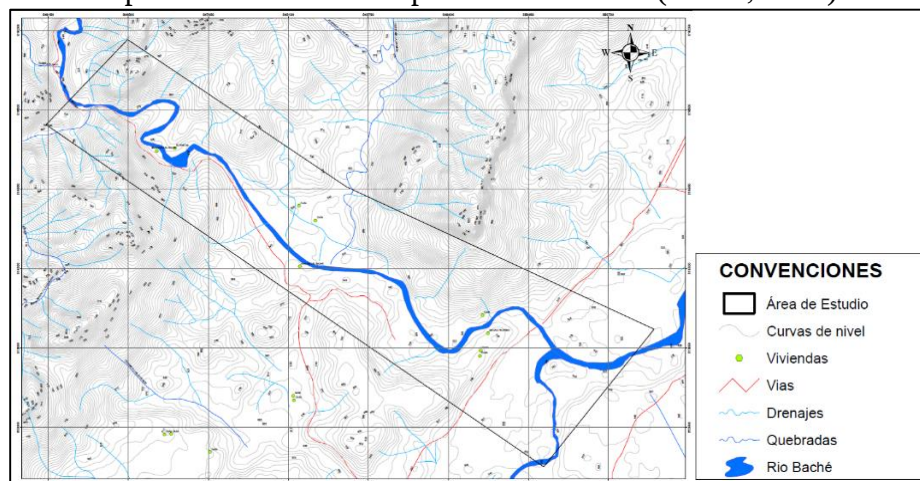


FIGURA 3. Recorte del mapa topográfico del área de estudio.

Fuente. Modificado de (VARGAS CUERVO, Estudio de Impacto Ambiental (EIA) y Plan de Manejo Ambiental (PMA) para la solicitud de formalización minera con placa NFM – 14252 para material de arrastre. Vereda San Francisco, Palermo - Huila., 2021)

2.2 Medio abiótico

Para realizar la zonificación ambiental se debe tener conocimiento previo del componente abiótico, el levantamiento de la línea base abiótica se realizó mediante el estudio de la geología (geología general, geomorfología, estratigrafía y la geología estructural).

2.2.1 GEOLOGÍA GENERAL

En el área de estudio afloran rocas y depósitos sedimentarios que varían en edad desde el periodo cretácico piso Maestrichiano, el Paleógeno, depósitos cuaternarios y recientes los cuales, bajo las condiciones morfológicas actuales, uso del suelo y ambientes sedimentarios recientes han generado geformas especiales. (VARGAS CUERVO, Reconocimiento Geológico De La

2.2.1.1 GEOMORFOLOGÍA

La zona estudiada se encuentra dentro del área que cobija la parte baja de la cuenca del río Baché, fue analizada desde 500 metros aguas arriba del balneario el Pailón hasta 100 metros aguas abajo de la desembocadura del río Tune.

El valle superior del río Baché se destaca por una secuencia de terrazas aluvio-torrenciales que se desarrollan a lo largo del cauce en forma irregular, como también algunos afloramientos de la formación Guaduala. A continuación, se presentan las correspondientes unidades geomorfológicas cartografiadas en campo con su respectiva morfología, composición y procesos geomorfológicos dominantes, los cuales son de gran apoyo para la zonificación ambiental. (véase **TABLA 2 y FIGURA 4**).

TABLA 2. Unidades geomorfológicas cartografiadas en el área de estudio del proyecto.

Ambientes (Génesis)	Unidades Geomorfológicas (micro dinámica)	Litología	Pendiente Media %
<i>Unidades de origen aluvial y coluvial</i>	<i>Asociadas al cauce</i>		
Aluvial o fluvial	Cauce Activo	Aluvial	0.5
Aluvial o fluvial	Lecho o cauce Mayor	Aluvial	0.5
<i>Fluvial</i>	<i>Vega y Terrazas</i>		
V1	Vega de divagación	Aluvial	1
V2	Vega de Inundación	Aluvial	1
T1	Terrazas bajas	Aluvial	2
T2	Terrazas medias	Aluvial-torrencial	2-3
<i>D1 Denudativo</i>	<i>Ladera Denudaciones</i>		14
D1	Taludes disectados	Aluvial-coluvial	15 a 70
Estructural	Colinas	Areniscas y arcillolitas	15- 70

Fuente. (VARGAS CUERVO, Estudio de Impacto Ambiental (EIA) y Plan de Manejo Ambiental (PMA) para la solicitud de formalización minera con placa NFM – 14252 para material de arrastre. Vereda San Francisco, Palermo - Huila., 2021)

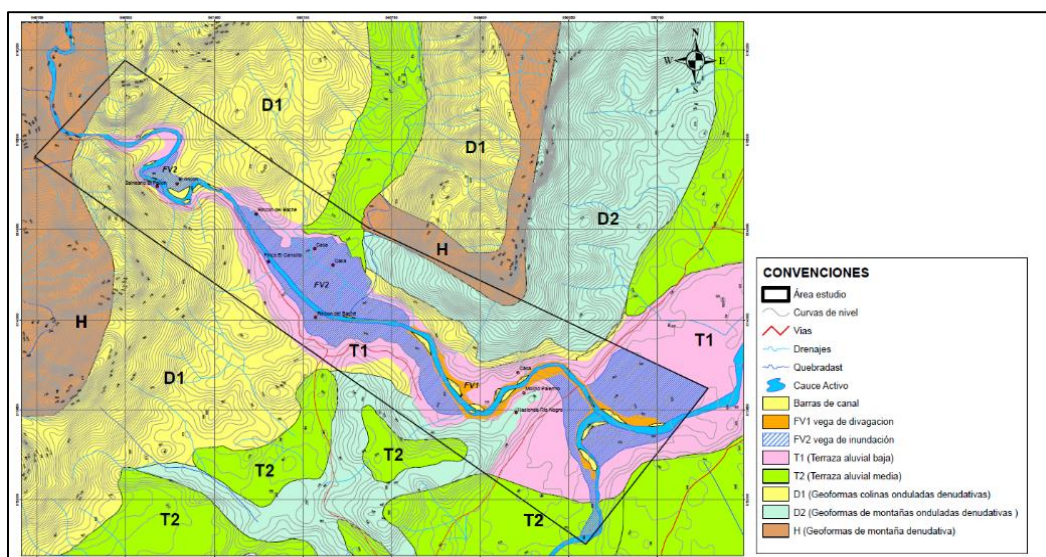


FIGURA 4. Recorte del mapa geomorfológico del proyecto.

Fuente. Modificado de (VARGAS CUERVO, Estudio de Impacto Ambiental (EIA) y Plan de Manejo Ambiental (PMA) para la solicitud de formalización minera con placa NFM – 14252 para material de arrastre. Vereda San Francisco, Palermo - Huila., 2021)

2.2.1.1.1 Unidades de origen aluvial y coluvial

Dentro de esta unidad de paisaje geomorfológico se cartografiaron las siguientes subunidades:

- **Cauce Activo (Fcm ca).**

El cauce activo es el área o sección ocupada por el lecho de agua en un tiempo determinado. Las dimensiones de estos lechos pueden variar desde unos pocos metros a cientos de metros según su posición en la cuenca y el tipo de cauce (menor o mayor). (VARGAS CUERVO, Texto Geología física para Ingenieros UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA, 1999)

En el área de estudio se observa una morfología de canal rectilíneo asociado a parámetros estructurales (fallas, Diaclasas) con un cauce de amplitud variada y la presencia de barras de canal y barras puntuales, localmente con vegetación de arbustos, y varios brazos cuyos alineamientos son sinuosos¹ (véase **Fotografía 1 – ANEXO 2**). También se aprecia un valle aluvial del río con rastros de antiguas orillas sobre su llanura de inundación.

En la zona estudiada fue medido el cauce activo máximo con cinta métrica en tres diferentes tomas con rangos de 8 días (véase **Tabla 1 – ANEXO 3**).

- **Lecho o cauce Mayor (Fcm).**

Es de los rasgos geomorfológicos más importantes a definir en un estudio hidrológico y de amenazas por inundación de un cauce, es la zona o corredor por donde el río puede divagar en un momento dado, el lecho o cauce mayor de un río se presenta principalmente en sus cuencas medias y bajas, siendo mayor en estas últimas, representa la sección o el área por donde el cauce activo ha divagado en su historia geológica y puede transcurrir en cualquier período de tiempo.

¹ Sinuoso: Que tiene recodos, curvas y ondulaciones irregulares y en distintos sentidos. (RAE, 2023)

(VARGAS CUERVO, Texto Geología física para Ingenieros UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA, 1999).

Para la zona estudiada el cauce mayor máximo medido topográficamente es de 53 metros en el sector norte hacia el Pailón, en el sector más norte en el punto 1 de la poligonal corresponde a 47 metros y en el punto 4 al sur es de 34 metros, como lo muestra la **Tabla 2 – ANEXO 3** y **Fotografía 2 – ANEXO 2**.

- Vega de divagación (Fv1)

Se presenta en el lecho o cauce mayor del río y representan los registros geomorfológicos por donde el cauce ha divagado en su historia geológica. En estas zonas se registran varios elementos como las líneas o canales de divagación, lagunas de cauces o meandros abandonados, etc.

(VARGAS CUERVO, Texto Geología física para Ingenieros UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA, 1999) (véase **Tabla 3 – ANEXO 3** y **Fotografía 3 – ANEXO 2**).

Morfológicamente pueden desarrollar terrazas en uno o varios niveles, o superficies planas a ligeramente inclinadas.

- Vega de inundación (Fv2).

Se presentan fuera del lecho mayor del río con la presencia de zonas de encharcamiento.

Representan la zona de amortiguamiento de inundaciones del cauce del río en épocas de aguas altas (VARGAS CUERVO, Texto Geología física para Ingenieros UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA, 1999) (véase **Tabla 4 – ANEXO 3** y **Fotografía 4 – ANEXO 2**). En el área de estudio se presenta en el sector sur -este.

A continuación, se presenta una imagen tomada de la versión libre de Google Earth, 2022 modificada con la finalidad de diferenciar las unidades geomorfológicas presentes en un sector del río Baché, dentro del área de estudio. (véase **FIGURA 5**)



FIGURA 5. En el sector suroriental del área de estudio del proyecto se encuentra el cauce activo (rojo), el cauce mayor (amarillo), vega de divagación (azul) y vega de inundación (rosado).

Fuente. Modificado de Google Earth, 2022.

- Terraza aluvial baja T1.

Corresponde al nivel bajo de terrazas aluviales, en promedio 1 a 2 metros por encima del nivel del río, compuesto por depósitos aluviales² y coluviales³ con fragmentos heterogéneos embebidos en una matriz arenosa (VARGAS CUERVO, Texto Geología física para Ingenieros UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA, 1999). Esta unidad se localiza paralela a la vega y cauce activo del río Baché principalmente en la margen derecha formando una planicie cubierta por pastos y rastrojo.

Este nivel de terrazas bajas puede ser susceptible a los fenómenos de inundaciones por eventos muy extremos y poco frecuentes y a la socavación por la migración lateral del cauce. (véase **Fotografía 5 – ANEXO 2**)

- Terraza aluvial media T2.

Corresponden a un conjunto de niveles aluviales intermedios que se localizan en la zona nor-occidental del perímetro del área de estudio y localmente en la margen izquierda aguas abajo (VARGAS CUERVO, Texto Geología física para Ingenieros UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA, 1999). Con alturas entre 5 y 10 metros, las pendientes de este nivel de terrazas son bajas y paralelas al cauce activo del río Baché (véase **Fotografía 6 – ANEXO 2**).

2.2.1.1.2 Unidades de geoformas colinas onduladas denudativas D1.

Esta unidad geomorfológica se localiza rodeando el polígono del área de estudio y está conformada por rocas sedimentarias clásticas de la formación Guaduala, formando un relieve montañoso de colinas onduladas con pendientes estructurales moderadas y pendientes erosionables fuertes, el drenaje es poco denso con un patrón sub - paralelo a sub - dendrítico y de drenajes poco profundos. Esta unidad por lo general se encuentra cubierta con pastos y cultivos puntuales como también bosques secundarios principalmente a lo largo de los drenajes, es común observar el grado de alto de erosión en los sectores con actividad antrópica, como también la cobertura vegetal se observa en un alto nivel de deterioro como resultado de un mal uso del suelo. (VARGAS CUERVO, Memorias del curso Geología Ambiental dictado en la Especialización de Ingeniería Ambiental, Universidad Surcolombiana. Neiva, Huila., 2009) (véase **FIGURA 4 y Fotografía 8 – ANEXO 2**)

2.2.1.1.3 Unidades de geoformas de montañas onduladas denudativas D2.

Esta unidad geomorfológica se localiza en el sector centro oriente por fuera del polígono del área de estudio y está conformada por rocas sedimentarias clásticas pertenecientes al miembro Baché de la formación Gualanday y la cual litológicamente está representada por arcillolitas y lodolitas con delgados niveles de conglomerados y areniscas , formando un relieve de montañoso de geoformas onduladas y con pendientes estructurales cortas y moderadas y pendientes erosionables fuertes, el drenaje es poco denso con un patrón sub - paralelo a sub - dendrítico y de

² Depósitos Aluviales: Material que es transportado por las corrientes de agua y depositado en un cuerpo receptor, generalmente en las planicies próximas a la desembocadura de los ríos. (OSMAN, 2023)

³ Depósitos Coluviales: Materiales sueltos depositados en las depresiones de las montañas y partes bajas de las laderas como resultado de la erosión de las partes altas. (EDAFOLÓGIA.URG, 2023)

drenajes poco profundos. Esta unidad por lo general se encuentra cubierta con pastos y arbustos como también bosques secundarios principalmente a lo largo de los drenajes, es común observar el grado de alto de erosión en los sectores con actividad antrópica como también la cobertura vegetal se observa en un alto nivel de deterioro como resultado de un mal uso del suelo. (VARGAS CUERVO, Memorias del curso Geología Ambiental dictado en la Especialización de Ingeniería Ambiental, Universidad Surcolombiana. Neiva, Huila., 2009) (véase **FIGURA 4 y Fotografía 7 – ANEXO 2**).

2.2.1.1.4 Geoformas de montañas denudativas H.

Se presenta de manera de cordones montañosos y pendientes erosionables sub - verticales a verticales y principalmente corresponden donde afloran las rocas sedimentarias clásticas de la formación Gualanday (VARGAS CUERVO, Programa de Trabajos de Explotación y Programa de Trabajos y Obras (PTO) para la solicitud de formalización minera NFM – 14252, localizada en la vereda San Francisco, municipio de Palermo en el Departamento del Huila., 2021) (véase **Fotografía 8 – ANEXO 2**), en esta unidad geomorfológica los fenómenos erosivos más comunes son caídas de rocas y golpes de cuchara sub - verticales.

2.2.1.1.5 Procesos morfodinámicos.

Los procesos modeladores del paisaje están asociados principalmente con procesos denudativos como erosión, meteorización de rocas y fenómenos de remoción en masa (VARGAS CUERVO, Texto Geología física para Ingenieros UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA, 1999), en el área de estudio la meteorización se presenta principalmente en la unidad geomorfológica de “Geoformas Colinadas Onduladas Denudativas”; el tipo de meteorización es física debido al mal uso del suelo en sobrepastoreo, y agrícolas (véase **Fotografía 9 – ANEXO 2**). Este proceso acelera los fenómenos de remoción en masa y se manifiesta por la reptación⁴ o solifluxión⁵ de suelos y derrumbes.

2.2.1.2 ESTRATIGRAFÍA

Dentro del polígono estudiado afloran rocas sedimentarias clásticas de edad paleógena correspondiente a la formación Gualanday – Miembros Palermo y Baché y la formación Guaduala del Maestrichiano a Paleoceno, dividida estratigráficamente en los miembros San Francisco y Teruel y cubiertas discordantemente por depósitos sedimentarios asociados a la dinámica fluvial del río Baché de edad pleistocena y antropoceno. (VARGAS CUERVO, Levantamiento estratigráfico y caracterización mineralógica de la formación Guaduala en las secciones de los ríos Baché y Tune en el municipio de Palermo., 2016)

La formación Guaduala en el Valle Superior del Magdalena y de acuerdo con el antiguamente INGEOMINAS tienen gran cantidad de sinonimias al describir en las diferentes planchas geológicas del Valle Superior del Magdalena la formación Guaduala, así también en el año 2002 cambio el nombre de formación Guaduala por formación Seca creando confusión entre las compañías del sector minero y petrolero.

⁴ Reptación: movimientos superficiales, extremadamente ralentizados, y prácticamente imperceptibles, salvo después de largos períodos de medida. (IBAÑEZ, 2008)

⁵ Solifluxión: desplazamiento que afecta a una masa de fango desplazada sobre un basamento estable. Afecta únicamente a los materiales arcillosos susceptibles de transformarse en fango por el aumento de su contenido en agua líquida. (IBAÑEZ, 2008)

El Museo Geológico y del Petróleo de la Universidad Surcolombiana realizó el trabajo de la unificación de la estratigrafía del Valle Superior del Magdalena (VSM), la cual se muestra en las **Tablas 5 y 6 – ANEXO 3**, que contienen una correlación de los nombres estratigráficos empleados por el SGC para las unidades del paleógeno y los depósitos del cuaternario y la que se adoptó para los trabajos de la Universidad Surcolombiana.

2.2.1.2.1 Formación Guaduala Kpgs

El Museo Geológico y del Petróleo de la Universidad Surcolombiana con el apoyo de la ejecución de proyectos de grado en los programas de ingeniería de petróleos e ingeniería agrícola ha realizado la cartografía geológica y el levantamiento de las columnas estratigráficas a escalas detalladas (1:1000 y 1:500) de las formaciones geológicas presentes en la subcuenca de Neiva, específicamente para este trabajo se realizó el levantamiento estratigráfico de la formación Guaduala ya que es la unidad que más aflora en el área estudiada.

