

**PASANTIA EN EL GRUPO DE INVESTIGACION GIGBA: APOYO PROYECTO
DE INVESTIGACIÓN DIF (5464), PETROGÉNESIS DE LAS ROCAS
METAMÓRFICAS DEL COMPLEJO ARQUÍA EN EL SECTOR CORDOBA-
PIJAO-GENOVA, DEPARTAMENTO DEL QUINDÍO, CORDILLERA CENTRAL,
COLOMBIA.**

SOFIA ISABEL MUÑOZ QUINTERO



**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE FISICO - QUIMICAS
ESCUELA DE GEOLOGIA
BUCARAMANGA**

2014

**PASANTIA EN EL GRUPO DE INVESTIGACION GIGBA: APOYO PROYECTO
DE INVESTIGACIÓN DIF (5464), PETROGÉNESIS DE LAS ROCAS
METAMÓRFICAS DEL COMPLEJO ARQUÍA EN EL SECTOR CORDOBA-
PIJAO-GENOVA, DEPARTAMENTO DEL QUINDÍO, CORDILLERA CENTRAL,
COLOMBIA.**

SOFIA ISABEL MUÑOZ QUINTERO

**Trabajo de grado para optar al título de
Geólogo**

**Director
CARLOS ALBERTO RIOS REYES
Geólogo PhD**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE FISICO - QUIMICAS
ESCUELA DE GEOLOGIA
BUCARAMANGA**

2014

DEDICATORIA

A mi madre que con todo su amor, sacrificio y dedicación logro que todos mis sueños fueran posibles y me hizo la persona que soy hoy, a mi pareja Erving Camacho que día a día con su amor y apoyo me ayudo a levantarme en todo momento y sobre todo por tener fe en mí y en el logro de mis metas.

A mi hijo que desde el cielo me ha dado la fortaleza necesaria para superar cada obstáculo de mi vida, a mi abuelo que como un padre siempre estuvo a mi lado y que aún hoy en su ausencia, en el cielo me sigue cuidando.

A mi abuela, que siempre me ha dado la mano en todo momento, a mi tío chepe que siempre me ha brindado una sonrisa a mi vida y a toda mi familia por siempre haber estado ahí para mí.

A mis amigas Kari y Luchi, que aun en la distancia han estado ahí para mí en todo momento. Y sobre todos a Dios por brindarme la oportunidad de lograr todas mis metas y permitirme todas las oportunidades que he tenido en mi vida.

Sofía Isabel Muñoz Quintero

AGRADECIMIENTOS

A mi familia y amigos por todos los momentos que me llenaron de apoyo para la realización de este proyecto, y por compartir conmigo todos los momentos de mi vida, a Carlos Alberto Ríos Reyes, por permitirme la realización de este trabajo y por colaborar en cada momento durante toda mi carrera, a Carlos García, por guiarme durante todo este proceso, a todos mis docentes por brindarme sus conocimientos y por ser una gran ayuda para mi formación como futura profesional, aquellos que me acompañaron durante toda mi carrera y que me permitieron crecer cada día como persona a todos mis agradecimientos.

TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCION.....	14
1. GENERALIDADES COMPLEJO ARQUIA.....	16
2. METODOLOGIA DE ESTUDIO.....	19
2.1 . Revisión y análisis bibliográfico	19
2.2 . Análisis petrográfico de secciones delgadas	19
2.2.1. Caracterización mineralógica y petrográfica.	20
2.2.2. Definición de litotipos	22
2.2.3. Determinación de condiciones de metamorfismo	22
2.3 Integración e interpretación de la información	22
2.4 Elaboración del informe final	23
3. ANTECEDENTES.....	24
4. PETROGRAFIA	27
4.1 METABASITAS.....	27
□ Esquistos Cuarzo anfibólicos con granate	27
□ Esquistos Actinolíticos.....	33
□ Anfibolitas con granate y granatíferas	37
□ Eclogita retrograda	43
4.2. METAPELITAS.....	47
□ Esquistos Cuarzo - Grafitosos	47
4.3. ROCAS CUARZO-FELDESPATICA	50
□ Cuarzita con zoicita	50
4.4. ROCAS ASOCIADAS AL COMPLEJO ARQUÍA	53
□ Serpentina milonitizada	53
5. METAMORFISMO	57
6. CONCLUSIONES	59
BIBLIOGRAFÍA.....	60
ANEXOS	61

