



TGI
Grupo Energía Bogotá

AMBIENTAL

**CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE
INFLUENCIA MEDIO ABIÓTICO**

03.2.1. GEOLOGÍA

TABLA DE CONTENIDO

3.	CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE INFLUENCIA.....	1
3.2	Medio Abiótico.....	1
3.2.1	Geología.....	1
3.2.1.1	Geología regional.....	2
3.2.1.1.1	Tectónica de placas en Colombia.....	2
3.2.1.1.2	Estratigrafía regional.....	6
3.2.1.1.2.1	Neis de Chinchiná (Pnch).....	7
3.2.1.1.2.2	Complejo Arquía (Kies -Kach).....	8
	• Esquistos de Palestina-Lisboa- Esquistos cuarzo-sericíticos con grafito (Kies).....	8
	• Anfibolita Saussúrica de Chinchiná (Kach):.....	8
3.2.1.1.2.3	Complejo Quebradagrande – Conjunto volcánico (Kvc).....	9
3.2.1.1.2.4	Pórfido Andesítico Palestina- (Tadp).....	9
3.2.1.1.2.5	Formación Nogales (Kn).....	10
3.2.1.1.2.6	Cenizas y flujos de escombros (Qfl).....	10
3.2.1.1.2.7	Depósitos aluviales recientes (Qal).....	10
3.2.1.1.3	Geología estructural regional.....	10
3.2.1.2	Geología local.....	11
3.2.1.2.1	Estratigrafía local.....	21
3.2.1.2.1.1	Complejo Arquía- Esquistos de Lisboa-Palestina (Kies).....	23
3.2.1.2.1.2	Complejo Quebradagrande (Kvc).....	24
3.2.1.2.1.3	Rocas hipoabisales (Tadp).....	26
3.2.1.2.1.4	Depósito de lahar (Qfl).....	27
3.2.1.2.1.5	Depósitos de plano de inundación (Qpi).....	29
3.2.1.2.1.6	Depósitos Fluvio-lacustres (Qfl).....	30
3.2.1.2.1.7	Depósitos Coluvio-aluviales (Qca).....	30
3.2.1.2.1.8	Depósitos aluviales recientes (Qal).....	31
3.2.1.2.2	Geología estructural local.....	32
3.2.1.2.3	Perfil Geológico.....	35
3.2.2	Amenazas naturales.....	38
3.2.2.1	Sismicidad - Amenaza sísmica.....	38
3.2.2.1.1	Registros históricos sísmicos.....	39
3.2.2.1.2	Aceleración Sísmica- periodo de retorno de 475 años.....	41
3.2.2.1.3	Aceleración sísmica.....	42
3.2.2.2	Amenaza por inundación.....	45
3.2.2.2.1	Resultados amenaza por inundación.....	47
	BIBLIOGRAFÍA.....	49

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. E.S.P	Aprobó: TGI S.A. E.S.P	Código Proyecto	Cap. 3.2.1. Geología	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	I

LISTADO DE FIGURAS

Figura 3-1 Esquema tectónico actual del Norte de los Andes	3
Figura 3-2 Esquema de terrenos geológicos (Palestina- Caldas)	4
Figura 3-3 Esquema de evolución tectónica en el Cretácico	6
Figura 3-4 Geología regional -Plancha 205 SGC	7
Figura 3-5 Localización puntos de estaciones y puntos de control de campo	20
Figura 3-6 Geología local	23
Figura 3-7 Trazo de la falla Piedecuesta	33
Figura 3-8 Trazo de la las fallas en el área de estudio.	35
Figura 3-9 Trazo del perfil geológico en el área de estudio	36
Figura 3-10 Perfil geológico	37
Figura 3-11 Registro histórico de eventos sísmicos (Profundidad Km)	40
Figura 3-12 Registro histórico de eventos sísmicos (Magnitud -MI).....	41
Figura 3-13 Localización del área del proyecto, según mapa Nacional de amenaza sísmica periodo de retorno 475	42
Figura 3-14 Zonas de amenaza sísmica para el área de estudio.	44
Figura 3-15 Localización del área del proyecto - zonificación sísmica.	45
Figura 3-16 Mapa de amenaza por inundación	48

LISTADO DE TABLAS

Tabla 3-1 Estaciones de campo en del área de influencia del proyecto.	13
Tabla 3-2 Áreas y edades de las unidades geológicas locales	22
Tabla 3-3 Relación Aa -Av para Palestina-Caldas.....	43
Tabla 3-4 Relación Aa -Av con amenaza sísmica	43
Tabla 3-5 Grados de susceptibilidad geomorfológica por inundación	47
Tabla 3-6 Niveles de amenaza por inundación	48

LISTADO DE FOTOGRAFÍAS

Fotografía 3-1 Esquistos de Palestina-Lisboa-Complejo Arquía (Kies).....	24
Fotografía 3-2 Complejo Quebradagrande- unidad volcánica (Kvc).....	25
Fotografía 3-3 Rocas Hipoabisales (Tadp)	27
Fotografía 3-4 Depósitos laháricos (Qfl)	28
Fotografía 3-5 Depósito de plano de inundación.	29
Fotografía 3-6 Sedimentación en cuerpo de agua léntico	30
Fotografía 3-7 Depósitos Coluvio-aluviales	31

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. E.S.P	Aprobó: TGI S.A. E.S.P	Código Proyecto	Cap. 3.2.1. Geología	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	II



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



Fotografía 3-8 Depósitos aluviales recientes 32
Fotografía 3-9 Evidencias estructurales 34

LISTADO DE ANEXOS

Anexo H. GEOSFERICO

1. Geología

Anexo 1. Reporte de sismicidad SGC

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. E.S.P	Aprobó: TGI S.A. E.S.P	Código Proyecto	Cap. 3.2.1. Geología	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	III

3. CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE INFLUENCIA

3.2 Medio Abiótico

3.2.1 Geología

En este ítem se presenta el compilado de información geológica del área de influencia del Estudio de Impacto Ambiental de “Modificación de Licencia para la Construcción de la Estación de Compresión de Gas Palestina”, dentro de la cual se encuentra la descripción de las unidades geológicas, relación estratigráfica, evolución tectónica, así como la geología estructural. La información secundaria para la elaboración del presente capítulo se tomó a partir de memorias e inventarios publicados por el Servicio Geológico Colombiano listadas a continuación:

- Geología de la Plancha 205- Chinchiná.
- Memoria Explicativa Mapa Geológico de Colombia Plancha 205.
- Mapa Nacional de Amenaza Sísmica Periodo de Retorno de 475 años, escala 1:1'500.000 (SGC, Servicio Geológico Colombiano, 2018)
- Inventario de sismos de la Red Sismológica Nacional de Colombia (RSNC)

Partiendo de esta información, se realiza la validación con la imagen de Ortofotomosaico, resolución espacial de 5 cm, tomada el 06 de abril de 2024 para el área de influencia. Adicionalmente, se empleó el modelo de elevación digital (DEM) del área de interés, el cual cuenta con una resolución menor a 25 cm por píxel, para ajustar la cartografía geológica que posteriormente fue verificada con puntos de control en campo.

En este capítulo, se desarrollan cada uno de los ítems que constituyen la caracterización geológica dentro del Área de influencia del Proyecto, atendiendo a lo establecido en la Metodología General para la Elaboración y Presentación de Estudios Ambientales (ANLA, Autoridad Nacional de Licencias Ambientales, 2018) y los Términos de referencia HI-TER-1-05 Conducción de fluidos por ductos en el sector de hidrocarburos para Estudios de Impacto Ambiental del entonces Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial – MAVDT (2006).

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. E.S.P	Aprobó: TGI S.A. E.S.P	Código Proyecto PO-CO-2024-008	Cap. 3.2.1. Geología Ver: 01	1
---------------------------------	---------------------------	---------------------------	-----------------------------------	---------------------------------	---

3.2.1.1 Geología regional

En el presente capítulo se describen a grandes rasgos las condiciones litológicas, tectónicas y evolutivas del área de interés.

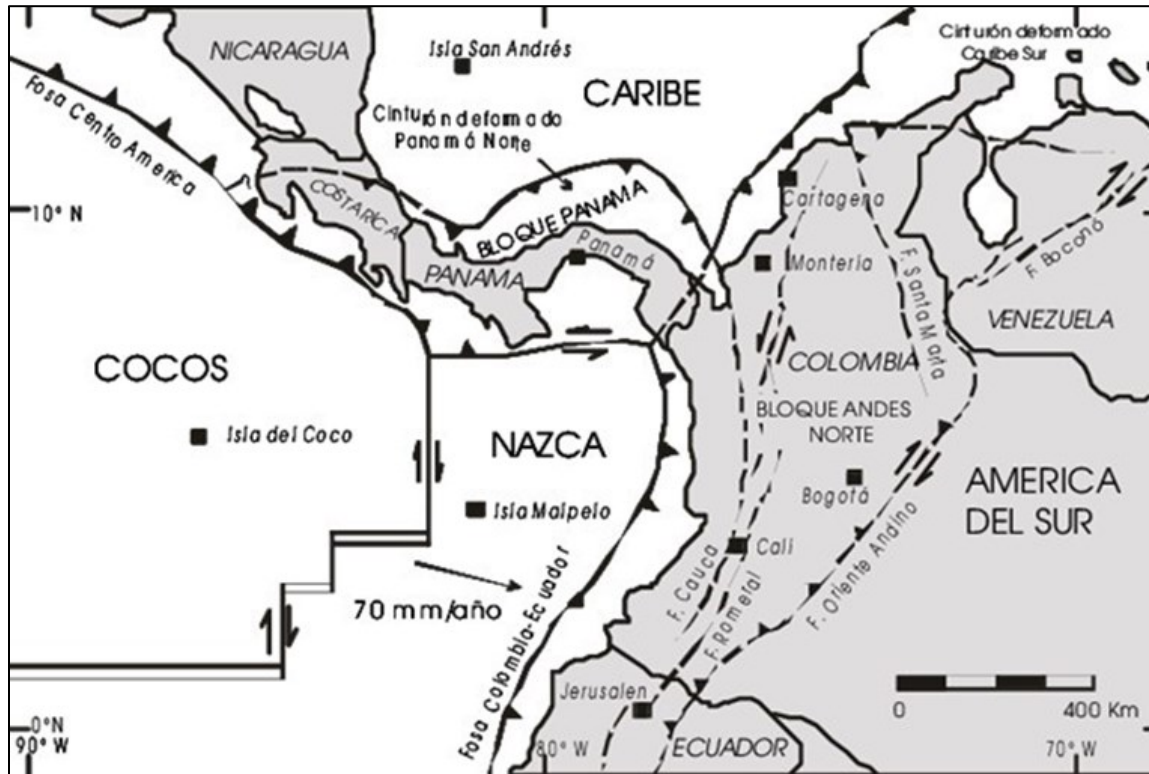
3.2.1.1.1 Tectónica de placas en Colombia.

La tectónica de placas ha sido y es el mecanismo encargado de moldear la geometría de los continentes, creación y destrucción debido al movimiento de la litosfera del planeta. La evolución tectónica para el bloque septentrional de los Andes Colombiano no corresponde a un modelo de convergencia simple entre una placa oceánica y una placa continental; por el contrario, se acepta la hipótesis de Toussaint & Restrepo (1974) quienes plantean que la geología de la zona es el producto de una superposición de múltiples ciclos orogénicos, cada uno con características propias. En consecuencia, se generó la cadena compleja conformada por la acreción de terrenos alóctonos y autóctonos definidos.

Según Velandia et al., (2001), actualmente el régimen tectónico para el bloque sector norte de Suramérica está activo y se relaciona con la subducción de la placa Nazca debajo de la placa suramericana (Figura 3-1) con una tasa de subducción que según múltiples autores varía desde los 54 mm hasta los 70 mm por año.

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. E.S.P	Aprobó: TGI S.A. E.S.P	Código Proyecto	Cap. 3.2.1. Geología	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	2

Figura 3-1 Esquema tectónico actual del Norte de los Andes

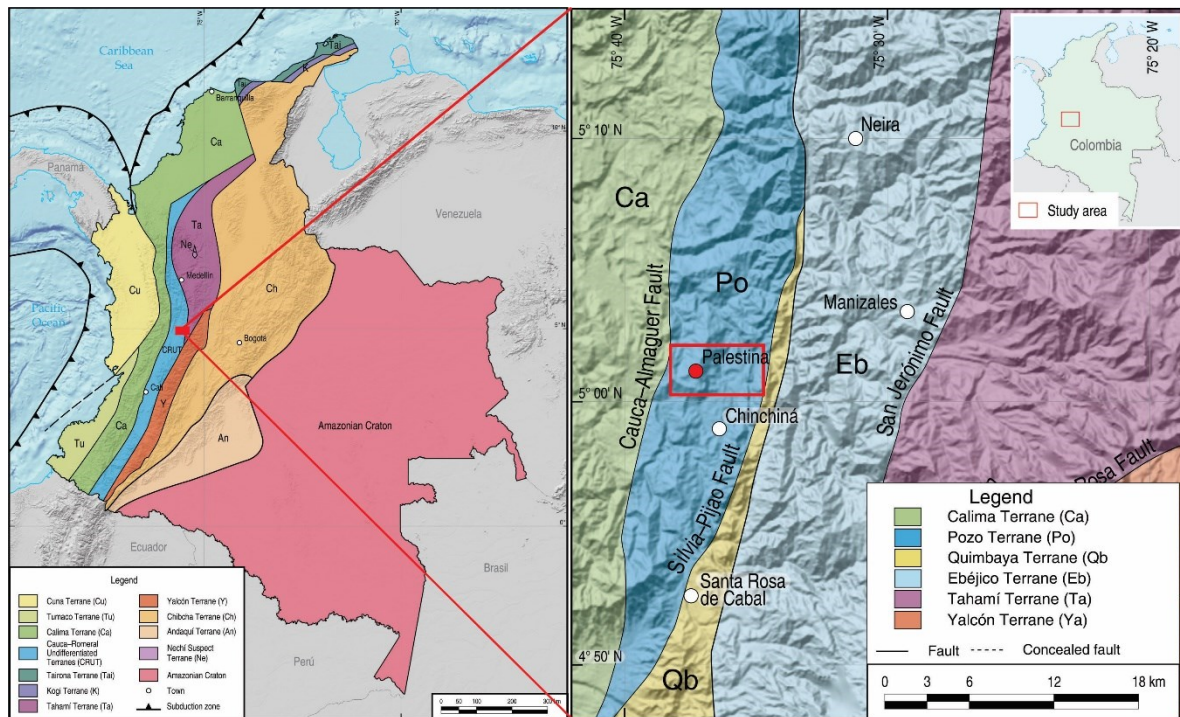


Fuente: Kellogg & Vega (1995) en Velandia et al., (2001).

La región que se asocia a la zona de estudio se encuentra al occidente de la cordillera central en la franja del Sistema de la Falla Cauca-Romeral que está compuesta por microterrenos continentales y oceánicos orientados en sentido N-S (Terrenos: Ebéjico, Pozo, Quimbaya, etc.) cómo se indica en la Figura 3-2. Ahora bien, localmente el municipio de Palestina se ubica sobre el denominado “terreno Pozo” limitado por la falla Silvia Pijao hacia el oriente y la falla Cauca Almaguer hacia el occidente.

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. E.S.P	Aprobó: TGI S.A. E.S.P	Código Proyecto PO-CO-2024-008	Cap. 3.2.1. Geología Ver: 01	3
---------------------------------	---------------------------	---------------------------	-----------------------------------	---------------------------------	---

Figura 3-2 Esquema de terrenos geológicos (Palestina- Caldas)



Fuente: (Toussaint & Restrepo, 2020)

La historia geológica del terreno Pozo, inicia a finales del jurásico y principios del cretácico con el origen de un arco volcánico a partir de un evento de subducción tipo Mariana, entre las características del arco se encontraba la cuenca retro-arco nombrada por Pindell & Kennan (2001) como arco volcánico Amainé mientras que en el trabajo de Arango-Escobar et al., (2021) se denomina como cuenca marginal de Quebradagrande.

