

Petrografía de las rocas metamórficas aflorantes en el sector del Alto de los Cacaos, municipio de San Joaquín (SW del Macizo de Santander).

Valeria Ariza Ardila

Trabajo de Grado para Optar al Título de Geóloga

Director

Carlos Alberto García Ramírez

Geólogo PhD

Universidad Industrial de Santander

Facultad de Ingenierías Físicoquímicas

Escuela de Geología

Bucaramanga

2023

Dedicatoria

A mi roca firme, Dios, que con su amor me ha confirmado que nada es imposible para Él. Por estar conmigo a donde quiera que voy, ser mi fortaleza y proveerme bendiciones y valentía al pasar de los años.

A mis padres por estar siempre presentes con su amor, darme las bases y valores necesarios para ser la persona que soy y por celebrar cada logro juntos.

A mi papá en especial, quien me ha demostrado su apoyo incondicional cada día de mi vida.

Agradecimientos

A mi director de trabajo de grado Carlos Alberto García Ramírez, por su constante dedicación y guía durante cada paso de este proceso. Por ser un gran maestro al enseñarme la pasión por la geología y brindarme la oportunidad de aprender de su sabiduría.

A la Escuela de Geología de la Universidad Industrial de Santander (UIS) por su colaboración en la elaboración de seis secciones delgadas y por el uso del microscopio petrográfico, además de su contribución durante estos años de estudio.

A los profesores de la Escuela de Geología que hicieron parte de mi formación académica y profesional.

Al grupo de investigación en geología básica y aplicada – GIGBA por haber facilitado el uso de microscopio petrográfico con sistema de microfotografía en el laboratorio de la sede UIS Guatiguará.

Al proyecto interno de investigación 2832 “Petrogénesis de las rocas metasomáticas aflorantes entorno a la falla de Onzaga (Departamento de Santander, Cordillera Oriental)” por haber financiado la elaboración de diez secciones delgadas y las horas de uso del microscopio electrónico de barrido-SEM.

Al Geólogo Carlos Villareal por su apoyo en la adquisición de datos e imágenes en el microscopio electrónico de barrido-SEM en el Laboratorio de microscopia del Parque Tecnológico de Guatiguará.

Al personal del Parque Tecnológico de Guatiguará, por su amabilidad durante mi periodo de trabajo en sus instalaciones.

Y a los estudiantes del grupo 3 de la asignatura Campo II 2022-1, grupo G1 por el acompañamiento en campo y colaboración en toma de muestras.

Tabla de Contenido

	Pág.
Introducción	12
1. Objetivos	13
2.1 Objetivo General	13
2.2 Objetivos Específicos.....	13
2. Generalidades.....	14
2.1 Localización	14
2.2 Marco geológico	15
2.3 Antecedentes	16
3. Metodología	18
3.1 Pre-campo	18
3.2 Trabajo de campo.....	19
3.3 Trabajo de laboratorio.....	19
3.3.1 Análisis petrográfico macroscópico.....	19
3.3.2 Análisis petrográfico.....	19
3.3.3 Microscopía electrónica de barrido (SEM).....	20
3.4 Trabajo de oficina	20
3.5 Elaboración del informe.....	20
4. Resultados	21
4.1 Petrografía.....	22
4.1.1 Cuarzita	22
4.1.2 Metagrauvas	23
4.1.3 Filitas muscovíticas.....	25

4.1.4 Esquistos cuarzo muscovíticos	26
4.1.5 Riolita.....	29
4.2 Metamorfismo.....	29
4.2.1 Contexto geológico 1	30
4.2.2 Contexto geológico 2	31
4.2.3 Contexto geológico 3	33
5. Discusión.....	37
6. Conclusiones	40
7. Recomendaciones	42
Referencias Bibliográficas	43
Apéndices.....	47

Lista de Tablas

	Pág.
Tabla 1. Características petrográficas de los litotipos.....	22
Tabla 2. Condiciones de metamorfismo regional de los contextos geológicos.	40

Lista de Figuras

	Pág.
Figura 1. Localización del área de trabajo junto con las estaciones estipuladas.	14
Figura 2. Mapa geológico del área de estudio.	21
Figura 3. Características mineralógicas y petrográficas de la cuarcita (VA-4-1). A: muestra de mano. B: mineralogía y textura general en Nícoles cruzados.....	23
Figura 4. Características mineralógicas y petrográficas de las metagrauvas. A: muestra de mano. B: mineralogía y textura general (VA-5-2). C: foliación definida (VA-5-5). D: metagrauvasa foliada con tamaño de grano más homogéneo(VA-5-1).....	24
Figura 5. Características mineralógicas y petrográficas de las filitas. A: muestra de mano (VA-1-1). B: mineralogía y textura general (VA-1-1). C: foliación metamórfica (VA-6-1). D: textura y mineralogía general, destacando los cristales de biotita (VA-10-1).	26
Figura 6. Características mineralógicas y petrográficas de los esquistos. A: muestra de mano (VA-3-1). B: textura mineralogía general (VA-8-1). C: porfidoblastos de minerales opacos (VA-3-1). D: textura y mineralogía (VA-10-2).	28
Figura 7. Características mineralógicas y petrográficas de Riolita (VA-7-1). A: muestra de mano. B: textura y mineralogía.....	29
Figura 8. Disposición de los contextos geológicos.....	30
Figura 9. Rasgos petrográficos de las litologías del contexto geológico 1. A: Afloramiento de la estación VA-2. B: microfotografía de la filita muscovítica con clorita (muestra VA-1-1) donde se observa la mineralogía y las foliaciones S_0 y S_1 (Nícoles paralelos).....	31
Figura 10. Rasgos petrográficos de las litologías del contexto geológico 2. A: Afloramiento de la estación VA-4. B: microfotografía de la metagrauvasa (muestra VA-5-2) donde se evidencia la	

recristalización de los minerales de la matriz (Nícoles cruzados). C: microfotografía de la filita (muestra VA-5-3). Se observa la foliación S_1 (Nícoles cruzados). D: microfotografía de cuarcita (muestra VA-4-1). Se observa la orientación y homogenización del tamaño del cuarzo. 32

Figura 11. Ocurrencia de las rocas metamórficas en el contexto geológico 3. Se presentan como xenolitos en los cuerpos hipoabisales de riolita. 33

Figura 12. Rasgos petrográficos del contexto geológico 3. A: muestra de mano donde se observan los porfidoblastos de cordierita (VA-10-1). B: afloramiento donde se observan los porfidoblastos de cordierita (VA-10-2). C: textura moteada con porfidoblasto de cordierita (VA-10-1). D: porfidoblasto de matriz fina en contacto con la matriz (VA-10-2). E: proceso de pinnitización en cristal de cordierita (VA-10-1). F: Biotita 2 en filita VA-10-1. 35

Figura 13. Imágenes de SEM de Cordierita en filita muscovítica VA-9-1. A: imagen del porfidoblasto de cordierita en electrones secundarios. B: imagen de porfidoblasto de cordierita en electrones dispersados (marcado con +). C: espectros composicionales de clorita y muscovita en porfidoblasto de cordierita (pinnita). 36

Figura 14. Imágenes SEM de Biotita2 en la filita muscovítica VA-9-1. A: imagen de electrones secundarios. B: imagen de electrones retrodispersados mostrando la Biotita2 (marcado con +). C: espectro composicional de la biotita2. 37

Apéndices

						Pág.
Apéndice	A.	Descripción	petrográfica	de	las	rocas
metamórficas.....						47

Resumen

Título: Petrografía de las rocas metamórficas aflorantes en el sector del Alto de los Cacaos, municipio de San Joaquín (SW del Macizo de Santander). *

Autor: Valeria Ariza Ardila **

Palabras Clave: Petrografía, Rocas Metamórficas, Alto de los Cacaos, Macizo de Santander.

Descripción: Las rocas metamórficas aflorantes en el sector del Alto de los Cacaos en el municipio de San Joaquín, consisten en cuarcitas, filitas, metagrauvas y esquistos. Estas litologías fueron caracterizadas mediante trabajo de campo, análisis petrográficos y microscopía electrónica de barrido. En estas rocas metasedimentarias por primera vez se reportan los minerales biotita1, biotita2 y cordierita, asociados a metamorfismo regional y metamorfismo de contacto respectivamente. Asimismo, estas litologías registran deformación asociada a fallas que afectaron un fragmento de la zona de estudio. Las características mineralógicas, estructurales y texturales permitieron establecer tres eventos metamórficos. Metamorfismo regional? (M1) con asociación mineral del pico metamórfico de $Ms+Qtz\pm Bt1\pm Chl$, correspondiente a la zona de la biotita de la facies esquistos verdes, siendo la Biotita1 el mineral indicador de mayor grado metamórfico en el área. Metamorfismo de contacto (M2), producto del emplazamiento de cuerpos hipoabisales de riolita y es evidenciado por la asociación mineral $Bt2\pm Crd$, la cual indica pico metamórfico en la facies corneanas anfibólicas. Este evento M2 es reportado por primera vez en el sector SW del Macizo de Santander. Finalmente, metamorfismo de dislocación (M3) consistente en procesos deformativos en las rocas, debido al cizallamiento y fallamiento presente en el sector del Alto de los Cacaos.

* Trabajo de Grado

** Facultad de Ingenierías Físicoquímicas. Escuela de Geología. Director: Carlos Alberto García Ramírez. Geólogo PhD.

Abstract

Title: Petrography of outcropping metamorphic rocks in the Alto de los Cacaos sector, municipality of San Joaquín (SW of the Santander Massif). *

Author: Valeria Ariza Ardila **

Key Words: Petrography, Metamorphic Rocks, Alto de los Cacaos, Santander Massif.

Description: The outcropping metamorphic rocks in the Alto de los Cacaos sector in the municipality of San Joaquín consist of quartzite, phyllite, metagrawacke and schist. These lithologies were characterized by field work, petrographic analysis and scanning electron microscopy. In these metasedimentary rocks, the minerals biotite1, biotite2 and cordierite are reported for the first time, associated with regional metamorphism and contact metamorphism, respectively. Likewise, these lithologies record deformation associated with faults that affected a fragment of the study area. The mineralogical, structural and textural characteristics allowed to establish three metamorphic events. Regional metamorphism? (M1) with mineral association of the metamorphic peak of $Ms+Qtz\pm Bt1\pm Chl$, corresponding to the biotite zone of the greenschist facies, with Biotite1 being the indicator mineral of the highest metamorphic grade in the area. Contact metamorphism (M2), product of the emplacement of rhyolite hypoabyssal bodies and is evidenced by the mineral association $Bt2\pm Crd$, which indicates a metamorphic peak in the amphibolic corneal facies. This M2 event is reported for the first time in the SW sector of the Santander Massif. Finally, dislocation metamorphism (M3) consisting of deformation processes in the rocks, due to shearing and faulting present in the Alto de los Cacaos sector.

* Bachelor Thesis

** Faculty of Physico-Chemical Engineering. School of Geology. Director: Carlos Alberto García Ramírez. Geologist PhD.

Introducción

En el sector SW del Macizo de Santander en el sector de Mogotes-San Joaquín (departamento de Santander) afloran rocas metasedimentarias de bajo grado, consistentes en filitas, metaareniscas, cuarcitas y esquistos, para las cuales Mantilla-Figueroa y García-Ramírez, 2018, han reportado una edad U-Pb de 410 Ma en circones detríticos, correspondiente a la máxima edad estratigráfica.

En el presente estudio se describen las litologías metamórficas aflorantes en cercanías al Alto de los Cacaos, jurisdicción del municipio de San Joaquín. Las rocas metamórficas consisten en cuarcitas, filitas, esquistos pelíticos, metagrauvas y metaareniscas, las cuales fueron afectadas por tres eventos de metamorfismo: regional (M1), de contacto (M2) y de dislocación (M3).

El pico metamórfico del evento M1 es indicado por la asociación mineral Ms+Bt1+Qtz+Opq, el cual corresponde a la zona de la biotita en la facies esquistos verdes. El evento metamórfico M2, corresponde a un metamorfismo de contacto el cual formó los minerales biotita₂ y cordierita en facies corneanas anfibólicas. Este evento M2, está asociado al emplazamiento de cuerpos hipoabisales de las Riolitas del Alto de los Cacaos, para las cuales Correa *et al.* 2020 reportó edad de 201Ma. Finalmente, el evento metamórfico de dislocación M3, está asociado a fallas y zonas de cizalla que de manera local afectaron la zona y formaron milonitas.

Los resultados obtenidos y mencionados anteriormente, permitieron reportar por primera vez para el área de estudio la presencia de biotita₁ en las rocas metasedimentarias y biotita₂ y cordierita en las rocas afectadas por el metamorfismo de contacto.

1. Objetivos

2.1 Objetivo General

Determinar el tipo y grado de metamorfismo de las rocas aflorantes en el Alto de los Cacaos a partir de sus características mineralógicas y petrográficas.

2.2 Objetivos Específicos

Estudiar las características estructurales, asociaciones mineralógicas y rasgos texturales de las rocas metamórficas aflorantes en la zona de estudio.

Inferir el tipo y condiciones de metamorfismo, a partir de las características petrográficas de las rocas metamórficas.

Establecer la relación existente entre los cuerpos de riolita y las rocas metamórficas de bajo grado.

2. Generalidades

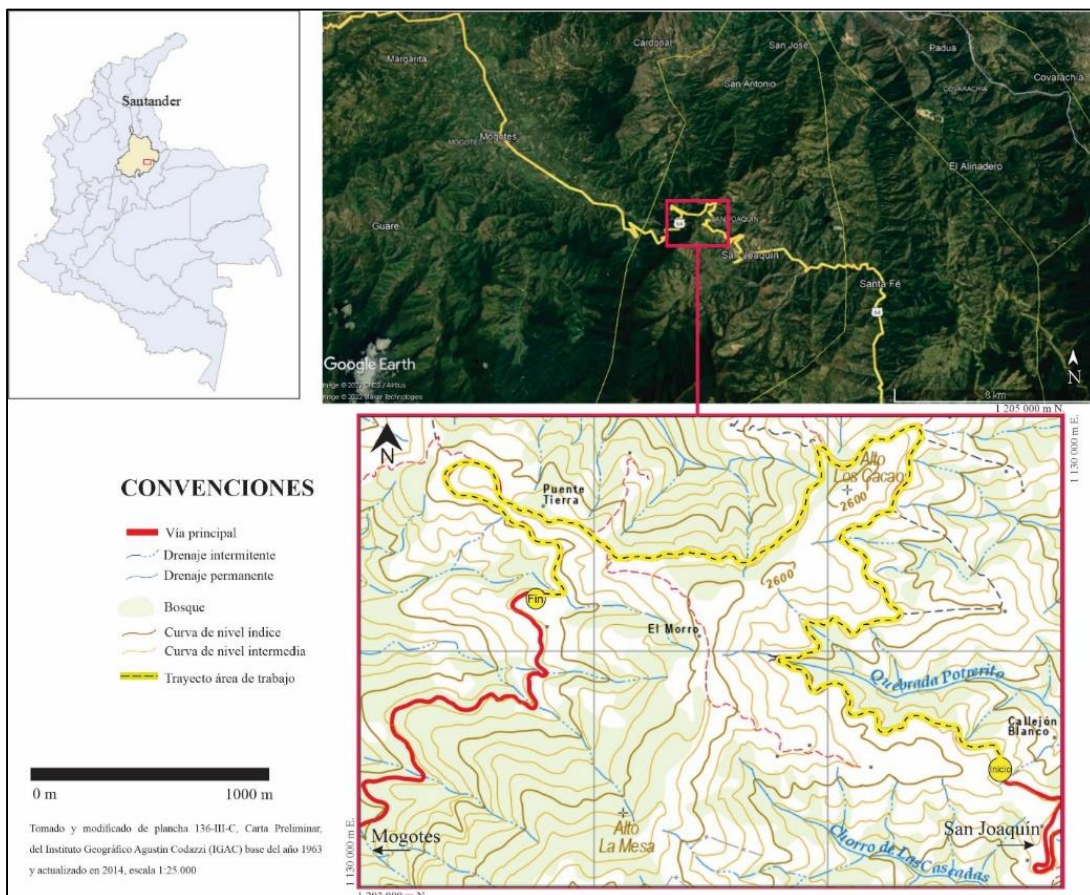
2.1 Localización

El área objeto de estudio, está situada hacia el Suroeste del Macizo de Santander y geográficamente entre los municipios Mogotes y San Joaquín, específicamente hacia el Alto de los Cacaos, en el departamento de Santander (Figura 1).

Esta zona comprende una sección de la plancha 136-III-C, Carta Preliminar, del Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC) base del año 1963 y actualizado en 2014, escala 1:25.000. A lo largo de la vía principal que conecta los municipios Mogotes-San Joaquín, están indicadas las estaciones referentes para la realización del trabajo de grado (Figura 2).

Figura 1

Localización del área de trabajo junto con las estaciones estipuladas.



Nota: Tomado y modificado de plancha 136-III-C, Carta Preliminar, del Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC) base del año 1963 y actualizado en 2014, escala 1:25.000; e imágenes satelitales tomadas de Google.