La formación Guaduala reconocida ampliamente a lo largo de la Cordillera Oriental y principalmente en los departamentos de Boyacá, Cundinamarca y Huila, conformada por rocas clásticas principalmente, como areniscas, limolitas, lodolitas y arcillolitas, la cual marca la transición de un ambiente marino de plataforma presente hasta finales del cretácico y un ambiente continental influenciado por zonas de pantano con influencia fluvial y con algunos ciclos marcados de entradas del mar. Esta unidad litológica en la Subcuenca de Neiva no presenta desarrollo de mantos de carbón siendo la característica más importante para las cuencas de Cundinamarca y el Altiplano Cundiboyacense, mientras que, en la Subcuenca de Neiva, los mantos de carbón presentes son muy esporádicos, de delgados espesores y de tipo lignítico⁶. (VARGAS CUERVO, Levantamiento estratigráfico y caracterización mineralógica de la formación Guaduala en las secciones de los ríos Baché y Tune en el municipio de Palermo., 2016)

Para el levantamiento estratigráfico de la sección se desarrollaron 5 salidas de campo, en las cuales se realizó una poligonal abierta (véase **FIGURA 6**) georreferenciada con GPS Garmin (GPSmap 60CSx) para un total de 47 puntos y medidos con Hip-Chain⁷, los afloramientos fueron medidos directamente con cinta métrica o utilizando la vara de Jacob y brújulas tipo Bronton azimutales para tomar datos estructurales. En esta poligonal se ubicaron todos los puntos de control con los datos estructurales realizando inicialmente el cálculo de los espesores aparentes y con reconstrucciones paniplásticas, y por métodos matemáticos se realizó el cálculo del espesor real, dando para la sección del río Tune un total de 1157 metros.

⁶ Carbón lignítico: tipo de carbón que tiene una mayor proporción de macroporos - diámetro mayor a 500 Å, en comparación con el Bituminoso. (P, 1975)

⁷ Hip-Chain: Medidor de distancia para largos tramos.



FIGURA 6. Poligonal realizada para el proyecto.

Fuente. Modificado de la versión libre de Google Earth, 2022.

En el **Plano 11 – ANEXO 1** se presenta la columna estratigráfica levantada para la sección del río Baché entre el sector del Pailón y las Juntas con el río Tune, la cual según su ambiente de depositación y características sedimentológicas fue dividida en nueve **SEGMENTOS** teniendo en cuenta su litología y la interpretación de los procesos exógenos presentes como son los asociados a la inestabilidad geotécnica de las rocas manifestadas por el grado de erosión y fenómenos de remoción en masa.

Los criterios utilizados para la descripción litológica son su textura, la cual indica inicialmente la caracterización granulométrica dividida en pelitas (limo-lodo-arcilla), arenitas (gruesa-media-fina) y ruditas (gránulos-guijas-guijarros-cantos); en la siguiente columna se describe el tamaño de las capas de estratificación y finalmente se describe con una nomenclatura especial propia del proyecto los grados de erosión presentes en las diferentes secciones del levantamiento de la columna, como también se muestran algunas fotografías de algunas de las secciones estratigráficas y su relación con la erosión. (véanse **Tablas 7 y 8 – ANEXO 3**)

En consonancia con lo anteriormente mencionado se realiza la descripción seccionada de la columna estratigráfica levantada para el área de estudio:

❖ **Segmento 1:** (0 a 150 metros), ver **FIGURA 7**.

Con 150 metros de espesor real y en contacto cubierto con la formación Monserrate se presenta una secuencia de capas de arcillolitas con estratificación media a fina de tonalidad gris verdoso con algunas intercalaciones violáceas (véase **Fotografía 10 – ANEXO 2**), las arcillolitas son arenosas y blandas, moldeables al tacto conformadas por minerales de arcilla, cuarzo y minerales pesados. Texturalmente se compone con granos muy finos de cuarzo 5% y partículas de tamaño

arcilla 95%, presentan estructuras sedimentarias internas de tipo laminación no paralela discontinua a lenticular⁸.

En este sector se observa la presencia de fenómenos erosivos de tipo láminas “HL2”, y surcos “HS2” a pequeñas cárcavas, también se presentan algunos fenómenos de solifluxión de los suelos asociados a este segmento.

Entre las cotas de espesor real 45 a 75 se presentan dos secuencias de capas de estratificación media de Areniscas líticas de tonalidad gris verdoso, muy fracturadas, texturalmente conformadas por granos de tamaños medios a finos, subredondeados y composicionalmente conformadas por Cuarzo lechoso e hialino (30%), feldespatos caolinitizados (10%), fragmentos líticos (40%) embebidos en una matriz Limoarcillosa (20%) y correspondientes a areniscas líticas, estas son friables, blandas y generan procesos erosivos de caídas de bloques. (véase **Fotografía 11 – ANEXO 2**)

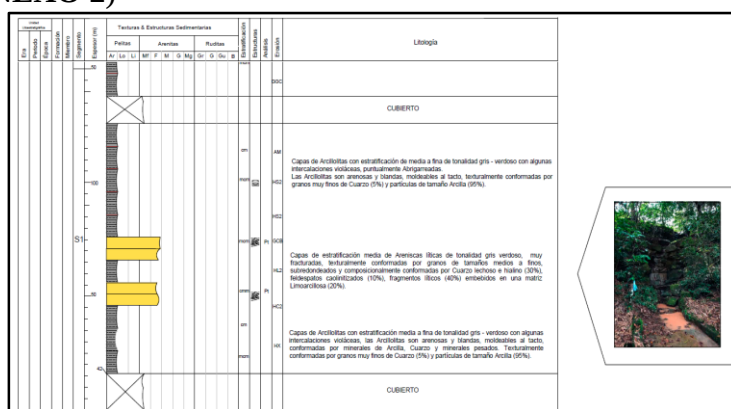


FIGURA 7. Segmento 1 de la Columna estratigráfica levantada para el área de estudio.

❖ **Segmento 2:** (150 a 250 metros), ver **FIGURA 8.**

Con un espesor de 100 metros y en contacto transicional con el segmento 1 se presenta un conjunto de estratificación⁹ fina a media hacia el tope, conformado con arcillolitas de tonalidad gris - verdoso con algunas intercalaciones violáceas, puntualmente abigarradas. (véase **Fotografía 12 – ANEXO 2**)

Las Arcillolitas son arenosas y blandas, moldeables al tacto, texturalmente conformadas por granos muy finos de Cuarzo (5%) y partículas de tamaño Arcilla (95%).

La erosión es de origen hídrico, principalmente mediante surcos (HS2) y láminas (HL2) de grado moderado, adicionalmente a ello todo lo ligado con la mecanización agrícola (AM) (cultivos de arroz y ganadería).

⁸ Laminación no paralela discontinua a lenticular: se produce por cambios en el modelo de sedimentación tomando forma de lentes.

⁹ Estratificación: surge por el depósito alternado de rocas de diferentes colores y tamaños de grano. (GRIEM, 2020)

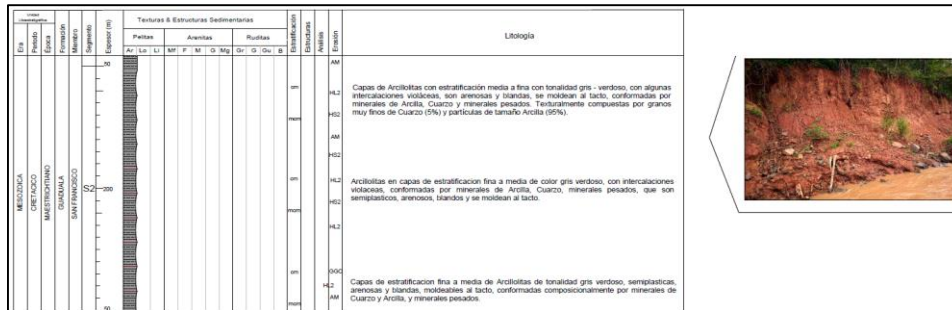


FIGURA 8. Segmento 2 de la Columna estratigráfica levantada para el área de estudio.

❖ **Segmento 3: (250 a 335 metros), ver FIGURA 9.**

Con un espesor de 85 metros y en contacto transicional con el segmento 2 se presenta un conjunto de estratificación media a fina desde la base hacia el tope de la sección de arcillolitas con intercalaciones de limolitas silíceas.

Las arcillolitas son de color gris verdoso, con tonalidades rojizas, semiplásticas, blandas y frágiles, estas se encuentran semimeteorizadas.

El segmento 3 fue levantado por el cauce del río Baché por lo tanto la erosión en esta zona es de origen fluvial como socavamiento lateral (FSL) y también se presenta erosión hídrica generando surcos.

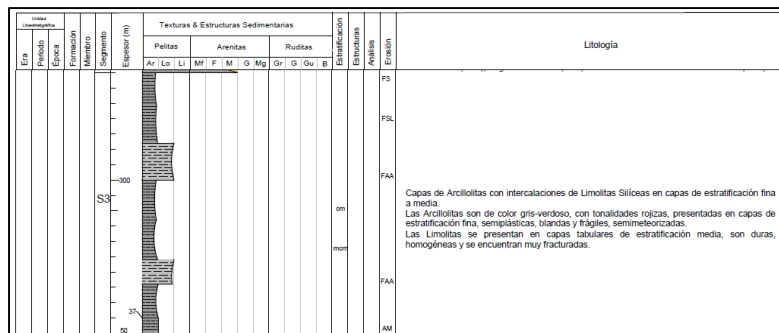


FIGURA 9. Segmento 3 de la Columna estratigráfica levantada para el área de estudio.

❖ **Segmento 4: (335 a 525 metros), ver FIGURA 10.**

El segmento 4 de la columna estratigráfica tiene un espesor de 190 metros y se encuentra en contacto neto hacia la base con el segmento 3, se presentan capas de estratificación media de arcillolitas con lentes de areniscas líticas, las cuales son localmente friables y texturalmente se conforman por granos gruesos a medios, subredondeados y composicionalmente conformadas por Cuarzo lechoso e hialino, feldespatos caolinitizados y fragmentos líticos embebidos en una matriz limo arcillosa. Los fenómenos erosivos son principalmente de origen hídrico como surcos (HS2) y láminas (HL2) de grado moderado, además de erosión antrópica por sobrepastoreo (AS) En las cotas 405 - 430 se presentan dos capas de limolitas arenosas con intercalaciones de arcillolitas en capas de estratificación fina a muy fina. Las Limolitas arenosas son de color gris oscuro, blandas y muy fracturadas por lo que se aprecian demasiado físciles¹⁰; las arcillolitas son de tonalidad gris amarillento, semiplásticas, blandas, frágiles, porosas y no permeables.

¹⁰ Fisilidad: capacidad o tendencia de una roca a dividirse a lo largo de planos. (Hise, 1896)

Desde la cota 445 hasta la cota 480 se presentan capas de estratificación fina a muy fina de limolitas arenosas, areniscas y arcillolitas. Las areniscas son de color gris amarillento, duras, homogéneas y texturalmente conformados por granos de tamaño medio a grueso de formas subangulares, moderadamente seleccionadas y compuestas por cuarzo hialino, feldespatos caolinitizados, fragmentos líticos de Chert¹¹ y limolitas silíceas embebidas en una matriz Limoarcillosa. Es común en esta zona la erosión de los suelos por mecanización agrícola (AM), golpes de cuchara (GGC) y erosión hídrica moderada por cárcavas (HC2). Hacia el tope del segmento se presenta el contacto neto de los miembros San Francisco y Teruel de la formación Guaduala. Capas de estratificación fina a muy fina de arcillolitas con intercalaciones de limolitas. Las arcillolitas son de color gris amarillento con tonalidades rojizas y violáceas, blandas, semiplásticas, arenosas, porosas e impermeables que se encuentran medianamente fracturadas y con venas de calcita en las paredes de las diaclasas. Las Limolitas son duras y homogéneas, se encuentran muy fracturadas, los Fenómenos erosivos presentes son Soliflucción (HS) y surcos (HS1).

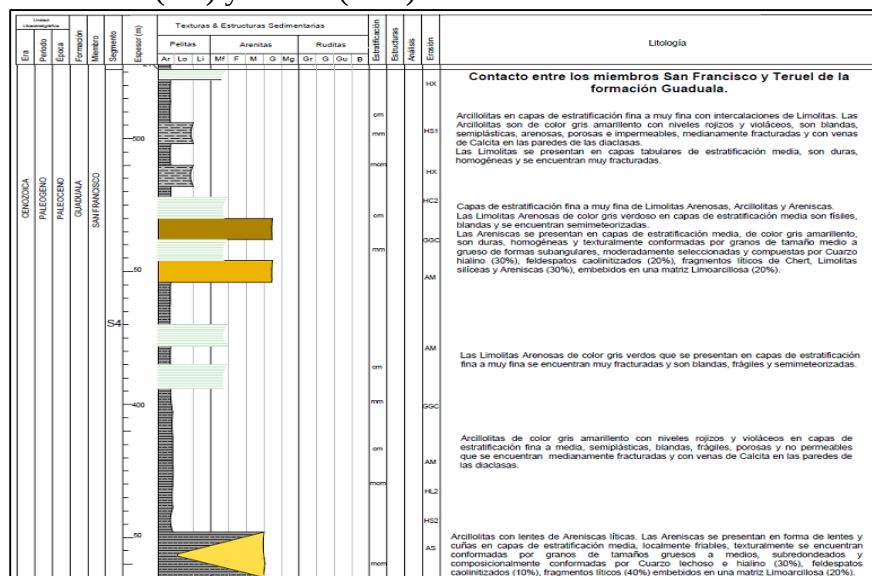


FIGURA 10. Segmento 4 de la Columna estratigráfica levantada para el área de estudio.

❖ **Segmento 5:** (525 a 760 metros), ver **FIGURA 11.**

Con un espesor de 235 metros y en contacto transicional con el segmento 4, se presentan arcillolitas con intercalaciones de lodolitas de color gris verdoso en capas de estratificación fina a media, éstas son blandas, frágiles y semimeteorizadas. Las arcillolitas son de color gris amarillento manifestando oxidación, intercaladas con arcillas abigarreadas, las cuales son semiplásticas, arenosas y se presentan medianamente fracturadas. Es común la presencia de fenómenos de erosión hídrica por cárcavas¹² (HC1), surcos (HS1) y láminas (HL1) de grado leve, adicionalmente a ello también se evidencia reptación (HR) y soliflucción (HX) en algunos sectores.

¹¹ Chert: roca sedimentaria silícea de grano fino de origen biogénico, bioquímico que se compone de sílice de grano fino, con solo pequeñas cantidades de impurezas. (MALDONADO, 2023)

¹² Cárcava: incisión producida sobre suelos y rocas del tipo arcillas con pendientes acusadas, por la acción del agua de escorrenría. (ZARZA, 2023)

Desde la cota 595 y hacia el tope del segmento, se presentan 3 secciones cubiertas por arbustos y derrubios¹³ de laderas.

En contacto transicional con el segmento 6 se presentan capas de estratificación media a gruesa de arcillolitas con delgadas intercalaciones de limolitas y lodolitas. Las arcillolitas son de color gris violáceo, amarillentas con nidos rojizos y blancos, se encuentran poco fracturadas y son semiplásticas de textura arenosa. Las limolitas son de color gris claro, duras, frescas y localmente físis. Las lodolitas son de color oscuro, físis, blandas y muy fracturadas. En algunos sectores se presenta remoción en masa por golpes de cuchara (GGC) y erosión hídrica por cárcavas de grado leve (HC1).

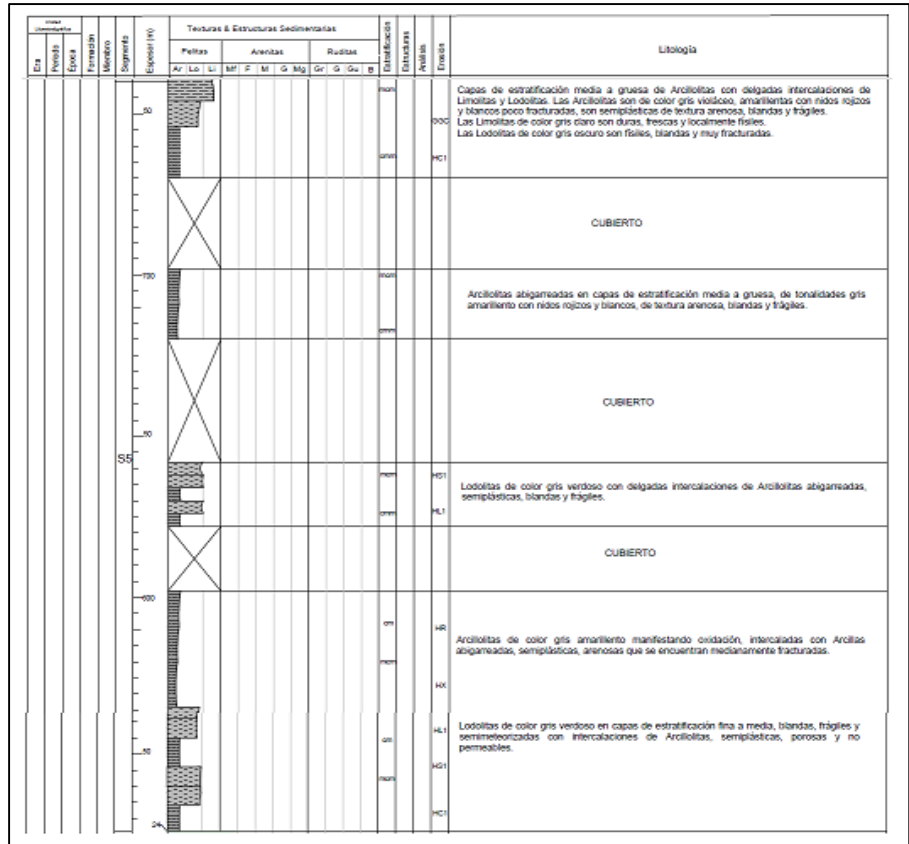


FIGURA 11. Segmento 5 de la Columna estratigráfica levantada para el área de estudio.