La dinámica del arco volcánico consistía en el aporte de materiales volcanoclásticos hacia el sector occidental, mientras que al este de la cuenca (lado continental) permaneció como margen pasivo con la acumulación de sedimentos de cuarzo-arenitas (Pardo Trujillo et al., 2002).

Al final del cretácico temprano dado al aumento de la densidad de la corteza se produjo un cambio en la polaridad del arco (Pindell & Kennan, 2001), paulatinamente a lo largo del cretácico tardío se dio el cierre de la cuenca Quebradagrande, lo cual generó la colisión diagonal de la Placa Caribe y como consecuencia se formó un prisma de acreción formado

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. E.S.P	Aprobó: TGI S.A. E.S.P	Código Proyecto PO-CO-2024-008	Cap. 3.2.1. Geología Ver: 01	4
---------------------------------	---------------------------	---------------------------	-----------------------------------	---------------------------------	---

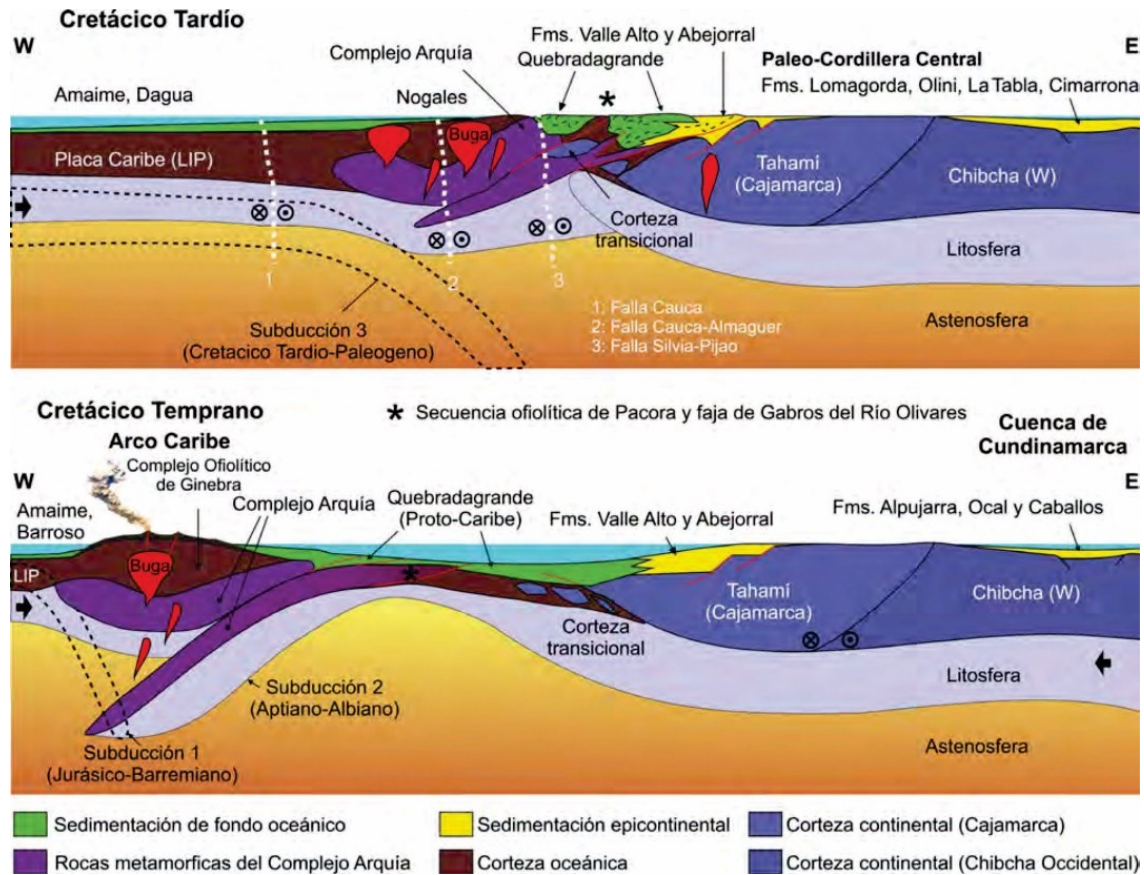
así el Complejo Arquía contra el oeste del Complejo Cajamarca (zona continental) siendo la primera fase de levantamiento de la cordillera Central.

El origen del Complejo Quebradagrande incluye diversas unidades de varían en edades y orígenes que van desde el jurásico tardío hasta finales del cretácico, los procesos de formación se relacionan a sedimentación de la cuenca, rocas resultado de los procesos volcánicos y metamorfismo coetáneos. Por otra parte, el Complejo Arquía se formó por el metamorfismo de rocas del piso oceánico de la cuenca marginal Quebradagrande incluyendo algunos protolitos que se encontraban en el margen transicional del ahora complejo Cajamarca (Arango Escobar et al., 2021). En la Figura 3-3 se describe a través de un esquema la evolución tectónica para el Cretácico en la Cordillera Central.

Posteriormente, dado a que la placa caribe cambia su dirección para que se instaure la nueva zona de subducción entre la placa Nazca sobre la suramericana, se produjo el inicio del proceso de vulcanismo intermedio a vulcanismo ácido a finales del mioceno que ha migrado desde el actual Valle del Cauca hasta posicionarse en la Cordillera Central en la actualidad. Los cuerpos ígneos se relacionan a rocas hipoabisales porfiríticas que se encuentran a lo largo del Valle del río Cauca desde Antioquia hasta el Sur del país y se relacionan con el Sistema de Fallas Romeral; adicionalmente, los procesos volcánicos a lo largo de estas edades han originado los depósitos laháricos, de avalancha de escombros, de cenizas, entre otros en el área de estudio.

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. E.S.P	Aprobó: TGI S.A. E.S.P	Código Proyecto	Cap. 3.2.1. Geología	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	5

Figura 3-3 Esquema de evolución tectónica en el Cretácico



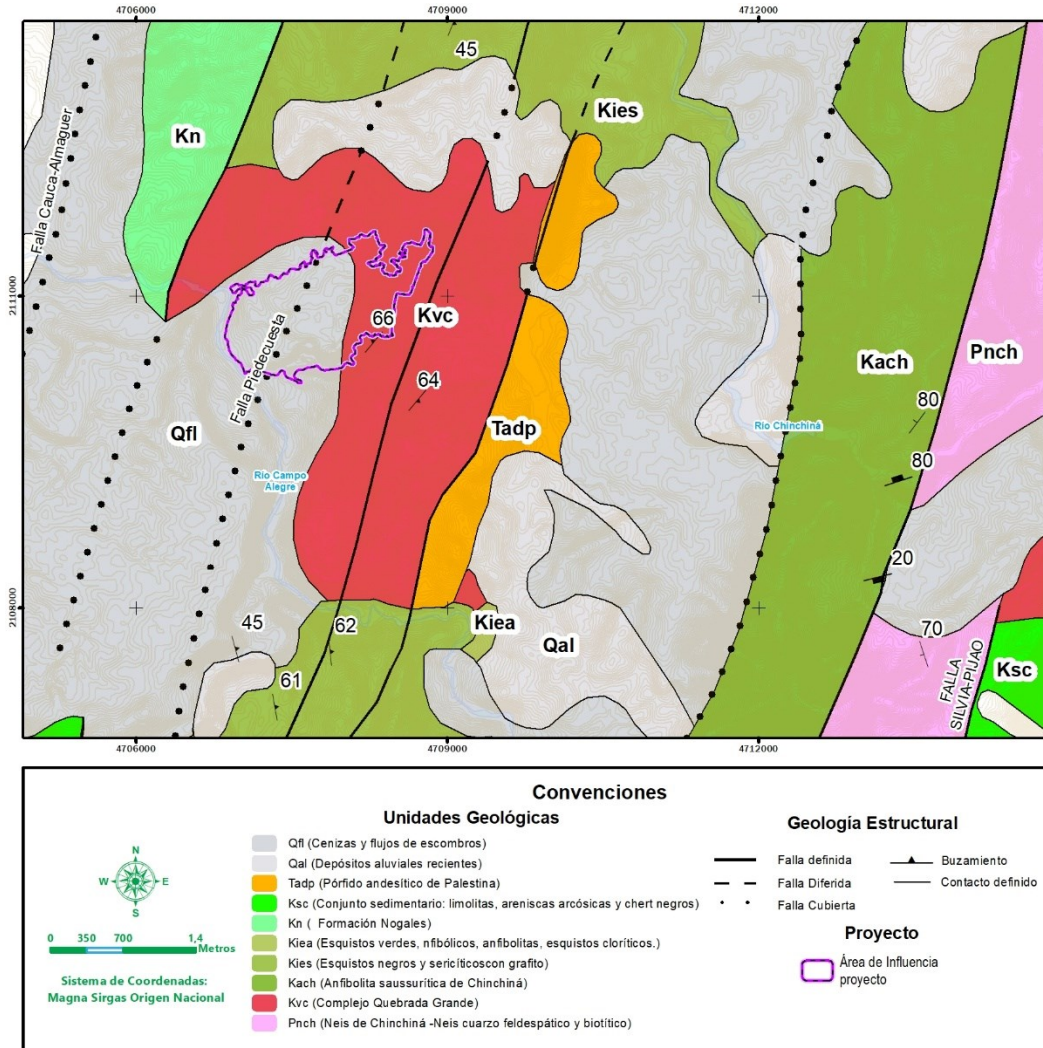
Fuente: Arango Escobar et al., 2021.

3.2.1.1.2 Estratigrafía regional

La estratigrafía regional en el sector de Palestina entre la falla Silvia - Pijao y la falla Cauca Almaguer se constituye por: Neis de Chinchiná (Pnch), Complejo Arquía (Kies-Kiea), Anfibolita Saussurítica de Chinchiná (Kach), Complejo Quebradagrande (Ksc-Kvc), Formación Nogales (Kn), Rocas Hipoabisales Porfíricas (Tadp), además de los depósitos de origen volcánico (Qfl) así como depósitos aluviales (Qal). A continuación, se describe cada complejo y unidades que se muestran en la Figura 3-4.

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. E.S.P	Aprobó: TGI S.A. E.S.P	Código Proyecto	Cap. 3.2.1. Geología	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	6

Figura 3-4 Geología regional -Plancha 205 SGC



Fuente: Estrada et al., 2001.

3.2.1.1.2.1 Neis de Chinchiná (Pnch)

La unidad se distribuye como una franja alargada de 14 km de ancho, localizada al occidente de la falla Silvia- Pijao, en contacto fallado con las Anfíbolitas Saussurítica de Chinchiná (Kach) y el Complejo Quebradagrande (Kvc- Ksc).

El Neis de color leucocrático presenta bandas claras de cuarzo y feldespato; intercaladas con bandas oscuras de biotita y moscovita, además tiene sillimanita y en ocasiones porfidoblastos de andalucita y granate de grano medio a grueso. El protolito de la roca indica

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. E.S.P	Aprobó: TGI S.A. E.S.P	Código Proyecto	Cap. 3.2.1. Geología	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	7

que se formó probablemente a partir de una arenita cuarzo feldespática con matriz arcillosa y la edad se relaciona con el triásico superior con un intervalo comprendido entre 203 y 230 Millones de Años (Ma) según los datos obtenidos por el método Ar-Ar (González, 2010).

3.2.1.1.2.2 Complejo Arquía (Kies -Kach)

Según Maya & Gonzáles (1995), se refiere al conjunto de rocas metamórficas de media a alta presión que se distribuye como una estrecha franja en sentido norte-sur desde el departamento de Antioquia hasta el golfo de Guayaquil Ecuador entre las fallas Silvia-Pijao y la Falla Cauca Almaguer. El complejo heterolítico posee un conjunto de litodérmicas con una disposición estructural complicada; cuyos componentes y edades van desde el paleozoico tardío a cretácico temprano, con protolitos ígneos, metamórficos y sedimentarios.

Para la zona de interés, hacia el extremo suroriental de la plancha 205 de Chinchiná se encuentra la unidad de esquistos de Lisboa y Palestina, el cual incluye rocas como esquistos cuarzo-sericíticos con grafito (Kies) y la unidad de Anfibolita Saussurítica de Chinchiná (Kach).

- Esquistos de Palestina-Lisboa- Esquistos cuarzo-sericíticos con grafito (Kies)

La formación se encuentra en contacto fallado al occidente con Formación Nogales (Kn) y al oriente con Anfibolita Saussurítica de Chinchiná, las fallas que marcan estos contactos corresponden a fallas del sistema de fallas Romeral además la formación se encuentra intruida por diques gabroicos y dioríticos.

Las rocas presentan textura esquistosa generalmente plegadas de color gris oscuro a negro con presencia de grafito y venas de cuarzo lechoso concordantes a la foliación con algunos segmentos de esquistos verdes. Se sugiere que el protolito que formaron las rocas proviene de una secuencia volcánico - sedimentaria.

- Anfibolita Saussurítica de Chinchiná (Kach):

Las rocas afloran al sur occidente de la plancha 205, al occidente del municipio de Chinchiná, se encuentran en contacto fallado con el Neis de Chinchiná y al occidente con los Esquistos de Palestina-Lisboa. Se caracterizan por presentarse de forma masiva y con

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. E.S.P	Aprobó: TGI S.A. E.S.P	Código Proyecto PO-CO-2024-008	Cap. 3.2.1. Geología Ver: 01	8
---------------------------------	---------------------------	---------------------------	-----------------------------------	---------------------------------	---

coloración verdosa o grisácea de grano medio a fino o con bandeamiento por minerales claros y oscuros de aspecto fino con segregación de minerales más gruesos (feldespato y anfíbol). El origen de las rocas probablemente sea metamorfismo de basaltos o gabros.

3.2.1.1.2.3 Complejo Quebradagrande – Conjunto volcánico (Kvc)

El Complejo Quebradagrande regionalmente según Moreno Sánchez et al., (2008) está constituido por una serie de bloques alargados alineados estructuralmente en dirección Norte-Sur la cual cuenta con dos unidades litodérmicas que agrupa: rocas volcánicas y sedimentarias de edad cretácico inferior (Botero & González , 1983). Regionalmente, el complejo limita al occidente con la falla Silvia Pijao en contacto con el Complejo Arquía y hacia el oriente con la falla San Jerónimo en contacto con el complejo Cajamarca.

Considerando las expresiones tectónicas y estructurales en la plancha 205 de Chinchiná para el área de análisis los cuerpos de roca se distribuyen en áreas menores a 2 km² de manera elongada y lo suprayacen depósitos cuaternarios de cenizas y flujos de escombros como también depósitos aluviales recientes (Estrada et al., 2001).

La asociación del basamento se encuentra constituido por lavas almohadilladas, basaltos, andesitas, y tobas mientras que la asociación de rocas sedimentarias marinas constituye una intercalación de conglomerados, paquetes de chert, lodolitas y limonitas grauvacas que reposan discordantemente sobre las rocas volcánicas o se intercalan entre ellas (Rodríguez y Zapata, 2013).

3.2.1.1.2.4 Pórfido Andesítico Palestina- (Tadp)

Según Estrada et al., (2001), la unidad corresponde a dos cuerpos al Norte y Sur de Palestina de composición andesítica que se encuentran en contacto intrusivo con los esquistos de Lisboa-Palestina y en contacto fallado con el Complejo Quebradagrande.