2.2 Marco geológico

El Macizo de Santander (MS) está situado en la parte norte de la Cordillera Oriental de los Andes Colombianos, forma parte de un bloque regional de forma triangular limitado por las fallas de Santa Marta-Bucaramanga, en el borde occidental, la falla de Oca-Ancón, en el borde norte, y la falla de Boconó, en el flanco oriental. (Cediel *et al.*, 2003; Mantilla *et al.*, 2013; Van der Lelij *et al.*, 2016).

Las rocas metamórficas del Macizo de Santander se han agrupado en las unidades litológicas: Neis de Bucaramanga, Esquistos del Silgará, Esquistos del Chicamocha, Ortoneis y Filitas de San Pedro y metasedimentitas de bajo grado (la Quebrada La Virgen, de Guaca y Formación Floresta metamorfoseada). (Ward *et al.*, 1973; Royero y Clavijo, 2001; Mantilla *et al.*, 2016a).

Las rocas de la Formación Floresta en el área de estudio han sido referidas en estudios previos como rocas metamorfoseadas (Ward *et al.*, 1973; Vargas *et al.*, 1981). La “Formación Floresta Metamorfoseada” está constituida por: una secuencia más joven de pizarras y horizontes calcáreos débilmente metamorfoseados (localmente mármoles) que afloran cerca de Mogotes (Moreno-Sánchez *et al.*, 2005) y una más antigua, subyacente a las metalimolitas, compuesta por metalimolitas grises y cuarcitas (Moreno-Sánchez *et al.*, 2020).

En el trabajo de Mantilla-Figueroa, L.C., y García-Ramírez, C.A. (2018), fueron reconocidos tres miembros composicionales de la Formación Floresta de acuerdo con su composición y planos de anisotropía así: (a) miembro basal (composicionalmente más arenoso-

conglomerático), (b) miembro medio (más arenoso-lodoso) y; (c) miembro superior (predominantemente lodoso). Las metasedimentitas del MS, con grado bajo a muy bajo de metamorfismo, afloran también a lo largo del borde oriental de los batolitos de Santa Bárbara y Mogotes; al suroriente de Mogotes y de Coromoro; en la carretera Bucaramanga San Gil, al sur de Pescadero y en las carreteras Guaca Baraya-Berlín y Guaca-Los Curos.

Durante el Triásico Tardío-Jurásico Temprano se desarrolló un intenso magmatismo que formó batolitos, stocks y cuerpos subvolcánicos. En el área de Mogotes-San Joaquín este magmatismo está representado por el Batolito de Mogotes y Las Riolitas del Alto Los Cacaos. Este último cuerpo definido por Correa *et al.* 2020 se emplazó en las rocas metasedimentarias aquí estudiadas en cercanías al Alto de los Cacaos.

2.3 Antecedentes

El Macizo de Santander ha sido objeto de numerosos trabajos de investigación por ser uno de los macizos más septentrionales en el sistema andino. En este contexto, las rocas metasedimentarias y metaígneas NeoProterozoicas y Ordovícicas (Neis de Bucaramanga, Esquistos del Silgará, Esquistos del Chicamocha y Ortoneis) de medio a alto grado de metamorfismo han sido las más estudiadas, mientras que algunos aspectos de las metasedimentitas de bajo grado permanecen sin esclarecer.

Las metasedimentitas del sector comprendido entre Mogotes y San Joaquín, han sido mencionadas en diferentes trabajos.

Inicialmente, Ward *et al* (1973) definió la Formación Floresta Metamorfoseada como unidad compuesta por pizarras argilitas a filitas con metamorfismo en facies esquistos verdes, con asociación mineral cuarzo, clorita y moscovita. En el área de Mogotes se lograron distinguir tres tipos de plano S: estratificación S_0 , foliación primaria S_1 y clivaje desplazado S_2 .

Posteriormente, estas rocas de bajo grado fueron mencionadas por Vargas, H.R *et al.* 1981, en un trabajo cartográfico. En este trabajo, las metasedimentitas en la faja Mogotes-San Joaquín se denominan como Miembro Floresta Arcilloso Metamorfoseado de edad Devónico Inferior. Se encuentra ligeramente metamorfoseada, con horizontes fosilíferos que se hallan en mármol gris oscuro y suprayace areniscas y conglomerados basales y argilitas filíticas grises y metalimolitas calcáreas.

Moreno-Sánchez *et al.* (2005) realizaron un estudio paleontológico en la Formación Floresta Metamorfoseada, sugiriendo que esta unidad no podía ser comparable con ningún nivel de la Formación Floresta aflorante en Boyacá, debido a la presencia de braquiópodos que pertenecen al género *Productus*, los cuales se hallan limitados al lapso Devónico-Pérmico. De acuerdo con lo anterior, se descarta que la edad de la “Formación Floresta Metamorfoseada” fuera más antigua que el Devoniano. Estos autores proponen el nombre “Formación Mogotes”, dentro de la cual se deberían incluir todas las secuencias de bajo grado metamórfico, reportadas por Ward, *et al.*, (1973).

En la zona de estudio se realizaron trabajos de grado por parte de estudiantes de la Universidad Industrial de Santander, los cuales han aportado datos petrográficos, geoquímicos y geocronológicos en las unidades aflorantes en el sector Mogotes-San Joaquín y las metasedimentitas aledañas.

En el 2016, Buitrago A. y Moreno C. realizaron un estudio mineralógico-petrográfico de las litologías basales de la Formación Floresta aflorantes en área del municipio de San Joaquín, en donde propusieron dos eventos metamórficos: (1) metamorfismo regional de tipo orogénico, que afectó las rocas metasedimentarias, de máxima edad estratigráfica Ediacarian (588 Ma) relacionado con la Orogenia Fammatiniana y (2) metamorfismo dinámico que afectó las rocas de

edad Devónica. Posteriormente, Camacho D. (2017) mediante petrografía de las metasedimentitas al sureste de Mogotes, determinó metapelitas, metasemipelitas y metapsamitas de muy bajo grado de metamorfismo, alcanzando un máximo grado en zona de la clorita de la facies esquistos verdes.

Mantilla-Figueroa y García-Ramírez (2018) estudiaron las litologías en el tramo Mogotes-San Joaquín. Mediante el método U-Pb en circones detríticos, obtuvieron edades de depositación en rocas cartografiadas como Formación Floresta Metamorfoseada. Las edades obtenidas corresponden así: (a) un miembro basal compuesto por filitas pelíticas y cuarzosas con edades de 410 Ma (Devónico Temprano); (b) un miembro medio de areniscas y lodolitas con edades U-Pb en torno a 372 Ma (límite Devónico Medio-Tardío) y; (c) un miembro superior de lodolitas probablemente de edad Devónico Tardío?)

Finalmente, Correa *et al.* (2020) describieron las riolitas aflorantes en el Alto de los Cacaos y proponen agrupar estos cuerpos como Riolita del Alto de Los Cacaos, definiéndola como una nueva unidad litoestratigráfica, para la cual obtuvieron una edad U-Pb de 201 Ma.

El análisis bibliográfico permite establecer que en el área de Mogotes se han realizado trabajos que han aportado al conocimiento geológico de este sector del MS. Sin embargo, las rocas metamórficas del sector del Alto de los Cacaos carecen de estudios para definir su grado de metamorfismo y el posible metamorfismo de contacto asociado a las riolitas del Alto de los Cacaos.

3. Metodología

El desarrollo del presente trabajo de grado abarcó cinco fases para su realización:

3.1 Pre-campo

En esta etapa se realizó la revisión bibliográfica de los estudios realizados en la zona de trabajo. Entre estos se compilaron artículos, publicaciones científicas, trabajos de grado, mapas geológicos y topográficos.

El análisis de la información disponible permitió determinar los sitios de interés y las vías de acceso que fueron claves para la delimitación de las zonas propuestas en el trabajo.

3.2 Trabajo de campo

En la fase de campo, se realizó un estudio petrográfico general, en donde se identificaron las distintas litologías metamórficas aflorantes, las características de los cuerpos de riolita y su relación con las rocas metamórficas. Posteriormente se realizó el muestreo sistemático en estaciones seleccionadas. Se definieron diez estaciones a lo largo de la vía Mogotes- San Joaquín y se tomaron en total dieciséis muestras de rocas para su posterior análisis.

Las estaciones, junto con las muestras estudiadas, fueron ubicadas geográficamente en el mapa guía de la zona de estudio en orden de este a oeste, para observar la relación espacial entre las litologías y los cuerpos de riolita. Fueron nombradas como VA-X-Y, siendo X el número de la estación y Y el número de muestra tomada en la estación.

3.3 Trabajo de laboratorio

En esta etapa, se realizaron estudios petrográficos macro y microscópicos de las muestras recolectadas.

3.3.1 Análisis petrográfico macroscópico

Consistió en la identificación de las estructuras y composiciones mineralógicas y su registro fotográfico. Se seleccionaron dieciséis muestras para elaborar las secciones delgadas.

3.3.2 Análisis petrográfico

Los estudios petrográficos fueron realizados en las instalaciones del grupo de investigación GIGBA en el Parque Tecnológico de Guatiguará de la Universidad Industrial de Santander. Se usó un microscopio de luz transmitida marca Leica, dotado con sistema de

microfotografías. El estudio petrográfico consistió en un estudio detallado textural, microestructural y mineralógico de cada roca. Se determinaron litotipos. Los análisis petrográficos detallados de cada muestra, se presentan adjuntos en el Apéndice A y puede ser visualizado al final del documento.

3.3.3 Microscopía electrónica de barrido (SEM)

Para esta etapa, fueron seleccionadas las muestras de mayor interés para conocer la química mineral de forma semicuantitativa, haciendo énfasis en los minerales indicadores de metamorfismo y los minerales opacos. Se analizaron las muestras VA-8-1, VA-10-1, VA-10-2. Los estudios en el SEM se efectuaron en el laboratorio de microscopía del Parque Tecnológico Guatiguará de la Universidad Industrial de Santander, usando el Microscopio Electrónico de Barrido FEG (Field Emission Gun) QUANTA FEG 650, bajo las siguientes condiciones: Alto vacío, voltaje de aceleración: 15 kV, detector para imágenes: Electrones secundarios(SE): Everhart Thornley detector ETD, Electrones retrodispersados (BSE): Back scattered electrón detector (BSED) tipo SSD. Se utilizó como referencia bibliográfica para la determinación de cada mineral, basado en la firma espectral generada, el atlas mineralógico SEM Petrology Atlas (Welton, J. E. 1984).

3.4 Trabajo de oficina

Durante esta etapa, los datos obtenidos en campo y laboratorio, fueron analizados e interpretados.

3.5 Elaboración del informe

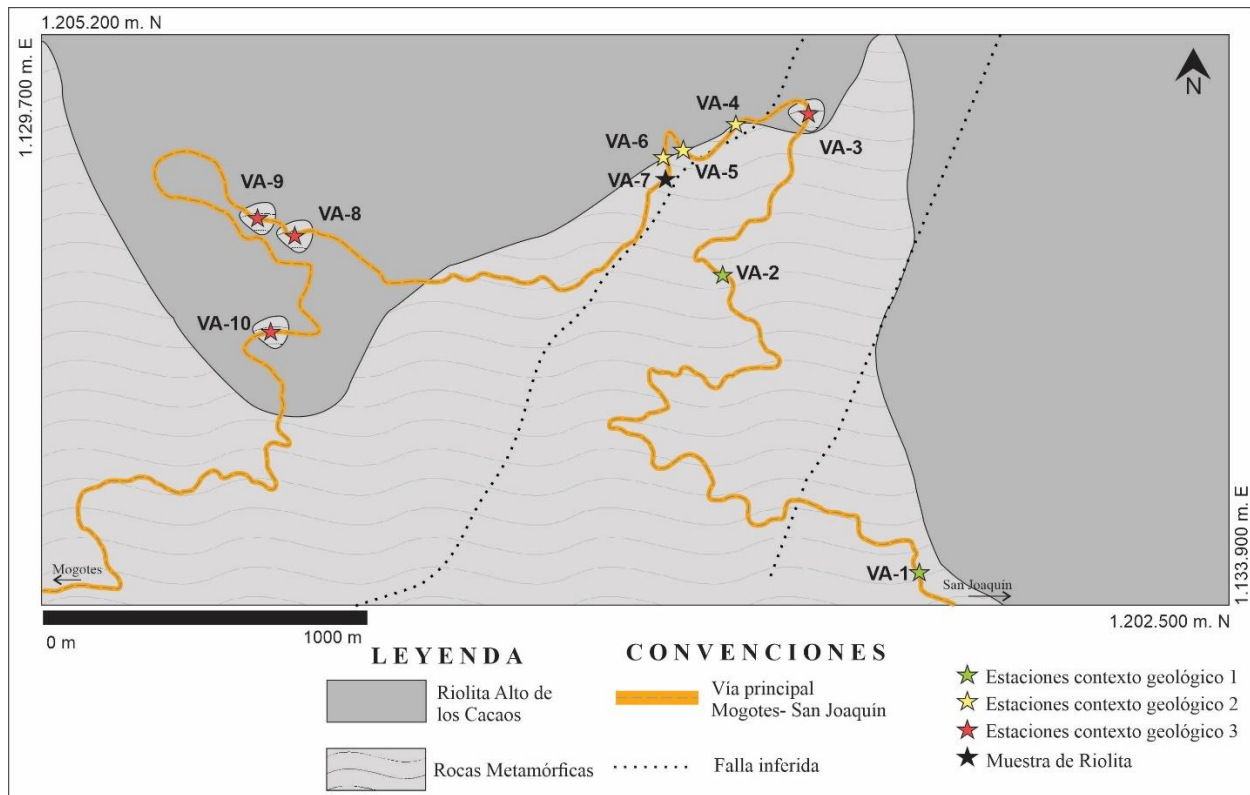
En esta última fase, se organizó y estructuró el informe donde se plasmaron los resultados obtenidos y su respectiva interpretación.

4. Resultados

El trabajo de campo y los análisis de laboratorio, permitieron determinar las litologías aflorantes en la transecta a lo largo de la vía Mogotes-San Joaquín en los alrededores del Alto de los Cacaos (Figura 2). En este tramo afloran metagrauvacas, cuarcitas, filitas muscovíticas y esquistos cuarzo muscovíticos, las cuales son intruídas por cuerpos hipoabisales de riolita y en algunas ocasiones las litologías metamórficas aparecen como cuerpos irregulares dentro de grandes masas de riolita.

Figura 2

Mapa geológico del área de estudio.



Nota: Mapa modificado de Vargas et al. (1984) y Correa et al. (2020).

A continuación, se presenta la descripción de las litologías metamórficas, las cuales fueron clasificadas según la Subcomisión para la Sistemática de las Rocas Metamórficas de la IUGS-SCMR (Schmid et al, 2002). Las abreviaturas minerales son las recomendadas por la SCMR.

4.1 Petrografía

Las litologías metamórficas fueron agrupadas en litotipos. Las características petrográficas de estos litotipos se resumen en la Tabla 1. A continuación se describen en detalle cada uno de estos litotipos.

Tabla 1

Características petrográficas de los litotipos.

LITOTIPO	ESTRUCTURA	TEXTURA	COMPOSICIÓN MINERALÓGICA (%)							
			Qtz	Ms	Bt	Chl	Kfs	Pl	Mop	Crd
Cuarcita (VA-4-1)	Esquistosa	Granoblástica	100	-	-	-	-	-	-	-
Metagrauvascas (VA-5-1, VA-5-2, VA-5-4, VA-5-5)	-	Blasto- psammítica	36- 42	19- 34	-	-	13- 28	9- 16	2- 19	-
Filitas muscovíticas (VA-1-1*, VA-2-1, VA-5-3, VA-6-1, VA-9-1**, VA-10-1**, ***)	Esquistosa y moteada (solo en VA-10-1)	Grano-lepidoblástica Porfidoblástica en matriz granolepidoblástica (en VA-10-1)	9- 26	39- 63	26- 34**	36* -	- -	- -	4- 19	2 ***
Esquistos cuarzo muscovíticos (VA-3-1, VA-8-1*, **, VA-10-2*, ***)	Esquistosa y Moteada (solo en VA-10-2)	Grano-lepidoblástica Porfidoblástica en matriz granolepidoblástica (VA-10-2)	29- 38	42- 53	13- 23*	5** -	- -	- -	4- 9	10***
Riolita (VA-7-1)	Masiva	Porfídica	12	-	-	-	65	7	-	-

4.1.1 Cuarcita

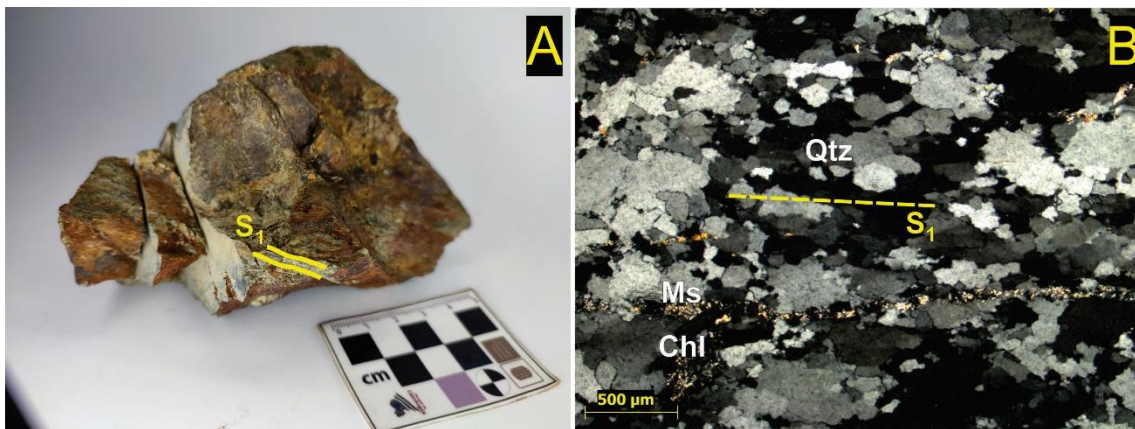
La cuarcita (VA-4-1) presenta tonalidad grisácea con algunos tonos verdosos, y en ciertas áreas presenta color naranja a rojizo producto de la oxidación. La foliación de la roca está bien

desarrollada. Se observan fracturas discordantes y concordantes con la foliación, algunas rellenas de óxidos de hierro, y venas discordantes a la foliación compuestas por clorita y muscovita (Figura 3-A).