❖ **Segmento 6:** (760 a 875 metros), ver **FIGURA 12.**

Con un espesor de 115 metros y en contacto neto con el segmento 5, se presentan capas de estratificación fina a media de arcillolitas de colores rojizos y violáceos, semiplásticas, porosas, no permeables y poco fracturadas, las diaclasas están localmente rellenas de Calcita. Hacia la vertiente Sur Oeste se presentan fenómenos de remoción en masa, golpes de cuchara (GGC) y reptación (HR) en dirección SW. Hacia el tope, capas de estratificación fina a media de arcillolitas de color rojo y violáceo con minerales de Arcilla y Cuarzo. Diaclasas¹⁴ abiertas localmente rellenas de carbonatos, se

¹³ Derrubio: tierra o rocas que se caen o desmoronan por efecto de una corriente de agua.

¹⁴ Diaclasa: fractura natural en una roca a lo largo de la cual no hay desplazamiento paralelo al plano de fractura medible. (VAN DER PLUJIM & MARSHAK, 2004)

presenta reptación de suelos en dirección S70W (HR), con presencia de carcavamiento (HC1), láminas (HL2) y surcos (HS2).

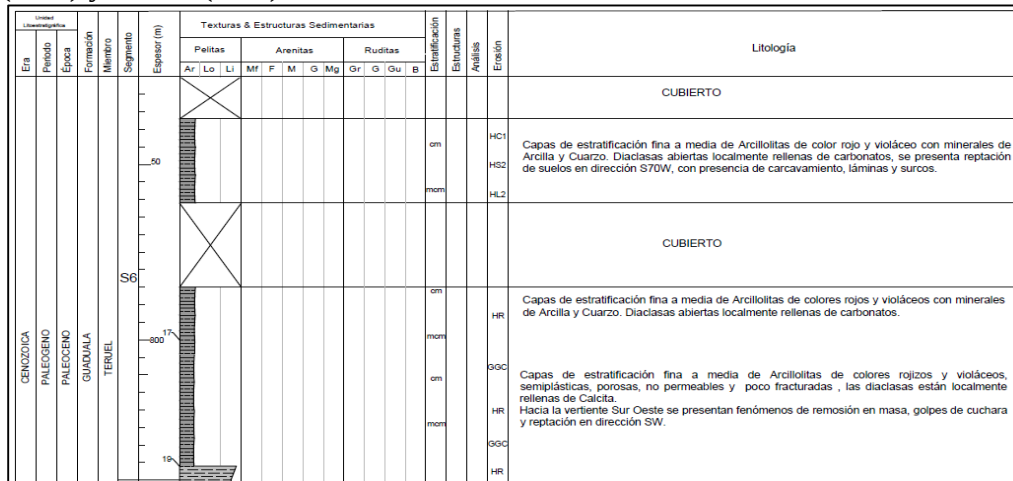


FIGURA 12. Segmento 6 de la Columna estratigráfica levantada para el área de estudio.

❖ **Segmento 7: (875 a 1030 metros), ver FIGURA 13.**

Con un espesor de 155 metros y en contacto cubierto con el segmento 6, se presentan capas de estratificación fina a muy fina de arcillolitas con delgadas intercalaciones de limolitas. Las arcillolitas son de color rojizo, localmente abigarreadas, semiplásticas y con delgados niveles caoliníticos. Hacia la base se presentan niveles de Areniscas líticas. (véase **Fotografía 13 - ANEXO 2**)

Se presentan fenómenos erosivos de socavación lateral del río Baché hacia la vertiente NE (FSL), remoción en masa de tipo golpes de cuchara (GGC), reptación (HR), surcos (HS2 Y HS3) y carcavamiento (HC3) de grado moderado y fuerte.

Entre las cotas 910 – 950 se presenta una secuencia Interdigitada de arcillolitas, lodolitas y limolitas en capas de estratificación fina a media (véase **Fotografía 14 - ANEXO 2**). Las arcillolitas abigarreadas son semiplásticas y semimeteorizadas gradando hacia la base a lodolitas gris verdosas (10GY 4/4) y los delgados niveles arenosos son Grawacas. Las limolitas son de color gris rojizo a violáceo, semiplásticas, blandas, porosas y no permeables.

Y las areniscas líticas de color gris amarillento rojizo (10YR 5/4) en capas de estratificación fina a media con granos medios a gruesos de formas subangulares a subredondeados, porosas, permeables y medianamente fracturadas.

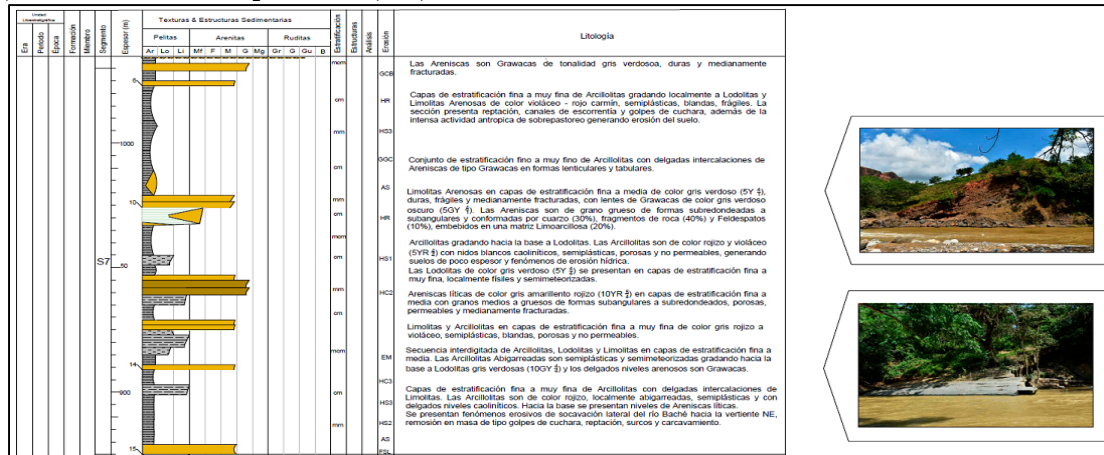
Erosión eólica por montículos (EM) y carcavamiento de grado moderado (HC2).

De la cota 980 a la 1020 se presentan Arcillolitas gradando hacia la base a Lodolitas. Las Arcillolitas son de color rojizo y violáceo (5YR 4/4) con nidos blancos caoliníticos, semiplásticas, porosas y no permeables, generando suelos de poco espesor y fenómenos de erosión hídrica (Surcos, Cárcavas y Reptación).

Las Lodolitas de color gris verdoso (5Y 4/4) se presentan en capas de estratificación fina a muy fina, localmente físis y semimeteorizadas.

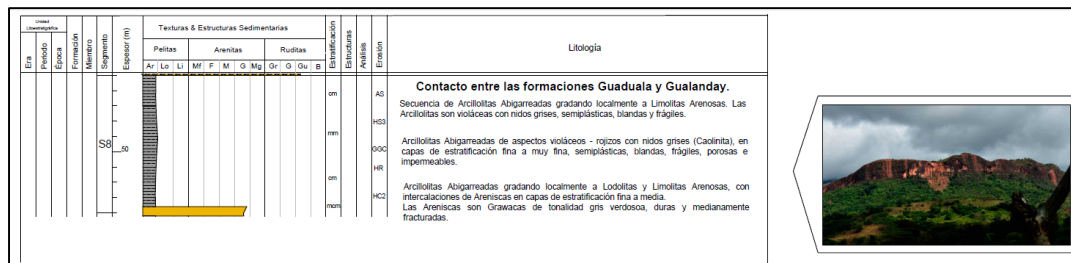
Hacia el tope, limolitas arenosas en capas de estratificación fina a media de color gris verdoso (5Y 4/1), duras, frágiles y medianamente fracturadas, con lentes de Grawacas de color gris verdoso oscuro (5GY 4/1). Las areniscas son de grano grueso de formas subredondeadas a

subangulares y conformadas por Cuarzo (30%), fragmentos de roca (40%) y Feldespatos (10%), embebidos en una matriz Limoarcillosa (20%).
fenómenos erosivos de origen hídrico y antrópico como Reptación (HR) y surcos de grado fuerte (HS3), además del sobrepastoreo (AS).



❖ Segmento 8: (1030 a 1075 metros), ver FIGURA 14.

Con un espesor de 45 metros y en contacto neto con el segmento 7 se presentan arcillolitas abigarreadas gradando localmente a Lodolitas y Limolitas Arenosas, con intercalaciones de areniscas en capas de estratificación fina a media.
Las areniscas son Grawacas de tonalidad gris verdosa, duras y medianamente fracturadas. Las arcillolitas abigarreadas son de aspectos violáceos - rojizos con nidos grises (Caolinita), en capas de estratificación fina a muy fina, semiplásticas, blandas, frágiles, porosas e impermeables.
Remoción en masa por golpes de cuchara (GGC), erosión por sobrepastoreo (AS) y de origen hídrico son comunes en este segmento (Surcos y Cárcavas).
Hacia el tope se encuentra el contacto erosivo de las formaciones Guaduala – Gualanday, en donde la remoción en masa por caída de bloques es muy común como se evidencia en la **Fotografía 15 – ANEXO 2**.



❖ Segmento 9: (1075 a 1155 metros) formación Gualanday (Miembro Palermo), ver FIGURA 15.

Con un espesor de 80 metros y en contacto erosivo con el segmento 8, se presentan conglomerados oligmíticos en capas de estratificación muy gruesa a masiva de formas tabulares y lenticulares conformados por fragmentos de Chert negro (20%), limolitas silíceas (20%), Cuarzo lechoso (10%) y fragmentos microcristalinos de Ágatas, Calcedonias y Jaspes (50%).

Los fragmentos son: Cantos 15%, Guijarros 40, Guijas y Gránulos 35%, embebidos en una matriz de arena gruesa a media 10% (véase **Fotografía 16 – ANEXO 2**).

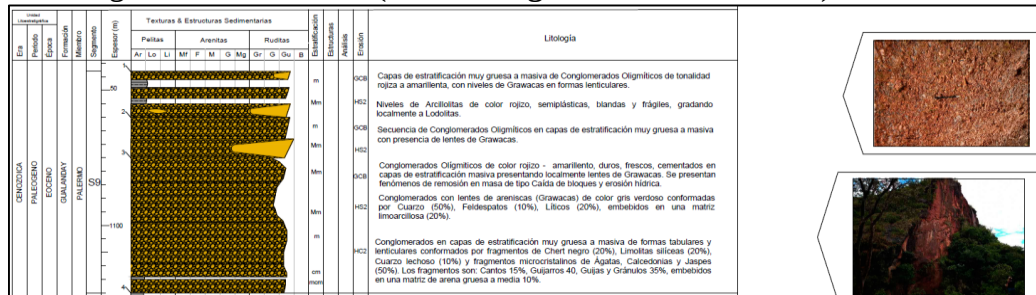


FIGURA 15. Segmento 9 de la Columna estratigráfica levantada para el área de estudio.

2.2.1.2.2 Depósitos cuaternarios.

Se presentan comúnmente asociados a la dinámica fluvial del río Baché correspondiendo a depósitos de origen aluvial y coluvial respectivamente y son los más representativos del área del proyecto.

Para realizar la descripción de los diferentes tipos de depósitos cuaternarios presentes en el área de estudio se empleó la metodología denominada granulometría in situ (véase **FIGURA 16**), esta se realizó por medio de cuarteo y análisis geoestadístico tomando como base la textura de los sedimentos presentes en cada depósito estudiado, los cuales se georreferenciaron con ayuda del GPS marca GARMIN, modelo MAP 64S. Adicionalmente se realizó el reconocimiento y caracterización petrográfica de los componentes de cada depósito.



FIGURA 16. Granulometría In situ en el sector de las juntas por el método de cuarteo y análisis geoestadístico.

- Depósitos aluviales de canal actual (Qac1)

Corresponden a los materiales depositados por los cauces activos actuales que conforman el lecho o fondo del río, así también fue reconocido el material pétreo que corresponde a materiales inconsolidados depositados en el fondo y generalmente corresponden a fragmentos de bloques (10%) cantos rodados (50%), guijas (30%), guijarros y gránulos (10%) de formas desde redondeadas hasta subangulares, embebidos en una matriz de arena gruesa a fina. Este análisis granulométrico corresponde a la parte noroccidental del área de estudio en la zona del Rincón del Baché.

Composicionalmente los fragmentos corresponden en un 30% a rocas ígneas intrusivas (granitos rosados, y cuarzodioritas) y un 40% a rocas extrusivas (riolitas y dacitas) las rocas sedimentarias representadas por conglomerados, areniscas y lutitas corresponden al 30% en volumen del total de los fragmentos. La arena embebida en los fragmentos está conformada por cuarzo lechoso y puntualmente hialino en un 45% de formas subangulares a subredondeadas, los feldespatos con un 50% corresponden principalmente a plagioclasas y ortoclasas rosadas. El 5% restante se presenta a manera de minerales pesados negros principalmente magnetita y otros óxidos de hierro.

- Depósitos aluviales de barras de canal (Qab1)

Corresponden a los materiales depositados a manera de islas entre los cauces activos generalmente en forma de lentes y son algunos de carácter temporal dependiendo de la estación climatológica y del régimen hidrológico del cauce, son muy dinámicas y son comunes durante épocas de verano su espesor y extensión son muy variables. (véase **Fotografía 17 – ANEXO 2**) En el perímetro del polígono son muy comunes estos depósitos de islas presentando alguna vegetación arbustiva y generación incipiente de suelos manifestando un largo periodo de exposición sub aérea.

En una barra de canal temporal fue realizado un análisis granulométrico mediante el método de conteo de material superficial en cual tiene las siguientes coordenadas geográficas: **ESTE:** 850 363; **NORTE:** 813 610 (véanse **FIGURAS 16 y 17**)

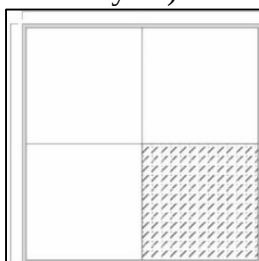


FIGURA 17. El cuadrante escogido tiene dimensión de 2X2 m, el cual se cuarteó y se escogió el cuadrángulo 4. El depósito está compuesto en un 75% por fragmentos y un 25% por la matriz de arena. Llevados los fragmentos al 100% se realizó el análisis granulométrico por el método de medida del diámetro mayor y menor, promediando una media para cada fragmento.

Textualmente corresponden a fragmentos de bloques (5%) cantos rodados (50%), guijas (25%), guijarros (10%) y gránulos (10%) de formas desde redondeadas hasta subangulares, embebidos en una matriz de arena gruesa a fina. (véase **FIGURA 16**)

Composicionalmente los fragmentos corresponden en un 55% a rocas metamórficas (neises, migmatitas y anfibolitas), un 30% a rocas ígneas de las cuales el 20% corresponden a intrusivas (granitos rosados, pegmatitas y cuarzodioritas) y un 10% a rocas extrusivas (Riolitas y Dacitas) las rocas sedimentarias representadas por conglomerados corresponden al 5% en volumen del total de los fragmentos. La arena embebida en los fragmentos está conformada por cuarzo lechoso y puntualmente hialino en un 30% de formas subangulares a subredondeadas, los feldespatos con un 60% corresponden principalmente a ortoclase rosada. El 10% restante se presenta a manera de minerales pesados negros principalmente magnetita y otros óxidos de hierro.

- Depósitos aluviales de barras Puntuales (Qab2)

Corresponden a las barras laterales o las playas muy comunes hacia la margen derecha aguas abajo del río Baché y están conformadas por depósitos inconsolidados de fragmentos y arenas con delgados lentes de limo y arcilla. (véase **Fotografía 18 – ANEXO 2**)

En una barra de canal temporal fue realizado un análisis granulométrico mediante el método de conteo de material superficial en cual tiene las siguientes coordenadas geográficas: **ESTE:** 849 301; **NORTE:** 813 708 (véanse **FIGURAS 18 y 19**)

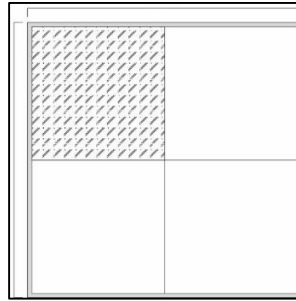


FIGURA 18. El cuadrante escogido tiene dimensión de 2x2 m, el cual se cuartea y se escoge el cuadrángulo 1. En el área del pailón el depósito este compuesto en un 70% por fragmentos y un 30% por la matriz de arena. Llevados los fragmentos al 100% se realizó el análisis granulométrico por el método de medida del diámetro mayor y menor promediando una media para cada fragmento.



FIGURA 19. Análisis granulométrico y geoestadístico en el sector del Pailón por el método de granulometría in situ.

Texturalmente corresponden a fragmentos de bloques (10%), cantos rodados (50%), guijas (20%), guijarros (10%) y gránulos (10%) de formas desde redondeadas hasta subangulares, embebidos en una matriz de arena gruesa a fina.

Composicionalmente los fragmentos corresponden en un 65% a rocas ígneas de las cuales el 35% corresponden a intrusivas (granitos, y cuarzodioritas) y un 30% a rocas extrusivas (riolitas y dacitas) las rocas sedimentarias representadas por conglomerados y areniscas corresponden al 35% en volumen del total de los fragmentos. La arena embebida en los fragmentos está conformada por cuarzo lechoso y puntualmente hialino en un 40% de formas subangulares a subredondeadas, los feldespatos con un 50% corresponden principalmente a plagioclasas, presenta minerales máficos 5% de tipo hornblenda y biotita el 5% restante corresponde a minerales pesados negros principalmente magnetita y oligisto.

En el sector de las Juntas se realizó un análisis granulométrico por el método del cuarteo y texturalmente corresponden a fragmentos de bloques (5%), cantos rodados (20%), guijarros (40%) y guijas y gránulos (35%) de formas desde redondeadas hasta subangulares, embebidos en una matriz de arena gruesa a fina. (véase **FIGURA 20**)



FIGURA 20. Barras puntuales en el sector de las Juntas donde se realizó una caracterización granulométrica.