Litológicamente están constituidas por fenocristales de plagioclasa con hornblendas y biotitas con matriz microcristalina. Se originaron hacia el mioceno – plioceno por medio del Sistema de Fallas Romeral el cual sirvió de canal para la migración del magma.

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. E.S.P	Aprobó: TGI S.A. E.S.P	Código Proyecto PO-CO-2024-008	Cap. 3.2.1. Geología Ver: 01	9
---------------------------------	---------------------------	---------------------------	-----------------------------------	---------------------------------	---

3.2.1.1.2.5 Formación Nogales (Kn).

Las rocas sedimentarias que afloran al occidente de la falla Silvia Pijao se caracterizan por presentar cherts, areniscas y conglomerados; según Estrada et al., (2001) las correlaciones cartográficas indican que son cretácicas de edad Albiano-Maastrichtiano.

3.2.1.1.2.6 Cenizas y flujos de escombros (Qfl).

Los depósitos corresponden a la dinámica volcánica de diferentes momentos de erupción del periodo del Neógeno de la formación Irra- Tres Puertas y se caracterizan por presentar arenas tobáceas, flujos aluviales con niveles arenosos, conglomeráticos y lahares que se depositaron de manera discordante rellenando los ejes de los sinclinales.

La unidad presenta un color pardo amarillento con baja consolidación, los niveles conglomeráticos tienen mayor meteorización en las rocas andesíticas (Estrada et al., 2001).

3.2.1.1.2.7 Depósitos aluviales recientes (Qal).

Los depósitos distribuidos en la plancha 205 de Chinchiná, se definen por la agrupación de todos los sedimentos de relleno, terrazas, coluviones y aluviones de los ríos aledaños tales como el Cauca, Risaralda, Chinchiná y de algunos afluentes tributarios.

3.2.1.1.3 Geología estructural regional

En términos generales el área se encuentra condicionada por la interacción de un sistema complejo de fallas, esta dinámica se evidencia por las fases deformativas en las rocas metamórficas, además del diaclasamiento de las geoformas estructurales en el área.

La interacción del sistema de fallas Cauca- Romeral el cual se define como el límite entre la corteza oceánica al occidente y la corteza continental al oriente (Complejo Cajamarca) sirve como sutura para acomodar la deformación sufrida por la placa Suramericana debido a los esfuerzos producidos por el movimiento de las placas Caribe y Nazca.

En la plancha 205 de Chinchiná las fallas subparalelas presentan una dirección de N-S a NE-SW, adicionalmente, existe fallamiento en sentido NW-SE posterior al sistema de fallas

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. E.S.P	Aprobó: TGI S.A. E.S.P	Código Proyecto PO-CO-2024-008	Cap. 3.2.1. Geología Ver: 01	10
---------------------------------	---------------------------	---------------------------	-----------------------------------	---------------------------------	----

Romeral que desplazan los bloques lateralmente hacia la izquierda. Las fallas secundarias se encuentran paralelas a las fallas principales denominadas Falla Silvia- Pijao, Falla Piedecuesta y Falla Cauca Almaguer. A continuación, se describe la dinámica de cada una.

- FALLA SILVIA- PIJAO: Hace relación a la falla que da el contacto entre los Esquistos de Lisboa-Palestina y el Complejo Quebradagrande como también pone en contacto las migmatitas de Chinchiná con el Complejo Quebradagrande. La falla presenta una expresión morfológica con una serie de quiebres donde el trazo de la falla se prolonga.
- FALLA PIEDECUESTA: La falla afecta dinámicamente al Esquisto de Lisboa - Palestina del Complejo Arquía y en las zonas más Norte del área de estudio la falla pone en contacto al Complejo Arquía con la formación Irra -Tres puertas. La traza de esta estructura es continua hasta el río Arma donde se une con la Falla Cauca - Almaguer.
- FALLA-CAUCA ALMAGUER: la falla define el límite occidental de las rocas metamórficas del Complejo Arquía y se interpreta como una sutura del cretácico inferior.

Los lineamientos presentan expresiones sobre la roca metamórfica del complejo Arquía que coincide con la foliación general predominante. Según Arango - Escobar (2021) el clivaje relacionado con este macizo rocoso evidencia los esfuerzos a la tercera fase deformativa (S_{n+2}) lo que indica los movimientos de exhumación que afectaron las rocas del sector; guardando registro de los procesos frágil- dúctil.

3.2.1.2 Geología local

El insumo base para la caracterización geológica en campo lo constituye la información secundaria consultada y la fotointerpretación realizada (ítem 1.1.4.1.1 del ANEXO E. *METODOLOGÍAS*), a partir de las cuales se definieron las posibles rutas y puntos de control o estaciones de campo.

Dicho esto, el levantamiento geológico se realizó durante los días 11 al 14 de abril del 2024 en la vereda La Muleta en el municipio de Palestina. Como resultado de este levantamiento

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. E.S.P	Aprobó: TGI S.A. E.S.P	Código Proyecto PO-CO-2024-008	Cap. 3.2.1. Geología Ver: 01	11
---------------------------------	---------------------------	---------------------------	-----------------------------------	---------------------------------	----


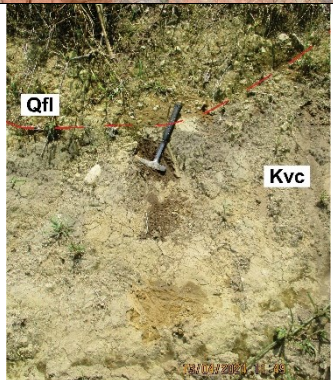
se obtuvieron 10 estaciones de campo y 4 puntos de control. Cabe resaltar que los puntos de control se realizaron en zonas intermedias a estaciones de campo con el fin de corroborar la información.

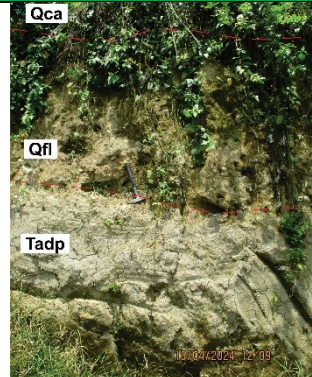

Dada a la escala de trabajo 1:5.000, se caracterizó a mayor detalle los depósitos cuaternarios, los cuales se encuentran contemplados en la geología regional como depósitos aluviales recientes según la Plancha 205 de Chinchiná (Estrada et al., 2001). Por lo tanto, la información recopilada para todas las unidades describe las características composicionales, texturales, granulométricas y estructurales de las unidades geológicas y estructurales identificadas en el área de influencia del proyecto.



En la Tabla 3-1 se registran los puntos de control realizados durante la fase de campo indicando las sus respectivas coordenadas, unidad geológica y registro fotográfico, y Figura 3-5 se presenta su distribución espacial.

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. E.S.P	Aprobó: TGI S.A. E.S.P	Código Proyecto	Cap. 3.2.1. Geología	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	12



Tabla 3-1 Estaciones de campo en del área de influencia del proyecto.



ID	COORDENADAS MAGNA SIRGA ORIGEN ÚNICO		UNIDAD GEOLÓGICA	NOMENCLATURA	FOTOGRAFÍA
	Este	Norte			
DM01	4.708.293,81	2.111.559,88	Complejo Quebrada grande	Kvc	
DM02	4.707.130,047	2.110.636,968	Depósitos de lahar	Qfl	


ID	COORDENADAS MAGNA SIRGA ORIGEN ÚNICO		UNIDAD GEOLÓGICA	NOMENCLATURA	FOTOGRAFÍA
	Este	Norte			
DM03	4.707.115,12	2.110.629,357	Depósitos Coluvio- aluviales	Qca	
DM04	4.707.507,26	2.110.517,54	Complejo Quebradagrande	Kvc	

ID	COORDENADAS MAGNA SIRGA ORIGEN ÚNICO		UNIDAD GEOLÓGICA	NOMENCLATURA	FOTOGRAFÍA
	Este	Norte			
DM05	4.706.936,16	2.110.900,26	Depósitos de Lahar	Qfl	
DM06	4.706.864,04	2.110.595,83	Depósitos de Lahar	Qfl	

ID	COORDENADAS MAGNA SIRGA ORIGEN ÚNICO		UNIDAD GEOLÓGICA	NOMENCLATURA	FOTOGRAFÍA
	Este	Norte			
DM07	4.707.213,26	2.110.279,31	Depósitos de Lahar	Qfl	
DM08	4.707.408,91	2.110.285,16	Complejo Quebradagrande	Kvc	

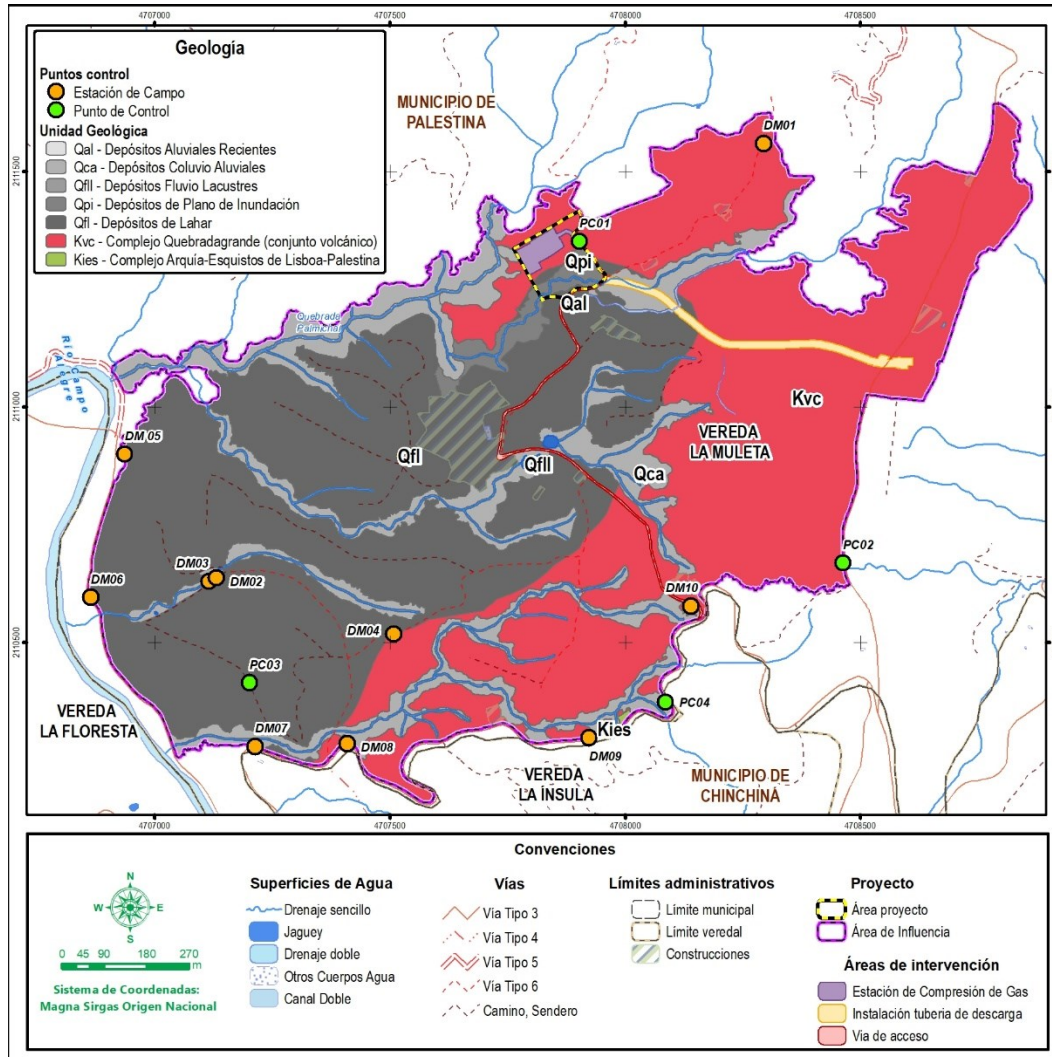
ID	COORDENADAS MAGNA SIRGA ORIGEN ÚNICO		UNIDAD GEOLÓGICA	NOMENCLATURA	FOTOGRAFÍA
	Este	Norte			
DM09	4.707.922,38	2.110.298,24	Complejo Arquía	Kies	
DM10	4.708.073,26	2.110.394,87	Complejo Arquía	Kies	

ID	COORDENADAS MAGNA SIRGA ORIGEN ÚNICO		UNIDAD GEOLÓGICA	NOMENCLATURA	FOTOGRAFÍA
	Este	Norte			
PC01	4.707.902,08	2.111.351,87	Complejo Quebradagrande	Kvc	
PC02	4.708.462,08	2.110.669,29	Complejo Quebradagrande	Kvc	

ID	COORDENADAS MAGNA SIRGA ORIGEN ÚNICO		UNIDAD GEOLÓGICA	NOMENCLATURA	FOTOGRAFÍA
	Este	Norte			
PC03	4.707.201,3	2.110.414,26	Depósitos de Lahar	Qfl	
PC04	4.708.085,83	2.110.372,75	Complejo Arquía	Kies	

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

Figura 3-5 Localización puntos de estaciones y puntos de control de campo



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

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 3.2.1. Geología	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	20

3.2.1.2.1 Estratigrafía local

En el área de influencia del estudio se identificaron ocho (8) unidades litoestratigráficas, algunas de las cuales se relacionan con las unidades identificadas por Estrada et al., (2001) en la plancha 205 de Chinchiná a escala 1:100.000.

El basamento del área de estudio está conformado por el Complejo Arquía (Kies) y el Complejo Quebradagrande, el primero aflora en un área de 0,18 ha representado un 0,11 % del área de influencia del estudio, esta unidad se encuentra en contacto fallado con el Complejo Quebradagrande (Kvc) el cual aflora en un área de 65,72 ha correspondientes con el 41,08 % del área de estudio.

Además, en campo se evidenciaron rocas hipoabisales (Tadp) que intruyen al SW el Complejo Quebradagrande (Kvc), sin embargo, la distribución en superficie de esta unidad en el mapa geológico local no se observa dado que se encuentra cubierta por los depósitos de lahar (Qfl).

Respecto a las unidades geológicas asociadas a los depósitos recientes de edad cuaternaria es importante aclarar que considerando sus características de edad y baja compactación no es posible definir espesor, porosidad y permeabilidad. Entre los depósitos cuaternario, Los Depósitos Laháricos (Qfl) se encuentran cubriendo gran parte del basamento y afloran en un área de 65,98 ha correspondiente con el 41,24 % del área de influencia; presenta contacto discordante y se caracterizan por su baja pendiente interceptada por los afluentes actuales.

En la Tabla 3-2 se presentan las unidades geológicas identificadas en el área de influencia del estudio con sus respectivas áreas y edades, mientras que en la Figura 3-6 se observa el mapa geológico final del área de estudio. A continuación, se describen las unidades en secuencia estratigráfica desde la más antigua a la más reciente.