Esta roca es ligeramente homeoblástica con esquistosidad continua (S_1) definida por cristales de cuarzo orientados. El tamaño del grano de cuarzo varía entre 0.09-0.75mm. Venas de muscovita, clorita y minerales opacos cortan de manera discordante a la foliación de la roca. La textura de la cuarcita es granoblástica (Figura 3-B).

Figura 3

Características mineralógicas y petrográficas de la cuarcita (VA-4-1). A: muestra de mano. B: mineralogía y textura general en Nícoles cruzados.



4.1.2 Metagrauvascas

Las metagrauvascas son de color gris verdoso, con algunos sectores de tono naranja producto del proceso de oxidación en la roca. Se observan individuos de cuarzo, feldespato potásico y plagioclasa flotando en una matriz fina. Se identifica una leve orientación definida por los clastos orientados y elongados (Figura 4-A).

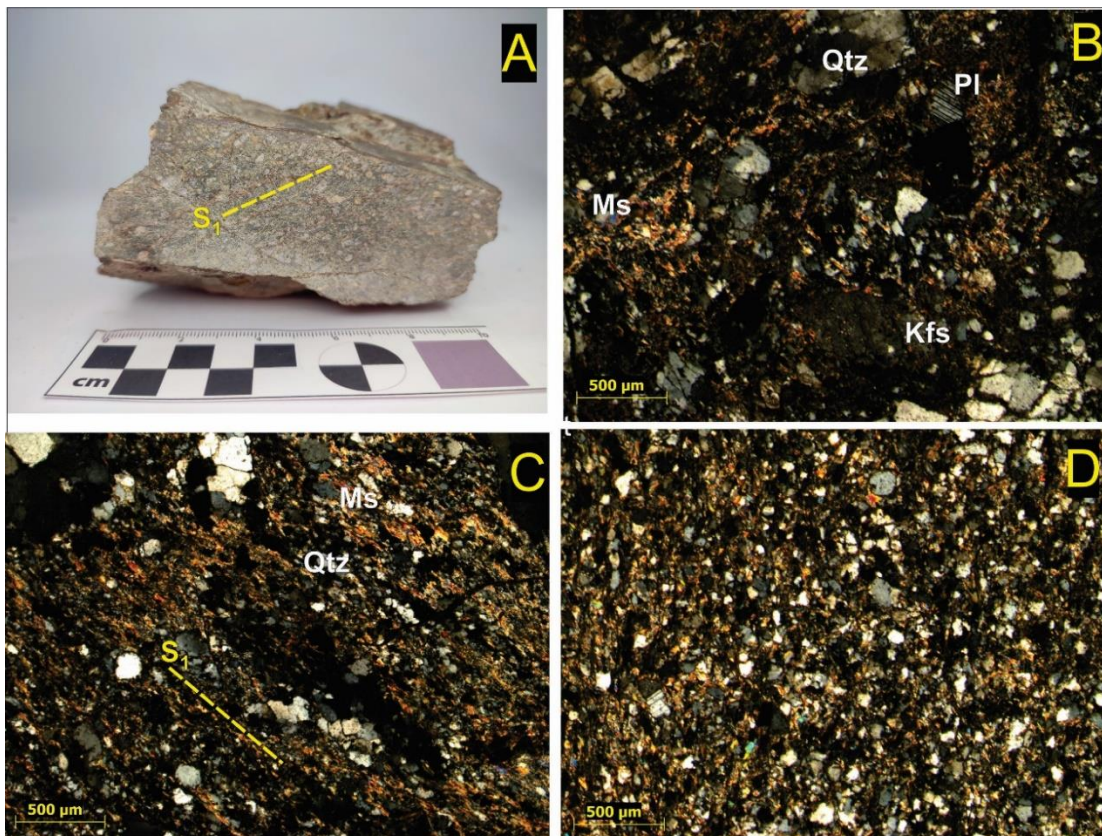
Microscópicamente se observan clastos de cuarzo, feldespato potásico y plagioclasa conservados del protolito con evidencias de recristalización, mientras que en la matriz aparecen

minerales metamórficos como muscovita y cuarzo más recrystalizados (Figura 4-B). En las rocas VA-5-1, VA-5-2, VA-5-4 y VA-5-5 los individuos de cuarzo, feldespato potásico y plagioclasa están levemente orientados (Figura 4-C). En una muestra de metagrauvaca (VA-5-1), localizada en zona de contacto con la riolita, se observa mayor homogenización de los tamaños de grano y una mayor recrystalización (Figura 4-D). La asociación mineral de las metagrauvas es Qtz+Ms+Kfs+Pl y presentan textura blastopsammítica.

Venas discordantes de biotita ligeramente cloritizada ocurren en algunos sectores de la roca.

Figura 4

Características mineralógicas y petrográficas de las metagrauvas. A: muestra de mano. B: mineralogía y textura general (VA-5-2). C: foliación definida (VA-5-5). D: metagrauvaca foliada con tamaño de grano más homogéneo (VA-5-1).



4.1.3 *Filitas muscovíticas*

Las filitas (VA-1-1, VA-2-1, VA-5-3, VA-6-1, VA-9-1 y VA-10-1) son de color gris con tonos de verde a café, variando a tonos de naranja a café dependiendo del estado de oxidación de la roca, con brillo satinado y grano muy fino. Los planos de foliación están bien definidos y son subparalelos entre sí. Se aprecia lineación por crenulación. Las rocas presentan fracturas concordantes y discordantes a la foliación principal, algunas de estas se encuentran rellenas de óxidos. De igual forma, se observan venillas de cuarzo concordantes a la foliación (Figura 5-A).

Al microscopio, las rocas son ligeramente homeoblásticas con foliación continua, determinada por la orientación de los filosilicatos presentes. En algunas filitas cuarzo muscovíticas (muestras VA-1-1 y VA-2-1) se conserva la foliación diagenética (S_0). La primera foliación metamórfica S_1 , está definida por la orientación de muscovita y clorita. En sitios de intenso plegamiento, los minerales de la foliación S_1 sufren reorientación (Figura 5-C). La mayoría de los minerales opacos son post-tectónicos con respecto S_1 . La textura de las filitas es granolepidoblástica, con excepción de la filita muscovítica con biotita y cordierita (VA-10-1) que presenta textura porfidoblástica en matriz granolepidoblástica.

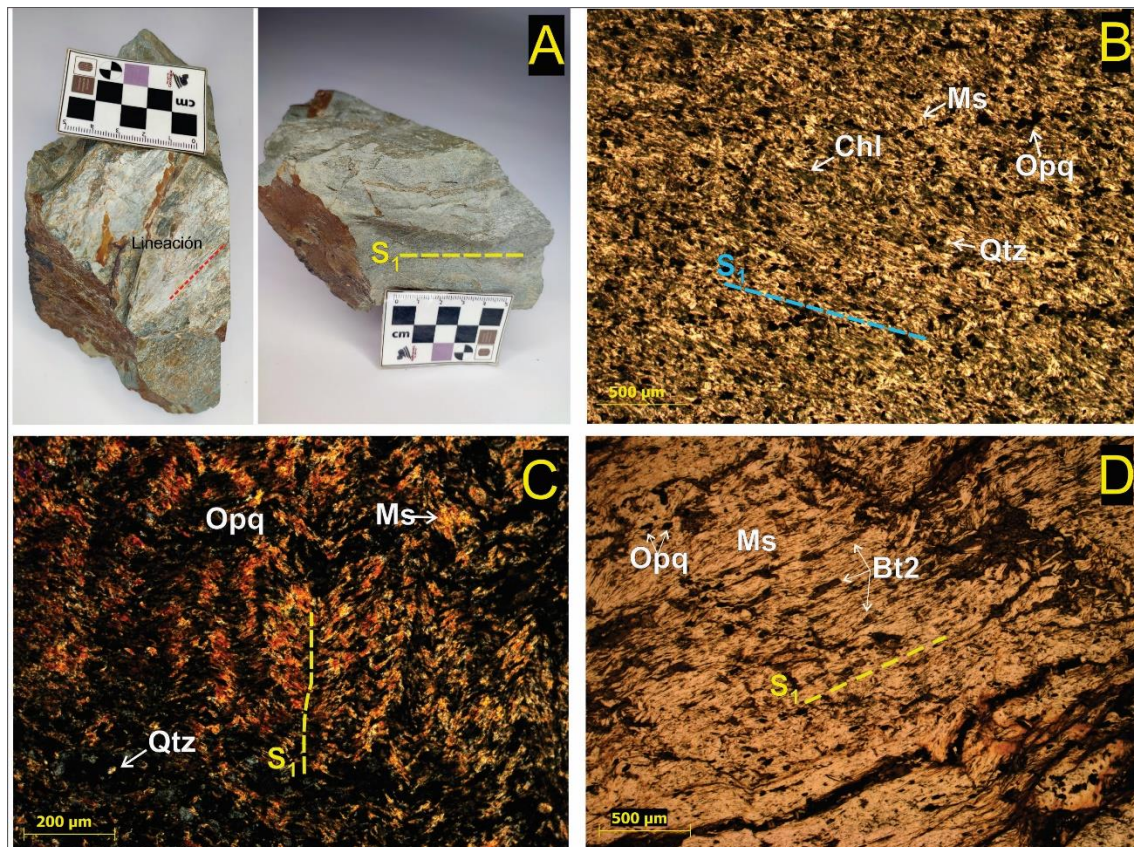
Se determinaron las siguientes variedades de filitas según su composición mineralógica: filitas muscovíticas, filitas muscovíticas con clorita, filitas muscovíticas con clorita y biotita y filitas muscovíticas con biotita y cordierita. Las variaciones mineralógicas en las filitas se relacionan con el grado de metamorfismo y la cercanía a los cuerpos hipoabisales de riolita.

Mineralógicamente las filitas constan de muscovita+cuarzo \pm clorita \pm biotita $2\pm$ cordierita. Los cristales de clorita en la filita VA-1-1 se muestran de color verde claro pleocróicos de bajo relieve, colores de interferencia verde azulado de segundo orden y ligeramente homeoblásticos (Figura 5-B). La biotita (Biotita 2) en las filitas VA-9-1 y VA-10-1 se presenta como individuos

café pleocróicos levemente isométricos, algunos están alterando moderadamente a clorita de bordes a centro (Figura 5-D). Finalmente, se encontraron cristales de cordierita en la filita VA-10-1 pinnitizados, es decir, cordierita levemente reemplazada por agregados de muscovita y clorita.

Figura 5

Características mineralógicas y petrográficas de las filitas. A: muestra de mano (VA-1-1). B: mineralogía y textura general (VA-1-1). C: foliación metamórfica (VA-6-1). D: textura y mineralogía general, destacando los cristales de biotita (VA-10-1).



4.1.4 Esquistos cuarzo muscovíticos

Este tipo de litología se localiza en zonas cercanas al contacto con los cuerpos hipobasales de riolita. Los esquistos cuarzo muscovíticos (VA-3-1, VA-8-1 y VA-10-2) son de color gris a verde, en algunos sectores alterna a naranja o rojizo producto de la oxidación, con brillo sedoso.

La foliación se observa muy bien definida, mostrando planos sub paralelos a anastomosados. Igualmente, se presenta lineación por crenulación. Los esquistos presentan fracturas discordantes y concordantes a la foliación, algunas rellenas de óxidos, al igual que venas de cuarzo concordantes a la foliación principal (Figura 6-A).

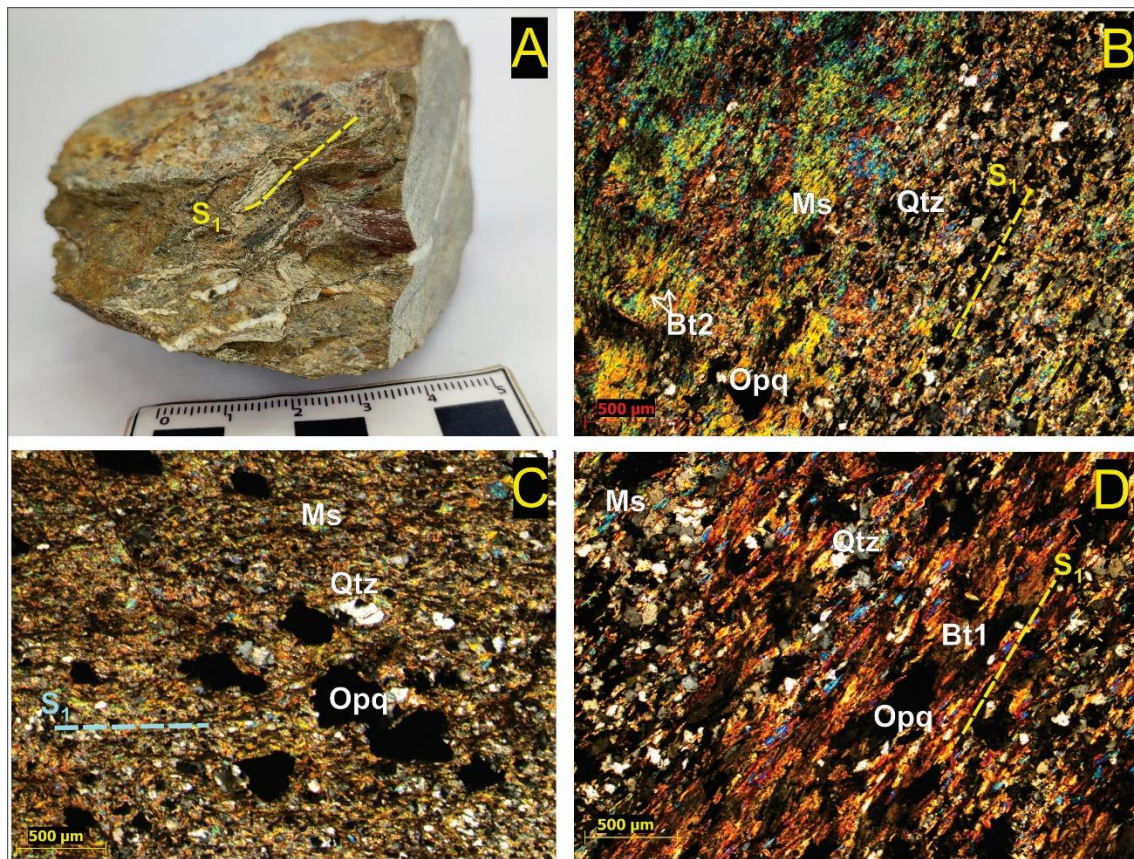
Microscópicamente, los esquistos son ligeramente homeoblásticos con foliación espaciada. Los dominios de clivaje están definidos por muscovita (muestra VA-3-1), por muscovita, clorita y biotita (muestra VA-8-1) y finalmente por muscovita y biotita (muestra VA-10-2). Los microlitones, son definidos por cuarzo principalmente y en menor cantidad muscovita. La foliación metamórfica S_1 está definida por la orientación preferencial de muscovita. Por otra parte, en el esquisto (muestra VA-3-1) los porfidoblastos de minerales opacos son post-tectónicos a S_1 (Figura 6-C). Asimismo, en la muestra VA-10-2, fueron identificados porfidoblastos de cordierita altamente pinnitizados en una matriz granolepidoblástica. La textura de los esquistos en donde no aparece cordierita, es granolepidoblástica.

Mineralógicamente los esquistos constan de muscovita+cuarzo±clorita±biotita₁±biotita₂. La cantidad de estos minerales es variable en este litotipo, lo cual permitió diferenciar los siguientes tipos de esquistos: esquisto cuarzo muscovítico, esquisto cuarzo muscovítico con biotita y clorita, esquisto cuarzo muscovítico con biotita. Muscovita y cuarzo se determinaron como minerales principales que conforman los esquistos. Se observa la muscovita como agregados hojosos compuestos por cristales laminares incoloros de bajo relieve, ligeramente homeoblásticos que definen la foliación de la roca y su distribución en la roca es abundante y homogénea. Asimismo, el cuarzo se identifica como individuos incoloros de bajo relieve, ligeramente homeoblásticos granulares, elongados respecto a la foliación de la roca y su distribución es homogénea.