TABLA DE ILUSTRACIONES

Fig. 1. Ubicación de las muestras en el área de interés del Proyecto DIEF (5464), Petrogénesis de las rocas metamórficas del complejo Arquía en el sector Córdoba-Pijao-Génova, departamento del Quindío, cordillera central, Colombia, Modificado por Autor. ..	18
Fig. 2. Microscopio de luz polarizada, Tomada por autor.....	20
Fig. 3. Etapa inicial descripción y realización de esquema de secciones delgadas. Tomada por autor.	21
Fig. 4. Esquema que ilustra los diferentes tipos de deformación presente en este tipo de rocas y su mineralogía correspondiente mostrando los contactos presentes en esta. A) Pliegues Kink deformando el cuarzo y la actinolita, B) Fractura mostrando deformación de cristales de cuarzo. Act= Actinolita; Qtz= Cuarzo; Grt= Granate; Chl= Clorita; Ms= Muscovita; Ep= Epidota; Czo= Clinozoicita. Realizada por Autor.	28
Fig. 5. Esquema ilustrativo que muestra la relación entre el porfidoblasto (granate) y la deformación (en este caso la foliación de la matriz no presenta deformación) y la mineralogía y los contactos presentes en ella. Act= Actinolita; Qtz= Cuarzo; Grt= Granate; Chl= Clorita; Ms= Muscovita; Ep= Epidota. Realizada por Autor.	30
Fig. 6. Texturas y carácter de los porfidoblastos de granate en esquistos anfibólicos con granate. Deformaciones presentes en las secciones, estructuras pliegues kink N// (A) y NX (B). Dirección de la esquistosidad paralela a la exfoliación de la Muscovita e inicios de alteración a Silimanita (C). Carácter pretectónico del Granate (D), Pliegues kink y los tipos de cuarzos presentes (E) y (F). Fuerte reemplazamiento de la Actinolita a Clorita. 10x N// (G) y 10x NX (H), Abreviaturas: Act= Actinolita, Chl= Clorita, Pl= Plagioclasa, Grt= Granate, Qtz= Cuarzo, Czo= Clinozoisita, Ep= Epidota, Spn= Esfena, Rt= Rutilo y Sil= Silimanita. Tomado por Autor.	32
Fig. 7. Esquema que muestra la dirección de esquistosidad y el contacto que hay entre los diferentes minerales. Realizado por Autor.....	33
Fig. 8. Textura característica en esquistos actinolíticos, y contacto entre minerales 10xN// (A) Y 10xNX (B). Abreviaturas: Act= Actinolita, Chl= Clorita, Pl= Plagioclasa, Qtz= Cuarzo, Czo= Clinozoisita, Ep= Epidota, Rt= Rutilo. Tomado por Autor.	36
Fig. 9. Estructuras y texturas de esquistos actinolíticos. Alteración de los cristales de actinolita a clorita Con presencia de deformación 10xN// y 10xNX, textura granonematoblástica N// y NX. E) y F). Abreviaturas: Act= Actinolita, Chl= Clorita, Pl= Plagioclasa, Qtz= Cuarzo, Czo= Clinozoisita, Ep= Epidota. Tomado por Autor.	37
Fig. 10. Esquema ilustrativo en el cual se observa las estructuras y las texturas presentes en las anfibolitas granatíferas, en esta se distingue la textura poiquiloblastica en el	

granate. Abreviaturas: Hbl= Hornblenda, Pl= Plagioclasa, Qtz= Cuarzo, Grt= Granate, Zo= Zoicita. Realizada por Autor.37

Fig. 11. Esquema que ilustra la textura Granonematoblástica, presente en las Anfibolita con granate y anfibolitas granatíferas. Abreviaturas: Hbl= Hornblenda, Pl= Plagioclasa, Qtz= Cuarzo, Cal= Calcita, Czo= Clinozoicita. Realizada por Autor.38

Fig. 12. Esquema que ilustra granate sintectónico, con bastantes fracturas y la mineralogía con la que hace contacto. Abreviaturas: Hbl= Hornblenda, Pl= Plagioclasa, Grt= Granate, Qtz= Cuarzo, Cal= Calcita. Realizado por Autor.40

Fig. 13. Textura característica poiquiloblastica del granate donde se distinguen las diferentes inclusiones presentes en este. N//(A), NX (B). Abreviaturas: Hbl= Hornblenda, Pl= Plagioclasa, Grt= Granate, Qtz= Cuarzo, Spn= Esfena. Realizado por Autor.41

Fig. 14. Texturas y estructuras características de Anfibolitas con granate y anfibolitas granatíferas. Textura granonematoblástica, con la dirección de esquistocidad clara y presencia de zonas de deformación por fracturas presentes por el tectonismo de la zona. N//(C) y NX (D). Granate afectado por tectónica y hacia la parte superior se ve efectos de la deformación (textura milonítica). N// (E), NX (F). Estructuras de pliegues kink, presentes por deformación. N// (G) y NX (H). Abreviaturas: Hbl= Hornblenda, Pl= Plagioclasa, Grt= Granate, Qtz= Cuarzo, Rt= Rutilo. Realizado por Autor.42

Fig. 15. Esquema ilustrativo de porfidoblasto (granate) sintectónico, y de textura simplectítica por la transformación de la onfacita a Hornblenda. Abreviaturas: Hbl= Hornblenda, Pl= Plagioclasa, Grt= Granate, Qtz= Cuarzo, Omp= Onfacita, Cal= Calcita. Realizado por Autor.43

Fig. 16. Vena de calcita presente en la sección (ARQ -3 – 52 – 59) N// (A) y NX (B). Abreviaturas: Hbl= Hornblenda, Omp= Onfacita, Cal= Calcita, Qtz= Cuarzo. Realizado por Autor.45

Fig. 17. Texturas y carácter de los porfidoblastos de granate en la eclogita retrograda. Textura Simplectítica por la transformación de la onfacita a hornblenda y Textura porfidoblástica en matriz nematogranoblástica, N// (C) y NX (D), Granate con carácter sintectónico mostrando numerosas inclusiones orientadas, N// (E) y NX (F), Granate bastante fracturando comenzando a formar un seudomorfo esqueletal con inclusiones de zoicita, N// (H) y NX (G). Abreviaturas: Hbl= Hornblenda, Omp= Onfacita, Qtz= Cuarzo, Grt= Granate, Zo= Zoicita, Rt= Rutilo. Realizado por Autor.46