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 3.2.1. Geología	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	21

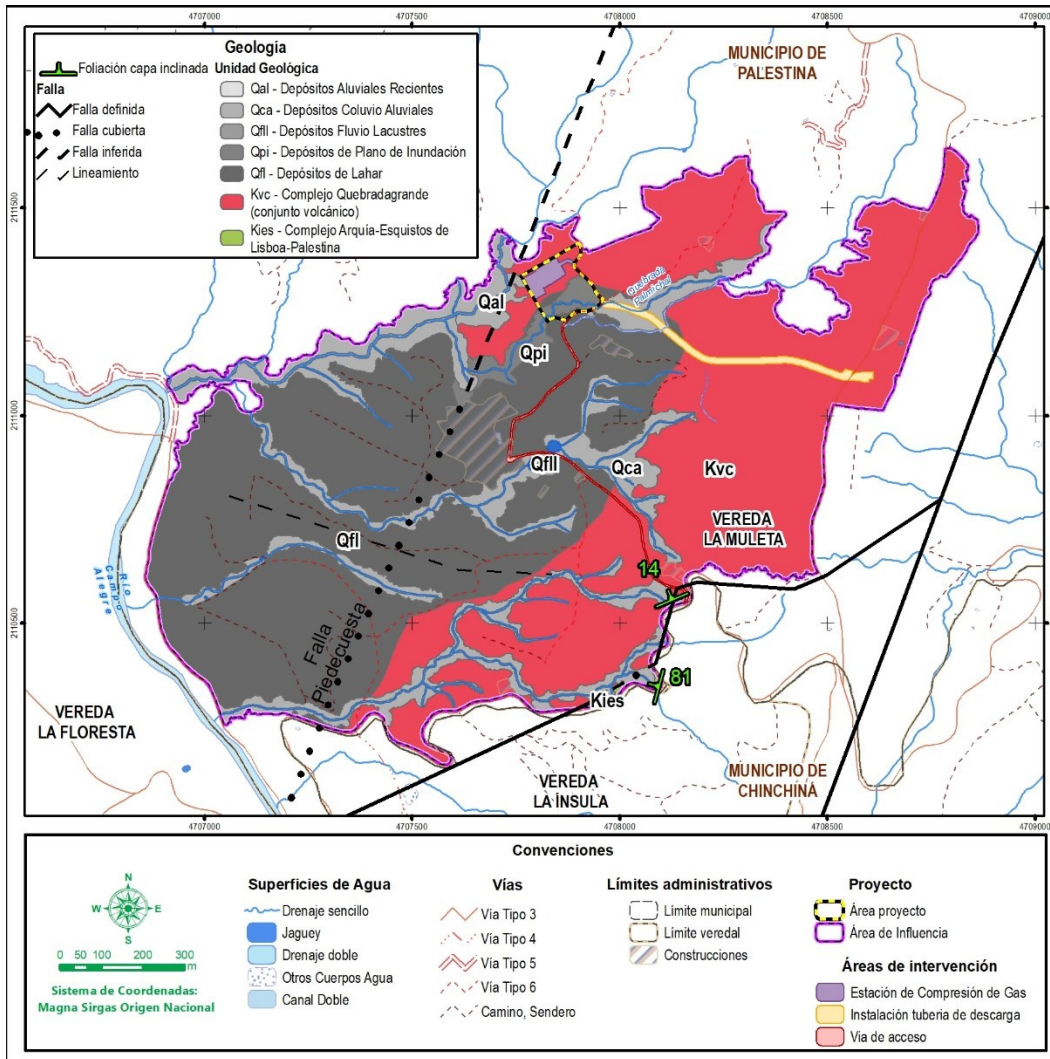
Tabla 3-2 Áreas y edades de las unidades geológicas locales

PERIODO	ÉPOCA	UNIDAD GEOLÓGICA	NOMENCLATURA	DESCRIPCIÓN	ÁREA (Ha)	ÁREA (%)
Cuaternario	Holoceno	Depósitos aluviales recientes	Qal	Depósitos de ríos, recientes sin compactación	4,14	2,59
		Depósitos Coluvio aluviales	Qca	Depósitos recientes con arenas a bloques, se distribuye a lo largo de los afluentes	21,69	13,55
		Depósitos Fluvio-lacustres	Qfl	Depósitos recientes relacionado con cuerpos lenticos antrópicos	0,21	0,13
		Depósitos de plano de inundación	Qpi	Depósitos en zona de acumulación está compuesta por arenas y limos	2,07	1,30
		Depósitos de lahar	Qfl	Depósitos de origen volcánico, matriz soportados.	65,98	41,24
Neógeno	Plioceno-Mioceno	Rocas hipoabisales	Tadp	Roca hipoabisal micro -tonalita, altamente alterada	--	--
Cretácico	Inferior	Complejo Quebradagrande (conjunto volcánico)	Kvc	Unidad básica volcánica de textura porfirítica de grano fino a medio	65,72	41,08
		Complejo Arquía-Esquistos de Lisboa-Palestina	Kies	Esquisto cuarzo-sericitico con crenulación	0,18	0,11
Total					159,99	100,00%

*Nota: Dado a que la unidad de Rocas hipoabisales (Tadp) se encuentra cubierta por los depósitos de lahar (Qfl), no es posible definir la distribución espacial en el mapa geológico.

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

Figura 3-6 Geología local



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

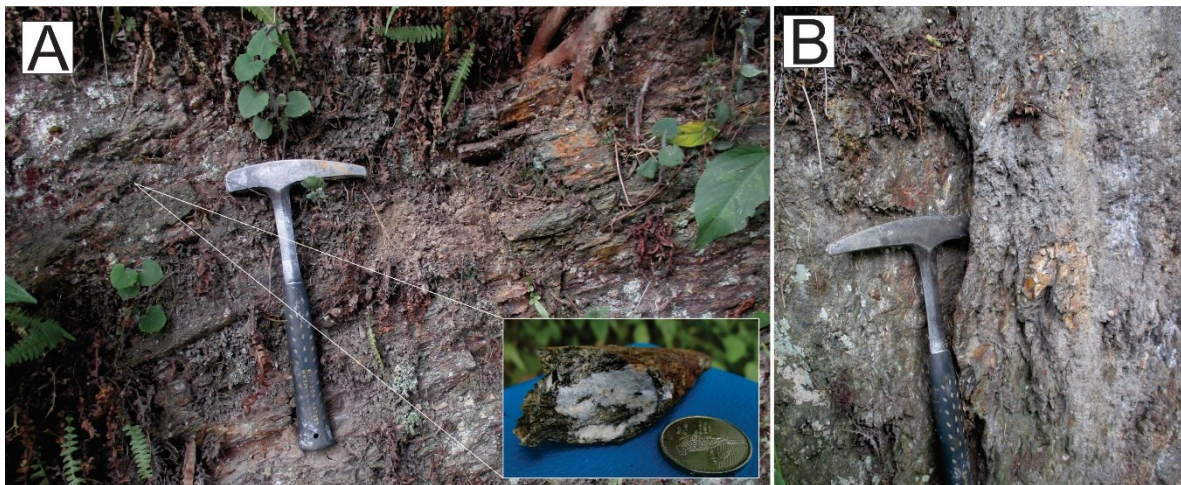
3.2.1.2.1.1 Complejo Arquía- Esquistos de Lisboa-Palestina (Kies)

El complejo Arquía es la roca más antigua que corresponde al basamento; se encuentra hacia el extremo oriental del área de estudio sobre el corte de carretera de la vía Palestina - Marsella, esta sección contiene rocas de tamaño medio correspondientes a esquistos de color gris a negro, algunas con coloración más oscura son untuosas al tacto. Composicionalmente tienen sericita y grafito, además de lentes de cuarzo distribuidos de forma discontinua pero concordantes con la foliación principal (Fotografía 3-1 (A)). Dentro

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 3.2.1. Geología	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	23

de la secuencia se observan zonas con mayor predominancia de grafito y otras con mayor cantidad de lentes de cuarzo los cuales alcanzan un tamaño de 5 cm.

Los esquistos presentan crenulación como consecuencia de la variedad de fases deformativas por las que ha pasado la roca; la foliación principal es de N67E/ 14NW y N15E/81NW. Durante los recorridos en campo fue posible evidenciar que esta unidad se encuentra en contacto fallado con el Complejo Quebradagrande (Fotografía 3-1 (B)) por el cambio textural en la esquistosidad y los cambios en el grado de fracturamiento, ya que en la zona de contacto la roca se comporta con mayor fragilidad y menos coherencia. Según las características estratigráficas, la edad corresponde al cretácico inferior según las dataciones de Restrepo & Toussaint (1980).



Fotografía 3-1 Esquistos de Palestina-Lisboa-Complejo Arquía (Kies).

E: 4.707.922,37, N:2.110.298,26.- (B) E: 4.708.085,83, N:2.110.372,75

Nota: (A) Esquistos Cuarzo-sericítico con lentes de cuarzo de 6 cm. (B) Esquisto altamente fracturado, fácilmente disgregable con matriz menor al 15%.

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

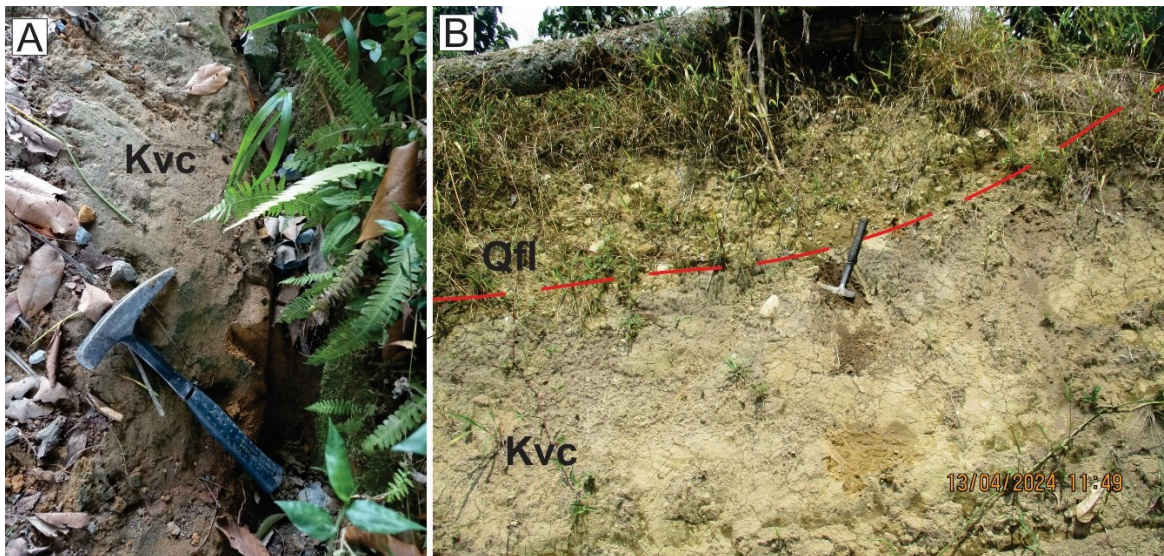
3.2.1.2.1.2 Complejo Quebradagrande (Kvc)

Este complejo es mayoritariamente el basamento del área de estudio, se encuentra en contacto fallado con el complejo Arquía y está cubierto discordantemente por Depósitos Cuaternarios. Aflora hacia el sector N y NE de la zona de estudio, representando un área de 65,72 ha que corresponde al 41,08 % del área de influencia.

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 3.2.1. Geología	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	24

La unidad carece de afloramientos tipo, sin embargo, las descripciones se realizaron a partir de las rocas con meteorización tipo III a IV encontrada en el área del proyecto, esta clasificación de meteorización (clasificación ISRM) se refiere a rocas en las que menos de la mitad de esta esta desintegrada a suelo (Fotografía 3-2). El afloramiento de la unidad presenta coloración amarillenta a marrón de forma masiva, con bajo diaclasamiento, con la estructura de fábrica y mineralógicamente compuesta por piroxenos, anfíboles y plagioclasa de tamaño medio a fino. A partir de lo anterior se puede definir que la roca hace parte del conjunto volcánico, aunque se encuentra bastante degradada debido a la alteración de los minerales, posiblemente corresponde con un basalto.

Las correlaciones de campo concuerdan con las edades cretácico inferior (Arango-Escobar et al., 2021) y posiblemente su formación sea más joven que los esquistos cuarzo-sericiticos (Kies).



Fotografía 3-2 Complejo Quebradagrande- unidad volcánica (Kvc)

(A) E: 4.707.507,26, N: 2.110.517,54 - (B) E: 4.707.130,047, N:2.110.636,968

Nota: (A) Afloramiento en carretera. Roca masiva con III grado de meteorización. (B) Roca altamente meteorizada cubierta por depósitos laháricos.

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

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 3.2.1. Geología	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	25

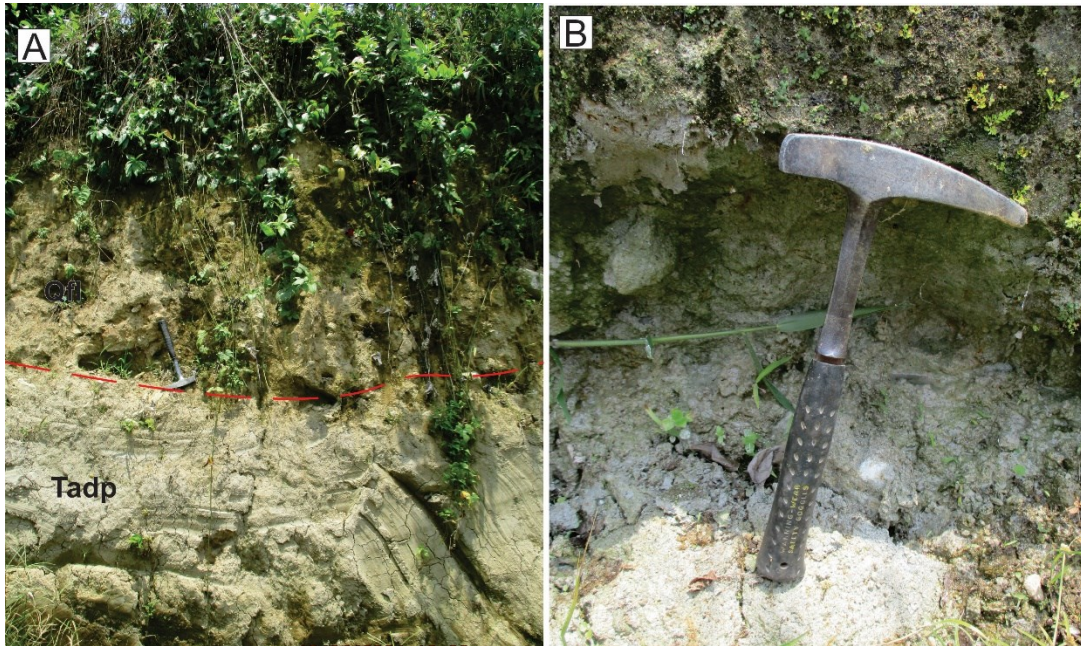
3.2.1.2.1.3 Rocas hipoabisales (Tadp)

La unidad se localiza hacia el SW de la zona de estudio, intruye al complejo Quebradagrande y está cubierta por los depósitos cuaternarios. Los afloramientos se encuentran en cortes de carreteras secundarias y terciarias dentro del área de influencia del estudio (Fotografía 3-3 (A)). La intrusión posiblemente se relacione con las discontinuidades proporcionadas por las fallas secundarias que se ubican en el sector.

La roca porfirítica se encuentra altamente meteorizada y con textura saprolitizada (Fotografía 3-3 (B)), presenta fenocristales de cuarzo (Qz), Plagioclasa (Plag) y anfíboles (Anf) de grano medio, además, la masa fundamental es microcristalina de color gris relacionada posiblemente con la alteración de plagioclasas a minerales arcillosos. A partir de la composición mineralógica se define la roca como micro-tonalita.

Aunque este cuerpo intrusivo no se encuentra cartografiado en la plancha regional se relaciona al Pórfido andesítico de Palestina, originados por la incidencia de las fallas del sistema Romeral, por lo tanto, la edad se asocia según lo descrito por (Estrada et al., 2001), entre el Plioceno- Mioceno.