- Depósitos Aluviales de Terraza Baja (Qt1)

Localizada de oeste a este del perímetro estudiado con un espesor de 3 metros con respecto al nivel del río y está conformada por depósitos aluviales de tipo conglomerados y lentes de arena con algunos niveles de fanglomerados de tipo torrencial (véase **Fotografías 19 y 20 – ANEXO 2**). Los fanglomerados están conformados por fragmentos de tamaño cantos rodados, guijas, guijarros y gránulos de formas angulares a subangulares embebidos en una matriz areno-arcillosa, la suprayacen unos niveles conglomeráticos con lentes de arena gruesa. Estos depósitos forman albardones de pendientes moderadas a subverticales hacia el río. (véase **FIGURA 23**)

- Depósitos Aluviales de Terraza Media (Qt2)

Localizada al occidente del perímetro estudiado en la zona del Pailón con un espesor de 10 metros con respecto al nivel del río y está conformada por depósitos conglomeráticos con intercalaciones de fanglomerados y lentes de arena. (véase **Fotografía 21 – ANEXO 2**). Los conglomerados presentes hacia la base están conformados por cantos rodados, guijas y guijarros de formas subredondeadas embebidos en una matriz de arena gruesa, la suprayacen unos niveles conglomeráticos con lentes de arena gruesa. Estos depósitos forman un talud de pendientes moderadas a subverticales hacia el río. (véase **FIGURA 23**)

2.2.1.3 GEOLOGÍA ESTRUCTURAL.

El área estudiada tiene relación directa con el sistema de Fallas de Chusma Teruel donde se integran las fallas que tienen que ver con el levantamiento de la Cordillera central, con un estilo tectónico de cabalgamiento, este sistema localizado al oeste del área de estudio constituye el límite entre las rocas sedimentarias neógenas de la parte plana del valle del río Magdalena y las rocas jurásicas del basamento dan morfología abrupta al piedemonte de la Cordillera central. Es una falla de cabalgamiento de bajo ángulo con transporte tectónico al noreste y con orientación general NS -20 NE. (VARGAS CUERVO, Estudio De Impacto Ambiental (EIA) y Plan De

Manejo Ambiental PMA Para La Concesión Minera 20321 Sector Mina Merceditas
Corregimiento de San Luis – Neiva – Huila Universidad Surcolombiana. Neiva, Huila., 2020)

Con la interpretación de las imágenes satélite se pueden trazar una serie de alineamientos que podrían corresponder a estructuras geológicas cubiertas por los depósitos fluvio torrenciales del río Baché. (véase **FIGURA 21**)

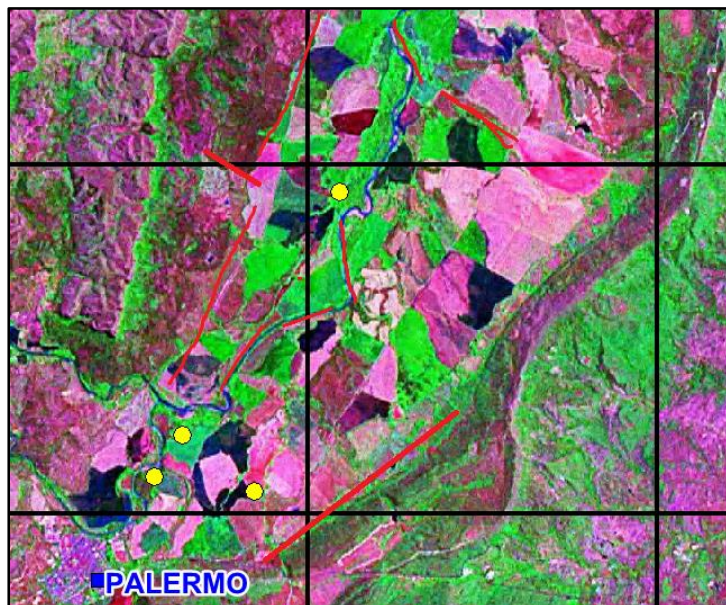


FIGURA 21. Imagen Landsat del área de estudio mostrando los alineamientos cartografiados.

Fuente. Tomado de (VARGAS CUERVO, Memorias del curso Riesgos geológicos dictado en la Especialización de Ingeniería Ambiental, Universidad Surcolombiana. Neiva, Huila., 2010)

Estructuralmente el área corresponde a la parte oriental del denominado Monoclinal de Cerro Chiquito (véase **Fotografía 22 – ANEXO 2**) la cual cubija toda la secuencia litoestratigráfica de las rocas del paleógeno y neógeno en contacto fallado con las rocas del basamento. La estructura en el área de estudio presenta rumbos entre N15° E a N30°E con buzamientos entre los 20° y 60° al NW.

En la formación Guaduala se presentan pequeños plegamientos dentro de los niveles de arcillolitas y lodolitas no cartografiados a la escala trabajada.

❖ Falla de Chusma y frentes de cabalgamiento asociados.

Esta falla y los frentes de cabalgamiento asociados a ella tienen vergencia hacia el oriente y trazos irregulares, los cuales llegan a ser fallas de carácter regional como la Falla de San Francisco al nor-occidente y la Falla de Baché al oriente, esta última exhumando rocas cretácicas y haciendo que estas cabalguen sobre las sedimentitas del Paleógeno y Neógeno. Otro frente de cabalgamiento y que afecta el área de estudio, estructurando solo el Paleógeno en superficie, se presenta en la parte meridional del área de estudio, cuya acción y desarrollo en conjunto con la Falla de Chusma propiamente dicha, produce el par sinclinal / anticlinal asimétricos, (San Francisco y Baché), que se desarrolla justo en frente de él (VARGAS CUERVO, Estudio de Impacto Ambiental (EIA) y Plan de Manejo Ambiental (PMA) para la solicitud de formalización minera con placa NFM – 14252 para material de arrastre. Vereda San Francisco, Palermo - Huila., 2021)

❖ **Falla de Baché**

Su traza se ubica aproximadamente a unos 2 km al oriente de Palermo. Tiene una dirección de N60E. Pone en contacto rocas paleógenas y cretácicas, entre sí (VARGAS CUERVO, Estudio de Impacto Ambiental (EIA) y Plan de Manejo Ambiental (PMA) para la solicitud de formalización minera con placa NFM – 14252 para material de arrastre. Vereda San Francisco, Palermo - Huila., 2021).

❖ **Falla de San Francisco**

Pertenece al sistema del trust de Chusma Dirección aproximada NS a N20E. inclinada entre 40° y 45° al oeste. En la zona de influencia del proyecto minero esta falla diverge generando las fallas de Upar y Baché como también un sin número de fallas normales e inversas causantes de la repetición sucesiva de la formación Seca (VARGAS CUERVO, Estudio de Impacto Ambiental (EIA) y Plan de Manejo Ambiental (PMA) para la solicitud de formalización minera con placa NFM – 14252 para material de arrastre. Vereda San Francisco, Palermo - Huila., 2021).

❖ **Alineamientos Menores**

Dentro del área de estudio y de acuerdo a la interpretación de la imágenes satélite, especialmente mediante la versión libre de Google Earth 2022 fueron trazados varios alineamientos estructurales a lo largo del cauce del río Baché que podrían corresponder a fallas de rumbo, las cuales alinean el cauce del río Baché en rectas hasta 200 metros (véase **Fotografía 23 – ANEXO 2**) y observadas aguas abajo del Pailón y del Rincón del Baché y hacia la desembocadura del río Tune, también es común la presencia de alineamientos estructurales en las divisorias de agua asociadas a la formación seca con orientaciones preferenciales N50-70E y que podían corresponder a fallas distensivas. (véase **FIGURA 22**)

Algunos fenómenos erosivos como derrumbes y golpes de cuchara corresponden a actividad reciente de fallas locales, no cartografiables a la escala de este trabajo.

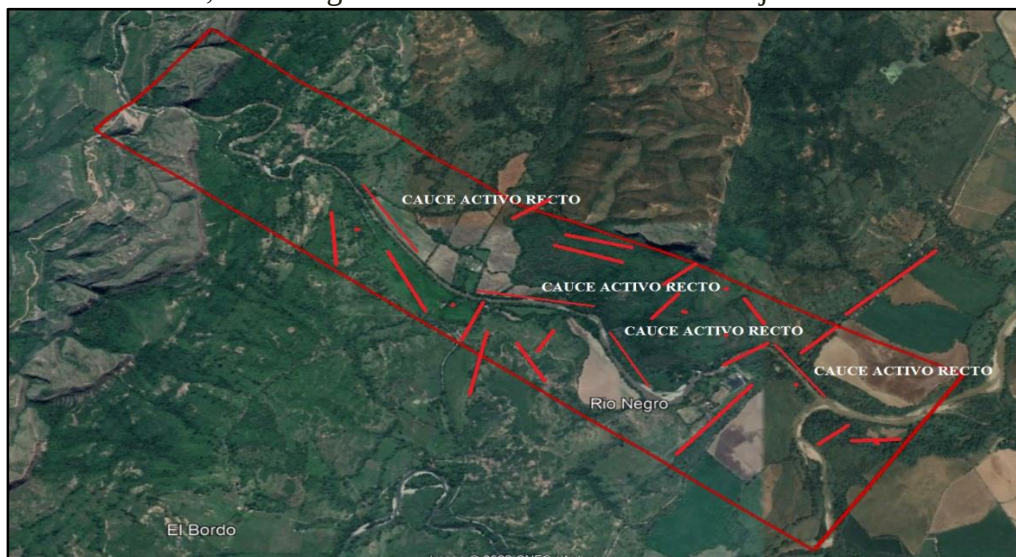


FIGURA 22. Alineamientos estructurales y fallas geológicas en el área del polígono.

Fuente. Modificado de la versión libre de Google Earth, 2022.

Con la información recolectada en campo y con base en la información consignada en la plancha geológica 323 a escala 1:100.000, además de los estudios previos realizados por el Museo

Geológico y del Petróleo en el área de estudio se elaboró el mapa geológico para el proyecto. (véase **FIGURA 23**)

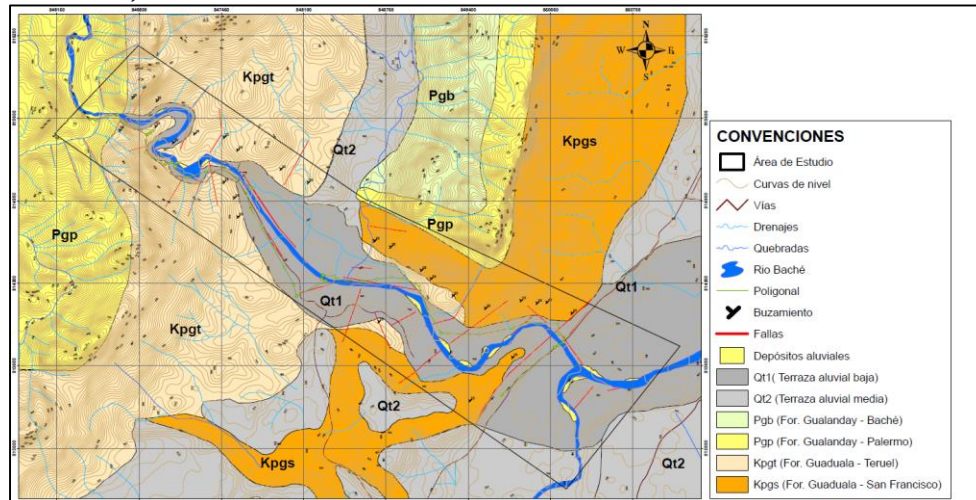


FIGURA 23. Recorte del mapa geológico del proyecto.

Fuente. Modificado de (VARGAS CUERVO, Estudio de Impacto Ambiental (EIA) y Plan de Manejo Ambiental (PMA) para la solicitud de formalización minera con placa NFM – 14252 para material de arrastre. Vereda San Francisco, Palermo - Huila., 2021)

2.2.2 ESTUDIO HIDROCLIMATOLÓGICO

El clima que se presenta en la cuenca del río Baché está determinado principalmente por la ubicación del área en la zona tropical bajo la influencia de la Zona de Convergencia Intertropical, su localización en la vertiente oriental de la cordillera central y la altitud sobre el nivel del mar en diferentes sectores de la cuenca.

La localización de la cuenca en la vertiente oriental de la cordillera central configura una exposición particular de la cuenca a los alisios, que la ubican casi permanentemente en sotavento bajo la influencia de la parte seca de un efecto Fohen, que se manifiesta en las altas temperaturas en particular en la parte baja de la cuenca, y precipitaciones relativamente bajas, por lo que los pisos climáticos que se encuentran en la cuenca generalmente pertenecen a la categoría de seco. (PBOT PALERMO, 2013)

El análisis de los datos meteorológicos presentado a continuación se realizó inicialmente con la obtención de los datos mediante la página web del IDEAM a escala diaria tomando la mayor cantidad de datos posibles, posteriormente fueron organizados y completados por medio Microsoft Excel, en donde se calcularon algunas variables estadísticas como la media y se graficaron los datos a escala mensual multianual. (**ANEXO 5**)

2.2.2.1.1 Precipitación

Los valores de precipitación son acumulados medios mensuales multianuales de la estación Palermo, desde 1976 hasta 2020 datos tomados de (IDEAM, IDEAM, 2021). Estos resultados muestran un marcado régimen bimodal con dos períodos de lluvias (febrero-abril y octubre-diciembre) y un período de menores precipitaciones entre junio y septiembre, comportamiento típico de la zona andina, los demás meses se consideran de transición. El mes más seco es

agosto, con valores promedio de 22 mm; los mayores registros se encuentran en el mes de noviembre con 229 mm y un total anual promedio de 1521 mm como se muestra en el **Gráfico 1 – ANEXO 4**.

2.2.2.1.2 Temperatura

La variación de la temperatura está directamente relacionada con el gradiente altitudinal, ya que el trópico se caracteriza por la relativa uniformidad de la temperatura en cada sitio durante el año (VARGAS CUERVO, Reconocimiento Geológico De La Cobertura Productiva De La Subcuenca De Neiva - Huila - Colombia Field Trip Neiva - Yaguará – Teruel – Palermo USCO., 2010). La temperatura media del municipio de Palermo es de 26,8°C, los meses con más bajas temperaturas son diciembre y marzo y los de mayor temperatura son agosto y septiembre. Los valores registrados de temperatura demarcan variaciones no significativas durante todo el año, los datos alcanzados demuestran que no existe un cambio significativo durante los meses de mayor “verano” y los meses catalogados como “de invierno”, es así como las fluctuaciones alcanzadas no superan el rango de 2°C entre los valores extremos y los valores mínimos (véase **Gráfico 2 – ANEXO 4**).

2.2.2.1.3 Humedad relativa

El comportamiento de la humedad define en parte, las condiciones climáticas de un territorio, de ella depende que el ambiente sea cálido o frío, húmedo o seco, de cielo nublado o despejado, finalmente que se presenten situaciones de lluvia. En el **Gráfico 3 – ANEXO 4** se representan los valores máximos, promedios y mínimos mensuales multianuales para la HR de la estación Palermo. La media anual de la HR para esta estación es de 76.57%; con valores máximos en el mes de diciembre y mínimos en los meses de agosto y septiembre, coincidiendo con los meses de menor precipitación.

2.2.2.1.4 Clasificación climática de Palermo

De acuerdo con el mapa de zonificación climática del Huila, el municipio de Palermo presenta las siguientes unidades de clima: Csa, Csb, Ms, siendo climas cálidos, secos y medio seco respectivamente que representan 71,42% del territorio municipal, dedicadas principalmente a la producción de arroz, pastos con rastrojo y ganadería que se ve limitada por la calidad de los suelos, teniendo en cuenta que el área de estudio se encuentra ubicada en la parte baja de la vereda San Francisco, cercana al casco urbano del municipio, la unidad climática correspondiente a este sector según el PBOT de Palermo – 2013 es:

Clima Cálido Seco (Csb): Está caracterizada por los datos meteorológicos de las estaciones Palermo y Totumo cubriendo entre los 800 m.s.n.m. aproximadamente, correspondiente a la mayor área del municipio. El promedio anual de precipitación varía entre 11.6 y 202.4 mm, en los meses de febrero y noviembre respectivamente, presentándose dos épocas de lluvias durante los meses de febrero – abril y octubre – diciembre, con temperaturas máximas promedio mensual de 27°C para el mes de septiembre y una evaporación de 130 mm en el mes de agosto, de igual forma se observa un déficit de agua en los meses de febrero, mayo – agosto.

Espacialmente esta unidad climática se encuentra presente en las veredas La Urriaga, San Juan, Buenos Aires, Nazareth, Casco Urbano, **San Francisco parte baja**, Porvenir, Farfán, El Tablón, Nilo parte baja, Las Ceibas y Bombona. (PBOT PALERMO, 2013)

2.3 Medio biótico

2.3.1 FLORA

Para la caracterización de este componente es necesario partir de la revisión de la información existente sobre la flora potencialmente presente en el área de influencia del proyecto. El municipio de Palermo comprende dos grandes zonas caracterizadas por una altitud, biotemperatura y precipitación, que determinan la presencia de cierto tipo de vegetación. Siendo la de interés por la ubicación del área de estudio la zona que comprende la faja altitudinal hasta los 1000 m.s.n.m. Aproximadamente, en ella predomina la vegetación de tipo herbáceo, los matorrales y pastizales, que evidencian la fuerte degradación de los bosques nativos, permaneciendo únicamente pequeños reductos boscosos ubicados en la rivera de los ríos y caños. Los suelos son propensos a la erosión y con este clima, se desarrolla una vegetación en las áreas con mayor déficit de humedad que tiende a semejarse a las plantas xerofíticas de las zonas áridas y semiáridas. Los sitios con menor déficit de humedad, o ubicados en proximidad a los ríos y quebradas, predominan especies arbóreas y arbustivas (véase **Fotografía 24 – ANEXO 2**) tales como el iguá, dinde, yarumo, caracolí, guácimo y guadua. (PBOT PALERMO, 2013) En las salidas de campo, se realizaron registros fotográficos de las especies vegetales predominantes en el área de estudio y con la ayuda de la aplicación **PlantNet** obtenida por medio del Play Store de un móvil se obtuvo la información de relevancia para cada planta (véase **Tabla 9 – ANEXO 3**).