Fig. 18. Esquema ilustrativo de un seudomorfo esqueletal de granate, el cual está conformado por cuarzos en su interior, textura típica lepidogranoblastica de los esquistos cuarzo – grafitosos. Abreviaturas: Grt= Granate, Ms= Muscovita, Qtz= Cuarzo y Gr= Gradito. Realizado por autor.47

Fig. 19. Estructura de pliegues tipo kink y Textura lepidogranoblastica correspondiente a esquistos cuarzo grafitosos. N// (A) y NX (B). Abreviaturas Qtz= Cuarzo, Gr= Grafito y Ms= Muscovita. Modificado por autor.....49

Fig. 20. Texturas y estructuras presentes en los esquistos cuarzo grafitosos. Recristalización de cuarzo dentro del pseudomorfo esqueletal, N// (C) y NX (D). Dirección de la esquistosidad e intercalación de cuarzos con el grafito y la muscovita. N// (E) y NX (F). Abreviaturas Qtz= Cuarzo, Gr= Grafito y Ms= Muscovita. Modificado por autor.50

Fig. 21. Esquema que ilustra la textura característica de la Cuarzita con zoicita, intercalaciones de bandas de cuarzo con bandas de zoicita, esta última alterándose a clorita. Realizada por Autor.....50

Fig. 22. . Textura y mineralogía de la cuarcita con zoicita. Textura granoblástica con predominio de cristales de cuarzo. N// (A), (C) y NX (B), (D).Abreviaturas: Qtz= Cuarzo, Zo= Zoicita, Chl= Clorita.....52

Fig. 23. Estructura y texturas de Cuarcita con Zoicita. Zonas con deformación frágil, lo cual muestra una textura nematogranoblástica. Abreviaturas: Qtz= Cuarzo y Zo= Zoicita. Tomada por Autor.53

Fig. 24. Esquema que ilustra las texturas presentes en las serpentinitas. Serpentina alterando el olivino en A. Textura fibrosa presente en la serpentina en B. Abreviaturas: Srp= Serpentina y Ol= Olivino. Realizado por Autor.54

Fig. 25. Textura fibrosa característica de una serpentinita, donde el olivino está siendo alterado por la serpentina. Abreviaturas Srp= Serpentina y Ol= Olivino. Tomada por Autor.55

Fig. 26. Texturas y estructuras presentes en las serpentinitas. Serpentina alterando a los minerales relictos del protolito, se observa una textura fibrosa por parte de la serpentina y cristales redondeados de epidota, N// (E), (G) y NX (F), (H). Agregados de calcita presente en fracturas, ya se presenta una total alteración por parte de la serpentina. Abreviaturas: Srp= Serpentina, Ep= Epidota y Cal= Calcita. Tomado por Autor.56

RESUMEN

TITULO PASANTIA EN EL GRUPO DE INVESTIGACION GIGBA: APOYO PROYECTO DE INVESTIGACIÓN DIEF (5464), PETROGÉNESIS DE LAS ROCAS METAMÓRFICAS DEL COMPLEJO ARQUÍA EN EL SECTOR CORDOBA-PIJAO-GENOVA, DEPARTAMENTO DEL QUINDÍO, CORDILLERA CENTRAL, COLOMBIA*

AUTORES

MUÑOZ QUINTERO, Sofía Isabel**

PALABRAS CLAVES

Complejo Arquia, Litotipos, Metamorfismo, Secciones delgadas, Análisis Petrográfico.

DESCRIPCION

El complejo metamórfico de Arquia está representado por diferentes tipos de rocas, los cuales han sufrido de diferentes procesos, esto explica la necesidad e importancia de realizar los correspondientes estudios para lograr el entendimiento necesario de este.

Para ello se seleccionaron diferentes tipos de rocas obtenidas por grupos de campo ii, de las cuales resultaron veinte secciones delgadas para el correspondiente análisis petrográfico, y con esto poder comprender los diferentes procesos tectónicos y de metamorfismo que han ocurrido en el área de estudio. Para este análisis se utilizó un microscopio petrográfico de luz transmitida, y con este se analizaron una a una las veinte secciones correspondientes a esta investigación, de las cuales se obtuvieron diferentes fotografías obtenidas en el microscopio y algunos esquemas realizados a mano para mayor entendimiento de la mineralogía presente en ellas.

Como resultado del desarrollo de esta investigación se identificaron los diferentes litotipos, paragénesis y tipos de metamorfismos de las diferentes muestras obtenidas. Esto contribuye a un mejor entendimiento de lo que se conoce como complejo Arquia.

Los resultados mostraron que principalmente hay rocas como esquistos actinolíticos, anfibolitas granatíferas, eclogitas entre otras, estas muestras se obtuvieron de zonas comprendidas en los municipios de Génova, Córdoba y Pijao, en el departamento del Quindío, Colombia.

* Tesis de grado

** Facultad de ingenierías físico- químicas, Escuela de Geología, Director Carlos Alberto Ríos reyes.

ABSTRACT

TITLE INTERNSHIP IN THE GROUP OF INVESTIGATION GIGBA: SUPPORT PROJECT OF INVESTIGATION DIF (5464), PETROGENESIS OF THE METAMORPHIC ROCKS OF THE ARQUÍA COMPLEX IN CORDOBA-PIJAO-GENOVA SECTOR, DEPARTMENT OF QUINDÍO, CENTRAL MOUNTAIN, COLOMBIA*

AUTHOR

MUÑOZ QUINTERO, Sofía Isabel**

KEYWORDS

Complex Arquia, Lithotypes, Metamorphism, thin Sections, Petrographic Analysis.