Se observan dos generaciones de biotita. La biotita 1, se encuentra en el esquistos cuarzo muscovítico con biotita (VA-10-2), se presenta como agregados de hábito laminar, con colores de interferencia naranjas a café de segundo orden levemente homeoblásticos y concordantes con la foliación (Figura 6-D). La biotita 2, en los esquistos VA-8-1 y VA-10-2, se presenta como individuos café pleocróicos con exfoliación basal casi isométricos, colores de interferencia naranjas y verdosos de segundo orden, levemente homeoblásticos y discordantes a las foliaciones de la roca, algunos están alterando moderadamente a clorita de bordes a centro (Figura 6-B).

Figura 6

Características mineralógicas y petrográficas de los esquistos. A: muestra de mano (VA-3-1). B: textura mineralogía general (VA-8-1). C: porfidoblastos de minerales opacos (VA-3-1). D: textura y mineralogía (VA-10-2).



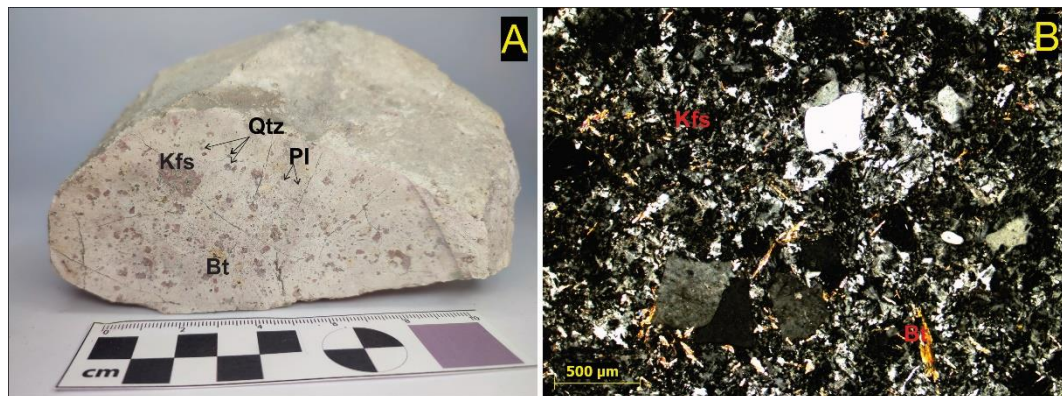
4.1.5 Riolita

La riolita (VA-7-1) es de tonalidad rosa claro, exhibe textura porfídica con matriz cristalina de feldespato potásico y fenocristales de cuarzo, feldespato potásico, plagioclasa y minerales accesorios. Composicionalmente, la roca presenta 65% de feldespato potásico, 12% de cuarzo, plagioclasa 7% y minerales accesorios como biotita alterada y minerales opacos. Por lo tanto, se ubica en el campo de la riolita. Para su clasificación se tuvo en cuenta los diagramas QAPF creados por la Subcomisión de Sistematización de Rocas Ígneas.

Esta muestra se tomó en la estación VA-7 (Figura 2) para la descripción de la roca hipoabisal implicada en los cambios texturales, estructurales y mineralógicos por su emplazamiento en las rocas metamórficas anteriormente mencionadas.

Figura 7

Características mineralógicas y petrográficas de Riolita (VA-7-1). A: muestra de mano. B: textura y mineralogía.



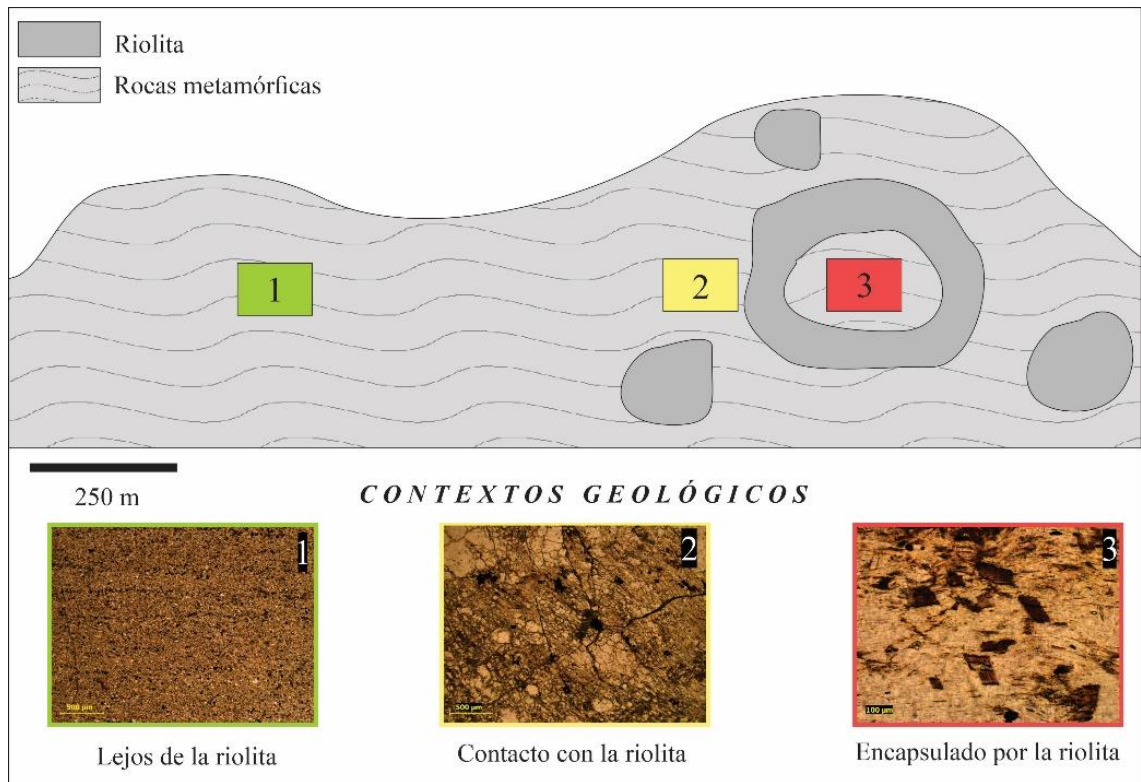
4.2 Metamorfismo

Las rocas metamórficas estudiadas muestran variaciones mineralógicas, estructurales y texturales, las cuales consisten en la presencia de minerales indicadores como biotita y cordierita y en el aumento del tamaño de grano. Para evaluar e interpretar las variaciones petrográficas

encontradas de acuerdo con la cercanía a los cuerpos de riolita, se consideró necesario dividir la zona de estudio en tres contextos geológicos diferentes (Figura 8), los cuales se describen a continuación.

Figura 8

Disposición de los contextos geológicos.



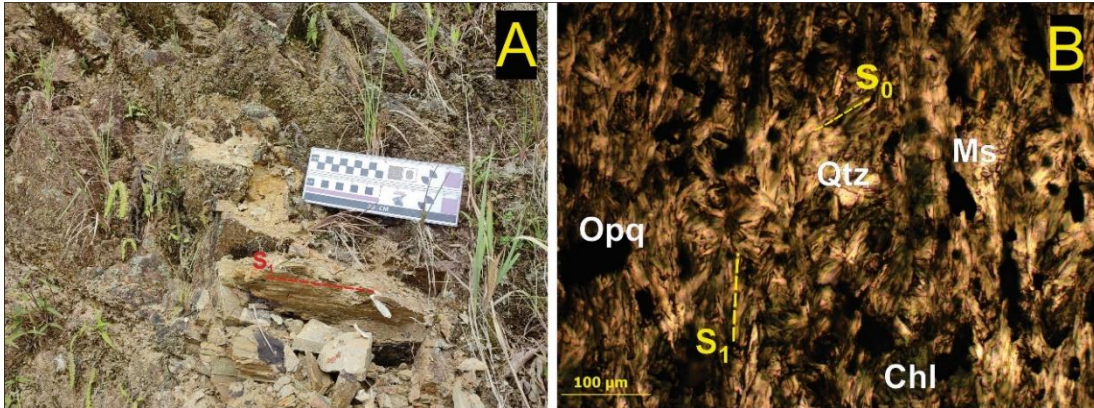
4.2.1 Contexto geológico 1

El contexto geológico 1 corresponde a las rocas metamórficas que están localizadas a distancia aproximadamente de 550 metros de la zona de contacto con la riolita. En este contexto afloran filitas muscovíticas con clorita (VA-1-1) y filitas muscovíticas (VA-2-1). En estas litologías aún se reconoce la foliación diagenética S_0 y el tamaño de grano es muy fino. La asociación mineralógica $Ms+Qtz\pm Chl\pm Opq\pm Gr$ de estas rocas, indica bajo grado de metamorfismo correspondiente a la zona de la clorita de facies esquistos verdes.

El desarrollo microestructural consiste en la aparición de la primera foliación metamórfica S_1 y en algunos sectores, los minerales de la foliación S_1 sufren reorientación debido a microplegamiento. En la Figura 9 se presentan los rasgos petrográficos de las litologías asociadas al contexto geológico 1.

Figura 9

Rasgos petrográficos de las litologías del contexto geológico 1. A: Afloramiento de la estación VA-2. B: microfotografía de la filita muscovítica con clorita (muestra VA-1-1) donde se observa la mineralogía y las foliaciones S_0 y S_1 (Nícoles paralelos).

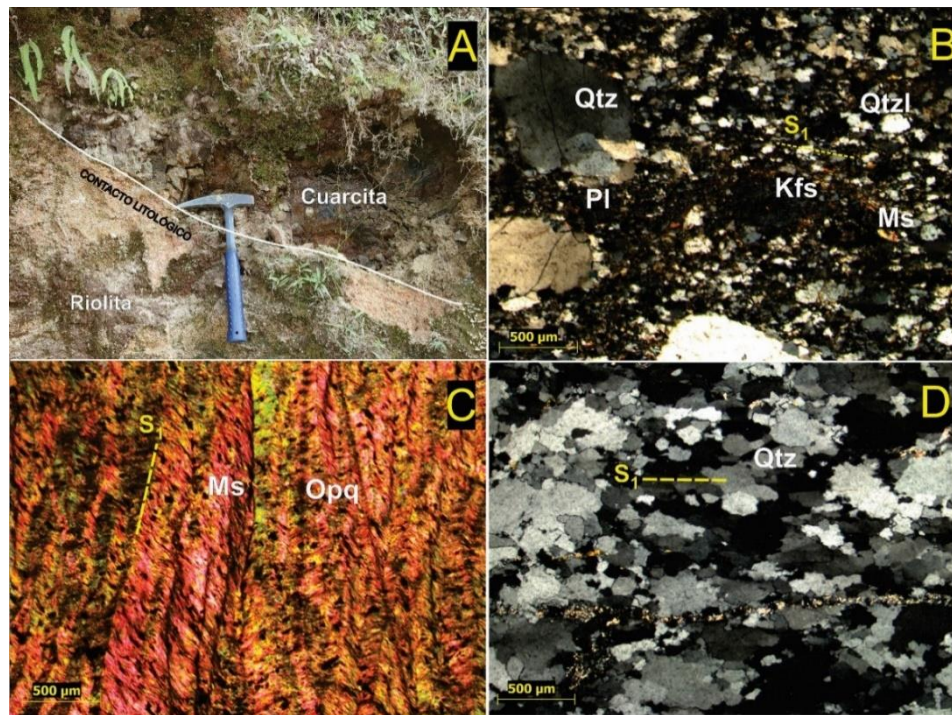


4.2.2 Contexto geológico 2

El contexto geológico 2 está constituido por cuarcita (VA-4-1), metagrauvas (VA-5-1, VA-5-2, VA-5-4, VA-5-5, VA-6-2) y filitas muscovíticas (VA-6-1 VA-5-3). En este contexto las rocas metamórficas están localizadas en la zona de contacto con los cuerpos de riolita (Figura 10-A). La asociación mineralógica $Ms+Qtz\pm Kfs\pm Pl\pm Opq\pm Gr$, indica metamorfismo en facies esquistos verdes zona de la clorita. Este grado metamórfico es similar al definido para el contexto geológico 1. Sin embargo, texturalmente las rocas del contexto geológico 2 se diferencian de las del contexto geológico 1 en los siguientes aspectos observados en las metagrauvas, filitas y cuarcita.

Figura 10

Rasgos petrográficos de las litologías del contexto geológico 2. A: Afloramiento de la estación VA-4. B: microfotografía de la metagrauvaca (muestra VA-5-2) donde se evidencia la recrystalización de los minerales de la matriz (Nícoles cruzados). C: microfotografía de la filita (muestra VA-5-3). Se observa la foliación S_1 (Nícoles cruzados). D: microfotografía de cuarcita (muestra VA-4-1). Se observa la orientación y homogenización del tamaño del cuarzo.



Las metagrauvas, presentan en la matriz indicios de recrystalización. Esta matriz está compuesta por cuarzo y muscovita los cuales se presentan agrupados, ligeramente homeoblásticos y con orientación preferencial (Figura 10-B). En las filitas muscovíticas desaparece la foliación diagenética (S_0) anteriormente observada en el contexto geológico 1. En su lugar está bien definida la foliación metamórfica S_1 y se incrementa el tamaño de grano de muscovita y cuarzo (Figura 10-C). Finalmente, en la cuarcita se observa la recrystalización del cuarzo, homogenización del tamaño de los mismos y una orientación de este mineral (Figura 10-D).

Las características texturales del contexto geológico 2, se relacionan con el efecto termal producido por el emplazamiento de los cuerpos hipoabisales de riolita, lo cual indica la primera evidencia de metamorfismo de contacto en la zona.

4.2.3 Contexto geológico 3

El contexto geológico 3 está conformado por esquisto cuarzo muscovítico (VA-3-1), esquisto cuarzo muscovítico con biotita y clorita (VA-8-1), Filita muscovítica con biotita (VA-9-1), filita muscovítica con biotita y cordierita (VA-10-1) y esquisto cuarzo muscovítico con biotita (VA-10-2). En este contexto se agruparon las rocas metamórficas que estaban dentro de los cuerpos de riolita y su disposición se puede observar en la Figura 11.

Figura 11

Ocurrencia de las rocas metamórficas en el contexto geológico 3. Se presentan como xenolitos en los cuerpos hipoabisales de riolita.



Las rocas metasedimentarias del contexto geológico 3 ocurren como xenolitos de diferente tamaño entre las masas de riolita. Por esta razón, estas litologías registran los mayores cambios mineralógicos y texturales de la zona.

A nivel mineralógico, aparecen biotita y cordierita, indicadores de mayor grado metamórfico, que no habían sido reportados anteriormente en la zona de estudio. Estos minerales

aparecen en la filita muscovítica (VA-10-1) y el esquistos cuarzo muscovítico (VA-10-2) mientras que rocas con biotita² y sin cordierita corresponden a esquistos cuarzo muscovítico (VA-8-1) y la filita muscovítica (VA-9-1).

La cordierita ocurre como porfidoblastos con diferente grado de reemplazamiento a pinnita (agregados de muscovita y clorita). Ver Figura 12-E. Los relictos conservados de cordierita, presentan colores de interferencia grises a amarillos de primer orden incoloros, fracturados y con bajo relieve (Figura 12-C). En el esquistos cuarzo muscovítico (VA-10-2) los porfidoblastos de cordierita son de mayor tamaño (Figura 12-B), pero a su vez son los más reemplazados por pinnita (Figura 12-D).