2.3.1.1 Caracterización de coberturas

La cobertura vegetal fue establecida a través de la visualización de una imagen satelital obtenida de la versión libre de Google Earth 2022, la cual permitió la identificación de las diferentes capas presentes. Previamente se realizó la verificación de las coberturas vegetales en la fase de campo con la toma de puntos de control con GPS, toma de fotografías del paisaje. Posteriormente se consultó la guía metodológica Corine Land Cover (2018) y su adaptación para el área de estudio (véase **TABLA 3**) teniendo ya establecida su respectiva nomenclatura y colores correspondientes para realizar la debida clasificación de las coberturas existentes (GISANDBEERS, 2018), con esta información se elaboró finalmente el mapa de coberturas para el área de estudio a escala 1:5000 (véase **FIGURA 24**) con su respectiva leyenda. (véase **TABLA 4**)

TABLA 3. Adaptación de Metodología Corine Land Cover.

Zona agrícolas	Tierras de labor	Tierras de labor en seco	211	255-255-168	
		Terrenos regados permanentemente	212	255-255-000	
		Arrozales	213	230-230-000	
	Cultivos permanentes	Viñedos	221	230-128-000	
		Frutales	222	242-166-077	
		Oliveras	223	230-166-000	
	Prados y praderas	Prados y praderas	231	230-230-077	
	Zonas agrícolas heterogéneas	Cultivos anuales asociados con cultivos permanentes	241	255-230-166	
		Mosaico de cultivos	242	255-230-077	
		Terrenos principalmente agrícolas, pero con importantes espacios de vegetación natural y semi-natural	243	230-204-077	
		Sistemas agroforestales	244	242-204-166	
Zonas forestales con vegetación natural y espacios abiertos	Bosques	Bosques de frondosas	311	128-255-000	
		Bosques de coníferas	312	000-166-000	
		Bosque mixto	313	077-255-000	
	Espacios de vegetación arbustiva y o herbácea	Pastizales naturales	321	204-242-077	
		Landas y matorrales mesófilos	322	166-255-128	
		Matorrales esclerófilos	323	166-230-077	
		Matorral boscoso de transición	324	166-242-000	
	Espacios abiertos con poca o sin vegetación	Playas, dunas y arenales	331	230-230-230	
		Roquedo	332	204-204-204	
		Espacios con vegetación escasa	333	204-255-204	
		Zonas quemadas	334	000-000-000	
		Glaciares y nieves permanentes	335	166-230-204	

Fuente. Tomado de (GISANDBEERS, 2018)

TABLA 4. Coberturas vegetales para el área de estudio según la metodología Corine Land Cover 2018.

CLASIFICACION SEGÚN METODOLOGIA CORINE LAND COVER				
Tipo de cobertura	Codigo	Ha	%	Color
Arrozales	213	112,89	21,2	A
Cultivos permanentes	222	0,69	0,1	Cp
Mosaico de cultivos	242	12,35	2,3	Mc
Bosques de frondosas	311	168,39	31,6	Bf
Pastizales naturales	321	46,78	8,8	Pn
Matorral boscoso de transición	324	54,3	10,2	Mbt
Roquedo	332	34,77	6,5	R
Espacios de vegetación escasa	333	86,69	16,2	Eve

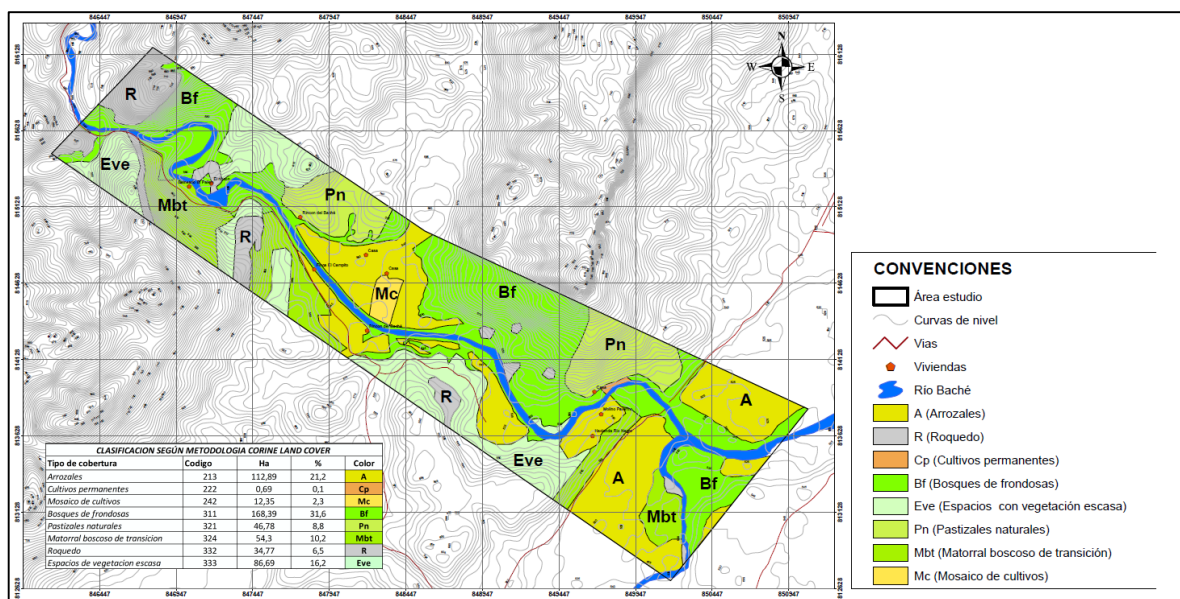


FIGURA 24. Recorte del mapa de coberturas para el área de estudio.

2.3.1.1.1 Descripción de coberturas.

La cobertura vegetal comprende como tal la vegetación que ocupa un espacio determinado dentro de un ecosistema, cumple funciones de gran importancia como la captación y almacenamiento de energía, refugio de la fauna, agente anti erosivo del suelo, medio regulador del clima local, atenuador y reductor de la contaminación atmosférica y del ruido, fuente de materia prima y bienestar para el hombre. (VARGAS CUERVO, Implementación de las herramientas de Sistemas de Información Geográficas (SIG) como apoyo al estudio complementario de Amenazas Vulnerabilidad y Riesgo del municipio de la Plata - Huila, 2020)

Las coberturas presentes en el área de estudio son:

- **Arrozales:** (véase **Fotografía 26 – ANEXO 2**)

Este componente hace parte de las áreas ocupadas con cultivos ciclo vegetativo menor a un año, llegando incluso a ser de sólo unos pocos meses. Su característica fundamental es que después de la cosecha es necesario volver a sembrar o plantar para seguir produciendo. (IGAG, 2015)

- **Cultivos Permanentes:**

Esta unidad comprende los territorios dedicados a cultivos cuyo ciclo vegetativo es mayor a un año, produciendo varias cosechas sin necesidad de volverse a plantar; se incluyen esta categoría los cultivos herbáceos como plátano y banano; los cultivos arbustivos como café y cacao; y cultivos arbóreos como frutales. (IGAG, 2015)

- **Mosaico de Cultivos:**

Es una componente que comprende cultivos anuales, transitorios o permanentes, en los cuales incluye los tamaños de parcelas son muy pequeños y el patrón de distribución de los lotes es demasiado intrincado para representarlos cartográficamente de manera individual. (IGAG, 2015)

- **Bosques de Frondosas:**

Comprende las áreas naturales, constituidas principalmente por elementos arbóreos de especies nativas o exóticas. Los árboles son plantas leñosas perennes con un solo tronco principal, que tiene una copa más o menos definida. Para la leyenda de coberturas de la tierra de Colombia, en esta categoría se incluyen otras formas biológicas naturales, tales como la palma y la guadua

(MARTÍNEZ ARDILA, MURCIA GARCÍA, & IDEAM, 2010), esta última con gran presencia en el área de estudio.

- **Pastizales Naturales:**

Abarca las tierras cubiertas con hierba densa de composición florística dominado principalmente por la familia *Poaceae* (MARTÍNEZ ARDILA, MURCIA GARCÍA, & IDEAM, 2010) dedicadas pastoreo permanente por un periodo de dos o más años.

- **Matorral Boscoso de Transición:** (véase **Fotografía 25 – ANEXO 2**)

Comprende aquella cobertura vegetal originada por el proceso de sucesión de la vegetación natural que se presenta luego de la intervención o por la destrucción de la vegetación primaria, que puede encontrarse en recuperación tendiendo al estado original (MARTÍNEZ ARDILA, MURCIA GARCÍA, & IDEAM, 2010). Se desarrolla en zonas desmontadas para diferentes usos, en áreas agrícolas abandonadas y en zonas donde por la ocurrencia de eventos naturales la vegetación natural fue destruida, por ejemplo, el pastoreo de ganado, práctica que actualmente se sigue efectuando, lo que ha generado una fragmentación del ecosistema nativo.

- **Roquedo y Espacios de Vegetación Escasa:**

Comprende aquellos territorios en los cuales la cobertura vegetal no existe o es escasa, debido a pendientes extremas del terreno, afloramientos rocosos, coberturas arenosas además de zonas en donde los procesos erosivos y de remoción en masa han sido de alto grado, esta unidad comprende suelos desnudos y quemados.

2.3.2 FAUNA.

La zona de estudio corresponde a áreas aprovechables y áreas pecuarias, que se encuentran cubiertas de pastos *Brachiaria* y grama principalmente que sirven de alimento al ganado. Los ecosistemas que albergan mayor biodiversidad es el matorral boscoso de transición y el bosque de frondosas, los cuales se encuentra ubicados por ambos lados de las quebradas permanentes y zanjones de aguas de escorrentía, en los cuales residen árboles nativos, que empoderan un bosque protector de cauce en las quebradas adyacentes al del río Baché y otros ecosistemas protectores de zanjones que presenta fluido hídrico en épocas de invierno.

Estas zonas de bosque sirven de refugio a especies de fauna, se encuentran distintas especies de Aves, Reptiles, Mamíferos y Peces más representativas del área de estudio.

En el **ANEXO 3**, en las **Tablas 10 y 11** se muestran algunas de las especies más representativas de la zona.

2.3.3 SUELOS Y USO DE LA TIERRA.

Los suelos del área de estudio son superficiales a moderadamente profundos, asociados a afloramientos rocosos, de baja fertilidad, alta fijación de fósforo y susceptibles a procesos erosivos ocasionalmente y realizando estudios detallados se pueden establecer cultivos agrícolas de tipo comercial, las cuales deben de contar con técnicas adecuadas y manejo preciso para aprovechar el potencial del suelo. (IGAG, 2015)

Son zonas de relieve fuertemente quebradas con sectores ondulados, los suelos son moderadamente profundos, bien drenados y de fertilidad baja a moderada, localmente pedregosos, susceptibles a la erosión y en algunos sectores afectados por ella debido al relieve quebrado y las altas pendientes, frecuentemente mayores de 15 grados. De acuerdo con el IGAC (1995) estas áreas pueden mantener cobertura boscosa ya que son bosques de frondosas derivados del río Baché que sobresale el área de estudio. En estas zonas se presentan cultivos agrícolas como el arroz, plátano, yuca, son suelos ácidos a ligeramente ácidos, de fertilidad baja a moderada.

2.3.3.1 Clasificación agrológica

Las condiciones de los suelos se determinaron teniendo en cuenta las siguientes variables: relieve, pendiente, drenaje natural, encharcamientos o inundabilidad, permeabilidad de los suelos, discontinuidad, retención de humedad, pedregosidad, erosión, textura, profundidad efectiva y nivel de fertilidad. De acuerdo con las características de los suelos por su capacidad de uso, se realizó la clasificación agrológica según el sistema de clasificación de tierras adoptado por el Instituto Geográfico Agustín Codazzi "IGAC", a la vez tomado del sistema del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos de América. Según la clasificación existen ocho (8) clases agrológicas, las cuales se representan en números romanos (I, II, III, IV, V, VI, VII, VIII), de tal manera que a medida que aumenta el grado numérico disminuye la aptitud del suelo para el uso y manejo, en la **Tabla 12 – ANEXO 3**, se muestra una clasificación del suelo según sus características agrológicas y, a continuación, se muestra la proporción en la que estas clases de suelo hacen presencia en la zona. (véase **TABLA 5**)

TABLA 5. Porcentaje de clasificación agrológica del suelo

Clase Agrológica	Porcentaje %
Clase IV	35%
Clase VI	65%

2.3.3.2 Uso del suelo

A través de un proceso interinstitucional, Colombia dio los primeros pasos para establecer una leyenda nacional de coberturas de las tierras bajo la metodología CORINE LAND COVER, la cual hoy es un referente y un estándar de información para la mayoría de los sectores del estado; en el año 2015 la Unidad de Planificación Rural Agropecuaria (UPRA) en alianza con el IGAC, le entregaron al país la leyenda de usos agropecuarios clasificado de forma jerárquica, teniendo en cuenta que el uso y la cobertura del suelo están intrínsecamente relacionados entre sí. De esta manera se hace necesario tener una leyenda estandarizada de los tipos de Usos de la Tierra para el sector agropecuario, como insumo básico para la determinación y cuantificación de variables, respecto a diferentes temáticas como: evaluación de tierras, adecuación de tierras, ordenamiento ambiental y territorial, conflictos de uso, etc.

Para elaborar el mapa de usos del suelo, se tomó como base el mapa de coberturas (véase **Plano 5 – ANEXO 1**) y la leyenda de usos agropecuarios del suelo realizada por la UPRA y el IGAC (2015). A través de la visualización de una imagen satelital obtenida de la versión libre de Google Earth 2022 que permitió identificar las áreas con uso similar o igual, al digitalizar en el software ArcGIS 10.5 con licencia de la Universidad Surcolombiana se agrupan las distintas

capas con respecto a la leyenda anteriormente mencionada y se obtiene el mapa de Uso de suelos para el área del proyecto. (véase **FIGURA 25**)

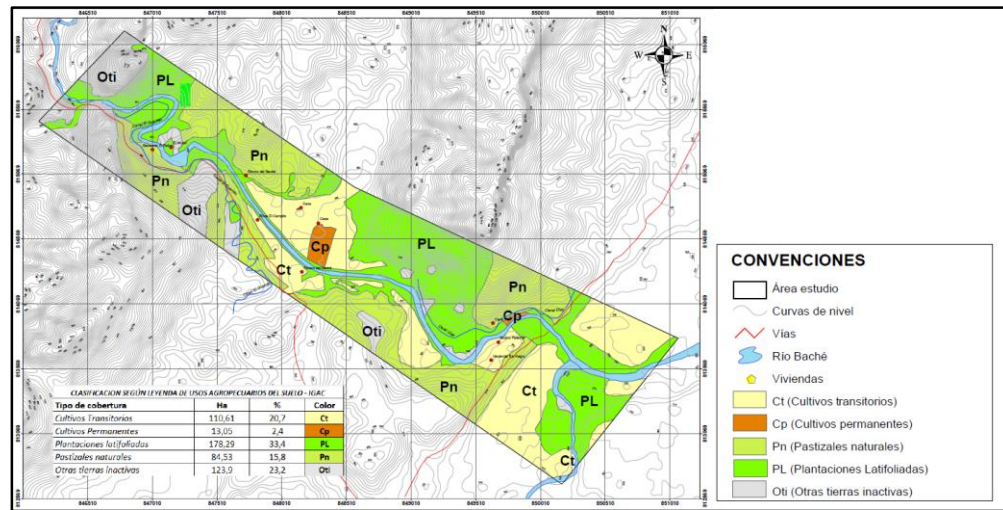


FIGURA 25. Recorte del mapa de Uso del suelo para el área de estudio.

2.3.3.3 Descripción del suelo existente

En la fase de campo se realizó el levantamiento de algunos perfiles del suelo (véase **FIGURAS 26 y 27**) con la finalidad de describirlos y clasificarlos, además de corroborar la clasificación agrológica presentada anteriormente.

- Primer levantamiento del perfil del suelo

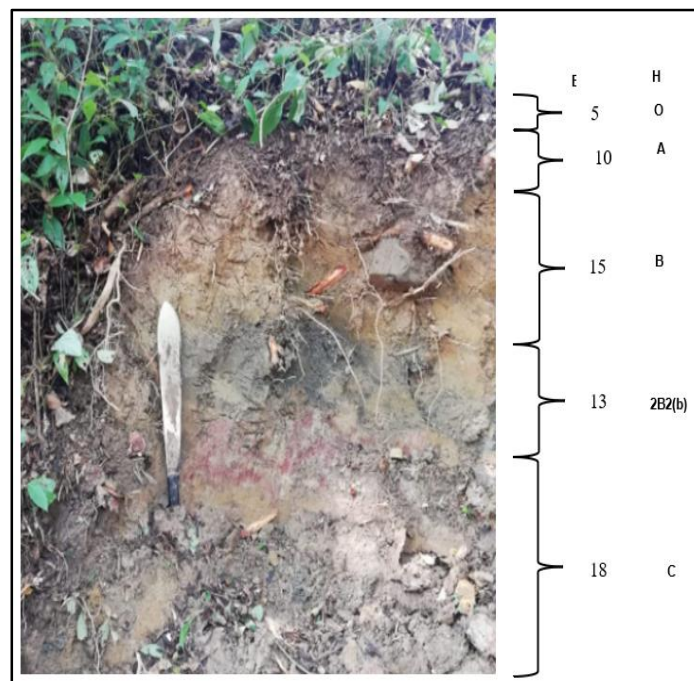


FIGURA 26. Perfil del suelo 1.

Horizonte O: con un espesor de 5cm, de color gris oscuro medio (N4) se tiene una cappa de materia orgánica conformada por hojarasca, raíces y humus.