DESCRIPTION

Arquia's metamorphic complex is represented by different types of rocks, which have suffered from different processes, this explains the need and importance of realizing the corresponding studies to achieve the necessary understanding of this one.

For it there were selected different types of rocks, obtained by groups of field II, of which they turned out to be twenty thin sections for the corresponding petrographic analysis, and with this can be able to understand the different tectonic processes and metamorphism that they have happened in the area of study. For this analysis there was in use a petrographic microscope of transmitted light, and with this one by one was analyzed all twenty sections corresponding to this investigation, of which different photographies were taken and some schemes do it by hand for major understanding of the present mineralogy in them.

Since result of the development of this investigation were identified the different lithotypes, paragenesis and types of metamorphisms of the different obtained samples. This contributes to a better understanding of what is known as Arquia complex. The results showed that principally there are rocks as actinolite schists , amphibolite, eclogites between others, these samples were obtained of zones understood in the municipalities of Genova, Cordoba and Pijao, in the department of Quindío, Colombia.

* Degree thesis

** Physical- chemistry Engineering Faculty, Geology Department, Director Carlos Alberto Ríos Reyes.

INTRODUCCION

El presente documento corresponde a la descripción de las actividades que se han desarrollado en el transcurso de la pasantía, la cual plantea el **“APOYO PROYECTO DE INVESTIGACIÓN DIEF (5464), PETROGÉNESIS DE LAS ROCAS METAMÓRFICAS DEL COMPLEJO ARQUÍA EN EL SECTOR CORDOBA-PIJAO-GENOVA, DEPARTAMENTO DEL QUINDÍO, CORDILLERA CENTRAL, COLOMBIA”**, dentro del cual, se destaca el desarrollo de un análisis petrográfico de secciones delgadas seleccionadas, las cuales son de interés para el proyecto en mención.

La realización de esta pasantía, brinda al pasante la posibilidad de adquirir las competencias necesarias para el desarrollo de análisis petrográficos, generar un ambiente de discusión al interior del grupo de investigación intercambiando ideas y experiencias, y contribuir al conocimiento geocientífico de una región, lo cual es fundamental como quiera que esto brindará mayor experiencia y habilidad en el ámbito académico y permitirá al pasante lograr un mejor enfoque en su profesión.

Para el desarrollo de esta pasantía se contó con la colaboración del GRUPO DE INVESTIGACIÓN EN GEOLOGIA BASICA APLICADA (GIGBA), en el área de petrografía, donde se realizó esta pasantía.

La presente pasantía tomo como base el análisis de 20 secciones delgadas seleccionadas, en las cuales se prosiguió a observar sus diferentes mineralogías, texturas etc. Para así poder llegar a los diferentes resultados para la clasificación de estas.

Como objetivo general se planteó apoyar las actividades de investigación del grupo GIGBA, con énfasis en la descripción petrográfica de nuevas muestras adquiridas en el área de estudio, para complementar la información obtenida en el proyecto de investigación **DIEF (5464); Petrogénesis de las rocas metamórficas**

del Complejo Arquía en el sector Córdoba-Pijao-Génova, Departamento del Quindío, Cordillera Central, Colombia.

Para lograr el mismo, se plantearon 3 objetivos específicos que son; En primer lugar realizar la caracterización mineralógica y petrográfica de las rocas del Complejo Arquía, que contribuya en el aporte a las investigaciones del proyecto de **investigación DIF**, como segundo objetivo se planteó determinar y complementar los diferentes litotipos de rocas metamórficas que constituyen el Complejo Arquía, según las muestras obtenidas anteriormente del proyecto de investigación y por último, contribuir en la comprensión de los procesos metamórficos, corroborando, complementando y describiendo los tipos de metamorfismo y la historia del metamorfismo del Complejo Arquía tanto en lo realizado en proyecto de investigación, como lo deducido en la correspondiente pasantía.

1. GENERALIDADES COMPLEJO ARQUIA

Se define a esta unidad litodémica como un cuerpo de rocas de facies metamórficas de medio a alto grado (anfíbolitas y esquistos), de origen ígneo y sedimentario, localizadas al occidente del Complejo Quebradagrande, cuyo nombre se empleó para designar las rocas expuestas en el río Arquía y donde algunos estudios isotópicos indican un evento Cretácico, Maya y González, (1995).

Las rocas de protolito básico, cuyas edades isotópicas K/Ar indican un evento térmico importante en el Cretáceo Inferior y que a su vez están separadas hacia el occidente de vulcanitas básicas (Formaciones Amaime y Barroso), por las fallas Cauca-Almaguer o Cali- Patía, definiendo lo que es el Complejo Arquía, González (2003) y reconoce como Complejo Arquía a la unidad compuesta de esquistos gráficas, esquistos biotíticos, esquistos tremolíticos-actinolíticos, esquistos anfibólicos y anfíbolitas oscuras granatíferas, en las cuales varía el grado de foliación y esquistosidad. Y que harían parte de esta mega unidad que aflora de manera discontinua en la margen occidental de la Cordillera Central y dentro de la cual estarían el Complejo Rosario y el Grupo Bugalagrande asignándole una edad Cretácea, Castrillón, A. (2003).