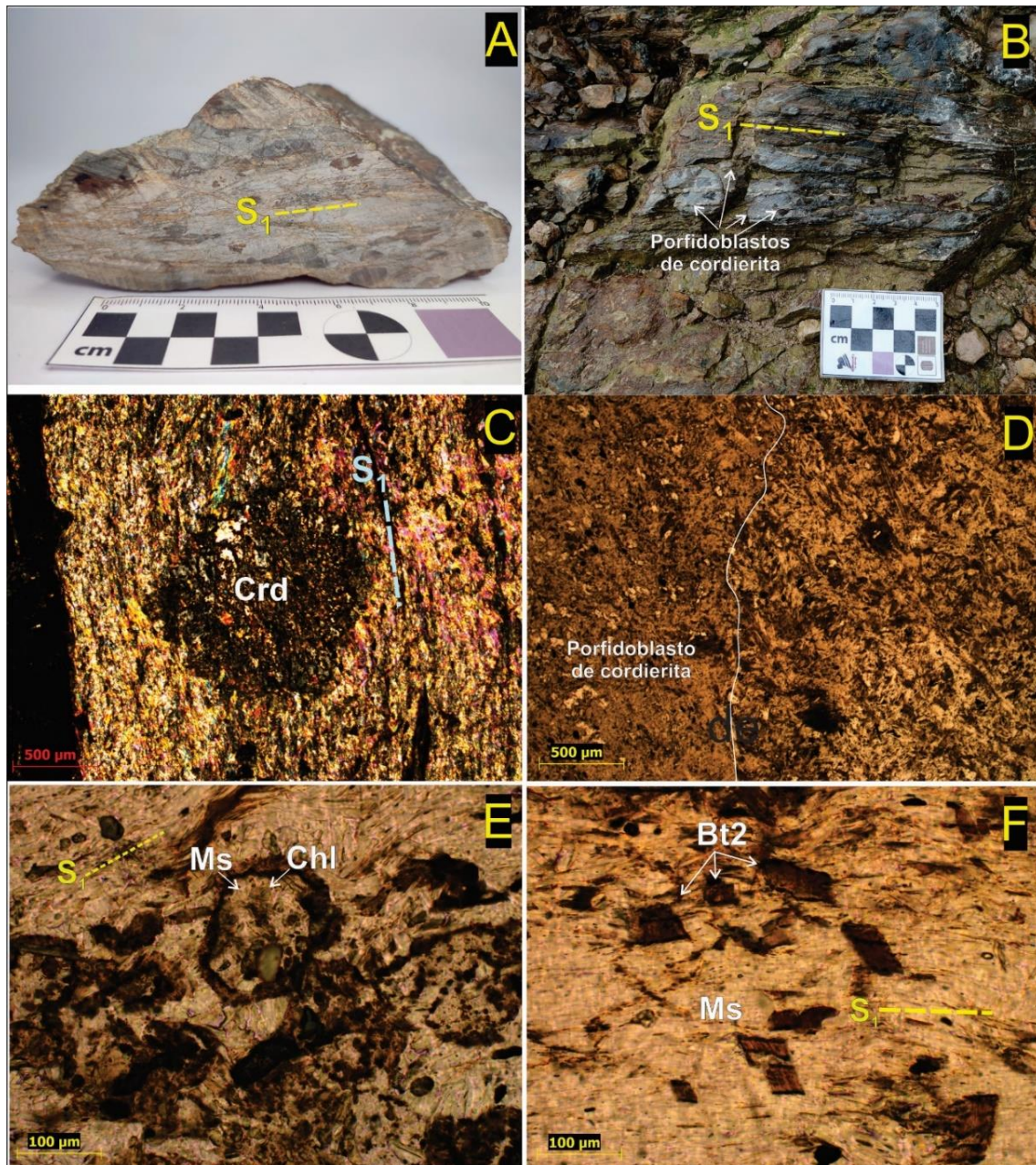
Se observó una nueva generación de biotita (Biotita 2), en el esquistos cuarzo muscovítico (VA-8-1), filita muscovítica (VA-9-1), filita muscovítica (VA-10-1) y esquistos cuarzo muscovítico (VA-10-2). Este mineral ocurre como cristales hojosos cafés pleocróicos con exfoliación basal ligeramente isométricos, colores de interferencia naranjas y verdosos de segundo orden, homeoblásticos y orientados de forma discordante a la foliación S_1 (Figura 12-F).

Los rasgos texturales y estructurales de las rocas metamórficas del contexto geológico 3, evidencian mayor recristalización, incremento en el tamaño de grano, su leve homogenización, y mejor definición de la foliación S_1 . La presencia de biotita y cordierita en las variedades litológicas filita muscovítica y esquistos cuarzo muscovítico, modifica la estructura de la roca de esquistosa a moteada.

Los minerales producto de la alteración de la cordierita, fueron confirmados como agregados de muscovita y clorita mediante microscopía electrónica de barrido (SEM). Igualmente, se estudiaron mediante SEM algunos individuos de biotita² para conocer su composición.

Figura 12

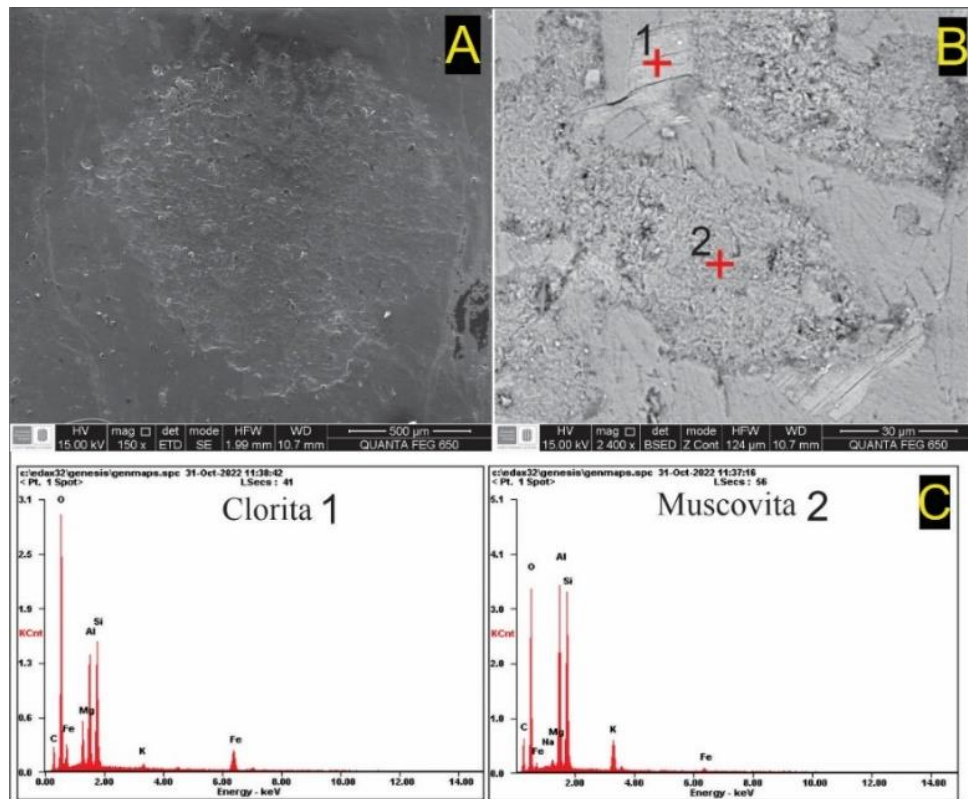
Rasgos petrográficos del contexto geológico 3. A: muestra de mano donde se observan los porfidoblastos de cordierita (VA-10-1). B: afloramiento donde se observan los porfidoblastos de cordierita (VA-10-2). C: textura moteada con porfidoblasto de cordierita (VA-10-1). D: porfidoblasto de matriz fina en contacto con la matriz (VA-10-2). E: proceso de pinnitización en cristal de cordierita (VA-10-1). F: Biotita 2 en filita VA-10-1.



Se analizó mediante microscopía electrónica de barrido (SEM), la muestra VA-10-1 correspondiente a filita muscovítica con biotita y cordierita, con el fin de confirmar los productos de alteración de los porfidoblastos de cordierita determinados previamente por petrografía. En la Figura 13-A, se observa la morfología de los relictos de cordierita en una matriz fina de clorita y agregados de sericita. Los espectros muestran en la Figura 13-C. En la Figura 13-B se tomaron dos puntos de los cristales, indicando la presencia de clorita y muscovita, los cuales se correlacionan con el proceso de pinnitización generado en la cordierita.

Figura 13

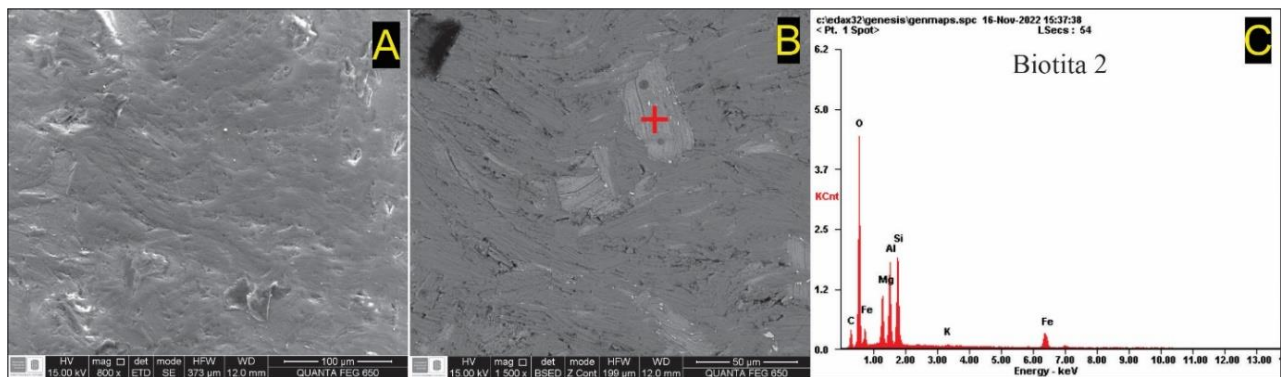
Imágenes de SEM de Cordierita en filita muscovítica VA-9-1. A: imagen del porfidoblasto de cordierita en electrones secundarios. B: imagen de porfidoblasto de cordierita en electrones dispersados (marcado con +). C: espectros composicionales de clorita y muscovita en porfidoblasto de cordierita (pinnita).



La composición de la biotita₂, de la filita muscovítica con biotita VA-9-1 (Figura 14-B), indica una mayor relación del Mg con respecto al Fe, lo cual permite clasificarla preliminarmente como flogopita.

Figura 14

Imágenes SEM de Biotita₂ en la filita muscovítica VA-9-1. A: imagen de electrones secundarios. B: imagen de electrones retrodispersados mostrando la Biotita₂ (marcado con +). C: espectro composicional de la biotita₂.



5. Discusión

Las rocas metamórficas aflorantes en la vía Mogotes-San Joaquín en contigüidad del Alto de los Cacaos, muestran variaciones petrográficas. Las características mineralógicas y texturales de las rocas del contexto geológico 1, ubicado al oeste del municipio de San Joaquín, son las que presentan menor grado metamórfico. Los rasgos texturales y estructurales incluyen grano muy fino y la preservación de la foliación diagenética respectivamente; mineralógicamente la asociación $Ms+Qtz\pm Chl$ las ubica en facies esquistos verdes en la zona de la clorita.

El mismo grado metamórfico fue definido por Camacho D. (2017) en rocas metamórficas aflorantes hacia el oeste de la zona de estudio. Las rocas que registran menor grado metamórfico son metalodolitas y las de bajo grado son filitas pelíticas (compuestas por muscovita y clorita, con menor cantidad de cuarzo y minerales opacos), filitas cuarzosas (cuarzo, muscovita, clorita y

plagioclasa y minerales opacos) y metacuarzoarenitas (cuarzo, clorita, feldespato potásico, muscovita y minerales opacos). Las microestructuras de estas rocas exhiben en ocasiones una foliación diagenética relacionada con la estratificación del protolito. De igual manera, Mantilla-Figueroa, L.C., y García-Ramírez, C.A. (2018) reconocieron al sureste de Mogotes filitas pelíticas, semipelíticas y meta-areniscas cuarzosas con bajo grado de metamorfismo.

En conclusión, las características petrográficas de las filitas muscovíticas del contexto geológico 1 (las más alejadas del contacto con las riolitas), son muy similares por grado de metamorfismo a las reportadas por Camacho D. (2017) y Mantilla-Figueroa, L.C., y García-Ramírez, C.A. (2018).

Por otra parte, el tamaño de grano de las metasedimentitas aumenta en dirección al contacto con los cuerpos hipoabisales y se incrementa significativamente en las metasedimentitas que aparecen como xenolitos entre las masas de riolita.

La ocurrencia de biotita (Biotita1) en esquistos cuarzo muscovíticos, evidencia las condiciones más altas de metamorfismo regional reportadas para el área de Mogotes-San Joaquín. La asociación mineral $Ms+Bt1+Qtz$ del pico metamórfico, indica condiciones de metamorfismo regional en facies esquistos verdes, zona de la biotita.

Hacia el oeste del Alto de los Cacaos, se encontraron biotita2 y cordierita, no reportados anteriormente en la zona, que hacen parte del contexto geológico 3. Esta segunda generación de biotita (Biotita2), aparece como individuos con forma levemente isométrica y orientación discordante a la foliación S_1 de las rocas. La cordierita son porfidoblastos pinnitizados en diferente grado. La presencia de la biotita2 y la cordierita en rocas metasedimentarias, que ocurren como xenolitos en el contexto geológico 3, son producto de un evento termal, relacionado con el emplazamiento de los cuerpos hipoabisales de riolita. De acuerdo con la presencia de cordierita,

este evento de metamorfismo de contacto alcanzó sus máximas condiciones en facies de las corneanas anfibólicas.

En zonas de falla y cizalla, especialmente hacia el Alto de los Cacaos, se observó procesos de deformación dúctil como milonitización. Petrográficamente, esa deformación consiste en una re-orientación tectónica de los diferentes minerales.

En concordancia con lo anteriormente mencionado, en el área de trabajo se reconocieron tres eventos metamórficos:

(1) Metamorfismo regional? (M1) de bajo grado. La asociación mineral de este evento ($Ms+Qtz\pm Bt1\pm Chl$) indica pico metamórfico en condiciones de la zona biotita de la facies esquistos verdes. Litológicamente las rocas de la zona de la clorita del presente trabajo, guardan similitud con las metasedimentitas aflorantes en zonas más cercanas a Mogotes, para las cuales, Mantilla-Figueroa, L.C., y García-Ramírez, C.A. (2018) obtuvieron una edad de máxima de depositación del Devónico Temprano. Por lo anterior, se podría inferir esta máxima edad estratigráfica para las rocas metasedimentarias del Alto de los Cacaos. Es necesario aclarar que este evento metamórfico M1 se ha definido preliminarmente como de tipo regional. Sin embargo, se espera que estudios posteriores petrográficos, sobre todo geocronológicos, aporten al esclarecimiento de la extensión de este proceso y su relación con otras metasedimentitas de bajo grado de aparente edad posSilúrica del Macizo de Santander. Un resumen de las características del metamorfismo regional (M1) se presenta en la Tabla 2.

(2) Metamorfismo de contacto (M2), producto del emplazamiento de cuerpos hipoabisales de riolita. Con este evento M2 se relaciona la Biotita₂ y los porfidoblastos de cordierita al igual que el incremento en el tamaño de grano de las rocas metamórficas. La asociación $Bt2\pm Crd$ indica pico metamórfico en la facies corneanas anfibólicas. La edad de este metamorfismo de contacto se

infiere a partir de la edad del emplazamiento de las riolitas, correspondiente a $201,6 \pm 2,1$ Ma (Correa *et al.* 2020).

Tabla 2

Condiciones de metamorfismo regional de los contextos geológicos.

Facies	Zona	Asociación mineral	Contexto geológico
	Biotita	Ms+Bt1+Qtz±Chl+Opq±Gr Metapelitas	3
Esquistos verdes	Clorita	Ms+Qtz+Kfs+Pl+Opq±Gr Metagrauvascas	2
		Ms+Qtz+Opq±Gr Metapelitas	
		Ms+Qtz±Chl+Opq±Gr Metapelitas	1

(3) Metamorfismo de dislocación (M3), consistente en milonitización, relacionada a fallas que deformaron las rocas del Alto de los Cacaos de manera dúctil.

6. Conclusiones

En el área de trabajo, en inmediaciones del Alto de los Cacaos sobre la vía Mogotes-San Joaquín, afloran cuarcita, metagrauvascas (con cuarzo, muscovita, feldespato potásico, plagioclasa, y minerales opacos), filitas muscovíticas (con muscovita, cuarzo y minerales opacos, en algunas filitas se encontraron clorita, biotita₂ y cordierita), esquistos cuarzo muscovíticos (compuestos por cuarzo, muscovita y minerales opacos, en algunos esquistos se encontraron biotita₁, biotita₂ y clorita) y finalmente riolita (compuesta por feldespato potásico, cuarzo y plagioclasa con minerales

accesorios de biotita y minerales opacos). La microestructura dominante de las rocas metamórficas es foliación S_1 , conservándose en algunas litologías foliación diagenética S_0 . Las principales texturas son: granolepidoblástica, granoblástica, porfídoblastica en matriz granolepidoblástica y blastopsammítica.

Las rocas metasedimentarias fueron afectadas por tres eventos metamórficos: Metamorfismo regional? (M1), metamorfismo de contacto (M2) y metamorfismo de dislocación (M3).

En la zona de Mogotes-San Joaquín es la primera vez que se reporta la biotita¹ lo cual, preliminarmente, incrementa el grado de metamorfismo regional. La presencia de biotita indica las máximas condiciones de metamorfismo del evento metamórfico regional? (M1) correspondiente a la zona de la biotita de la facies esquistos verdes, siendo la asociación mineral predominante de las rocas $Ms+Qtz\pm Bt_1\pm Chl$.

Se estableció un evento de metamorfismo de contacto (M2) sobre impuesto al metamorfismo regional (M1), el cual está asociado al emplazamiento de cuerpos hipoabisales de riolita. Este evento es representado por la aparición de los minerales indicadores Biotita² y cordierita, al igual que la presencia de estructura moteada e incremento del tamaño de grano en las zonas de contacto con la riolita. La asociación mineral $Bt_2\pm Crd$, indica máximo grado del metamorfismo de contacto en la facies corneanas anfibólicas.

Como resultado del fallamiento y cizallamiento en algunos sectores de la zona de estudio, se originó un evento de metamorfismo de dislocación (M3), el cual es fue el responsable de la homogenización y reorientación de los minerales de las metagrauvas.