Horizonte A: con un espesor de 10cm, de color gris oscuro medio (N4) se tiene un suelo con presencia de raíces (Bioturbación 70%) con estructura en facetas prismáticas de forma triangular y grumosa de textura Limoarcillosa.

Horizonte B: con un espesor de 15cm, de color gris Oliva (5Y 4/1), es suelo de coloración gris verdoso con bioturbación del 30% de textura Limoarcillosa.

Horizonte 2B2(b): con un espesor de 13cm, de color gris oscuro medio (N4), se trata de un Paleosuelo consolidado.

Horizonte C: con 18cm de espesor, de color rojo moderado (5R 4/6), la roca es arcillolita abigarreada, la cual se encuentra meteorizada.

- Segundo levantamiento del perfil del suelo



FIGURA 27. Perfil del suelo 2.

Horizonte O – A: con 15cm de espesor y de color marrón oscuro (5YR 2/2), es la capa superior del suelo un mantillo bioturbado, rico en humus y materia orgánica.

Horizonte B: espesor de 35cm, color marrón pálido amarillento (10YR 6/2), es un horizonte más claro con menor cantidad de materia orgánica.

Horizonte C: con 70cm de espesor y color marrón pálido (5YR 5/2), es un horizonte de tonalidad más clara con fragmentos y restos de meteorización de la roca madre.

2.3.3.3.1 Clasificación textural.

La textura es la propiedad física debida a la proporción de las diferentes partículas presentes en el suelo (arenas, limos y arcillas).

Para realizar dicha clasificación se utilizó el Triángulo textural del sistema americano (véase **FIGURA 28**) con base en los porcentajes de las diferentes partículas presentes en él, se tiene un suelo limo arcilloso, con la presencia de un horizonte orgánico que se compone de desechos (hojarasca, raíces, etc.), gracias a ello la presencia de microorganismos suele ser alta con un mayor nivel de biomasa.

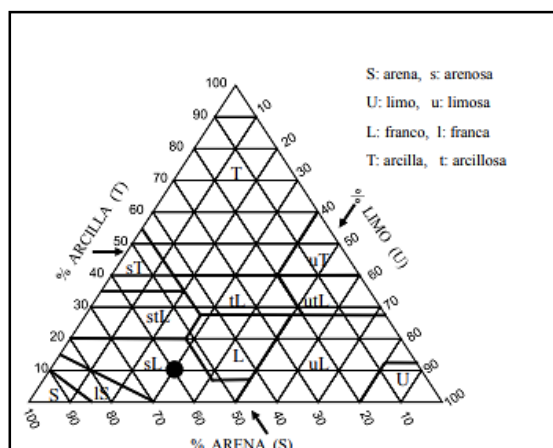


FIGURA 28. Triangulo textural según el sistema americano.

Fuente. Tomado de (Soil Survey Staff , 1998)

- **Color**

La tonalidad de los suelos denota el contenido de materia orgánica como el “tipo” de drenaje, hablando de la zona superficial (Horizontes O y A) de este suelo, presenta una matriz intermedia, es decir, ni muy oscuro, ni muy claro, de ello se infiere un contenido medio de materia orgánica y un drenaje regular del mismo, hablando de los horizontes más profundos, se presentan más claros. Sin embargo, se encuentra una capa gris que trata de un paleosuelo, es decir, suelo inactivo antiguo preservado por enterramiento de una sucesión estratigráfica.

- **Estructura**

La estructura depende de la macroestructura, distribución de poros por tamaño, estabilidad estructural (capa superficial o capa arable), perfil estructural, para este caso se tiene una estructura Grumosa o Migajosa, es debido a que el tamaño de sus agregados es pequeño (arcillas y limos principalmente), por ende, son muy porosos pero la permeabilidad es baja.

3 RESULTADOS Y ANÁLISIS

3.1 Amenazas naturales y riesgos geológicos

Las catástrofes geológicas naturales son prácticamente inevitables y son muy pocas las acciones que se pueden emprender y desarrollar con el fin de evitar su normal desarrollo, aunque en su mayoría, es preciso predecirlas y cuantificar sus efectos y consecuencias. Del estudio detallado de la Geología de una zona determinada es posible deducir eventos catastróficos naturales que afectaron en épocas pasadas a antiguas comunidades y con base en la recopilación de estos eventos históricos y la evaluación técnica de las amenazas geológicas se podrá establecer y delimitar con un mínimo margen de error, zonas en las cuales no es indicado desarrollar ningún tipo de actividad humana, proyecto de infraestructura vial o planes de desarrollo. (VARGAS CUERVO, Memorias de la Asignatura Investigación y Gestión de Desastres Naturales, de la Maestría en Ecología y gestión de Desastres naturales, de la Maestría en Ecología y Gestión de Ecosistemas Estratégicos. Universidad Surcolombiana., 2008)

El Municipio de Palermo en los últimos años se han visto afectado por fenómenos naturales de remoción en masa, inundaciones, avenidas torrenciales del río Baché y otros fenómenos derivados de las temporadas invernales y agudizados por el Fenómeno del Pacífico o Niña, provocando que varios sitios del municipio sufran afectaciones en viviendas, vías, estructuras y cultivos; además, estos fenómenos recurrentes hace que se generen nuevas situaciones de riesgo a la población e infraestructura de la región cada vez que se presentan los periodos de ola invernal. Ante esto, los Consejos Municipales para la Gestión del Riesgo de Desastres del municipio de Palermo debe estar alerta por atender intervenir oportunamente las situaciones de riesgo presentadas, con el fin de mitigar los efectos negativos sobre la población vulnerable; de otra parte, los contenidos técnicos básicos que se deben desarrollar por parte del municipio para garantizar que en el Plan Básico de Ordenamiento Territorial (PBOT) se incorporen los asuntos relacionados con la gestión del riesgo, fueron establecidos por el Gobierno nacional a través del Decreto 1807 de 2014.” (VARGAS CUERVO , Memorias sobre Fenómenos de Remoción en Masa curso electivo para la especialización de Ingeniería Ambiental facultad de Ingeniería Universidad Surcolombiana. Neiva, Huila., 2009)

El área del proyecto por su posición geográfica y geológica presenta varios tipos de amenazas y riesgos geológicos catalogados de acuerdo con su origen como amenazas de tipo geomorfológico, geológico e hidro-meteorológico respectivamente.

3.1.1 AMENAZAS DE ORIGEN GEOMORFOLÓGICO

Dentro de este grupo se cobijan todas las amenazas que tienen que ver con probabilidad de ocurrencia de fenómenos naturales que tiene relación con el deterioro de la cobertura superficial de la tierra por efectos naturales o antrópicos como son los procesos de meteorización (tanto física como química), erosión del suelo y las rocas, y fenómenos de remoción en masa como los derrumbes y escurrimiento del suelo.

3.1.1.1 Amenazas por erosión

La fase de campo realizada para elaborar este trabajo, la consulta del PBOT (2013) realizado para el municipio de Palermo y los trabajos realizados por los estudiantes de la maestría en Ingeniería y Gestión Ambiental de la asignatura Geología Ambiental en los trabajos de campo con el fin de identificar amenazas geológicas, además de los trabajos realizados por el museo Geológico y del Petróleo de la Universidad Surcolombiana en apoyo a la pequeña y mediana minería de la región Palermo – Aleluya – San Luis. La recopilación de la información, revisión y la fase de campo permitió para este trabajo zonificar a escala detallada (1:5000) las amenazas naturales y antrópicas, para esto fue necesario elaborar previamente el mapa de pendientes (véase **Plano 7 – ANEXO 1**), el cual sirvió de soporte para la zonificación de amenazas por erosión, estas se resumen en la **TABLA 7**.

TABLA 6. Tipos de Zonificación presentes en el área de estudio.

AMENAZAS POR EROSIÓN			
Tipo de Erosion	Ha	%	Color
<i>Erosion Alta "ES1"</i>	134	25,1	ES1
<i>Erosion Media "ES2"</i>	179	33,5	ES2
<i>Erosion Baja "ES3"</i>	96	18,0	ES3
<i>Erosion Muy Baja "ES4"</i>	107,86	20,2	ES4

- Amenaza Alta por Erosión (ES1)

En general, para el 25.1% (134 Has) del área que cubija el polígono estudiado se determinó una amenaza alta por erosión asociada a todos los sectores que presentan taludes con altas pendientes correspondiendo litológicamente a los niveles de rocas duras como conglomerados y areniscas, como también algunos niveles de arcillolitas con avanzados procesos de erosión antrópica que son representados en el mapa de pendientes entre el 50 y 100%.

De acuerdo a la cartografía y levantamiento estratigráfico realizado se encuentra este tipo de amenaza en el sector noroccidental donde se presentan escarpes producidos por niveles de conglomerados, areniscas y lodolitas pertenecientes a la formación Gualanday – miembro Palermo y están asociados a los sectores más críticos en lo referente a fenómenos de remoción en masa de tipo caída de rocas que se presenta generalmente sobre el contacto litológico del tope de la formación Guaduala y la base de la formación Gualanday – miembro Palermo. (véase **FIGURA 29**). En el mapa de erosión y en la nomenclatura de la columna estratigráfica levantada se muestra la ubicación geográfica de este fenómeno. Otras áreas del polígono donde se presenta este tipo de erosión alta corresponden a algunos niveles de la formación Guaduala y depósitos aluviales asociados al río Baché, donde se observan fenómenos de reptación avanzada generando sobre el suelo láminas, surcos y puntualmente gradando a Cárcavas, presentándose en algunos sectores golpes de cuchara, gradando a derrumbes de rotación. (véase **FIGURA 31 y Fotografía 27 – ANEXO 2**)



FIGURA 29. Caída de bloques en el contacto entre las formaciones Guaduala y Gualanday.

- **Amenaza Media por Erosión (ES2)**

De acuerdo con la cartografía realizada el 33.5% (179 Has) del área que cobija el polígono estudiado se determinó una amenaza media por erosión. Esta amenaza se asocia principalmente a áreas donde existen actividades antrópicas en pequeñas parcelas de arroz y puntualmente sobrepastoreo con ganado. Cartográficamente esta amenaza es aledaña principalmente a sectores con pendientes entre 13 y 50%, representadas litológicamente por rocas de la formación Guaduala y algunos depósitos aluviales como son los depósitos de terraza baja, también se determinó amenaza media por erosión a la socavación lateral del río Baché en algunos sectores como los referentes al canal Díaz y algunos alineamientos del río por efecto de fallas geológicas.

En estas áreas de amenaza media, los procesos erosivos más comunes son la erosión laminar que se da como producto la alta precipitación sobre pendientes moderadas y la poca cobertura vegetal genera procesos de erosión concentradas en surcos, localmente cárcavas.

- **Amenaza Baja por Erosión (ES3)**

De acuerdo con la cartografía realizada el 18% (96 Has) del área que cobija el polígono estudiado se determinó una amenaza baja por erosión. Se cartografió en los sectores con pendientes entre el 4 y el 12%, presentes en las laderas del sector Suroriental y corresponden a los niveles arcillosos del miembro San Francisco de la formación Guaduala y en la unidad de terrazas bajas (QT1) y depósitos recientes del río Baché.

En general estos terrenos son estables con marcas de erosión por sobrepastoreo de ganado, se observan también pequeños surcos y canales a favor de la pendiente sin que manifieste una

degradación alta del suelo, gran parte de esta área zonificada como erosión baja ha sido retrabajada para actividades antrópicas principalmente de cultivo.

- Amenaza Muy Baja por Erosión (ES4)

De acuerdo con la cartografía realizada el 20.2% (107.86 Has) del área que cobija el polígono estudiado se determinó una amenaza muy baja por erosión y de acuerdo con el mapa de pendientes entraría en el rango de 0 y 3%, corresponde a algunos sectores de las terrazas T1 que es la terraza aluvial baja del río Baché y algunas áreas de los depósitos aluviales recientes.

- Amenaza por Erosión Fluvial

La dinámica fluvial del río Baché y la explotación minera de material de arrastre y oro aluvial en el área del proyecto generan procesos erosivos en el cauce activo y socavamiento lateral de sus márgenes, además de la profundización de estos desestabilizando los taludes. Cabe aclarar que los procesos agrícolas y el mal uso del suelo han acelerado este fenómeno y a su vez la construcción de canales para riego ha desestabilizado el cauce activo generando erosión. (véase **FIGURA 30**)



FIGURA 30. Erosión hídrica ocasionada por la canalización de riegos en el área.

Con la información mencionada anteriormente se realizó la zonificación de las amenazas por erosión en el área de estudio, tomando como base el mapa de Uso del Suelo y el mapa de pendientes, véanse **Planos 6 y 7 – ANEXO 1** respectivamente.

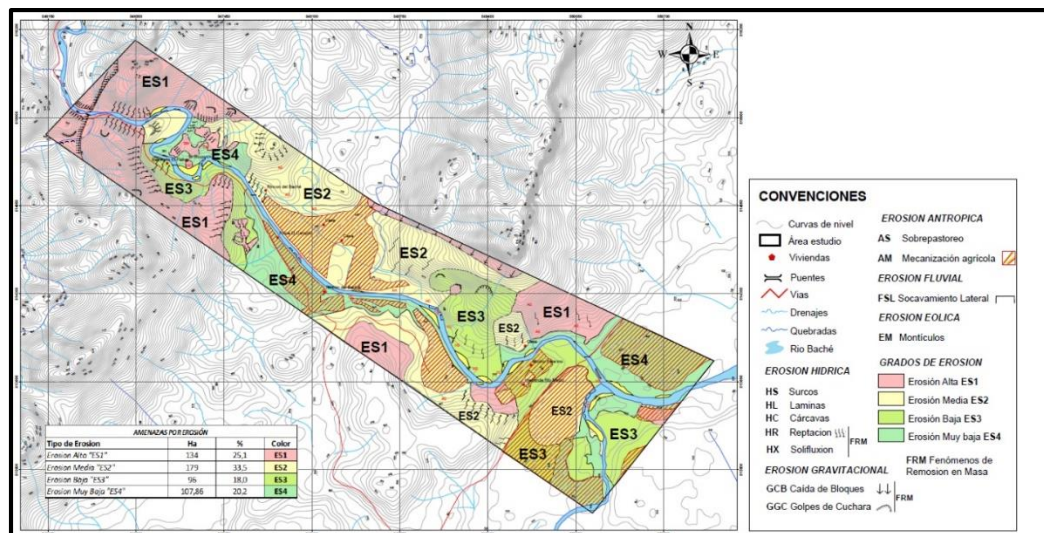


FIGURA 31. Mapa de amenazas por erosión para el área de estudio del proyecto.

3.1.2 AMENAZAS DE ORIGEN GEOLÓGICO

Dentro de esta categoría se agrupa principalmente para el municipio de Palermo, lo relacionado con el riesgo sísmico, producto de la actividad geológica de las fallas.

3.1.2.1 Amenaza sísmica

En la zona de estudio hay influencia directa de fallas geológicas activas asociadas al sistema de fallas de Chusma – Teruel, dentro de las cuales están la falla de Baché y la falla de San Francisco, además de los alineamientos y fallas locales presentes en el polígono (véase **FIGURA 22**) que por reconocimientos neotectónicos¹⁵ en el área se identificaron desplazamientos de madrigueras en suelos, desplazamiento de raíces y bioturbación, las cuales son indicadores de movimientos tectónicos recientes y refuerzan la posibilidad de ocurrencia de terremotos y la amenaza sísmica alta en la región.

La información histórica indica que los sismos de 1827 y 1967 con epicentro en el departamento del Huila causaron graves daños en Neiva y otras poblaciones vecinas como Palermo, Campoalegre, entre otros.

3.1.3 AMENAZAS DE ORIGEN HIDROCLIMATOLÓGICO

Dentro de esta categoría se agrupan las amenazas por inundación y de régimen torrencial de las corrientes.

¹⁵ Neotectónico: movimientos y deformaciones de la corteza terrestre.

Los excesos de lluvias en la cabecera del río Baché y drenajes de la zona generan eventualmente inundaciones y flujos torrenciales.

3.1.3.1 Amenaza por inundación

Las inundaciones son fenómenos hidrológicos recurrentes potencialmente destructivos, que hacen parte de la dinámica de evolución de una corriente (IDEAM, 2022). Se producen por lluvias persistentes que generan un aumento progresivo del nivel de las aguas contenidas dentro de un cauce superando la altura de las orillas naturales o artificiales, ocasionando un desbordamiento y dispersión de las aguas sobre las llanuras de inundación y zonas aledañas a los cursos de agua normalmente no sumergidas (Sector Rincón del Baché y sector de las Juntas Río Tune - Baché). Estos fenómenos se presentan únicamente en las llanuras aluviales y en las áreas de baja pendiente.

El mapa de inundaciones presentado en este trabajo es el resultado del reconocimiento de campo y la aplicación e interpretación de las imágenes satélite y modelos de elevación digital (DEM) como también hidrológicos e hidráulicos realizados por el Museo Geológico y del Petróleo en proyectos de minería de material de arrastre en la cuenca del río Baché. (VARGAS CUERVO, Estudio de Impacto Ambiental (EIA) y Plan de Manejo Ambiental (PMA) para la solicitud de formalización minera con placa NFM – 14252 para material de arrastre. Vereda San Francisco, Palermo - Huila., 2021)

En la fase de campo se recolectó información técnica e histórica, referente a medición del alcance máximo que tuvo la avenida torrencial del 27 de abril del año 2021 (véase **FIGURA 32**), así mismo información proporcionada por la comunidad aledaña a la zona sobre eventos torrenciales ocurridos en años pasados.