El Complejo Arquía aflorante en la Cordillera Central de los Andes Colombianos está descrito como una franja alargada en dirección norte-sur, desde el Departamento de Antioquia hasta el Departamento de Nariño, que consta principalmente de metagabroides, anfíbolitas granatíferas, esquistos anfibólicos, esquistos cuarzo-sericíticos y cuarcitas, así como de metamorfitas de alta presión, teniendo en cuenta una edad de este complejo metamórfico por consenso con respecto a su edad de emplazamiento del Cretácico.

Un estudio muy completo y que permite sostener algunos de los conceptos definidos para el Arquía, sustenta que las rocas analizadas en dicho estudio corresponden a esquistos lawsoníticos, esquistos actinolíticos, anfíbolitas

granatíferas con o sin epidota y eclogitas retrogradadas; además que el cinturón metamórfico de alta-P asociado al Complejo Arquía evidencia una fase de cristalización prógrada de alta presión desde la facies lawsonita-albita-clorita a través de la facies esquistos azules hasta la facies eclogita. El evento retrógrado y/o de descompresión, ubica a las rocas metamórficas del complejo Arquía en la facies esquistos verdes a través de las facies anfibolita- epidota y anfibolita, mostrando evidencia de metamorfismo de alta-P/T en zonas de subducción. Ríos et al, (2008).

La ubicación del área de estudio se encuentra al sur del Departamento del Quindío, en jurisdicción de los municipios Córdoba, Pijao y Génova, ubicados en el flanco Occidental de la Cordillera Central (Fig.1.), la cual está definida por los diferentes grupos de campo que han estado presentes en la zona, los cuales han realizado la identificación de la zona y la toma de muestras.

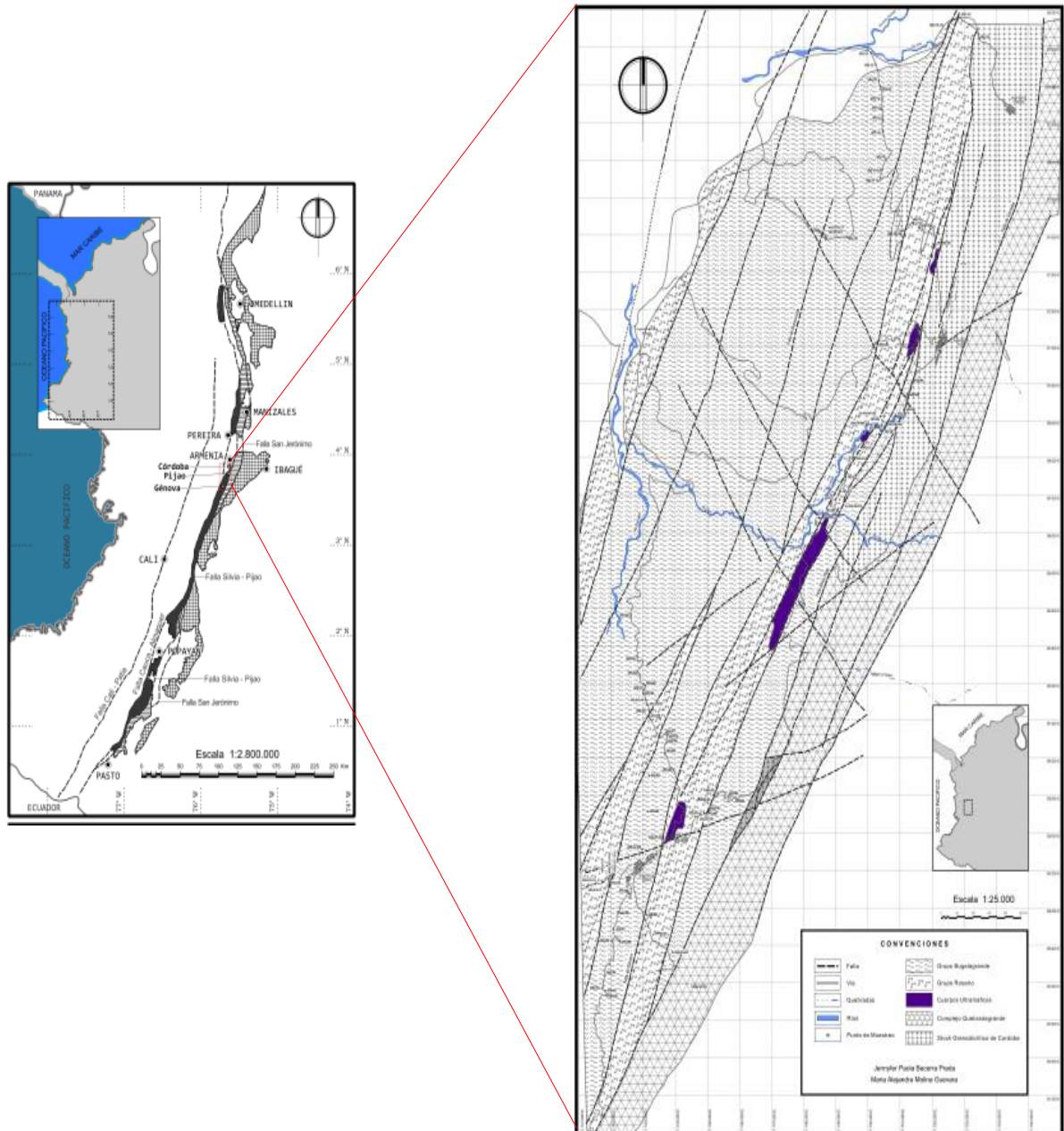


Fig. 1. Ubicación de las muestras en el área de interés del Proyecto DIF (5464), Petrogénesis de las rocas metamórficas del complejo Arquía en el sector Córdoba-Pijao-Génova, departamento del Quindío, cordillera central, Colombia, Modificado por Autor.