7. Recomendaciones

Realizar un estudio geocronológico de las rocas metamórficas en el Alto de los Cacaos para determinar si son correlacionables con los litotipos aflorantes en cercanías a Mogotes.

Referencias Bibliográficas

- Buitrago A. y Moreno C. (2017) Estudio mineralógico-petrográfico de las litologías basales de la formación floresta aflorantes en áreas del municipio de San Joaquín (departamento de Santander). Escuela de Geología, Universidad Industrial de Santander.
- Camacho D.Y. (2017). Petrografía de las metasedimentits aflorantes al sureste de Mogotes, Santander. Escuela de geología, Universidad Industrial de Santander.
- Cardona, A., Valencia, V., Lotero, A, Villafañez, Y., and Bayona, G. (2016). Provenance of middle to late Palaeozoic sediments in the northeastern Colombian Andes: implications for Pangea reconstruction. *Internatonal Geology Review*, 58(15), 1914-1939. doi: 10.1080/00206814.2016.1190948.
- Cediel, F., Shaw, R. P., & Caceres, C. (2003). Tectonic assembly of the Northern Andean Block. In C. Bartolini, R. T. Buffler, & J. Blickwede (eds.), *The Circum-Gulf of Mexico and the Caribbean: Hydrocarbon Habitats, Basin Formation, and Plate Tectonics* (vol. 79, pp. 815-848). AAPG Memoir
- Cordani, U.; Cardona, A.; Jiménez, D.; Liu, D.; Nutman, A. (2005). Geochronology of Proterozoic basement inliers in the Colombian Andes: tectonic history of remnants of a fragmented grenville belt. In *Terrane processes at margins of Gondwana* (Vaughan, A.P.M.; Leat, P.T.; Pankhurst, R.J.; editors). Geological Society of London, Special Publications 246: 329-346.
- Correa Martínez, A. M., Rodríguez, G., Bermúdez, J. G., Arango, M. I. y Zapata, G. (2020). Riolitas del Alto Los Cacaos. En *Catálogos de las unidades litoestratigráficas de Colombia: Macizo de Santander*. Vol. 1. Servicio Geológico Colombiano. <https://doi.org/10.32685/9789585279445.9>

- Dott R, 1964, Wacke, graywacke and matrix-what approach to immature sandstone classification?
Journal of Sedimentary Petrology, Vol. 34, No. 3, pp. 625-632.
- Figueroa, L. C. M., Bissig, T., Valencia, V., & Hart, C. J. (2013). The magmatic history of the Vetas-California mining district, Santander massif, eastern Cordillera, Colombia. *Journal of South American Earth Sciences*, 45, 235-249.
- García, C. A.; Ríos, C. A.; Castellanos, O. M. (2005) MEDIUM-PRESSURE METAMORPHISM IN THE CENTRAL SANTANDER MASSIF, EASTERN CORDILLERA, COLOMBIAN ANDES *Boletín de Geología*, vol. 27, núm. 2, pp. 43-68 Universidad Industrial de Santander Bucaramanga, Colombia
- García, C. (2022). Fundamentos de petrología metamórfica. Ediciones UIS.
- Kerrick, D. M. (Ed.). (2018). Contact metamorphism (Vol. 26). Walter de Gruyter GmbH & Co KG.
- Layman, F. G. (1963, January). Cordierite alteration. In *Proceedings of the Pennsylvania Academy of Science* (pp. 169-174). Pennsylvania Academy of Science.
- Mantilla-Figueroa, L. C., García-Ramírez, C. A., & Valencia, V. A. (2016a). Propuesta de escisión de la denominada 'Formación Silgará' (Macizo de Santander, Colombia), a partir de edades U-Pb en circones detríticos. *Boletín de Geología*, 38(1).
- Mantilla Figueroa, L. C., García Ramírez, C. A., & Valencia, V. A. (2016b). Nuevas evidencias que soportan la escisión de la Formación Silgará y propuesta de un nuevo marco estratigráfico para el basamento metamórfico del Macizo de Santander (Cordillera Oriental de Colombia).

- Mantilla-Figueroa, L. C., & García-Ramírez, C. A. (2018). Geología y geocronología de las litologías aflorantes en el tramo Mogotes-San Joaquín (sector SW del Macizo de Santander). *Boletín de Geología*, 40(1), 123-144.
- Moreno-Sánchez, M., Gómez-Cruz, A. D. J., & Castillo-González, H. (2005). La Formación Floresta Metamorfoseada (sensu Ward *et al.*, 1973) no es la Formación Floresta sin metamorfosear. In *Memorias X Congreso Colombiano de Geología. Bogotá* (pp. 1-7).
- Moreno-Sánchez, M., Gómez-Cruz, A. & Buitrago-Hincapié, J. (2020). Paleozoic of Colombian Andes: New paleontological data and regional stratigraphic review. In: Gómez, J. & Mateus-Zabala, D. (editors), *The Geology of Colombia, Volume 1 Proterozoic – Paleozoic*. Servicio Geológico Colombiano, Publicaciones Geológicas Especiales 35, p. 167–203. Bogotá. <https://doi.org/10.32685/pub.esp.35.2019.09>
- Ostrooumov, M. (2011). Avances recientes de la espectroscopía Raman en Ciencias de la Tierra. Serie Monografías, 18.
- Rodríguez, G. (2022). Petrographic, chemical and geochronological characteristics of the Onzaga Metarhyolite and its correlation with Ordovician magmatic events in the northern Andes, Colombia. *Boletín Geológico*, 49(1). <https://doi.org/10.32685/0120-1425/bol.geol.49.1.2022.571>
- Royero, G.J.M., y Clavijo, T.J. (2001). Mapa geológico generalizado del departamento de Santander. Escala 1:400.000. INGEOMINAS. Memoria explicativa. Bogotá.
- Schmid, R.; Fettes, W.; Harte, B. *et al.* 2004. A systematic nomenclature for metamorphic rocks: 1. How to name a metamorphic rock. Recommendations by the IUGS Subcommission on the systematics of metamorphic rocks. SCMR. Web version of 01/04/04 (www.bgs.ac.uk/SCMR)

- Van Der Lelij, R., Spikings, R., Ulianov, A., Chiaradia, M., & Mora, A. (2016). Palaeozoic to Early Jurassic history of the northwestern corner of Gondwana, and implications for the evolution of the Iapetus, Rheic and Pacific Oceans. *Gondwana Research*, 31, 271-294.
- Vargas, H.R., Arias, T.A., Jaramillo, C.L., y Téllez, I.N. (1981). Geología de las planchas 136-Málaga y 152-Soatá, cuadrángulo I-13. Instituto Nacional de Investigaciones Geológico-Mineras. Memoria Explicativa, pp. 1-76.
- Ward, D., Goldsmith, R., Cruz, B., Jaramillo, C., y Restrepo, H. (1973). Geología de los Cuadrángulos H-12, Bucaramanga y H-13, Pamplona, departamento de Santander. U.S. Geological Survey e INGEOMINAS. *Boletín Geológico*, XXI (1-3): 1-132.
- Welton, J. E. (1984). SEM Petrology Atlas: American Association of Petroleum Geologists. *Methods in Exploration Series*, 4, 237.

Apéndices

Apéndice A: Descripción petrográfica de las rocas metamórficas.

Filita muscovítica con clorita (VA-1-1)

Macroscópicamente la roca exhibe una tonalidad gris verdosa, en algunos sectores varía de naranja a café producto de la oxidación, con brillo satinado y grano muy fino a fino. Los planos de foliación se encuentran bien definidos y son paralelos entre sí. Se aprecia también, lineación por crenulación. La roca presenta múltiples fracturas concordantes y discordantes a la foliación principal, algunas de estas se encuentran rellenas de óxidos. De igual forma, se observan venillas de cuarzo concordantes a la foliación aprovechando estos planos.

A nivel microscópico, la roca es homeoblástica con foliación continua, definida por la orientación de los filosilicatos tales como muscovita y clorita. Se observan dos foliaciones. Foliación diagenética (S_0), foliación conservada solo en unos sectores de la roca. Foliación metamórfica (S_1), definida por muscovita y clorita. La mayoría de los minerales opacos se orientan concordantemente a la S_1 , al igual que los individuos de cuarzo. Mineralógicamente la roca está compuesta por muscovita, clorita, cuarzo y minerales opacos.

COMPOSICIÓN MINERALÓGICA

Minerales principales: Muscovita, Clorita, Cuarzo

Minerales mayores: Minerales opacos

-Muscovita (39%): agregados hojosos compuestos por cristales laminares incoloros de bajo relieve, colores de interferencia de segundo orden, de grano muy fino ligeramente homeoblásticos que definen las foliaciones metamórficas de la roca. Está asociada a cristales de clorita y cuarzo en contacto neto. Su distribución en la roca es abundante y homogénea.

-Clorita (31%): cristales de color verde claro pleocróicos de bajo relieve, colores de interferencia verde azulado de segundo orden, grano muy fino ligeramente homeoblásticos. Se disponen paralelos a la foliación S_1 asociados a los cristales de muscovita en contacto neto.

Cuarzo

Se encontraron dos generaciones de cuarzo:

-Cuarzo1 (22%): individuos incoloros de bajo relieve, colores de interferencia de primer a segundo orden, de grano muy fino ligeramente homeoblásticos granulares. Algunos están sutilmente elongados respecto a la foliación S_1 . Aunque su proporción es menor, su distribución es uniforme en la roca.

-Cuarzo2: Es un cuarzo limpio y su disposición dentro de la vena se orientan perpendiculares a la dirección de la misma.

-Minerales opacos (8%): Cristales idioblásticos a subidioblásticos, de grano muy fino a fino levemente heteroblásticos, la mayoría se disponen concordantes a la foliación S_2 , algunos de menor tamaño se encuentran orientados en dirección a la S_1 . Su distribución es homogénea en toda la roca.

La textura de la roca es granolepidoblástica.

Asociación mineral: Ms+Chl+Qtz1

Filita muscovítica (VA-2-1)

Macroscópicamente la roca exhibe una tonalidad grisácea, en algunos sectores varía de naranja a rojizo producto de la oxidación. Con brillo metálico y sedoso, de grano muy fino. Se observan planos de foliación definidos y sub paralelos entre sí. Se observa lineación por crenulación. La roca presenta varias fracturas concordantes y discordantes a los planos de foliación

definidos, algunas oxidadas. Igualmente, se observan venillas y lentes de cuarzo concordantes a la foliación.

A nivel microscópico, la roca es homeoblástica con foliación continua, determinada por la orientación de la muscovita. Se observan tres foliaciones. Foliación diagenética (S_0), conservada solo en unos sectores de la roca por los cristales de muscovita. Foliación metamórfica (S_1), definida por muscovita. La mayoría de los minerales opacos se orientan concordantes a la S_1 , al igual que los individuos de cuarzo. Mineralógicamente, la roca está compuesta por muscovita, cuarzo y minerales opacos.

COMPOSICIÓN MINERALÓGICA

Minerales principales: Muscovita, Cuarzo1

Minerales mayores: Minerales opacos

-Muscovita (63%): agregados hojosos compuestos por cristales laminares incoloros de bajo relieve, colores de interferencia de segundo orden, de grano muy fino ligeramente homeoblásticos que definen las foliaciones metamórficas de la roca. Está asociada a cristales de cuarzo y minerales opacos en contacto neto. Su distribución en la roca es abundante y homogénea.

Cuarzo

Se encontraron dos generaciones de cuarzo:

-Cuarzo1 (20%): individuos incoloros de bajo relieve, colores de interferencia de primer a segundo orden, de grano muy fino ligeramente heteroblásticos granulares. Su distribución en la roca es uniforme.

-Cuarzo2: Es un cuarzo limpio y su disposición dentro de la vena se orientan perpendiculares a la dirección de la misma.

-Minerales opacos (17%): Cristales idioblásticos a subidioblásticos, de grano muy fino a fino levemente heteroblásticos, la mayoría se disponen concordantes a la foliación S_1 . Su distribución es homogénea en toda la roca.

La textura de la roca es granolepidoblástica.

Asociación mineral: $Ms+Qtz1$

Esquisto cuarzo muscovítico (VA-3-1)

Macroscópicamente, la roca presenta una tonalidad grisácea, en algunos sectores alterna a naranja o rojizo producto de la oxidación, con brillo sedoso. Se observan planos de foliación muy bien definidos y sub paralelos a anastomosados entre sí. Se observa lineación por crenulación. La roca presenta fracturas discordantes y concordantes algunas rellenas de óxidos, al igual que venas de cuarzo concordantes a la foliación principal. Además, se observan porfidoblastos de minerales opacos concordantes a la orientación preferencial de la roca.

A nivel microscópico, la roca es homeoblástica con foliación espaciada en donde se determinan dominios de clivaje de muscovita y microlitones granulares de cuarzo junto con pocos cristales de muscovita. Se observa la foliación metamórfica S_1 definida por el clivaje de la roca. Además, se presentan porfidoblastos de minerales opacos sin deflexión en los cristales que están en contacto, por lo cual serían post- tectónicos.

COMPOSICIÓN MINERALÓGICA

Minerales principales: Muscovita, Cuarzo1

Minerales mayores: Minerales opacos

-Muscovita (53%): agregados hojosos compuestos por cristales laminares incoloros de bajo relieve, colores de interferencia de segundo orden, de grano muy fino ligeramente homeoblásticos

que definen las foliaciones metamórficas de la roca. Está asociada a cristales de cuarzo y minerales opacos en contacto neto. Su distribución en la roca es abundante y homogénea.

-Cuarzo

Se encontraron dos generaciones de cuarzo:

Cuarzo1 (38%): individuos incoloros de bajo relieve, colores de interferencia de primer a segundo orden, de grano muy fino ligeramente homeoblásticos granulares. Algunos están elongados respecto a la foliación de la roca. Su distribución es sectorial, en algunas partes se presentan como agregados que conforman los microlitones o como individuos en contacto con cristales de muscovita.

Cuarzo2: Es un cuarzo limpio y su disposición dentro de la vena se orientan perpendiculares a la dirección de la misma.

-Minerales opacos (9%): Cristales idioblásticos a subidioblásticos, de grano muy fino a medio heteroblásticos, los de mayor tamaño corresponden a porfidoblastos pos tectónicos y están orientados concordantemente a la orientación principal.

La textura de la roca es granolepidoblástica.

Asociación mineral: Ms+Qtz1

Cuarcita (VA-4-1)

Macroscópicamente, la roca presenta tonalidad grisácea con algunos sectores verdosos, y en otros naranjas rojizos productos de la oxidación. La roca presenta planos de foliación subparalelos entre sí. La roca es altamente compacta debido a su alto contenido en cuarzo. Por otra parte, se observan fracturas discordantes y concordantes, algunas rellenas de óxidos, y venas discordantes de tonalidad verdosa de hábito hojoso correspondiente a clorita.

A nivel microscópico, la roca es ligeramente homeoblástica con esquistosidad continua dominada por granos gruesos de cuarzo en contacto con venas de muscovita, clorita y Minerales opacos. Se observa la foliación metamórfica S_1 definida por la elongación de los cristales de cuarzo, que pueden estar concordantes o discordantes a las venas de filosilicatos.

COMPOSICIÓN MINERALÓGICA

Minerales principales: Cuarzo

Minerales mayores: Muscovita

Minerales menores: Minerales opacos

-Cuarzo (100%): agregados incoloros de bajo relieve, colores de interferencia de primer a segundo orden, de grano medio ligeramente homeoblásticos granulares. la mayoría están elongados definiendo la foliación de la roca. Su distribución es amplia, en algunas partes se presentan como individuos en contacto con cristales de Muscovita y Clorita.

Minerales opacos: Cristales idioblásticos a subidioblásticos, de grano muy fino homeoblásticos, se encuentran en asociación a los cristales de Muscovita y Clorita de las venas que se encuentran en la roca.

Muscovita: agregados hojosos compuestos por cristales laminares incoloros de bajo relieve, colores de interferencia de segundo orden, de grano muy fino ligeramente. Está asociada a cristales de clorita y minerales opacos en contacto neto. Su distribución en la roca es sectorial según la aparición de las venas.

Clorita: cristales de color verde claro pleocróicos de bajo relieve, colores de interferencia verde azulado de segundo orden, grano fino a medio. Se disponen en contacto con los cristales de Muscovita según la dirección de las venas.

La textura de la roca es granoblástica.

Asociación mineral: Ms+Qtz1

Metagrauvaca (VA-5-1)

Macroscópicamente, la roca presenta tonalidad grisácea a amarilla clara con algunos sectores anaranjados debido a procesos de oxidación. Los minerales se encuentran ligeramente orientados y de tamaños homogéneos. La roca es moderadamente compacta. Se observan fracturas concordantes y discordantes a la orientación preferencial, algunas rellenas de óxidos.

A nivel microscópico corresponde a una roca de grano fino homoeoblástica con foliación definida por la orientación de la muscovita. Algunos individuos de cuarzo, feldespato potásico y plagioclasa están levemente elongados debido a la milonitización impuesta en la roca. Mineralógicamente, la roca se compone de cuarzo, muscovita, feldespato potásico, plagioclasa, biotita y minerales opacos.