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto PO-CO-2024-008	Cap. 3.2.1. Geología Ver: 01	26
---------------------------------	-------------------------	-------------------------	-----------------------------------	---------------------------------	----



Fotografía 3-3 Rocas Hipoabisales (Tadp)

(A-B) N: 4.707.115,12 E: 2.110.629,357

Nota: (A) Afloramiento de Tadp cubierto por Depósitos Coluvio-aluviales - (B) Roca saprolitizada con alteración de plagioclasas a minerales arcillosos.

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

3.2.1.2.1.4 Depósito de lahar (Qfl).

El depósito se relaciona a la unidad cartográfica de cenizas y avalancha de escombros descritas por (Estrada et al., 2001). Aflora en 65,98 ha correspondientes con el 41,24 % del área de influencia del estudio.

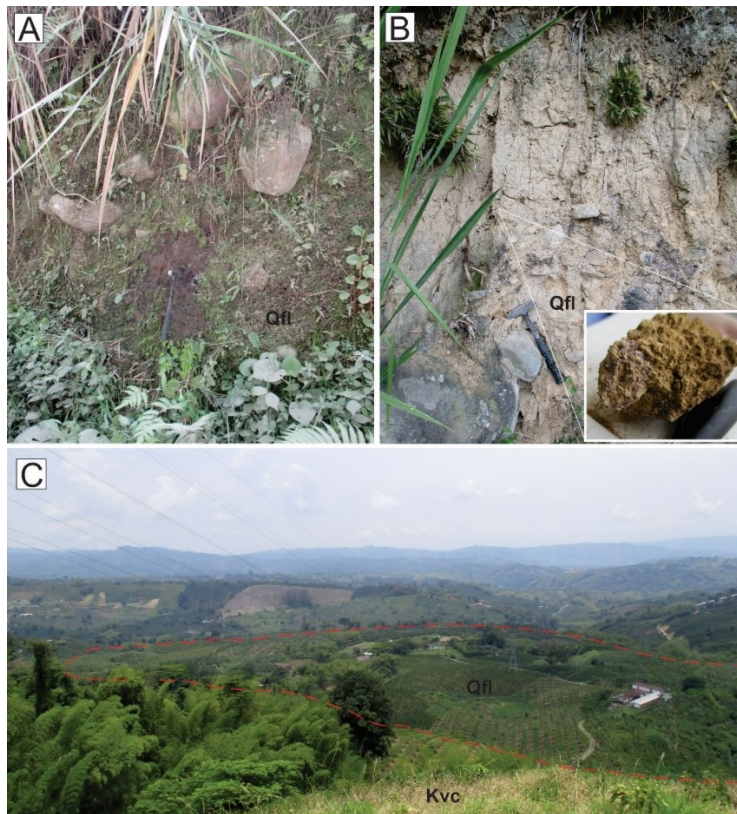
A grandes rasgos, la unidad corresponde con las áreas de menor pendiente (Fotografía 3-4 (C)) ya que cubren de forma discordante el Complejo Quebradagrande (Kvc) y las rocas hipoabisales (Tadp). Además, por la topografía y las características composicionales encontradas se infiere que esta unidad está compuesta por capas de lahares de varios eventos, los espesores aparentes varían de 5 a 10 m en zonas de corte de carretera.

Generalmente se encuentra matriz soportados, aunque con algunas variaciones en tamaño de los clastos a lo largo del área de estudio. Hacia la zona sur se encuentran depósitos epiclásicos de tamaño hasta bloque con alta esfericidad y baja angularidad, exceptuando

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto PO-CO-2024-008	Cap. 3.2.1. Geología Ver: 01	27
---------------------------------	-------------------------	-------------------------	-----------------------------------	---------------------------------	----

las rocas de origen metamórfico las cuales se encuentran como fragmentos angulosos (Fotografía 3-4(A)). Sin embargo, hacia las zonas más altas (Fotografía 3-4 (B)) los depósitos se encuentran con clastos de tamaño lapilli medio a bloque fino con matriz de ceniza extremadamente fina de color amarillento y fragmentos de pómez relacionados a eventos con mayor contenido de agua y posiblemente fases finales diluidas. Estos depósitos se clasifican como lahar diluido cohesivo según la clasificación de Murcia (2013).

Aunque los depósitos no se encuentran datados a detalle se infiere que son el resultado del vulcanismo de la cordillera central para edades de pleistoceno superior -holoceno definido por INGEOMINAS (1984).



Fotografía 3-4 Depósitos laháricos (Qfl)

(A) E: 4.706.864,04, N: 2.110.595,83 - (B) E: 4.707.213,26, N: 2.110.279,31

(C) E: 4.708.480,18, N: 2.111.102,461

Nota: (A) Depósito en corte de carretera. Matriz soportada con clastos hasta 1,5m. (B) Depósito matriz soportado con presencia pómez (C) Panorámica de los depósitos laháricos, geomorfología de terraza

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

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 3.2.1. Geología	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	28

3.2.1.2.1.5 Depósitos de plano de inundación (Qpi)

Se localiza hacia la zona norte del área de influencia en cercanía a los límites del polígono del proyecto, posee una extensión de 2,07 ha la cual representa el 1,30 % del total de la superficie de estudio. Esta unidad se caracteriza por ser una zona con pendiente casi plana la cual sirve como una zona de acumulación de aguas y sedimentos que llegan de la parte norte del área durante la temporada de lluvias.

Su origen posiblemente es consecuencia de la depositación más distal del lahar lo que concuerda con las propiedades de una granulometría más fina y un transporte con mayor cantidad de agua propiciado por la geoforma. Actualmente la zona es mantenida por la sedimentación de los afluentes y se dispone suprayacendo de manera discordante los depósitos de lahar.

La unidad (Fotografía 3-5) de edad cuaternaria reciente está compuesta por sedimentos de tamaño fino, a medio con baja cohesión, baja compactación y alta proporción de materia orgánica. Algunas zonas presentan capas depositadas con clastos más gruesos a causa de torrencialidad. Los espesores del depósito no superan los 2 m.



Fotografía 3-5 Depósito de plano de inundación.

E: 4.707.911,715; N: 2.111.336,733

Nota: Depósito de plano de inundación originados por sedimentación de baja energía

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

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 3.2.1. Geología	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	29

3.2.1.2.1.6 Depósitos Fluvio-lacustres (Qfl)

Se localiza hacia el centro de la zona de estudio, presenta un área de 0,21 ha que corresponde con el 0,13 % del área de influencia del estudio. La unidad se relaciona a los depósitos de los cuerpos de agua lénticos (jagueyes) y está compuesta por sedimentos medios y finos con baja compacidad con espesores que no superan los 5 m (Fotografía 3-6). Esta unidad se encuentra suprayacendo discordantemente a los depósitos de lahar y la edad de depositación es reciente.



Fotografía 3-6 Sedimentación en cuerpo de agua léntico

E: 4.707.804,297, N: 2.110.902,118

Nota: Depósitos Fluvio-lacustres originados por sedimentación en suspensión.

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

3.2.1.2.1.7 Depósitos Coluvio-aluviales (Qca)

Se encuentran bordeando los afluentes de la zona de estudio, cubre 21,69 ha correspondiente con el 13,55 % del total del área de influencia del estudio. Estos depósitos cuaternarios- recientes están asociados a las zonas con mayor pendiente en riveras de los cuerpos de agua, tienen muy baja compacidad y están compuestos por arenas y clastos de tamaño hasta bloque (hasta 2 m) subesféricos a subangulares con redondez moderada. Aunque los clastos provenientes del Complejo Arquía son subangulares, con baja esfericidad. El depósito es indicativo de eventos de torrencialidad (Fotografía 3-7).

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 3.2.1. Geología	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	30

La unidad no presenta espesores constantes dado a que no están compactados, y se encuentran en relación directa con los depósitos aluviales recientes y de manera discordante con los depósitos de lahar.



Fotografía 3-7 Depósitos Coluvio-aluviales

E: 4.707.037,029; N: 2.110.285,743

Nota: Depósito de plano de inundación originados por sedimentación de baja energía

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

3.2.1.2.1.8 Depósitos aluviales recientes (Qal)

El depósito se relaciona a los cauces de los cuerpos de agua lóticos que disectan la zona de interés los cuales suprayacen los depósitos de lahar y el Complejo Quebradagrande. Ocupan 4,14 ha correspondientes al 2,59 % del área de influencia del estudio. Principalmente se componen en sedimentos sueltos con baja compactación y tamaños generalmente finos con clastos pertenecientes a las unidades geológicas rodadas presentes en el sector (Fotografía 3-8).

El transporte y depositación es constante actualmente, por lo cual se sigue formando esta unidad y en consecuencia no es posible determinar un espesor dado a sus cualidades de baja compactación.

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 3.2.1. Geología	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	31



Fotografía 3-8 Depósitos aluviales recientes

E: 4.707.042,744; N: 2.110.280,45

Nota: Depósito de plano de inundación originados por sedimentación de baja energía

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

3.2.1.2.2 Geología estructural local

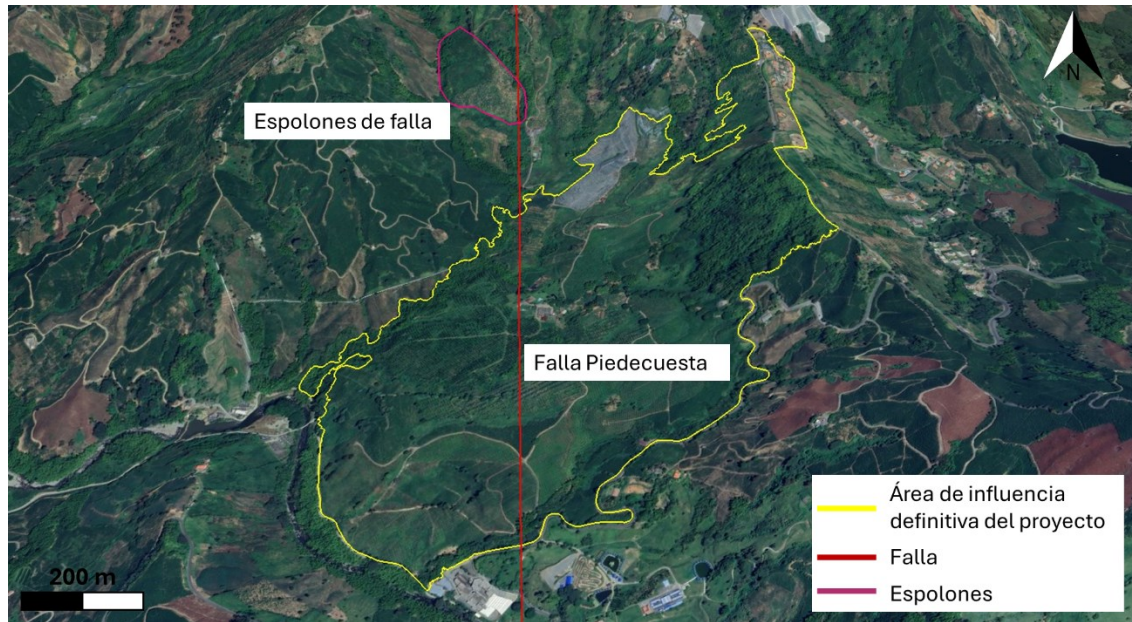
En la zona de estudio existe el trazo de varias fallas asociadas a la dinámica del Sistema de Fallas Romeral como lo indica la Figura 3-8.

La falla Piedecuesta es el trazo principal y tiene un rumbo en sentido N-S; la actividad de esta falla ha llevado al modelamiento de la topografía, este, se puede evidenciar en la vereda La Muleta con geformas tales como espolones y silletas de falla, tal como lo indica la Figura 3-7.

La falla Piedecuesta afecta el Complejo Quebradagrande y hacia la zona norte, en periferias del área de estudio, pone en contacto El Complejo Arquía y el Complejo Quebradagrande tal como se observa en la Figura 3-4 Geología regional -Plancha 205 SGC. Cabe resaltar, que en el área de influencia del estudio no fue posible identificar evidencias claras de esta dado que la mayor parte de la zona se encuentra cubierta por los depósitos de lahares, los cuales al ser depósitos poco consolidados no dan evidencia de la actividad estructural de la falla.

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 3.2.1. Geología	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	32

Figura 3-7 Trazo de la falla Piedecuesta



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

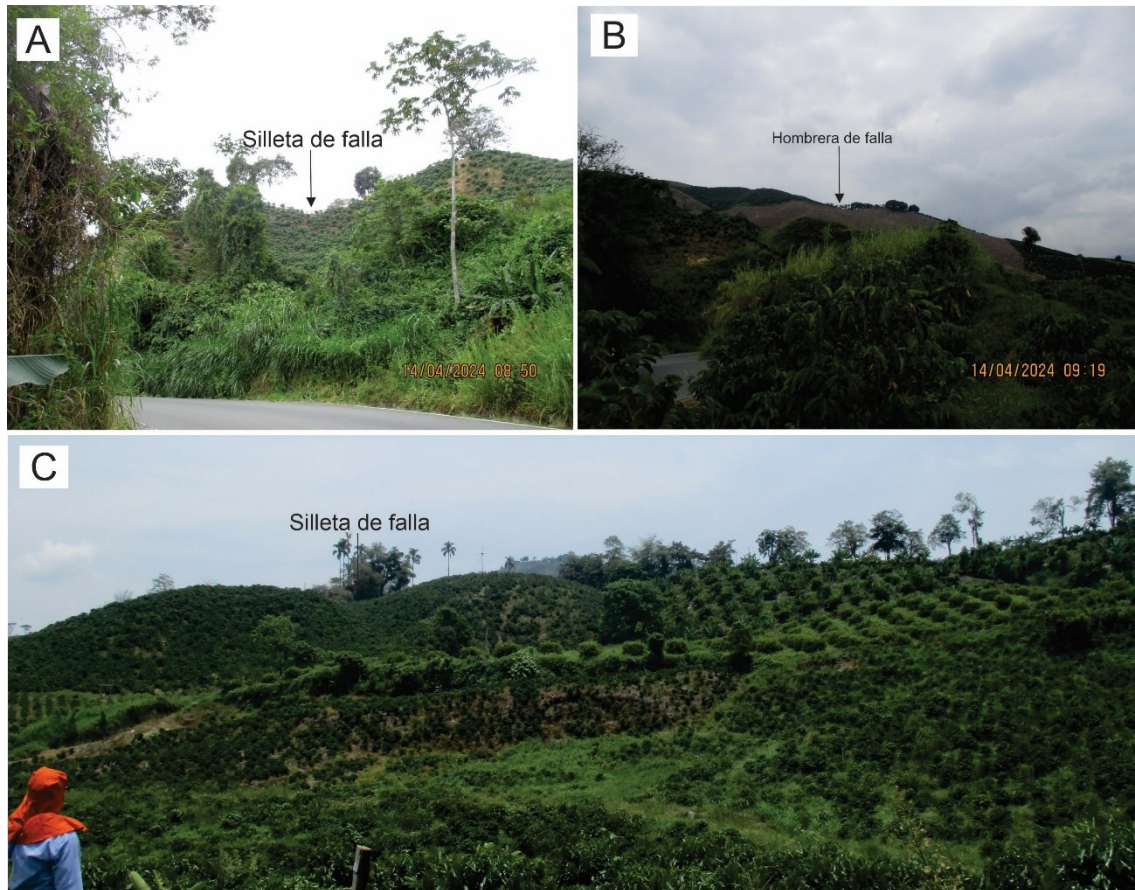
Adicionalmente, se identificó una falla que pone en contacto el Complejo Quebradagrande con el Complejo Arquía hacia la parte oriental de la zona de estudio. La falla tiene un rumbo NE – SW y las evidencias que llevaron a su delimitación se relacionan con cambios texturales de los esquistos, el contacto entre unidades y rasgos geomorfológicos (Fotografía 3-9 (A-B)).