2. METODOLOGIA DE ESTUDIO

La presente investigación se desarrolló cumpliendo las siguientes etapas:

- Revisión y análisis bibliográfico
- Análisis petrográfico de secciones delgadas
- ✓ Caracterización mineralógica y petrográfica
- ✓ Definición de litotipos y paragénesis minerales
- ✓ Determinación de condiciones de metamorfismo
- Integración e interpretación de la información
- Elaboración del informe final

2.1. Revisión y análisis bibliográfico

Durante esta fase se consultaron las publicaciones del área de estudio y zonas donde aflora el Complejo Arquía. Se consultaron entre otras las bases bibliográficas de la Universidad Industrial de Santander como ScienceDirect, Springer, Web of Sciences; publicaciones especiales y mapas geológicos del INGEOMINAS, revistas especializadas como Boletín de Geología, Boletín Ciencias de la Tierra, Geología Colombiana, Geológica Acta, Journal of South American Earth Sciences, Journal of Metamorphic Geology.

2.2. Análisis petrográfico de secciones delgadas

La metodología usada para el análisis de las diferentes secciones delgadas, partió desde una descripción previa acerca de su correspondiente mineralogía, generando así un esquema el cual representaba datos importantes en la observación de estas, como texturas, mineralogía en contacto, alteraciones, etc. Partiendo inicialmente de la observación, se encontraron en la mayoría de secciones delgadas altos contenidos de anfíboles, y granates de gran tamaño, y

según la composición de estas secciones indican que son rocas de carácter mafico.

2.2.1. Caracterización mineralógica y petrográfica.

➤ Materiales empleados

- **Secciones delgadas.**

Las secciones delgadas utilizadas para el análisis petrográfico corresponden a muestras obtenidas en el sector Génova-Córdoba-Pijao por estudiantes del curso de Campo II (programa de Geología) y seleccionadas por los Docentes responsables del proyecto, por su importancia estratégica.

- **Microscopio de luz transmitida.**

Para el análisis petrográfico de secciones delgadas se utilizaron microscopios de luz transmitida trioculares Nikon Labophot 2POL y Leica DM750 P. Este último (Fig. 2) para la toma de fotomicrografías de cada sección a diferentes aumentos.

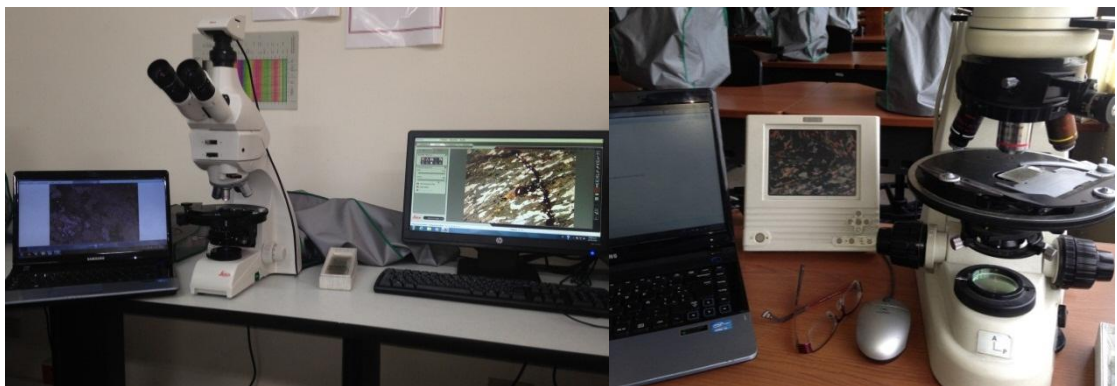


Fig. 2. Microscopio de luz polarizada, Tomada por autor.

Durante esta fase se realizó el análisis petrográfico de 20 secciones delgadas seleccionadas en el Laboratorio de Microscopía del Grupo de Investigación y Geología Básica y Aplicada (GIGBA) de la sede de la UIS Guatiguará con los

microscopios de luz transmitida. Mediante este análisis se precisó la descripción microscópica. Este análisis consistió en la identificación y descripción de los minerales, sus rasgos texturales como tamaño de grano, relaciones y asociaciones. Se definieron las microestructuras, las texturas de reacción y deformación. La relación blastesis-deformación. Mediante el análisis paragenético se determinaron las asociaciones mineralógicas en equilibrio para estimar el pico de metamorfismo y las condiciones cualitativas del metamorfismo. Igualmente, se definieron las asociaciones minerales de la etapa retrograda. El análisis petrográfico permitió complementar los litotipos que constituyen el Complejo Arquía en la zona de estudio, los cuales se habían diferenciado con el anterior proyecto al cual se hace énfasis en esta pasantía.