COMPOSICIÓN MINERALÓGICA

Minerales principales: Cuarzo, Muscovita

Minerales mayores: Feldespato potásico, Plagioclasa

Minerales menores: Minerales opacos

-Cuarzo (42%): individuos incoloros de bajo relieve con colores de interferencia blancos a grises de primer orden, idioblásticos a subidioblásticos ligeramente homeoblásticos. Algunos individuos elongados hacia la orientación definida por el metamorfismo de dislocación. Su distribución es continua en la roca y están asociados a cristales de muscovita y clorita en contacto neto y a feldespato y plagioclasa en contacto puntual.

-Muscovita (34%): agregados hojosos incoloros de grano fino, colores de interferencia de segundo a tercer orden homeoblásticos. Están orientados por la milonitización sobre impuesta,

conforma la matriz de la roca junto con agregados de clorita. Está asociado en contacto neto con los minerales granulares y con clorita.

-Feldespato potásico (17%): individuos incoloros de bajo relieve con colores de interferencia grisáceos de primer orden, idioblásticos a subidioblásticos ligeramente homeoblásticos. Algunos están elongados hacia la orientación definida por la milonitización en la roca. Están asociados a cristales de muscovita. Está alterando moderadamente a sericita de bordes al centro.

-Plagioclasa (16%): Individuos incoloros de bajo relieve con colores de interferencia blanco a grisáceo de primer orden, idioblásticos a subidioblásticos ligeramente homeoblásticos. Se observan con maclas polisintéticas. Están en contacto puntual con individuos de cuarzo y feldespato potásico y en contacto neto con muscovita. Está alterando moderadamente a sericita de bordes al centro.

-Biotita: agregados hojosos cafés pleocróicos de grano fino, colores de interferencia naranjas de segundo orden levemente homeoblásticos. Se presentan en la roca como venas agregadas discordantes a la foliación y en algunos cristales están alterando moderadamente a clorita de bordes al centro. Está asociado cristales de muscovita, cuarzo en contacto largo. Está alterando levemente desde los bordes al centro a clorita.

-Minerales opacos (3%): cristales idioblásticos a subidioblásticos, de grano fino a medio heteroblásticos. Algunos son porfidoblásticos posttectónicos concordantes a la dirección de la roca. Su distribución es homogénea.

Textura lepidogranoblástica.

Asociación mineral: Qtz+Ms+Kfs+Pl

Meta grauvaca con biotita (VA-5-2)

En muestra de mano se logra observar que la roca presenta tonalidad grisácea a verdosa con algunos sectores anaranjados debido a procesos de oxidación. Se reconocen clastos de cuarzo, plagioclasa y feldespato potásico ligeramente elongados hacia la orientación preferencial en una matriz más fina. La roca es moderadamente compacta. Se observan fracturas concordantes y discordantes a la orientación preferencial, algunas rellenas de óxidos.

Microscópicamente, corresponde a roca heteroblástica con orientación definida por milonitización y en otros sectores carece de orientación. Se observan clastos de cuarzo, feldespato potásico y plagioclasa que sobre salen en una matriz de individuos de cuarzo homeoblásticos, muscovita, sericita. Mineralógicamente la roca está compuesta por cuarzo, muscovita, feldespato potásico, plagioclasa, sericita, clorita y minerales opacos.

COMPOSICIÓN MINERALÓGICA

Minerales principales: Cuarzo, Muscovita

Minerales mayores: Feldespato potásico, Biotita, Plagioclasa

Minerales menores: Minerales opacos

-Cuarzo (36%): individuos incoloros de bajo relieve con colores de interferencia blancos a grises de primer orden, idioblásticos a subidioblásticos heteroblásticos. Se encuentran en dos tamaños y distribución. Clastos de gran tamaño idioblásticos y agregados de individuos que definen la orientación de la roca por su leve elongación debido al metamorfismo de dislocación. Su distribución es uniforme en la roca y están asociados a cristales de feldespato potásico y plagioclasa en contacto puntual y neto, y a muscovita en contacto neto en la matriz.

-Muscovita (25%): agregados hojosos incoloros de grano fino, colores de interferencia de segundo a tercer orden homeoblásticos. En algunos sectores, los cristales están concordantes a la orientación por la milonitización sobre impuesta y hace parte de la matriz de la roca. Está asociada

en contacto neto con los minerales granulares, principalmente con los homeoblásticos de cuarzo de la matriz.

-Feldespato potásico (20%): individuos incoloros de bajo relieve con colores de interferencia grisáceos de primer orden, idioblásticos a subidioblásticos ligeramente homeoblásticos. Algunos están elongados hacia la orientación definida por la milonitización en la roca. Ciertos cristales se encuentran sericitizando o ya alterados a sericita.

-Biotita: agregados hojosos cafés pleocróicos de grano fino, colores de interferencia naranjas de segundo orden levemente homeoblásticos. Se presentan en la roca como venas agregadas discordantes a la foliación y en algunos cristales están alterando moderadamente a clorita de bordes al centro. Está asociado cristales de muscovita, cuarzo en contacto largo. Está alterando levemente desde los bordes al centro a clorita.

-Plagioclasa (11%): Individuos incoloros de bajo relieve con colores de interferencia blanco a grisáceo de primer orden, idioblásticos a subidioblásticos ligeramente homeoblásticos. Se observan con maclas polisintéticas. Están en contacto puntual con individuos de cuarzo y feldespato potásico y en contacto neto con muscovita. Está alterando moderadamente a sericita de bordes al centro.

-Minerales opacos (3%): cristales idioblásticos a subidioblásticos, de grano fino a medio heteroblásticos. Algunos son porfisoblastos posttectónicos concordantes a la dirección de la roca. Su distribución es homogénea.

Textura lepidogranoblástica.

Asociación mineral: Qtz+Ms+Kfs+Pl

Filita muscovítica (VA-5-3)

Macroscópicamente la roca exhibe una tonalidad grisácea, en algunos sectores varía de naranja a rojizo producto de la oxidación. Con brillo metálico y sedoso, de grano muy fino. Se observan planos de foliación definidos y sub paralelos entre sí al igual que alto grado de fractura. Se observa lineación por crenulación. La roca presenta varias fracturas concordantes y discordantes a los planos de foliación definidos, algunas oxidadas. Igualmente, se observan venillas y lentes de cuarzo concordantes a la foliación.

A nivel microscópico, se define como roca de grano muy fino, levemente homeoblástica con foliación continua crenulada S_1 definida por el clivaje continuo de los cristales de muscovita. Se observan fracturas discordantes a la foliación rellenas de óxidos. Mineralógicamente la roca está compuesta por muscovita, cuarzo, minerales opacos.

COMPOSICIÓN MINERALÓGICA

Minerales principales: Muscovita

Minerales mayores: Cuarzo, Minerales opacos

-Muscovita (56%): agregados hojosos compuestos por cristales laminares incoloros de bajo relieve, colores de interferencia de segundo orden, de grano muy fino ligeramente homeoblásticos que definen las foliaciones metamórficas de la roca. Está asociada a individuos de cuarzo en contacto neto. Su distribución en la roca es abundante y homogénea.

Cuarzo

Se encontraron dos generaciones de cuarzo:

-Cuarzo1 (26%): individuos incoloros de bajo relieve, colores de interferencia de primer a segundo orden, de grano muy fino ligeramente homeoblásticos granulares. Aunque su proporción es menor, su distribución es uniforme en la roca.

-Cuarzo²: Es un cuarzo limpio y su disposición dentro de la vena se orientan perpendiculares a la dirección de la misma.

-Minerales opacos (18%): Cristales idioblásticos a subidioblásticos, de grano muy fino a fino levemente heteroblásticos, la mayoría se disponen concordantes a la foliación S₁. En los bordes se observa oxidación. Su distribución es homogénea en la roca.

Textura granolepidoblástica

Asociación mineral: Ms+Qtz

Contacto entre filita muscovítica y metagrauvaca (VA-5-4)

Macroscópicamente se identifican dos litologías en contacto, una de grano fino orientada, con planos sub paralelos entre sí definiendo una foliación y la segunda corresponde a una roca metasedimentaria de clastos de cuarzo plagioclasa y feldespato potásico con ligera orientación.

A nivel microscópico, se identifican las dos litologías y el contacto entre ellas. Primero se observa una roca de grano muy fino ligeramente homeoblástica con foliación continua S₁ definida por los cristales de muscovita, se identifican varias fracturas discordantes a la foliación. Mineralógicamente, la roca está compuesta por muscovita, cuarzo y minerales opacos.

La segunda corresponde a una roca heteroblástica con clastos granulares y matriz fina con orientación débil en algunos sectores o nula en otros. Mineralógicamente la roca está compuesta por cuarzo, muscovita, plagioclasa, feldespato potásico minerales opacos y minerales de alteración.

COMPOSICIÓN MINERALÓGICA: *filita muscovítica*

Minerales principales: Muscovita

Minerales mayores: Cuarzo, Minerales opacos

-Muscovita (56%): agregados hojosos compuestos por cristales laminares incoloros de bajo relieve, colores de interferencia de segundo orden, de grano muy fino ligeramente homeoblásticos que la orientación preferencial de la roca. Está asociada a individuos de cuarzo y minerales opacos en contacto neto. Su distribución en la roca es abundante y homogénea.

-Cuarzo (26%): individuos incoloros de bajo relieve, colores de interferencia de primer a segundo orden, de grano muy fino idioblásticos a subidioblásticos ligeramente homeoblásticos. Aunque su proporción es menor, su distribución es uniforme en la roca.

-Minerales opacos (18%): Cristales idioblásticos a subidioblásticos, de grano muy fino a fino levemente heteroblásticos, concordantes a la foliación preferencial de la roca. Su distribución es homogénea en la roca.

Textura lepidogranoblástica

Asociación mineral: Muscovita+Cuarzo

COMPOSICIÓN MINERALÓGICA: metagrauvaca

Minerales principales: Cuarzo, Muscovita

Minerales mayores: Feldespato potásico, Plagioclasa

Minerales menores: Minerales opacos

-Cuarzo (41%): individuos incoloros de bajo relieve con colores de interferencia blancos a grises de primer orden, idioblásticos a subidioblásticos heteroblásticos. Se encuentran en dos tamaños y distribución. Clastos de gran tamaño idioblásticos y agregados de individuos, en algunos sectores, definen la orientación de la roca por su leve elongación. Su distribución es uniforme en la roca y están asociados a cristales de feldespato potásico y plagioclasa en contacto puntual y neto.

-Muscovita (29%): agregados hojosos incoloros de grano fino, colores de interferencia de segundo a tercer orden homeoblásticos. Está asociada en contacto neto con los minerales granulares, principalmente con los homeoblásticos de cuarzo de la matriz.

-Feldespato potásico (18%): individuos incoloros de bajo relieve con colores de interferencia grisáceos de primer orden, idioblásticos a subidioblásticos ligeramente homeoblásticos. Algunos están elongados hacia la orientación definida por la milonitización en la roca. Ciertos cristales se encuentran sericitizando o ya alterados a sericita.

-Biotita: agregados hojosos cafés pleocróicos de grano fino, colores de interferencia naranjas pardos de segundo orden levemente heteroblásticos. Se presentan en la roca como venas agregadas discordantes a la foliación y en algunos cristales están alterando moderadamente a clorita de bordes al centro. Está asociado cristales de muscovita, cuarzo en contacto largo. Está alterando moderadamente desde los bordes al centro a clorita.

-Plagioclasa (11%): Individuos incoloros de bajo relieve con colores de interferencia blanco a grisáceo de primer orden, idioblásticos a subidioblásticos ligeramente homeoblásticos. Se observan con maclas polisintéticas. Están en contacto puntual con individuos de cuarzo y feldespato potásico y en contacto neto con muscovita. Está alterando levemente a sericita.

-Minerales opacos (1%): cristales idioblásticos a subidioblásticos, de grano fino a medio heteroblásticos. Algunos son porfidoblastos posttectónicos concordantes a la dirección de la roca. Su distribución es homogénea.

Textura granolepidoblástica.

Asociación mineral: Qtz+Ms+Kfs+Pl

Meta grauvaça (VA-5-5)

Macroscópicamente, se logra destacar que la roca presenta tonalidad grisácea a verdosa con algunos sectores anaranjados debido a procesos de oxidación. Se reconocen clastos de cuarzo, plagioclasa y feldespato potásico ligeramente elongados hacia la orientación preferencial en una matriz más fina. La roca es moderadamente compacta. Se observan fracturas concordantes y discordantes a la orientación preferencial, algunas rellenas de óxidos.

Microscópicamente, corresponde a roca heteroblástica con orientación preferencial S_1 . Se observan clastos de cuarzo, feldespato potásico y plagioclasa que sobre salen en una matriz de individuos de cuarzo homeoblásticos, muscovita, Mineralógicamente la roca está compuesta por cuarzo, muscovita, feldespato potásico, plagioclasa y minerales opacos.

COMPOSICIÓN MINERALÓGICA

Minerales principales: Cuarzo, Feldespato potásico

Minerales mayores: Muscovita, Plagioclasa

Minerales menores: Minerales opacos

-Cuarzo (42%): individuos incoloros de bajo relieve con colores de interferencia blancos a grises de primer orden, idioblásticos a subidioblásticos heteroblásticos. Se encuentran en dos tamaños y distribución. Clastos de gran tamaño idioblásticos y agregados de individuos que definen la orientación de la roca por su leve elongación debido al metamorfismo de dislocación. Su distribución es uniforme en la roca y están asociados a cristales de feldespato potásico y plagioclasa en contacto puntual y neto, y a muscovita en contacto neto en la matriz.

-Feldespato potásico (28%): individuos incoloros de bajo relieve con colores de interferencia grisáceos de primer orden, idioblásticos a subidioblásticos ligeramente homeoblásticos. Algunos están elongados hacia la orientación definida por la milonitización en la roca. Ciertos cristales se encuentran sericitizando o ya alterados a sericita.

-Muscovita (19%): agregados hojosos incoloros de grano fino, colores de interferencia de segundo a tercer orden homeoblásticos. Está asociada en contacto neto con los minerales granulares, principalmente con los homeoblásticos de cuarzo de la matriz.

-Biotita: agregados hojosos cafés pleocróicos de grano fino, colores de interferencia naranjas de segundo orden levemente homeoblásticos. Se presentan en la roca como venas agregadas discordantes a la foliación y en la mayoría de cristales están alterando a clorita. Está asociado cristales de muscovita, cuarzo en contacto largo. Algunos cristales están alterando moderadamente desde los bordes al centro a Clorita.

-Plagioclasa (10%): Individuos incoloros de bajo relieve con colores de interferencia blanco a grisáceo de primer orden, idioblásticos a subidioblásticos ligeramente homeoblásticos. Se observan con maclas polisintéticas. Están en contacto puntual con individuos de cuarzo y feldespatos potásico y en contacto neto con muscovita.

-Minerales opacos (1%): cristales idioblásticos a subidioblásticos, de grano fino a medio heteroblásticos. Algunos son porfiroblastos posttectónicos concordantes a la dirección de la roca. Su distribución es homogénea.

Textura granolepidoblástica.

Asociación mineral: Qtz+Ms+Kfs+Pl

Filita muscovítica (VA-6-1)

Macroscópicamente la roca exhibe una tonalidad grisácea a verdosa en algunos sectores varía a naranja producto de la oxidación. Con brillo metálico y sedoso, de grano muy fino. Se observan planos de foliación definidos y sub paralelos entre sí. Se observa lineación por crenulación. La roca presenta varias fracturas concordantes y discordantes a los planos de foliación

definidos, algunas oxidadas. Igualmente, se observan venillas y lentes de cuarzo concordantes a la foliación.

A nivel microscópico, se define como roca de grano muy fino, levemente homeoblástica con foliación continua crenulada S_1 definida por el clivaje continuo de los cristales de muscovita. Se observan fracturas discordantes a la foliación rellenas de óxidos. Se observan fragmentos de vena de cuarzo. Mineralógicamente la roca está compuesta por muscovita, cuarzo, minerales opacos.

COMPOSICIÓN MINERALÓGICA

Minerales principales: Muscovita

Minerales mayores: Cuarzo1, Minerales opacos

Minerales menores: Minerales opacos

-Muscovita (55%): agregados hojosos compuestos por cristales laminares incoloros de bajo relieve, colores de interferencia de segundo orden, de grano muy fino ligeramente homeoblásticos que definen las foliaciones metamórficas de la roca. Está asociada a individuos de cuarzo en contacto neto. Su distribución en la roca es abundante y homogénea.

Cuarzo

Se encontraron dos generaciones de cuarzo:

-Cuarzo1 (26%): individuos incoloros de bajo relieve, colores de interferencia de primer a segundo orden, de grano muy fino ligeramente homeoblásticos granulares. Aunque su proporción es menor, su distribución es uniforme en la roca.

-Cuarzo2: Es un cuarzo limpio y su disposición dentro de la vena se orientan perpendiculares a la dirección de la misma.

-Minerales opacos (19%): Cristales idioblásticos a subidioblásticos, de grano muy fino a fino levemente heteroblásticos. Se disponen concordantes a la foliación S_1 . Su distribución es homogénea en la roca.