Los cambios reológicos de los esquistos caracterizados a lo largo de la vía Palestina-Marsella se relacionan con cambios texturales. Generalmente la roca fresca presenta una calidad buena o clase R4-R3, según el rango ISRM - International Society for Rock Mechanics (1981) dado a que se requiere más de un golpe para fracturarla. Mientras que en la zona más cercana a la falla la calidad de la roca disminuye a R1 y R2 esto evidenciado por la trituración en fragmentos de tamaño 5 a 10 cm en una harina de falla gruesa (Ver Fotografía 3-1 - Imagen B).

Las evidencias geomorfológicas de la falla identificada en campo se muestran en la Fotografía 3-9, en la fotografía (A) se observa la silleta de falla con cimas angostas y lomas cortas y en la fotografía (B) se observa una hombrera de falla con laderas largas.

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto PO-CO-2024-008	Cap. 3.2.1. Geología Ver: 01	33
---------------------------------	-------------------------	-------------------------	-----------------------------------	---------------------------------	----

Por último, adicionalmente, se observaron evidencias de un lineamiento perpendicular en la zona de estudio, este posiblemente se asocia a la falla identificada en campo. El plano de debilidad generado por este lineamiento junto a la falla Piedecuesta pudo facilitar la intrusión de las rocas hipoabisales (Tadp) encontradas en el área (Fotografía 3-9 (C)).



Fotografía 3-9 Evidencias estructurales.

(A) E: 4.707.962,113, N: 2.110.306,811 - (B) E: 4.708.086,35, N: 2.110.368,32-

(C) E: 4.707.170,95, N: 2.110.488,24

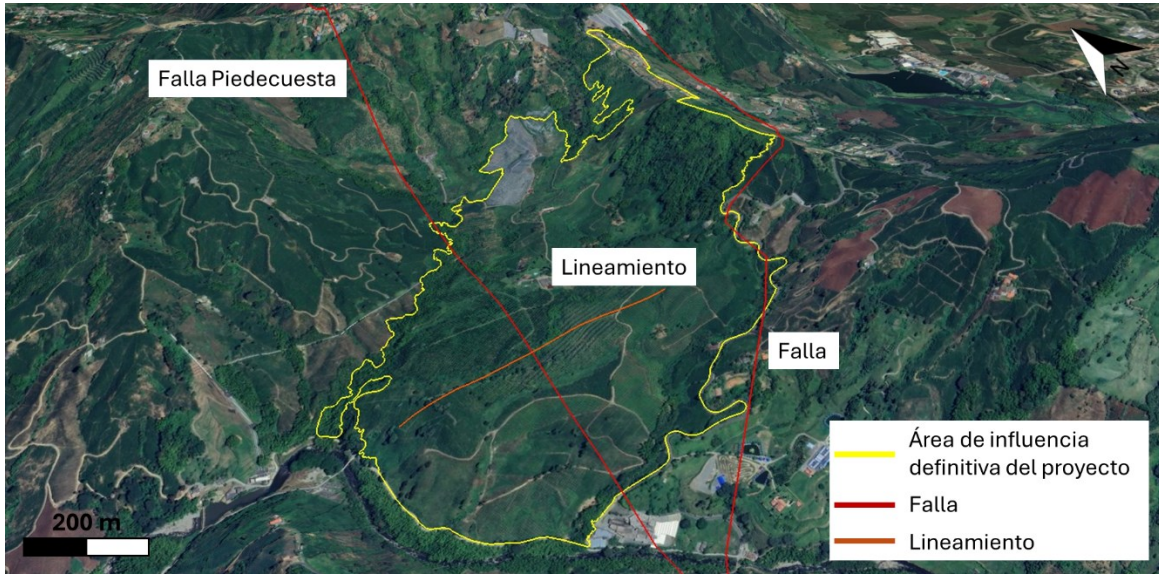
Nota: (A) Silleta de falla. (B) Hombreira de falla (C) Panorámica depósitos laháricos con una silleta de falla.

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

En la Figura 3-8 se presenta la localización de las estructuras geológicas identificadas en el área de estudio respecto a la topografía de esta.

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 3.2.1. Geología	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	34

Figura 3-8 Trazo de las fallas en el área de estudio.



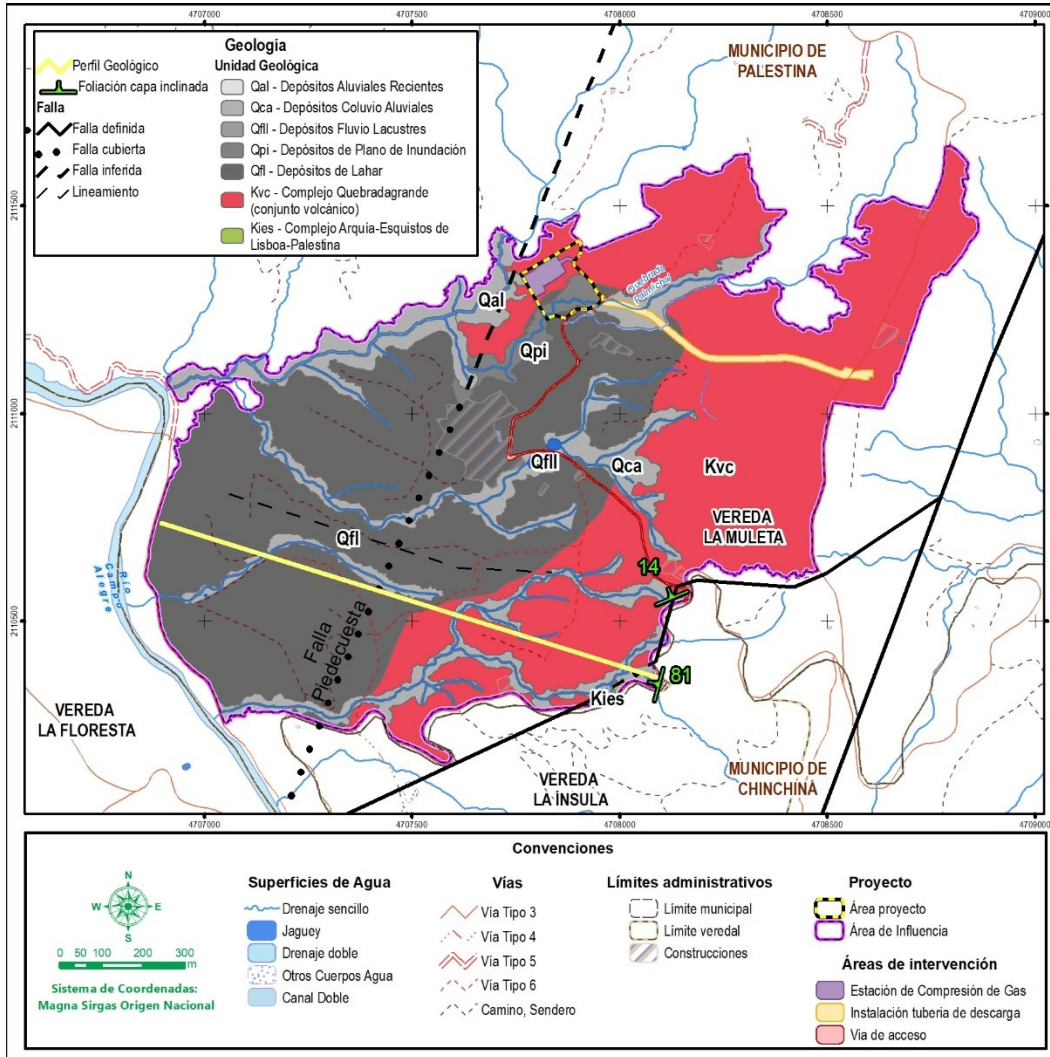
Fuente: CONSGA BIC S.A.S., 2024

3.2.1.2.3 Perfil Geológico

Con el fin de entender la dinámica geológica en el área de estudio, se realizó el perfil geológico presentado en la Figura 3-9, este, atraviesa el área de influencia del estudio de occidente a oriente, pasando por el Complejo Quebradagrande, Depósitos de Lahar, Complejo Arquía, Depósitos Cuaternarios y las fallas de la zona de estudio. En la Figura 3-10 se muestra el perfil indicado.

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 3.2.1. Geología	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	35

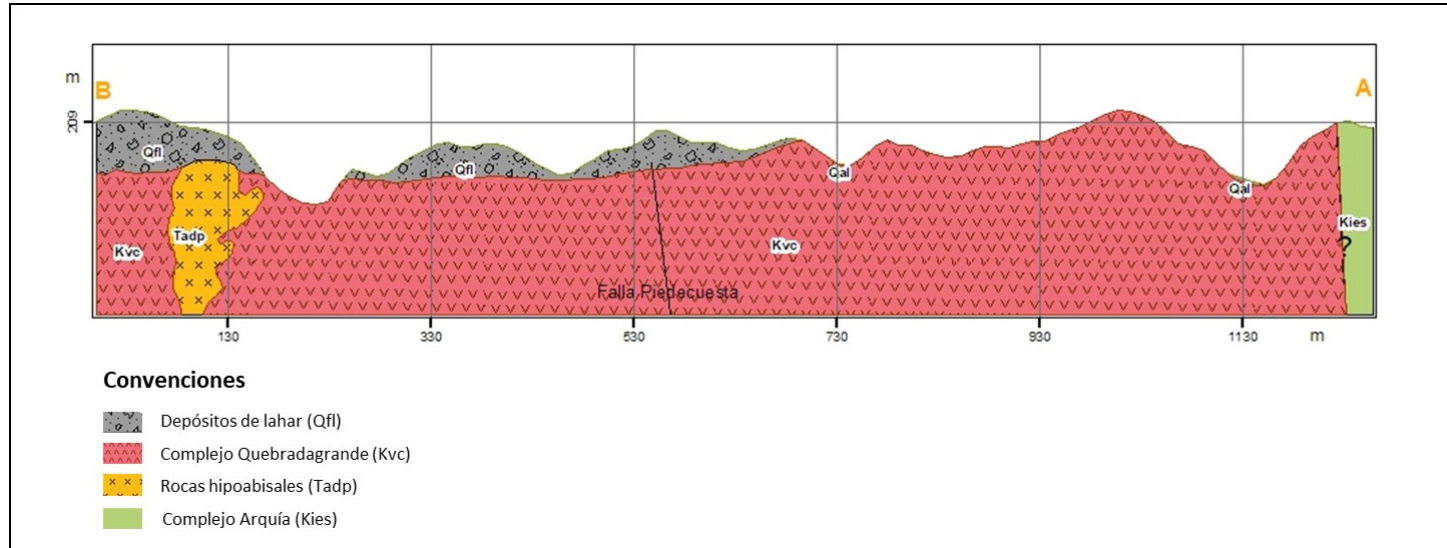
Figura 3-9 Trazo del perfil geológico en el área de estudio



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

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 3.2.1. Geología	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	36

Figura 3-10 Perfil geológico



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

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 3.2.1. Geología
			PO-CO-2024-008	Ver: 01 37

3.2.2 Amenazas naturales

De acuerdo con lo establecido por La Estrategia Internacional de Reducción de Desastres - EIRD (2004), las amenazas naturales corresponden a procesos o fenómenos naturales que tienen lugar en la biosfera que pueden resultar en un evento perjudicial y causar la muerte o lesiones, daños materiales, interrupción de la actividad social y económica o degradación ambiental.

Las amenazas naturales se pueden clasificar por origen en: geológicas, hidrometeorológicas o biológicas. Por ende, las amenazas geológicas se relacionan con los procesos o fenómenos naturales terrestres.

Con el fin de identificar las diferentes amenazas naturales presentes en el área de influencia del proyecto, en el presente capítulo se realiza un análisis de amenaza por sismicidad e inundación; mientras que la amenaza por fenómenos de remoción en masa se encuentra en detalle en del *Capítulo 03.2.2ABIOT(GEOM)*, el numeral *3.2.2.3.1 Procesos de remoción en masa* del presente Estudio de Impacto Ambiental.

3.2.2.1 Sismicidad - Amenaza sísmica

La amenaza sísmica se define usualmente en términos de la probabilidad de excedencia, sin embargo, también se puede definir de manera determinística para una fuente sísmica particular, el valor de la amenaza será función principalmente del ambiente sismotectónico de la zona y las condiciones locales de los suelos (IDIGER, 2018).

El alcance previsto en este estudio se enfoca en la identificación de sismos en la Red Sismológica Nacional de Colombia (RSNC) localizados dentro de un búfer de 25 km alrededor del Área de influencia del proyecto. También se identifica la zona de amenaza sísmica definida por el Servicio Geológico en el Mapa Nacional de Amenaza Sísmica Periodo de Retorno de 475 años del SGC (2018) y finalmente la determinación de la zona sísmica junto a la aceleración sísmica local, definida por el Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente (NSR-2010) establecido por la Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica (2010).

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto PO-CO-2024-008	Cap. 3.2.1. Geología Ver: 01	38
---------------------------------	-------------------------	-------------------------	-----------------------------------	---------------------------------	----

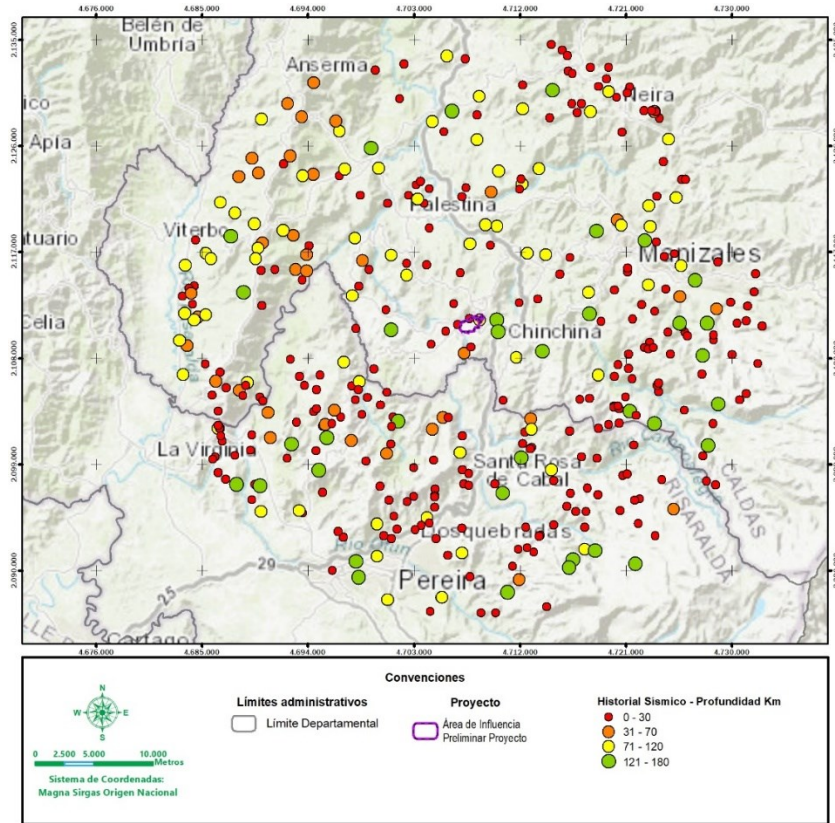
3.2.2.1.1 Registros históricos sísmicos

La información histórica de sismos reportados en el búfer de 25 km alrededor del Área de Influencia del proyecto, tomada de la Red Sismológica Nacional y detallada en la carpeta *Anexos\H. GEOSFERICO\1. Geología\ Anexo 1. Reporte de sismicidad SGC.xls.*, se muestra la ocurrencia de 392 eventos sísmicos ubicados dentro del búfer, reportados desde septiembre de 1993 hasta mayo del 2024, con un promedio de ocurrencia de 12,6 eventos al año. La magnitud máxima registrada fue de 6,5 (MI) en Risaralda-Caldas el 19/08/1995 a una profundidad de 120,9 Km, mientras que el evento más reciente se registró el 23/04/2018, en la ciudad de Manizales con una magnitud de 5,5 (MI) y una profundidad de 117,24Km.