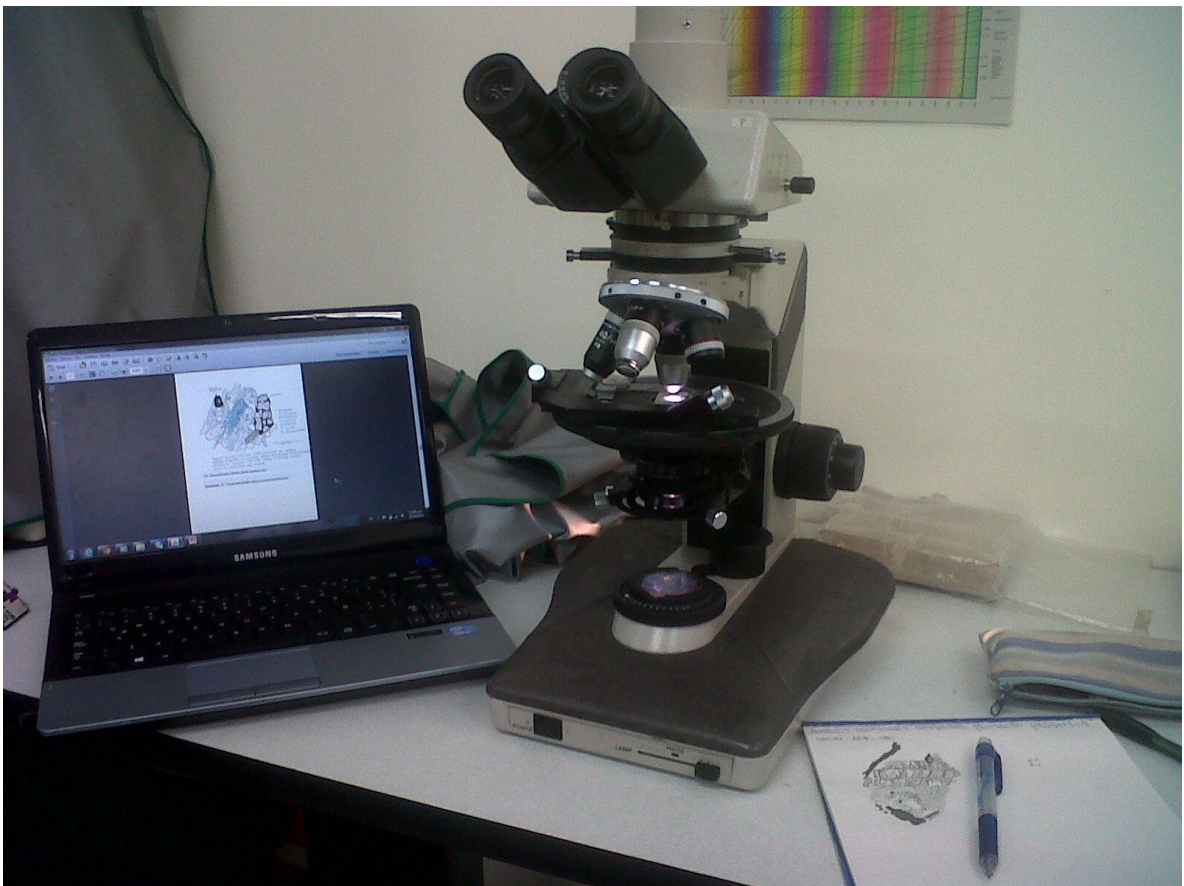


Fig. 3. Etapa inicial descripción y realización de esquema de secciones delgadas. Tomada por autor.

La realización de los diferentes esquemas y descripciones, permite identificara de manera más clara las posibles asociaciones y paragénesis presentes en cada sección, lo que genera un mejor entendimiento en el análisis y por sobre todo en el carácter de la roca.

2.2.2. Definición de litotipos

La definición de litotipos se da seguido del análisis de secciones, cuando ya se han identificado la correspondiente mineralogía, las diferentes asociaciones y paragénesis, etc. Para esta parte del proceso se debió tener en cuenta principalmente las texturas presentes en cada sección la mineralogía y como se veía afectada por las características que presentara cada una en particular.

2.2.3. Determinación de condiciones de metamorfismo

Las paragénesis y los litotipos brindan el grado de metamorfismo necesario para que el protolito de la roca se convirtiera en la roca presente, esto indica a que condiciones de P/T fue su formación, lo cual indica las características necesarias para la generación de los diferentes litotipos encontrados en estas secciones.

2.3 Integración e interpretación de la información

Esta fase comprendió no solo la integración de la información recolectada a lo largo de la realización de la presente pasantía sino también los resultados y datos obtenidos en el proyecto DIEF, realizado con anterioridad y del cual se basó esta pasantía. Además teniendo en cuenta los nuevos datos obtenidos con el análisis de las nuevas secciones.

2.4 Elaboración del informe final

Durante esta fase se realizó la integración de toda la información, para generar los datos de cada una de las secciones delgadas, y registrar las imágenes obtenidas de estas como fotos e ilustraciones realizadas a cada sección, y su respectivo análisis mineralógico, textural etc.

3. ANTECEDENTES

El Complejo Arquía se extiende en gran parte del borde occidental de la Cordillera Central de Colombia, donde aflora como delgadas franjas limitadas tectónicamente con el Complejo Cajamarca y el Complejo Quebrada grande. El Complejo Arquía por la naturaleza de sus litotipos, las edades que reportan, así como el grado de metamorfismo evidencia la diversidad de procesos geológicos que han actuado. Esto se refleja en las denominaciones de esta unidad a partir de su identificación y definición.

Las rocas conocidas hoy como Complejo Arquía fueron estudiadas y descritas por primera vez en el sector comprendido entre el Río Arquía (Caldas) y el municipio de La Pintada (Antioquia) por Restrepo y Toussaint (1976). Estos autores denominaron Grupo Arquía a anfibolitas granatíferas, esquistos verdes y esquistos negros.