Textura granolepidoblástica

Asociación mineral: Ms+Qtz

Metagrauvaca (VA-6-2)

En muestra de mano se logra observar que la roca presenta tonalidad grisácea a verdosa. Se reconocen clastos de cuarzo, plagioclasa y feldespato potásico en una matriz más fina. La roca es moderadamente compacta. Se observan fracturas concordantes y discordantes a la orientación preferencial, algunas rellenas de óxidos.

Microscópicamente, corresponde a roca heteroblástica con débil orientación preferencial. Se observan clastos de cuarzo, feldespato potásico y plagioclasa que sobre salen en una matriz de individuos de cuarzo homeoblásticos, muscovita, sericita. Mineralógicamente la roca está compuesta por cuarzo, muscovita, feldespato potásico, plagioclasa, sericita, biotita, clorita y minerales opacos.

COMPOSICIÓN MINERALÓGICA

Minerales principales: Cuarzo

Minerales mayores: Muscovita, Feldespato potásico, Plagioclasa, Biotita

Minerales menores: Minerales opacos

Cuarzo

Se encontraron dos generaciones de cuarzo:

-Cuarzo (54%): individuos incoloros de bajo relieve con colores de interferencia blancos a grises de primer orden, idioblásticos a subidioblásticos heteroblásticos. Se encuentran en dos tamaños y distribución. Clastos de mayor tamaño idioblásticos y agregados de individuos que definen la orientación de la roca por su leve elongación. Su distribución es uniforme en la roca y están asociados a cristales de feldespato potásico y plagioclasa en contacto puntual y neto, y a muscovita en contacto neto en la matriz.

-Cuarzo₂: Es un cuarzo limpio y su disposición dentro de la vena se orientan perpendiculares a la dirección de la misma.

-Muscovita (22%): agregados hojosos incoloros de grano fino, colores de interferencia de segundo a tercer orden homeoblásticos. Está asociada en contacto neto con los minerales granulares.

-Feldespato potásico (13%): individuos incoloros de bajo relieve con colores de interferencia grisáceos de primer orden, idioblásticos a subidioblásticos ligeramente homeoblásticos. Algunos están elongados hacia la orientación de la roca. Ciertos cristales se encuentran sericitizando o ya alterados a sericita.

-Plagioclasa (9%): Individuos incoloros de bajo relieve con colores de interferencia blanco a grisáceo de primer orden, idioblásticos a subidioblásticos ligeramente homeoblásticos. Se observan con maclas polisintéticas. Están en contacto puntual con individuos de cuarzo y feldespato potásico y en contacto neto con muscovita.

-Biotita: agregados hojosos cafés pleocróicos de grano fino, colores de interferencia naranjas de segundo orden levemente homeoblásticos. Se presentan en la roca como venas agregadas discordantes a la foliación y en la mayoría de cristales están alterando a clorita. Está

asociado cristales de muscovita, cuarzo en contacto largo. Está alterando moderadamente desde los bordes al centro a clorita.

-Minerales opacos (2%): Cristales idioblásticos a subidioblásticos, de grano muy fino a fino levemente heteroblásticos. Su distribución es homogénea en la roca.

La textura de la roca es granoblástica.

Asociación mineral: Qtz1+Ms+Kfs+Pl

Esquisto cuarzo muscovítico con clorita y biotita (VA-8-1)

La roca exhibe una tonalidad grisácea a verdosa, en algunos sectores presenta tonalidad naranja producto de la oxidación. Se observan planos subparalelos que definen la orientación preferencial de la roca marcando la respectiva foliación metamórfica. Presenta diversas fracturas concordantes y discordantes a la foliación, algunas oxidadas. De igual modo, se observan venillas y lentes de cuarzo concordantes a la foliación.

A nivel microscópico, la roca es ligeramente homeoblástica con foliación espaciada en donde se determinan dominios de clivaje (muscovita) y microlitones (cuarzo con pocos cristales de muscovita). Se observa la foliación metamórfica S_1 definida por el clivaje de la roca y leve elongación de los microlitones. La roca presenta fracturas rellenas por óxidos y fragmentos de venas de cuarzo, algunas son concordantes a la foliación. Mineralógicamente, la roca está compuesta por muscovita, cuarzo, minerales opacos, biotita.

COMPOSICIÓN MINERALÓGICA

Minerales principales: Muscovita, Cuarzo1

Minerales mayores: Clorita, Biotita2

Minerales menores: Minerales opacos

-Muscovita (42%): agregados hojosos compuestos por cristales laminares incoloros de bajo relieve, colores de interferencia de segundo orden, ligeramente homeoblásticos de grano muy fino que definen las foliaciones metamórficas de la roca. Está asociada a cristales de biotita, cuarzo y minerales opacos en contacto neto. Su distribución en la roca es abundante y homogénea.

-Cuarzo

Se encontraron dos generaciones de cuarzo:

Cuarzo1 (36%): individuos incoloros de bajo relieve, colores de interferencia de primer a segundo orden, de grano muy fino ligeramente homeoblásticos granulares. Están elongados respecto a la foliación de la roca. Su distribución en la roca es homogénea específicamente en las bandas con muscovita. Está asociado con cristales en muscovita en contacto neto.

Cuarzo2: Es un cuarzo limpio y su disposición dentro de la vena se orientan perpendiculares a la dirección de la misma.

Clorita (10%): cristales hojosos de color verde claro pleocrómico de bajo relieve, color de interferencia azul verdoso ligeramente homeoblásticos. Se presentan levemente concordantes a la foliación de la roca. Está asociada a cristales de muscovita y cuarzo en contacto neto y largo.

-Biotita2 (8%): agregados hojosos cafés pleocrómicos, colores de interferencia naranjas de segundo orden levemente homeoblásticos. Se presentan en la roca discordantes a la foliación y la mayoría de cristales están alterando a clorita. Está asociada a cristales de muscovita en contacto neto. Algunos cristales están alterando ligeramente desde los bordes al centro a clorita.

-Minerales opacos (4%): Cristales idioblásticos a subidioblásticos, de grano muy fino a medio heteroblásticos, los de mayor tamaño corresponden a porfidoblastos postectónicos y están orientados concordantemente a la orientación principal.

La textura de la roca es granolepidoblástica.

Asociación mineral: Ms+Qtz1+Bt2

Filita muscovítica con biotita (VA-9-1)

Macroscópicamente, la roca exhibe una tonalidad grisácea a verdosa, en algunos sectores presenta tonalidad naranja producto de la oxidación. Con brillo metálico y sedoso, de grano muy fino. Se observan planos de foliación definidos y sub paralelos entre sí. La roca presenta varias fracturas concordantes y discordantes a los planos de foliación definidos, algunas oxidadas. Igualmente, se observan venillas y lentes de cuarzo concordantes a la foliación.

A nivel microscópico, la roca es ligeramente homeoblástica, de grano muy fino con foliación continua y altamente fracturada. Foliación metamórfica S_1 en sectores comprendida por cristales de muscovita crenulados. En algunos sectores, los minerales de la foliación S_1 sufren reorientación. La roca presenta fracturas rellenas por óxidos y venas de cuarzo intruidas por venas de clorita y muscovita. Mineralógicamente, la roca está compuesta por muscovita, biotita, cuarzo, minerales opacos.

COMPOSICIÓN MINERALÓGICA

Minerales principales: Muscovita

Minerales mayores: Biotita₂, Cuarzo₁

Minerales menores: Minerales opacos

-Muscovita (58%): agregados hojosos compuestos por cristales laminares incoloros de bajo relieve, colores de interferencia de segundo orden, ligeramente homeoblásticos de grano muy fino que definen las foliaciones metamórficas de la roca. Está asociada a cristales de biotita, cuarzo y minerales opacos en contacto neto. Su distribución en la roca es abundante y homogénea.

-Biotita₂ (26%): cristales hojosos cafés pleocróicos con exfoliación basal, colores de interferencia naranjas y verdosos de segundo orden levemente homeoblásticos de grano fino. Se

presentan discordantes a la foliación S_2 y está alterando moderadamente a clorita. Está asociada a cristales de muscovita, cuarzo y en contacto largo y neto. Algunos cristales están alterando ligeramente en los bordes a clorita.

-Cuarzo

Se encontraron dos generaciones de cuarzo:

Cuarzo1 (12%): individuos incoloros de bajo relieve, colores de interferencia blanco a gris de primer orden, de grano muy fino ligeramente homeoblásticos granulares. Su distribución en la roca es uniforme. Está asociado a cristales de muscovita en contacto neto.

Cuarzo2: Es un cuarzo limpio y su disposición dentro de la vena se orientan perpendiculares a la dirección de la misma.

-Minerales opacos (4%): Cristales idioblásticos a subidioblásticos levemente orientados concordantes a la foliación S_2 , su distribución es homogénea en la roca.

La textura de la roca es granolepidoblástica

Asociación mineral: $Ms+Qtz_1+Bt_2$

Filita muscovítica con biotita (VA-10-1)

A nivel macroscópico, la roca exhibe una tonalidad grisácea a verdosa, en algunos sectores presenta tonalidad naranja producto de la oxidación. Con brillo metálico y sedoso, de grano muy fino. La roca presenta múltiples fracturas concordantes y discordantes a los planos de foliación definidos, algunas oxidadas. Igualmente, se observan venillas y lentes de cuarzo concordantes a la foliación. Se observan porfidoblastos de tonalidad café oscuro de distintos tamaños.

Al microscópico, la roca es ligeramente homeoblástica de grano muy fino con foliación continua. Se encontraron dos foliaciones metamórficas. Foliación metamórfica S_1 en sectores comprendida por cristales de muscovita crenulados. La roca presenta fracturas rellenas por óxidos

y fragmentos de venas de cuarzo, algunas concordantes a la foliación. Mineralógicamente, la roca está compuesta por muscovita, biotita, clorita, cuarzo, cordierita, minerales opacos.

COMPOSICIÓN MINERALÓGICA

Minerales principales: Muscovita, Biotita²

Minerales mayores: Cuarzo¹

Minerales menores: Minerales opacos, Cordierita

-Muscovita (51%): agregados hojosos compuestos por cristales laminares incoloros de bajo relieve, colores de interferencia de segundo orden, ligeramente homeoblásticos de grano muy fino que definen las foliaciones metamórficas de la roca. Está asociada a cristales de biotita, cuarzo, cordierita y minerales opacos en contacto neto. Su distribución en la roca es abundante y homogénea.

Biotita² (34%): Cristales hojosos cafés pleocróicos con exfoliación basal casi isométricos, colores de interferencia naranjas y verdosos de segundo orden levemente homeoblásticos de grano fino. Se presentan discordantes a las foliaciones de la roca. Está asociada a cristales de muscovita, cuarzo y cordierita en contacto largo y neto. Algunos cristales están alterando ligeramente desde los bordes al centro a clorita.

-Cuarzo

Se encontraron dos generaciones de cuarzo:

Cuarzo¹ (9%): individuos incoloros de bajo relieve, colores de interferencia blanco a gris de primer orden, de grano muy fino ligeramente homeoblásticos granulares. Su distribución en la roca es uniforme. Está asociado a cristales de muscovita en contacto neto.

Cuarzo²: Es un cuarzo limpio y su disposición dentro de la vena se orientan perpendiculares a la dirección de la misma.

-Minerales opacos (4%): Cristales idioblásticos a subidioblásticos orientados concordantemente a la foliación S_1 , su distribución es homogénea en la roca.

-Cordierita (2%): individuos incoloros de bajo relieve fracturados, con colores de interferencia grises a amarillos de primer orden. Se observa proceso de pinnitización (alteración a muscovita y clorita). Está asociada a muscovita y biotita en contacto neto y puntual. Por su grano medio a grueso en la roca de grano fino, los individuos son determinados porfidoblastos.

La textura de la roca es porfidoblástica en matriz granolepidoblástica

Asociación mineral: $Ms+Bt+Qtz1+Crd$

Esquisto cuarzo muscovítico con biotita y cordierita (VA-10-2)

Macroscópicamente, la roca exhibe una tonalidad grisácea a verdosa, en algunos sectores presenta tonalidad naranja producto de la oxidación. Con brillo metálico y sedoso, de grano muy fino. La roca presenta múltiples fracturas concordantes y discordantes a los planos de foliación definidos, algunas oxidadas. Igualmente, se observan venillas y lentes de cuarzo concordantes a la foliación. Se observan porfidoblastos de tonalidad café oscuro redondeados levemente uniformes en su tamaño.

A nivel microscópico, la roca es ligeramente homeoblástica con foliación espaciada, con dominios de clivaje (Muscovita+Biotita) y microlitones (Cuarzo1). Se encontraron dos foliaciones metamórficas. Foliación metamórfica S_1 en sectores definida por cristales de filosilicatos orientados. La roca presenta porfidoblastos de cordierita altamente pinnitizados (clorita y muscovita). Se observan fracturas discordantes rellenas por óxidos y fragmentos de venas de cuarzo concordantes a la foliación S_1 . Mineralógicamente, la roca está compuesta por muscovita, biotita, clorita, cuarzo y minerales opacos.

COMPOSICIÓN MINERALÓGICA

Minerales principales: Muscovita, Cuarzo1

Minerales mayores: Biotita, Cordierita

Minerales menores: Minerales opacos, Feldespato potásico

-Muscovita (40%): agregados hojosos compuestos por cristales laminares incoloros de bajo relieve, colores de interferencia de segundo orden, ligeramente homeoblásticos que definen las foliaciones metamórficas de la roca. Está asociada a cristales de biotita, cuarzo y minerales opacos en contacto neto. Su distribución en la roca es abundante y homogénea.

-Cuarzo

Se encontraron dos generaciones de cuarzo:

Cuarzo1 (26%): individuos incoloros de bajo relieve, colores de interferencia blanco a gris de primer orden, de grano fino a medio ligeramente homeoblásticos granulares. Su distribución en la roca es uniforme. Está asociado a cristales de muscovita en contacto neto.

Cuarzo2: Es un cuarzo limpio y su disposición dentro de la vena se orientan perpendiculares a la dirección de la misma.

-Biotita (20%): se encontraron dos generaciones de biotita

-Biotita1: cristales hojosos cafés pleocróicos, colores de interferencia naranjas a café de segundo orden levemente homeoblásticos. Se presentan concordantes a las foliaciones metamórficas y presentan alteración moderada a clorita. Está asociada a cristales de muscovita, cuarzo en contacto largo.

-Biotita2: Cristales hojosos cafés pleocróicos con exfoliación basal casi isométricos, colores de interferencia naranjas y verdosos de segundo orden levemente homeoblásticos de grano fino. Se presentan discordantes a las foliaciones de la roca y está alterando moderadamente a clorita. Está asociada a cristales de muscovita, cuarzo y cordierita en contacto largo y neto.

-Cordierita (10%): individuos incoloros de bajo relieve fracturados. Se observa proceso de pinnitización (alteración a muscovita y clorita) muy bien desarrollado. Está asociada a muscovita y biotita en contacto neto y puntual. Por su gran tamaño la roca de matriz fina, los individuos son determinados porfidoblastos.

-Minerales opacos (3%): Cristales idioblásticos a subidioblásticos, de grano muy fino a fino heteroblásticos.

-Feldespato potásico (1%): individuos incoloros de bajo relieve con colores de interferencia grisáceos de primer orden, idioblásticos a subidioblásticos ligeramente homeoblásticos.

La textura de la roca es porfidoblástica en matriz granolepidoblástica

Asociación mineral: Ms+Qtz1+Bt+Crd

Características petrográficas de cada muestra.

Muestra	Litología	Textura	Estructura	COMPOSICIÓN MINERALÓGICA (%)							
				Qtz	Ms	Bt	Chl	Kfs	Pl	Mop	Crd
VA-1-1	Filita muscovítica con clorita	Lepido-Grano-blástica	Esquistosa	22	39	-	31	-	-	-	-
VA-2-1	Filita muscovítica	Lepido-Grano-Blástica	Esquistosa	20	63	-	-	-	-	17	-
VA-3-1	Esquisto cuarzo muscovítico	Grano-Lepido-blástica	Esquistosa	38	53	-	-	-	-	9	-
VA-4-1	Cuarcita	Grano-blástica	Esquistosa	100	-	-	-	-	-	-	-
VA-5-1	Metagrauvaca	Blasto-psammítica	Augen	42	34	-	-	17	16	3	-
VA-5-2	Metagrauvaca	Blasto-psammítica	Augen	36	25	-	-	20	11	3	-
VA-5-3	Filita muscovítica	Lepido-Grano-Blástica	Augen	26	56	-	-	-	-	18	-

	VA-3-1	Esquisto cuarzo muscovítico	Grano-Lepidoblástica	Esquistosa	38	53	-	-	-	-	9	-
	VA-8-1	Esquisto cuarzomuscovítico con clorita y biotita	Grano-Lepidoblástica	Esquistosa	36	42	8	10	-	-	4	-
3	VA-9-1	Filita muscovítica con biotita	Grano-Lepidoblástica	Esquistosa	12	58	26	-	-	-	4	-
	VA-10-1	Filita muscovítica con biotita y cordierita	Grano-Lepidoblástica	Esquistosa-moteada	9	51	34	-	-	-	4	2
	VA-10-2	Esquisto cuarzo muscovítico con biotita	Grano-Lepidoblástica	Esquistosa	26	40	20	-	1	-	3	10