Para la digitalización en pantalla se tomó como base el mapa geomorfológico (véase **Plano 3 – ANEXO 1**) teniendo en cuenta que los depósitos cuaternarios son indicadores importantes de inundaciones en épocas pasadas, con esta información y la recolectada en el desarrollo de este proyecto se elaboró el mapa de amenaza por inundación y eventos torrenciales para el área de estudio. (véase **FIGURA 33**)

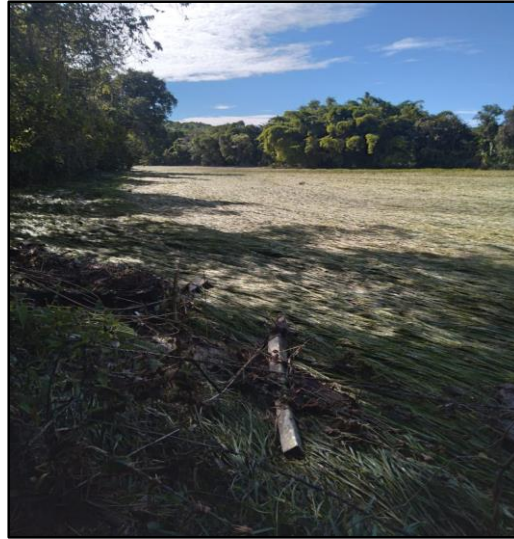


FIGURA 32. Afectaciones en arrozera aledaña al río Baché - avalancha 27/04/2021.

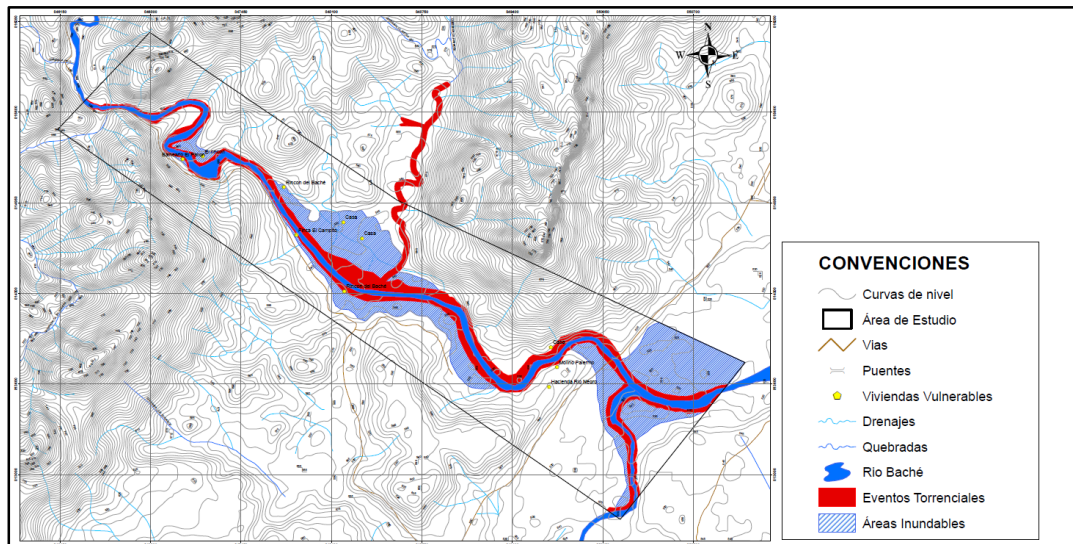


FIGURA 33. Recorte del mapa de amenaza por inundación y eventos torrenciales en el área de estudio del proyecto.

3.1.3.2 Amenaza por régimen torrencial

Las avenidas torrenciales muchas veces denominadas crecientes, avalanchas, crecidas, borrasca o torrentes, son una amenaza muy común en cuencas de alta montaña y debido a sus características pueden causar grandes daños en infraestructura y pérdida de vidas humanas. Estos fenómenos se originan comúnmente en ríos de montaña o en ríos cuyas cuencas presentan fuertes vertientes por efecto de fenómenos hidrometeorológicos intensos cuando en un evento de lluvias se superan valores de precipitación pico en pocas horas (IDEAM, 2022). Esto genera la saturación de los materiales de las laderas facilitando el desprendimiento del suelo, produciéndose de esta manera, numerosos desgarres superficiales y deslizamientos cuyo material cae al cauce y es transportado inmediatamente

aguas abajo o queda inicialmente represado y luego, una vez que se rompe el represamiento, es transportado violentamente de forma repentina, el río Baché presenta este comportamiento y ocasionalmente ha generado avenidas torrenciales, generando avalanchas e inundaciones manifestadas por los depósitos de coluviales presentes en el área de estudio.

Las avalanchas más recientes ocurridas en el río Baché y que han afectado la zona del polígono son:

- **19 de marzo de 2013** este evento generó grandes afectaciones en la infraestructura de puentes, caminos y casas en la población del municipio de Santa María y fincas en el sector del área de estudio donde se presentaron grandes inundaciones principalmente en el sector de la desembocadura del río Tune; dejando así viviendas arrasadas por el río, lo mismo que siete puentes vehiculares y varios peatonales, además de la pérdida de la banca en unos 15 kilómetros (EL PAIS, 2013). (véase **Fotografía 28 – ANEXO 2**)
- **27 de abril del 2021**, debido a las fuertes precipitaciones en la parte alta de la cuenca del río Baché, se originó una avenida torrencial que generó inundaciones en la parte baja causando grandes daños en las fincas ubicadas dentro del área del polígono, también la destrucción de los puentes peatonales del Pailón y El Rincón del Baché, dejando afectaciones en los cultivos de arroz y daños en el puente vehicular que conduce a la vereda San Francisco y que corta el sector sur del polígono de estudio. (véase **Fotografías 29 y 30 – ANEXO 2**)

Otro de los grandes riesgos que pueden ocasionar avalanchas es el encañonamiento del río Baché desde el sector de Guácimos y al represamiento que pueden generar algunos derrumbes activos como en el sector “Puente de Arco” donde se presenta un movimiento en masa de gran magnitud que por sus características se clasifica como un deslizamiento de tipo rotacional. (véase **Fotografía 31 – ANEXO 2**)

Otro fenómeno de alto riesgo se presenta al norte del área de estudio, en donde rocas de la formación Gualanday – miembro Palermo conformado por rocas duras de tipo areniscas generan pendientes verticalizadas hacia el cauce del río y debido al patrón estructural conjugado entre la estratificación y las diaclasas se presentan comúnmente caídas del bloques y hasta 10 metros de diámetro y en el cual puede ocasionar algún evento sísmico el taponamiento y represamiento del río Baché, generando fuertes avenidas torrenciales e inundaciones para el sector del polígono. (véase **FIGURA 34**)



Figura 34. Caída de bloques en el sector norte del área de estudio.

3.1.4 AMENAZAS DE ORIGEN ANTRÓPICO

Las amenazas de origen antrópico son las generadas directamente por el hombre, en este grupo incluyen una serie de actividades que tienen influencia directa o indirecta en otro tipo de amenazas y son identificables en el área de estudio.

3.1.4.1 Quemas o incendios forestales

La principal secuela es el de la erosión del suelo al desaparecer la capa vegetal. El suelo queda desprotegido y frente a la elevada erosividad de las lluvias y el viento provoca grandes pérdidas de suelo y nutrientes, pero no es solo este el efecto sobre el sistema edáfico. Las altas temperaturas modifican la composición biológica y química del suelo. En el polígono estudiado se evidencian rastros de quemas forestales al norte del área, en el sector del Rincón del Baché y en las zonas de cultivo de arroz es común la quema de los residuos de la cosecha.

3.1.4.2 De tipo tecnológico

En este estudio se identificaron algunas como, por ejemplo: el aumento excesivo en el tráfico de vehículos de carga pesada (Mármol) generando daños en la salud e inestabilidad del terreno, las malas prácticas agrícolas debido al uso inadecuado o excesivo de agroquímicos durante los distintos periodos del cultivo.

Se presenta comúnmente en las zonas de cultivo de arroz y áreas aledañas a la vía que conduce de Palermo a Santa María.

3.1.4.3 Sobrepastoreo

El mal manejo de las prácticas de ganadería bovina y caprina, desconociendo por completo métodos y técnicas silvopastoriles sencillas que pueden mejorar la calidad de los suelos y obtener unos buenos resultados en esta actividad económica. El sobrepastoreo genera el fenómeno llamado “pata de vaca” resulta de ejercer presión constante sobre el suelo en

pendientes inclinadas y posteriormente generar inestabilidad, erosión y fenómenos de remoción en masa.

3.1.4.4 Incorrecta disposición de los residuos sólidos

En zonas aledañas al área de estudio y principalmente por la vía que comunica a Palermo con Santa María se observa un gran deterioro desde el punto de vista ambiental en la disposición de residuos y resulta ser una amenaza, pues todos estos desechos generan una serie de sustancias producto de la descomposición y generar químicos que pueden afectar la composición del suelo y generar procesos adversos en su estructura. Además, la mala disposición de los residuos sólidos es una de las problemáticas ambientales más graves que tiene que afrontar los entes territoriales.

En el Km 6 de la vía que comunica a Palermo con Santa María se observa desde hace varios años un botadero industrial de pastillas y bandas para frenos sin ningún control de las autoridades ambientales, siendo el componente principal de estas bandas el asbesto ($\text{SiO}_2 \cdot 2(\text{Fe, Mg})_5 \text{Ca}_2 (\text{OH})_2$), siendo de alta peligrosidad en la generación de cáncer. (véase **Fotografía 32 – ANEXO 2**)

En el área de estudio existen dos sistemas de canales de riego, “*El Guamito*” tiene su sitio de captación en la zona norte del polígono por la margen izquierda aguas arriba, más exactamente en donde se presenta el contacto litológico entre la formación Gualanday – miembro Palermo y la formación Guaduala – miembro Teruel, debido a que el canal fue construido de forma paralela a la vía que de Palermo conduce a Santa María, está expuesto a los desechos que arroja la gente al transitar por esta vía, adicionalmente a ello, las compuertas para el control del caudal dentro del canal están direccionadas a retornar el agua excedente al río Baché, por ende los residuos que han sido arrojados al canal finalmente llegan al cauce activo del río contaminando sus aguas, y el canal “*Díaz*” que tiene su lugar de captación en el sector del Rincón del Baché, por la margen derecha del río aguas arriba, a este canal, la Corporación Autónoma Regional del Alto Magdalena (CAM) por medio de la resolución No. 3481 del 30 de diciembre de 2009 le asignó 70 L/s destinados a beneficiar un área total de 5.765 Has, predios de las señoras Cecilia Díaz de Sánchez y Silvia Díaz de Dienes, sin embargo, no cuenta con ningún tipo de aforador que verifique el caudal permitido por la CAM; este canal atraviesa varios predios en su recorrido, siendo también expuesto a los desechos de estas fincas, de igual manera los excesos de agua son conducidos al cauce activo del río. (véase **Fotografía 33 – ANEXO 2**)

3.1.4.5 Amenaza por actividades mineras ilegales en el área de estudio

Los procesos erosivos que se han dado en las áreas explotadas han sido intensos, ocasionando un arrastre de todos los materiales estériles y su posterior deposición en los cauces, en las partes bajas de la zona. La alteración geomorfológica es notoria tanto en la zona de explotación como en los cauces, debido a las modificaciones derivadas de las actividades mineras y de los sedimentos depositados en los cuerpos de agua. (véase **Fotografía 34 – ANEXO 2**)

3.2 Zonificación ambiental de amenazas

La zonificación detallada de las amenazas naturales y antrópicas, se define como la probabilidad de ocurrencia de un evento capaz de producir daño en un espacio e intervalo de tiempo determinado o la probabilidad de que un peligro particular ocurra dentro de un periodo de tiempo dado, fue realizada en el área de estudio con la cartografía de los fenómenos de erosión alta, media y baja, fenómenos de remoción en masa, inundaciones y avenidas torrenciales, y actividades antrópicas generadas en la zona.

Para cumplir este objetivo se realizó la cartografía geológica y geomorfológica, las cuales cobijan los diferentes tipos de amenaza que tienen que ver con la probabilidad de ocurrencia de fenómenos naturales que tienen relación con el deterioro de la cobertura superficial de la tierra por efectos naturales o antrópicos como son los procesos de meteorización (física y química), erosión del suelo y de las rocas, y fenómenos de remoción en masa (FRM) como los derrumbes, deslizamientos, golpes de cuchara, caída de rocas, reptación y solifluxión.

Igualmente, y con base en los trabajos de campo se zonificaron las amenazas de origen hidroclimatológico, como son las amenazas de régimen torrencial y por inundación.

La identificación de las amenazas de una región determinada es el primer paso que se debe realizar para hacer un estudio completo de AVR (Amenaza, Vulnerabilidad y Riesgo), pero de acuerdo a los objetivos de este trabajo y por acoger la competencia profesional del Ingeniero Agrícola se presenta tan solo la zonificación por amenazas naturales y antrópicas, siendo la base y fundamento de esta los mapas realizados en este trabajo, los cuales a partir de su superposición determinan finalmente el mapa de zonificación ambiental de amenazas, estos son:

- ✓ Mapa Topográfico
- ✓ Mapa Geológico.
- ✓ Mapa Geomorfológico.
- ✓ Mapa de Uso del Suelo.
- ✓ Mapa de Pendientes.
- ✓ Mapa de Amenazas por Erosión.
- ✓ Mapa de Amenazas por Inundación y Eventos Torrenciales.
- ✓ Factores hidroclimáticos.

Con base en el análisis y la superposición de estos mapas, la fotointerpretación y los reconocimientos de campo se zonificó ambientalmente el área teniendo en cuenta las amenazas presentes en grados alto, medio y bajo (véase **FIGURA 36**)

3.2.1 ZONIFICACIÓN AMBIENTAL DE AMENAZA ALTA (Aa)

Esta zonificación cartográfica cobija las amenazas identificadas de origen geomorfológico, geológico, hidroclimatológico y antrópico que han llevado a un deterioro del paisaje y en los cambios de la dinámica fluvial del río Baché. A continuación, se mencionan dentro de

esta zonificación ambiental de amenaza alta algunas amenazas naturales que más han influido en este grado.

3.2.1.1 Fenómenos de Remoción en Masa (FRM)

Uno de los tipos más importantes son las de caída de rocas y específicamente donde se presenta el contacto litológico entre el miembro Palermo de la Formación Gualanday y el miembro Teruel de la Formación Guaduala (véase **Fotografía 35**). En el sector norte del área de estudio se presenta un talud vertical de la formación Gualanday medianamente fracturado y en el cual por su posición estructural genera caída de bloques de grandes dimensiones (bloques con diámetros mayores a 10m) que caen sobre el cauce del río Baché y que en el caso de un movimiento detonante mayor como un sismo pueda generar una mayor caída de bloques represando el flujo de agua.

En la descripción de amenazas de régimen torrencial, ítem 3.1.3.2 de este documento se describe con gran detalle las amenazas presentes por fenómenos de remoción en masa aguas arriba de la zona de estudio pero que pueden ocasionar desastres por taponamientos del cauce por la activación de estos derrumbes.

Se incluye en este tipo de amenazas altas también las amenazas por avenida torrencial del río Baché y la quebrada La Arenosa (véase **Plano 9 – ANEXO 1**).

3.2.2 ZONIFICACIÓN AMBIENTAL DE AMENAZA MEDIA (Am)

Para la caracterización y cartografía de esta amenaza se tuvo en cuenta principalmente el Mapa de Uso del Suelo (véase **Plano 6 – ANEXO 1**), ya sea agrícola, pecuario o forestal, y el Mapa de Coberturas (véase **Plano 5 – ANEXO 1**), donde se cartografió la distribución espacial de los diferentes tipos de vegetación presentes en el área de estudio, debido a que esto es muy importante porque al momento de producirse la precipitación, parte del agua es interceptada por esta, evitando así que escurra inmediatamente después de llegar a la superficie del suelo, adicionalmente disminuye la erosión del mismo.

La caracterización del clima en función de la temperatura y la precipitación, con los datos recolectados por la estación meteorológica de Palermo.

En el trayecto del río Baché de Sur a Norte, la temperatura varía espacialmente entre 25°C hasta 28°C, también se tuvo en cuenta la precipitación media mensual y anual y con estos parámetros hidroclimáticos, la cobertura vegetal y el uso actual del suelo se zonifica de grado medio las amenazas. Es común en estas áreas la presencia de fenómenos de reptación de suelos, dejando marcas características como Láminas, Surcos y que localmente en algunos sectores como el rincón del Baché y el Pailón se degradan a Cárcavas. También es común en el área de amenaza de grado medio la presencia de golpes de cuchara y reptación asociada al fenómeno erosivo “patas de vaca” (véase **FIGURA 35**).



FIGURA 35. Erosión surcos y Patas de Vaca gradando a cárcavas en el sector del Balneario El Pailón.

3.2.3 ZONIFICACIÓN AMBIENTAL DE AMENAZA DE GRADO BAJO (Ab)

Corresponde principalmente en el área a las zonas de depósitos aluviales recientes y depósitos de terraza baja, con pendientes menores al 3%. Aquí se presentan generalmente fenómenos erosivos de carácter antrópico ocasionados por turismo y actividades mineras ilegales.