Los datos sismológicos se espacializaron en las Figura 3-11 y Figura 3-12 en relación con la profundidad y magnitud respectivamente.

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto PO-CO-2024-008	Cap. 3.2.1. Geología Ver: 01	39
---------------------------------	-------------------------	-------------------------	-----------------------------------	---------------------------------	----

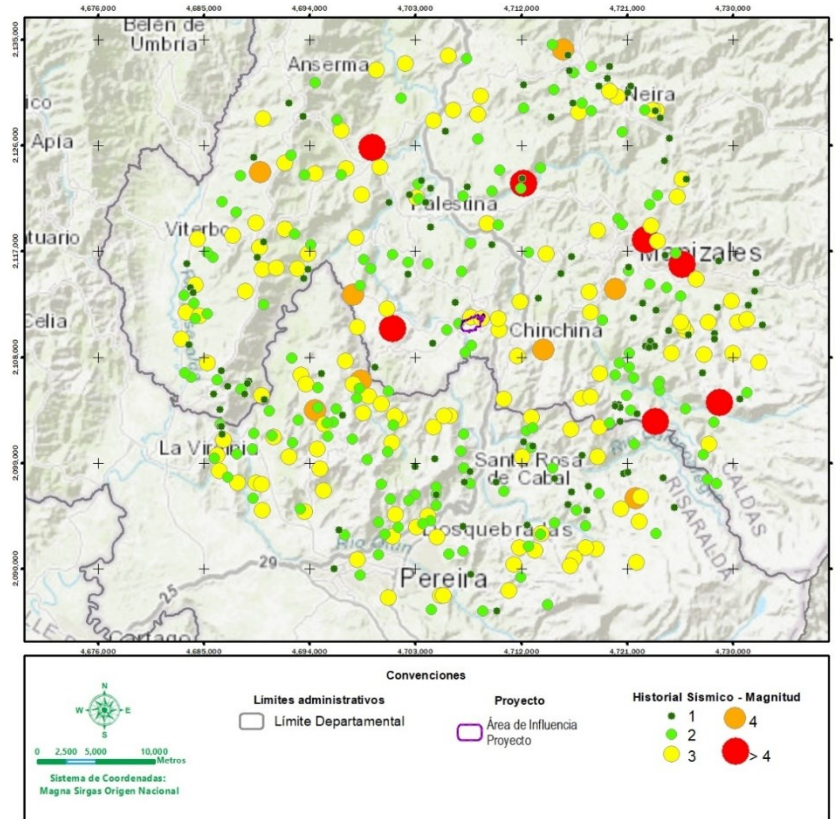
Figura 3-11 Registro histórico de eventos sísmicos (Profundidad Km)



Fuente: Reporte Información Sísmica SGC adaptado por CONSGA BIC S.A.S., 2024.

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 3.2.1. Geología	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	40

Figura 3-12 Registro histórico de eventos sísmicos (Magnitud -MI)



Fuente: Reporte Información Sísmica SGC adaptado por CONSGA BIC S.A.S., 2024.

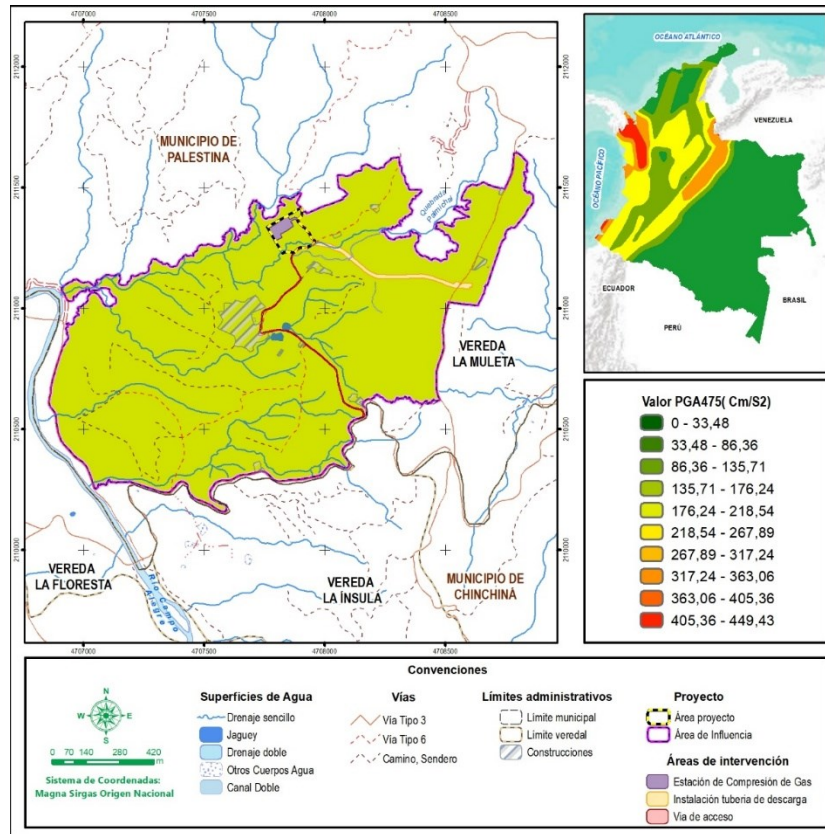
3.2.2.1.2 Aceleración Sísmica- periodo de retorno de 475 años.

Según el Mapa Nacional de Amenaza Sísmica - periodo de retorno de 475 años, el área de influencia del estudio se encuentra localizada en la franja de una aceleración máxima horizontal a nivel de roca (PGA) estimada de 135,71- 176,24 (cm/s²); este mapa es de tipo probabilístico e integra la tectónica regional, la actividad de las estructuras sismogénicas del país y los efectos de atenuación en la transmisión de las ondas sísmicas a lo largo de las diferentes unidades litoestratigráficas.

En la Figura 3-13 se presenta la localización del área de influencia del estudio en el Mapa Nacional de Amenaza Sísmica Periodo de Retorno de 475 años.

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 3.2.1. Geología	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	41

Figura 3-13 Localización del área del proyecto, según mapa Nacional de amenaza sísmica periodo de retorno 475



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

3.2.2.1.3 Aceleración sísmica

El parámetro utilizado es la aceleración máxima horizontal a nivel de roca o valores PGA (Peak Ground Acceleration). La aceleración horizontal pico efectiva (A_a) corresponde a las aceleraciones horizontales del sismo y el diseño contemplado en las Normas Colombianas de Diseño y Construcción Sismo Resistente (NSR-10), como porcentaje de la aceleración de la gravedad terrestre ($g = 980 \text{ cm/s}^2$). Estas aceleraciones tienen una probabilidad de ser excedidas del 10 % en un lapso de 50 años, correspondiente a la vida útil de una edificación. El valor del parámetro A_a se utiliza para definir las cargas sísmicas de diseño que exige el reglamento de Construcciones Sismo Resistentes.

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 3.2.1. Geología	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	42

En consideración con la Norma Sismo Resistente NSR10, se realizó el análisis de valores del coeficiente de aceleración horizontal pico efectiva (A_a) y del coeficiente de velocidad horizontal pico efectiva (A_v), del municipio de Palestina a partir de la información presente en la Figura 3-14, en donde se observa que el área de influencia pertenece a la región 5 (Tabla 3-4) y la amenaza sísmica es alta dado que los valores de A_a y A_v supera los 0,20. Los resultados obtenidos del análisis se presentan en la Tabla 3-3.

Tabla 3-3 Relación A_a - A_v para Palestina-Caldas

DEPARTAMENTO	MUNICIPIO	A_a	A_v
Caldas	Palestina	0,25	0,25

Fuente: (SGC, Servicio Geológico Colombiano, 2018)

Teniendo en cuenta lo anterior, los datos para el área de estudio de A_a y A_v se relacionan con una amenaza sísmica alta según la Norma Sismo Resistente NSR10, ver Tabla 3-4 y Figura 3-14.

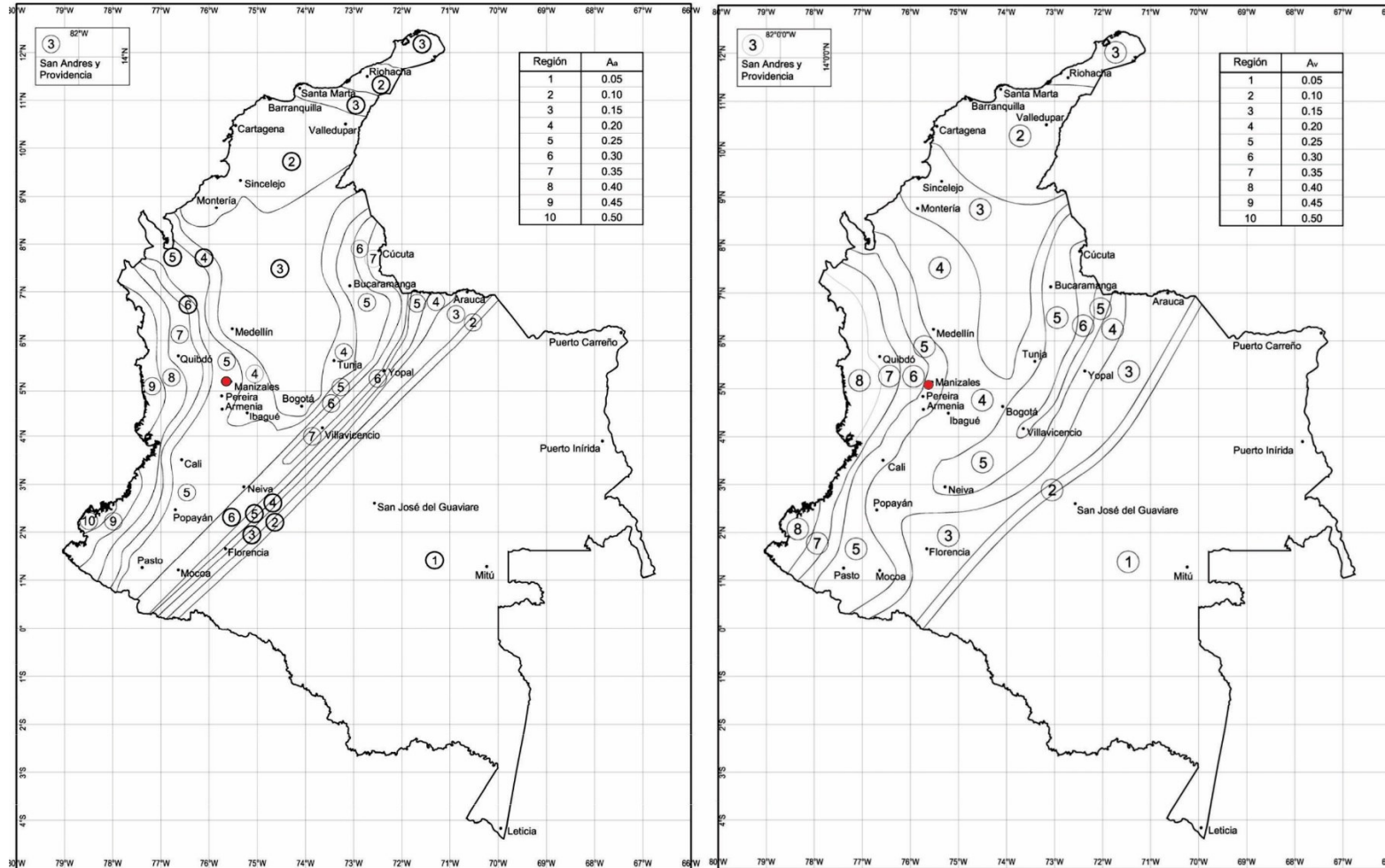
Tabla 3-4 Relación A_a - A_v con amenaza sísmica

MAYOR VALOR ENTRE A_a Y A_v	CLASIFICACIÓN SEGÚN REGIÓN DELIMITADA EN LA Figura 3-14	AMENAZA SÍSMICA
0,5	10	Alta
0,45	9	Alta
0,40	8	Alta
0,35	7	Alta
0,30	6	Alta
0,25	5	Alta
0,20	4	Intermedia
0,15	3	Intermedia
0,10	2	Baja
0,05	1	Baja

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

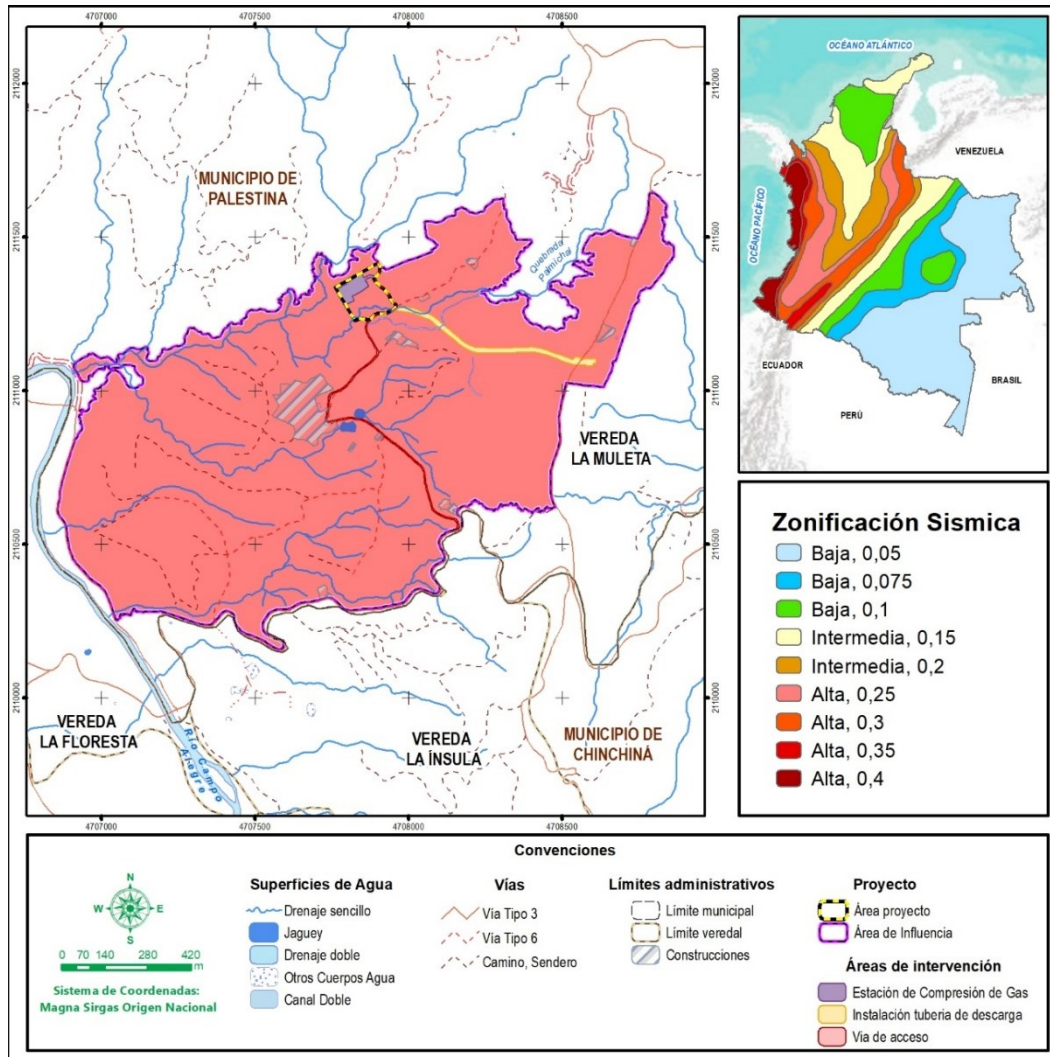
Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 3.2.1. Geología	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	43

Figura 3-14 Zonas de amenaza sísmica para el área de estudio.