De esta manera se presenta finalmente el mapa de Zonificación Ambiental de Amenazas para el área del proyecto. (véase **FIGURA 36**)

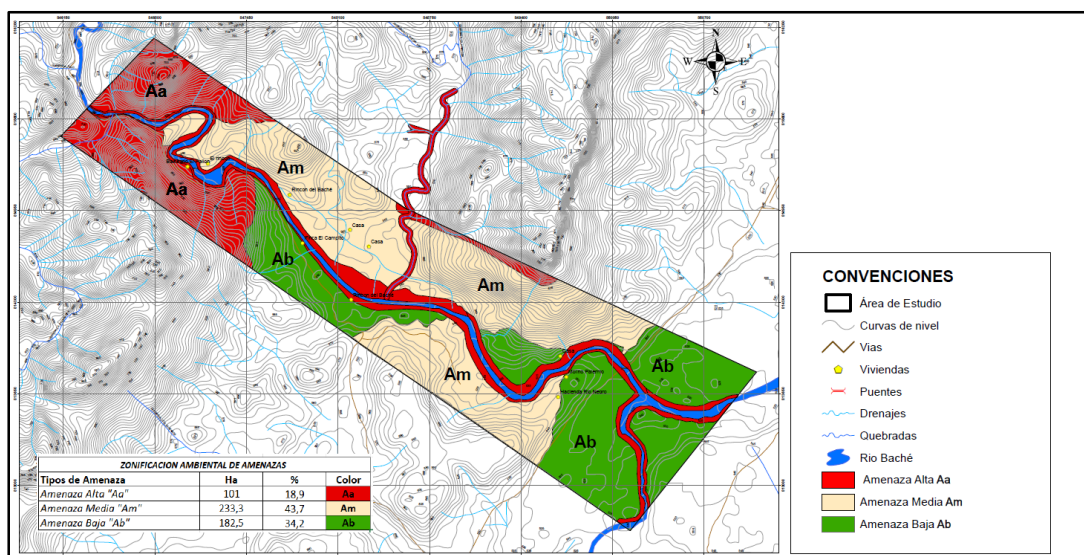


FIGURA 36. Recorte del mapa de Zonificación Ambiental de Amenazas para el área del proyecto. (véase Plano 10 – ANEXO 1)

4 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

- Se realizó el levantamiento de la línea base biótica haciendo la debida caracterización de los componentes florísticos y faunísticos presentes en el polígono, de igual manera la línea base abiótica, con trabajo de campo y apoyados en la información cartográfica y geológica consignada en las planchas 323 del IGAG y del SGC respectivamente. De esta manera se obtiene el mapa geológico, mapa geomorfológico, mapa de coberturas y mapa uso del suelo al detalle (escala 1:5000), que sirvieron de base para realizar la zonificación ambiental de amenazas para esta región.
- De acuerdo con las características de los suelos por su capacidad de uso, se realizó la clasificación agrológica según el sistema de clasificación de tierras adoptado por el IGAC, en el área de estudio se tienen dos de las ocho clases agrológicas del suelo. La clase IV (35%), suelos con serias limitaciones para la actividad agropecuaria, con pendientes moderadas, erosión ligera y de bajos a medios niveles de fertilidad, por ende se debe tener un manejo cuidadoso en la implementación de cultivos. Actualmente se cuenta con cultivos de arroz y pastos para ganadería. Y la clase VI, con limitaciones severas, haciéndolas ligeramente inadecuadas para la producción de cultivos. Sin embargo, en la actualidad se encuentran lotes con pastos naturales y manejados, rastrojo, y en algunos predios con cacao y café, hablamos de un 65% de los suelos del área de estudio.
- Se identificaron los distintos tipos de amenazas naturales y antrópicas presentes en el área del proyecto, y de acuerdo con ello se estableció la zonificación ambiental de amenazas en grado alto, medio y bajo.

La amenaza de grado alto cubre el 18.9% del área de estudio, más específicamente en la zona noroccidental del polígono (aguas arriba del balneario El Pailón). Cobija las amenazas identificadas de origen geomorfológico, geológico, hidroclimatológico y antrópico que han llevado a un deterioro del paisaje y en los cambios de la dinámica fluvial del río Baché.

La amenaza de grado medio se presenta en un mayor porcentaje del área de estudio (43.7%) y hace referencia a las zonas con presencia de fenómenos erosivos de origen hídrico principalmente como reptación de suelos, Láminas, Surcos y Cárcavas, adicionalmente golpes de cuchara; es común encontrar amenazas de este tipo en la zona central del polígono, más específicamente por la margen derecha aguas arriba del río Baché.

La amenaza de grado bajo se encuentra en un 34.2% del área de estudio y se presenta en las zonas de depósitos aluviales recientes y depósitos de terraza baja, con pendientes menores al 3% (aguas abajo de la desembocadura del río Tune al río Baché). Aquí se presentan generalmente fenómenos erosivos de carácter antrópico ocasionados por actividades agrícolas y mineras ilegales.
- Con la realización de este trabajo se considera fundamental el conocimiento básico de la geología para realizar cualquier tipo de levantamiento de la línea base (EIA, PMA, AVR), por esto se recomienda al programa de Ingeniería Agrícola implementar nuevamente esta asignatura con una orientación definida al manejo y conocimiento de la dinámica exógena.

- De acuerdo con la zonificación de amenazas presentada en este trabajo se recomienda realizar estudios con mayor profundidad de las avenidas torrenciales y procesos erosivos que influyen directamente con la dinámica fluvial del río Baché.
- Teniendo en cuenta que el PBOT del municipio de Palermo ubica al Balneario El Pailón como punto de interés turístico, se recomienda realizar la aclaración del riesgo que se corre al visitarlo y desarrollar un PMA específicamente para el sitio turístico.

5 BIBLIOGRAFÍA

- EDAFOLOGÍA.ORG. (26 de 04 de 2023). *Materiales coluviales*. Obtenido de http://edafologia.ugr.es/programas_suelos/practclas/tetrisol/comun/coluvial.htm
- EL PAIS. (18 de 03 de 2013). *Diario El Pais*. Obtenido de <https://www.elpais.com.co/colombia/represamiento-del-rio-bache-provoco-avalancha-en-el-huila.html>
- GISANDBEERS. (24 de 12 de 2018). *GISANDBEERS*. Obtenido de <http://www.gisandbeers.com/colores-rgb-para-corine-land-cover/>
- GRIEM, W. (2020). *Apuntes de Geología*. Obtenido de <https://www.geovirtual2.cl/geologiageneral/ggcap05b-3.htm>
- Hise, C. R. (01 de 01 de 1896). *Principios de la geología precámbrica de América del Norte*. Obtenido de [https://sophivorus.com/wiki/Fisilidad_\(geolog%C3%ADa\)#cite_note-R0-1](https://sophivorus.com/wiki/Fisilidad_(geolog%C3%ADa)#cite_note-R0-1)
- IBAÑEZ, J. J. (20 de 06 de 2008). *Los Suelos y la Vida*. Obtenido de <https://www.madrimasd.org/blogs/universo/2008/06/20/95172#:~:text=La%20reptaci%C3%B3n%20define%20a%20movimientos,periodicidad%2C%20se%20embeben%20de%20agua.>
- IDEAM. (2021). *IDEAM*. Obtenido de <http://dhime.ideam.gov.co/atencionciudadano/>
- IDEAM. (2022). Obtenido de <http://www.ideam.gov.co/web/agua/amenazas-inundacion>
- IGAG. (2015). *Leyenda de usos agropecuarios del suelo a escalas mayores a la escala 1:25.000*.
- MALDONADO, Y. (2023). *GEOLOGIAWEB*. Obtenido de <https://geologiaweb.com/rocas/chert/>
- MARTÍNEZ ARDILA, N. J., MURCIA GARCÍA, U. G., & IDEAM. (06 de 2010). *IDEAM*. Obtenido de Leyenda nacional de coberturas de la tierra. Metodología

Corine Land Cover adaptada para Colombia. escala 1:100.000:
https://www.researchgate.net/publication/303960063_LEYENDA_NACIONAL_DE_COBERTURAS_DE_LA_TIERRA_METODOLOGIA_CORINE_LAND_COVER_ADAPTADA_PARA_COLOMBIA_ESCALA_1100000

NUÑEZ T, A. I. (1999). *Localización de la plancha 323 Neiva*.

OSMAN. (26 de 04 de 2023). *Diccionario de Salud y Medio Ambiente*. Obtenido de <https://www.osman.es/diccionario/definicion.php?id=11576>

P, J. (26 de 04 de 1975). *Carbotecnia*. Obtenido de “Carbon from Lignite or Coal: Which is Better?”, Chem. Eng.: <https://www.carbotecnia.info/aprendizaje/carbon-activado/diferencia-entre-el-carbon-activado-lignitico-y-bituminoso/>

PBOT PALERMO. (2013). *ACUERDO MUNICIPAL No. 014 DE 2013*.

RAE. (26 de 04 de 2023). *Diccionario de Lengua Española*. Obtenido de <https://dle.rae.es/sinuoso>

Soil Survey Staff . (1998). *ResearchGate*. Obtenido de https://www.researchgate.net/figure/Figura-3-Triangulo-de-clases-texturales-del-suelo-Soil-Survey-Staff-1998_fig3_269038491

VAN DER PLUJIM, & MARSHAK. (2004). *GEOLOGIA ESTRUCTURAL*. Obtenido de <https://www.geologiaestructural.com/diaclasas/>

VARGAS CUERVO , R. (2009). *Memorias sobre Fenómenos de Remoción en Masa curso electivo para la especialización de Ingeniería Ambiental facultad de Ingeniería Universidad Surcolombiana. Neiva, Huila.*

VARGAS CUERVO, R. (1999). *Texto Geología física para Ingenieros UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA.*

VARGAS CUERVO, R. (2001). *Geomorfología y Amenazas Geológicas del municipio de Neiva. INGENIERIA Y REGIÓN - Revista de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Surcolombiana.*

VARGAS CUERVO, R. (2008). *Memorias de la Asignatura Investigación y Gestión de Desastres Naturales, de la Maestría en Ecología y gestión de Desastres naturales, de la Maestría en Ecología y Gestión de Ecosistemas Estratégicos. Universidad Surcolombiana.*

VARGAS CUERVO, R. (2009). *Memorias del curso Geología Ambiental dictado en la Especialización de Ingeniería Ambiental, Universidad Surcolombiana. Neiva, Huila.*

VARGAS CUERVO, R. (2010). *Memorias del curso Riesgos geológicos dictado en la Especialización de Ingeniería Ambiental, Universidad Surcolombiana. Neiva, Huila.*

- VARGAS CUERVO, R. (2010). *Reconocimiento Geológico De La Cobertura Productiva De La Subcuenca De Neiva - Huila - Colombia Field Trip Neiva - Yaguará – Teruel – Palermo USCO.*
- VARGAS CUERVO, R. (2016). *Levantamiento estratigráfico y caracterización mineralógica de la formación Guaduala en las secciones de los ríos Baché y Tune en el municipio de Palermo.*
- VARGAS CUERVO, R. (2020). *Estudio de Impacto Ambiental (EIA) para el bloque San Jorge en el área de las concesiones mineras 14200 y 19221 en Neiva – Palermo Huila . Universidad Surcolombiana. Neiva Huila. 2020.*
- VARGAS CUERVO, R. (2020). *Estudio De Impacto Ambiental (EIA) y Plan De Manejo Ambiental PMA Para La Concesión Minera 20321 Sector Mina Merceditas Corregimiento de San Luis – Neiva – Huila Universidad Surcolombiana. Neiva, Huila.*
- VARGAS CUERVO, R. (2020). *Implementación de las herramientas de sistemas de información geográficas (sig) como apoyo al estudio complementario de amenazas vulnerabilidad y riesgo del municipio de la plata - huila.*
- VARGAS CUERVO, R. (2020). *Implementación de las herramientas de Sistemas de Información Geográficas (SIG) como apoyo al estudio complementario de Amenazas Vulnerabilidad y Riesgo del municipio de la Plata - Huila.*
- VARGAS CUERVO, R. (2021). *Estudio de Impacto Ambiental (EIA) y Plan de Manejo Ambiental (PMA) para la solicitud de formalización minera con placa NFM – 14252 para material de arrastre. Vereda San Francisco, Palermo - Huila.*
- VARGAS CUERVO, R. (2021). *Programa de Trabajos de Explotación y Programa de Trabajos y Obras (PTO) para la solicitud de formalización minera NFM – 14252, localizada en la vereda San Francisco, municipio de Palermo en el Departamento del Huila.*
- ZARZA, L. F. (27 de 04 de 2023). *IAGUA.* Obtenido de <https://www.iagua.es/respuestas/que-es-carcava>

ANEXOS

ANEXO 1 – PLANOS

- **Plano 1.** Mapa De Localización.
- **Plano 2.** Mapa Topográfico.
- **Plano 3.** Mapa Geomorfológico.
- **Plano 4.** Mapa Geológico.
- **Plano 5.** Mapa De Coberturas.
- **Plano 6.** Mapa De Uso Del Suelo.
- **Plano 7.** Mapa De Pendientes.
- **Plano 8.** Mapa De Amenazas Por Erosión.
- **Plano 9.** Mapa De Amenaza Por Inundación Y Eventos Torrenciales.
- **Plano 10.** Mapa De Zonificación Ambiental De Amenazas.
- **Plano 11.** Columna Estratigráfica.

ANEXO 2 – FOTOGRAFIAS

Fotografía 1. Morfología Rectilínea Del Cauce Activo Y La Presencia De Barras De Canal Y Barras Puntuales.

Fotografía 2. En El Sector Juntas-Tune- Bache Del Área De Estudio En La Que Se Resalta El Lecho O Cauce Mayor En Los Diferentes Puntos De La Poligonal.

Fotografía 3. Panorámica De La Vega De Divagación (Fv1), Fue Cartografiada En El Área En Todo El Sector Oriental (Véase Plano 3).

Fotografía 4. Vega De Inundación En El Sector Norte Del Área De Estudio.

Fotografía 5. Terraza Aluvial Baja T1 Formando Un Escarpe Vertical Acelerando Los Procesos De Erosión.

Fotografía 6. Conjunto De Niveles Aluviales Intermedios Correspondientes Al Nivel De Terraza T2.

Fotografía 7. Pendientes Estructurales Y Erosionales De La Unidad De Montañas Onduladas Denudativas D2 Correspondientes Estratigráficamente Al Miembro Baché De La Formación Gualanday.

Fotografía 8. Vista Hacia El Noroccidente En Primer Plano Depósitos Planares De Las Terrazas Del Rio Baché (T2), Segundo Plano Colinas Onduladas Denudativas (D1), Conformado Por La Formación Guaduala Y En Tercer Plano El Escarpe De La Formación Gualanday Miembro Palermo Asociada A La Geoforma De Montaña Denudativa (H).

Fotografía 9. Relieve Montañoso De Colinas Onduladas Con Pendientes Moderadas Y Pendientes Erosionales Fuertes.

Fotografía 10. Arcillolitas Abigarreadas Con La Presencia De Láminas H12 Y Surcos Hs2.

Fotografía 11. Afloramiento De Areniscas Entre Los Puntos 38 Y 39 De La Poligonal Levantada En Capas De Estratificación Gruesa.

Fotografía 12. Arcillolitas Abigarreadas Sobre El Cauce Del Rio Baché Generando Erosión Por Socavación.

Fotografía 13. Areniscas Líticas.

Fotografía 14. Secuencia Interdigitada De Arcillolitas Y Lodolitas.

Fotografía 15. Contacto Litológico Entre Las Formaciones Guaduala - Gualanday.

Fotografía 16. Conglomerados Oligmíticos.

Fotografía 17. Barra De Canal En El Sector Del Rincón Del Baché.

Fotografía 18. Barras Puntuales Lobatadas En La Sección Media Del Área De Estudio.

Fotografía 19. Terraza Baja Con Niveles De Fanglomerados.

Fotografía 20. Terraza Baja Con Niveles De Conglomerados.

Fotografía 21. Morfología Plana De La Terraza Media Con Cultivos De Arroz.

Fotografía 22. Morfología Del Monoclinal De Cerro Chiquito. Contacto Entre El Miembro Palermo De La Formación Gualanday Y La Formación Guaduala – Miembro San Francisco.

Fotografía 23. Alineamiento Del Cauce Del Río Baché Evidenciando La Presencia De Una Falla Geológica.

Fotografía 24. Cobertura Vegetal Presente En El Área De Estudio

Fotografía 25. Matorral Boscoso De Transición.

Fotografía 26. Zonas Agrícolas Dedicadas Principalmente Al Cultivo De Arroz.

Fotografía 27. Generación De Surcos Y Cárcavas Asociadas A La Terraza Media En El Sector Del Pailón.

Fotografía 28. Estragos Ocasionados En El Municipio De Santa María Por La Avalancha Del 19 De Marzo De 2013.

Fotografía 29. Puente Peatonal Del Pailón Destruído Por Avenida Torrencial Del 27 De Abril Del 2021.

Fotografía 30. Daño En La Estructura Del Puente Las Juntas Que Comunica A La Vereda San Francisco, Ocasionado Por La Avenida Torrencial Del 27 De Abril De 2021.

Fotografía 31. Derrumbe Activo En Puente De Arco Que Podría Generar Represamiento Del Río Baché.

Fotografía 32. Depósito De Material De Desecho De Automóviles Sobre La Vía Palermo - Santa María.

Fotografía 33. Contaminación Sobre El Canal De Riego “El Guamito” Y Canal De Riego “Los Díaz”

Fotografía 34. Explotación Ilegal De Material De Arrastre Sobre El Cauce Del Río.

Fotografía 35. Caída De Bloques En El Escarpe Vertical De La Formación Gualanday.

ANEXO 3 – TABLAS.

Tabla 1. Medición del cauce activo en 3 sectores del área de estudio del proyecto.

Tabla 2. Medición del cauce mayor en 3 sectores del área de estudio del proyecto.

Tabla 3. Medición de la vega de divagación en 3 sectores del área de estudio del proyecto.

Tabla 4. Medición de la vega de inundación en 3 sectores del área de estudio del proyecto.

Tabla 5. Nomenclatura de las unidades del Paleógeno y depósitos recientes y cuaternarios.

Tabla 6. Equivalencia de unidades litoestratigráficas del Maestrichtiano-Paleógeno según varios autores.

Tabla 7. Nomenclatura empleada para el levantamiento de la Columna Estratigráfica

Tabla 8. Clasificación y nomenclatura de erosión aplicada a la Columna Estratigráfica.

Tabla 9. Especies Flora del Municipio de Palermo.

Tabla 10. Listado de Mamíferos representativos reportados en la zona de estudio.

Tabla 11. Listado Avifauna representativa reportado en la zona de estudio.

Tabla 12. Características Agrologicas del Suelo.

ANEXO 4 – GRÁFICOS.

Gráfico 1. Distribución de la precipitación promedio anual Estación Palermo (1976-2020).

Gráfico 2. Registro de temperatura media Estación Palermo (1987-2020).

Gráfico 3. Valores medios multianuales Humedad Relativa Estación Palermo (1987-2020).