Fuente: Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (2010)

Figura 3-15 Localización del área del proyecto - zonificación sísmica.



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

De acuerdo con los resultados obtenidos, se concluye que el área de influencia del estudio es una zona de sismicidad alta, donde, en un radio de 25 Km a partir del centroide del área de influencia del estudio se presentan 197 sismos en un rango menor a 15 Km de profundidad, 41 de los cuales tuvieron una magnitud (MI) entre 2,5 a 6,5.

3.2.2.2 Amenaza por inundación

Para el análisis de amenaza por inundación, se utilizó una metodología adaptada con base a los lineamientos establecidos en la Guía Metodológica para la Elaboración de Mapas de

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 3.2.1. Geología	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	45

Inundación (IDEAM, 2017). Este análisis consideró tanto el modelo hidráulico de la Quebrada Palmichal, la cual es objeto de ocupación, como la clasificación de unidades geomorfológicas en función de su susceptibilidad por inundación.

Mediante la extensión HecGeo-RAS de ArcGIS, se trazó la geometría necesaria para el modelo hidráulico, incluyendo el eje del cauce (River), bordes de la quebrada (Bank), llanuras de inundación (Flowpatch) y las secciones transversales (XS Section). Esta información fue exportada al software HEC-RAS, donde se ajustaron las secciones y bancas de la quebrada, se introdujeron parámetros como coeficiente de Manning, caudales y estructuras hidráulicas y se generó el modelo correspondiente, el cual se encuentra en *Anexos\O. USO Y APROVECHAMIENTO\3 Ocupaciones de Cauce\3.2 Hidráulica\3.2.1 Modelo*. Las manchas de inundación obtenidas para el período de retorno de 100 años fueron clasificadas como zonas con amenaza de inundación alta. En concordancia con los resultados de la modelación hidrológica e hidráulica, se generó un buffer de 17,8 metros alrededor de la quebrada Palmichal, con el fin de delimitar el área potencialmente afectada por eventos de esta magnitud.

El análisis de las unidades geomorfológicas para la amenaza por inundación se basó en la premisa de que las formas del terreno no solo reflejan los límites máximos históricos de los procesos de inundación, sino que también están directamente relacionadas con los paisajes geomorfológicos, tipos de relieve y sedimentos depositados. Estos factores condicionan la ocurrencia y magnitud de futuros eventos por inundación. Por ello, el componente geomorfológico constituye el límite físico más amplio e integra al componente hidrológico en el marco de definición de posibles zonas amenazadas por este evento.

El grado de susceptibilidad geomorfológica a inundaciones se clasificó según la metodología propuesta por IDEAM (2001), adaptada a las unidades geomorfológicas del área de influencia. Los resultados de esta clasificación se presentan en la Tabla 3-5. Es de mencionar que, las unidades geomorfológicas se encuentran descritas a detalle en el numeral 3.2.2.2 *Geomorfología local* del capítulo 3.2.2 *Geomorfología*.

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto PO-CO-2024-008	Cap. 3.2.1. Geología Ver: 01	46
---------------------------------	-------------------------	-------------------------	-----------------------------------	---------------------------------	----

Tabla 3-5 Grados de susceptibilidad geomorfológica por inundación

SUSCEPTIBILIDAD	UNIDADES	DESCRIPCIÓN
Muy Alta	Fca, Acá, Acaa	Geoformas permanentemente sumergidas
Alta	-	Mancha de inundación asociada al periodo de retorno de 100 años calculada a partir de los resultados de la modelación hidráulica en HEC-RAS
Moderada	Fpi, Fpac	Geoformas bajas, con pobre drenaje, planas a levemente inclinadas, que permanecen encharcadas largos periodos durante el año y pueden llegar a estar inundadas durante los periodos de crecientes
Baja	Dlpd, Vfla	Geoformas altas, con drenaje moderado, superficie levemente inclinada, permanecen encharcadas cortos periodos del año y durante las inundaciones estacionales pueden ser inundadas cortos periodos del año
Muy Baja	Dld, Aex, Acr, Ar	Geoformas altas, con drenaje moderado a bueno, superficie inclinada a levemente inclinada; son afectadas por desbordes que pueden causar inundaciones cortas durante las épocas de aguas altas.

Fuente: (IDEAM, 2001) Modificado por CONSGA BIC S.A.S, 2025.

3.2.2.2.1 Resultados amenaza por inundación

De acuerdo con la metodología aplicada, los resultados se resumen en la Tabla 3-6 y Figura 3-16. La categoría predominante dentro del área de influencia es la de amenaza baja, abarcando el **55,37** % del área de influencia; estas zonas corresponden principalmente a pendientes altas de la geoforma lomerío.

La amenaza muy baja representa el **26,81** %, se localiza principalmente al noreste en zonas que corresponden principalmente a pendientes altas de la geoforma lomerío.

La amenaza alta ocupa el **3,10** % del área de influencia correspondiendo a las llanuras de inundación de la red hidrológica. Por otro lado, la amenaza media comprende al **12,01** % del área, y se asocia a estas mismas unidades.

Finalmente, la categoría de amenaza muy alta abarca el 2,71 % del área de influencia. Este nivel de amenaza corresponde principalmente a cauces aluviales y cuerpos de agua antrópicos.

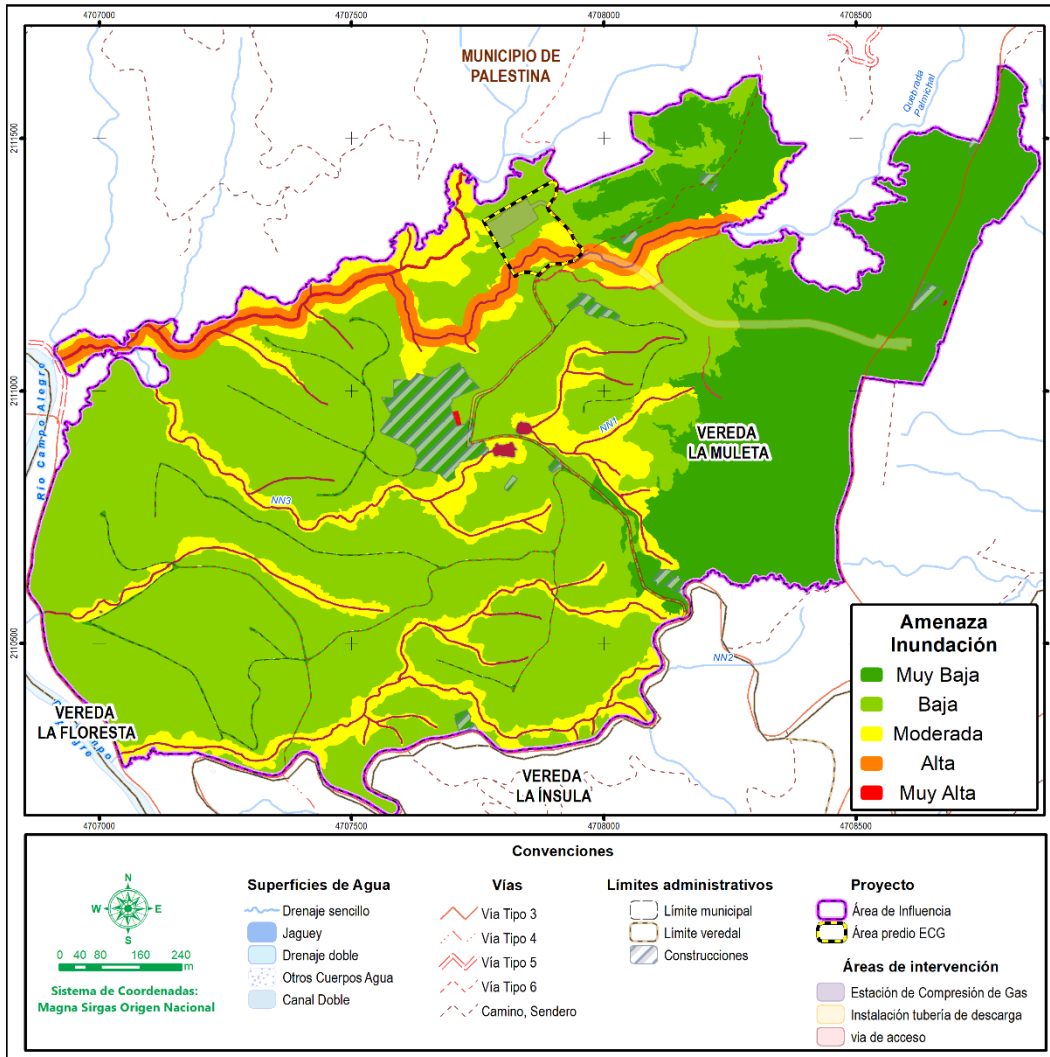
Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 3.2.1. Geología	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	47

Tabla 3-6 Niveles de amenaza por inundación

AMENAZA INUNDACIÓN	ÁREA (Ha)	ÁREA (%)
Muy Alta	4,33	2,71
Alta	4,97	3,10
Media	19,21	12,01
Baja	88,58	55,37
Muy Baja	42,90	26,81
Total	159,99	100,00

Fuente: CONSGA BIC S.A.S., 2025.

Figura 3-16 Mapa de amenaza por inundación



Fuente: CONSGA BIC S.A.S., 2025.

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto PO-CO-2024-008	Cap. 3.2.1. Geología Ver: 01	48
---------------------------------	-------------------------	-------------------------	-----------------------------------	---------------------------------	----

BIBLIOGRAFÍA

- ANLA, Autoridad Nacional de Licencias Ambientales. (2018). Metodología general para la elaboración y presentación de estudios ambientales. Bogotá.
- Arango Escobar, J., Toro Toro, L., Moreno Sanchez, M., y Ruiz Jimenez, E. (2021). Petrografía y evolución tectónica de los esquistos del Complejo Arquía, al occidente de Manizales en el sector de La Manuela, vías Palestina y Chinchina, Colombia. *Boletín de Geología*, 43, 63-86.
- Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica. (2010). Reglamento colombiano de construcción sismo resistente (NSR-2010).
- Botero, G., & González, H. (1983). Algunas localidades fosilíferas cretáceas de la cordillera central. Antioquia y Caldas. *Geología Norandina*, 133-138.
- EIRD. (31 de Marzo de 2004). *Estrategia Internacional para la Reducción de Desastres - Las Americas*. Terminología: Términos principales relativos a la reducción del riesgo de desastres: <https://www.eird.org/esp/terminologia-esp.htm>
- Estrada, J. J., Viana, R., & González, H. (2001). Memoria explicativa del mapa geológico de la Plancha 205 Chinchiná.
- Gómez, J., Núñez- Tello, A., Mateus-Zabala, D., Alcárcel-Gutierrez, F., Lasso-Muñoz, R., Marín-Rincón, E., y marroquín-Gómez, M. (2020). Physiographic and geological setting of the Colombian territory. En *The Geology of Colombia, Volume 1 Proterozoic- Paleozoic*. Bogotá: Servicio Geológico de Colombia.
- González, H. (2010). Geoquímica, geocronología de las unidades litológicas asociadas al sistema de fallas Romeral centro-sur. Tomo I. *INGEOMINAS*.
- IDEAM. (2001). *Geomorfología y susceptibilidad a la inundación del valle fluvial del Magdalena*. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales.
- IDEAM. (2001). *Guía Metodológica para la elaboración de mapas de inundación*.
- IDEAM. (2017). *Guía Metodológica para la elaboración de mapas de inundación*. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales.
- IDEAM. (2017). *Guía Metodológica para la elaboración de mapas de inundación*. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales.
- IDIGER. (30 de Mayo de 2018). *Instituto Distrital de Gestión de Riesgos y Cambio Climático*. Obtenido de Instituto Distrital de Gestión de Riesgos y Cambio Climático: <http://www.idiger.gov.co/rsismico>

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 3.2.1. Geología	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	49

- INGEOMINAS, Instituto Nacional de Investigaciones Geológico-Mineras. (1984). Geología Y geoquímica de la plancha 224 Pereira. Medellín .
- International Society for Rock Mechanics (ISRM). (1981). Rock characterization, testing and monitoring: ISRM Suggested Methods.
- Kellogg, J., y Vega, V. (1995). Tectonic development of Panama, Costa Rica and the Colombian Andes: Constraints from Global Positioning System geodetic studies and gravity. *Geological Society of America. Special Paper*, 75-90.
- MADS. (2018). *Guía Técnica de Criterios para el Acotamiento de las Rondas Hídricas en Colombia*. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible.
- Maya , M., & González , H. (1995). Unidades litodérmicas en la Cordillera Central de Colombia. *Boletín geológico*, 44-57.
- Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial . (2010). *Reglamento colombiano de construcción sismo resistente NSR-10*.
- Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. (2010). *Términos de Referencia para la elaboración del Estudio de Impacto Ambiental para los proyectos de conducción de fluidos por ductos en el sector de hidrocarburos*. Bogotá.
- Moreno Sánchez , M., Gómez Cruz , A., y Toro, L. (2008). *Boletín de Ciencias de la Tierra*, (22), 27-38.
- Murcia, H., Borrero, C., Pardo, N., Alvarado, G., Arnosio, M., y Scolamacchia, T. (2013). Depósitos volcanoclásticos: términos y conceptos para una clasificación en español.
- Pardo Trujillo, A., Moreno Sánchez, M., y Gomez Cruz, A. (2002). Estratigrafía de algunos depósitos del Cretáceo Superior en las Cordilleras Central y Occidental de Colombia: implicaciones Regionales. En *Geologie Ecologie Tropicales*.
- Pindell, J., y Kennan, L. (2001). inematic evolution of the Gulf of Mexico and Caribbean. *Transactions of the Gulf Coast Section Society of Economic Paleontologists and Mineralogists (GCSSEPM)*.
- Restrepo, J., y Toussaint, J. (1980). *Edades radiométricas de algunas rocas de Antioquia-Colombia*. . *Boletín de Ciencias de la Tierra* (5-6), 1-18.
- Rodríguez, G., y Zapata, G. (2013). Análisis comparativo entre la dormacion barroso y el complejo Quebradagrande; un arco volcanico toelitico- calcoalcalino, segmentado por el sistema de fallas Romeral en los andes del Norte. *Boletín ciencias de la tierra*, (33), 39-58.

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 3.2.1. Geología	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	50

- SGC, Servicio Geológico Colombiano. (2018). *Sistema de consulta de la amenaza sísmica de Colombia*. Bogotá.
- Toussaint, J. F., y Restrepo, J. J. (1974). Algunas consideraciones sobre la evolución de los Andes colombianos. *Publicaciones Especiales*, 12p.
- Toussaint, J., y Restrepo, J. (2020). Tectonostratigraphic terranes in Colombia: An up-date. Second part: Oceanic terranes. En S. g. Colombiano, *The geology of Colombia, Volume 2 Mesozoic*. Bogotá.
- Velandia, F., Terraza, R., y Villegas, H. (2001). El sistema de fallas de Algeciras hacia el suroeste de Colombia y la actual transpresión de los Andes del Norte. *VIII Congreso Colombiano de Geología V Conferencia Colombiana de Geología Ambiental*, (p. 12). Manizales (Colombia).

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto PO-CO-2024-008	Cap. 3.2.1. Geología Ver: 01	51
---------------------------------	-------------------------	-------------------------	-----------------------------------	---------------------------------	----