Arias & Caballero (1978) en Ruiz et al. (2012), estudian las rocas metamórficas del Grupo Arquía en la quebrada Doña María y el río Pozo, afluentes del Río Cauca. En estos sectores afloran anfibolitas, esquistos verdes, esquistos cuarzo-sericíticos con grafito, esquistos cuarzo moscovíticos, gabros y serpentinitas.

González (1980) denomina a estas rocas Esquistos Anfibólicos del Río Cauca, incluyendo las litologías al norte y sur, estudiadas por Arias y Caballero. A partir del trabajo de González en 1980, se realizaron trabajos cartográficos en el borde Occidental de la Cordillera Central en los cuales se definieron unidades litológicas constituidas por rocas similares a aquellas definidas como Grupo Arquía. Más adelante nos referiremos a estas rocas y unidades.

La diversidad de litologías, protolitos, edades y origen dificultaron durante muchos años el tratamiento litoestratigráfico de las rocas del Arquía.

Maya y González (1995) proponen el nombre de Complejo Arquía, asociándolo como una unidad litodémica limitada al occidente por la Falla Cauca-Almaguer y al oriente por la Falla Silvia-Pijao, extendiéndose hasta el Ecuador.

Las edades publicadas y reportadas para las unidades agrupadas en el Complejo Arquía son diversas y reflejarían diferentes procesos como el protolito, metamorfismo, acreción al continente, enfriamiento entre otros.

Diferentes datos isotópicos en rocas del Complejo Arquía, revelan edades correspondientes al Cretáceo Temprano. Aunque algunos autores difieren y le asignan una edad Paleozoica, por relación de campo y dataciones realizadas a los esquistos de Barragán Mojica et al (2001).

Posteriormente, en el área de estudio se desarrollaron trabajos cartográficos en los cuales se definieron las unidades Grupo Bugalagrande y Complejo Rosario, el cual se definió como Grupo Bugalagrande a una secuencia metamórfica pelítico-metavolcánica de composición básica con probable origen oceánico y principalmente esquistosa y, al Complejo Rosario como un complejo meta-ígneo muy asociado con los esquistos del Grupo Bugalagrande y compuesto principalmente por anfibolitas localmente granatíferas y en menor proporción pequeños cuerpos ultrabásicos Mc Court, (1985 y 1982).

Stock intruye rocas del Complejo Rosario y el Complejo Quebradagrande, Camargo y Mojica (2004), realizan la caracterización microestructural y macroestructural de las rocas pertenecientes a los Complejos Quebradagrande y Arquía entre los municipios de Génova y Pijao. Estas rocas han sido afectadas por la falla la Maizena. Estos autores definieron eventos de deformación frágil y reactivación múltiple de esta falla.

Las edades reportadas para el Complejo Arquía han sido obtenidas por Mc Court et al. (1984) en anfibolitas por el método K/Ar dando como edad 94 ± 12 a 115 ± 3

m.a, Restrepo & Toussaint (1978) en anfíbolitas por el método K/Ar mostrando una edad 110 ± 10 m.a y Villagómez (2010) en anfíbolitas por el método $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ con una edad de 117 a 107 m.a. Las dataciones realizadas en rocas del área de estudio y que se muestran en la tabla 3, incluye las metamorfitas de alto grado de Pijao (110 ± 3 Ma.), las eclogitas de Pijao (110 ± 10) y Anfíbolita Granatífera de Pijao (110 ± 10).

El diferente análisis bibliográfico permitió obtener gran cantidad de información la cual demuestra la complejidad de todo el grupo Arquia, esta información sirvió de guía para un mejor entendimiento de lo trabajado en las diferentes secciones delgadas, como la diferente mineralogía presente y las asociaciones respectivas de estas. Es importante recalcar que todos los trabajos realizados durante todo este tiempo son muy generalizados por lo que no hacen solo referencia a las Rocas del Complejo Arquia.

Entre los antecedentes a los cuales más se hizo referencia en esta pasantía, fue principalmente a lo realizado y trabajado en el Proyecto DIEF, el cual los datos y resultados obtenidos ya hacen referencia más específicamente a esta área de trabajo y de la cual es el fin de la presente pasantía.

4. PETROGRAFIA

De acuerdo a lo realizado y analizado, se encontraron diferentes tipos de rocas, lo que permitió agrupar las secciones en los diferentes litotipos presentes.

	Esquistos cuarzo - anfibólico con granates	Esquisto Actinolítico	Anfibolitas	Anfibolitas con Granate	Anfibolitas Granatíferas	Esquistos Cuarzo-Grafitosos	Eclogita	SERPENTINITA	CUARZITA CON ZOICITA
ARQ-080								x	
ARQ-027						x			
ARQ-021								x	
ARQ-5-27-18									x
ARQ-5-50-35								x	
ARQ-4-7-63	x								
ARQ-4-7-13	x								
ARQ-4-7-12	x								
ARQ-4-3-5		x							
ARQ-3-PARQ-3					x				
ARQ-3-Control-1				x					
ARQ-3-52-59							x		
ARQ-3-51-58					x				
ARQ-3-47-63				x					
ARQ-2-23-27							x		
ARQ-2-22-25							x		
ARQ-2-9-11				x					
ARQ-1-36-46	x								
ARQ-1-25-34	x								
ARQ-1-20-25		x							

Tabla 1. Indica el tipo de roca correspondiente a cada sección delgada.

4.1 METABASITAS

Las metabasitas de la zona de estudio pertenecientes al Complejo Arquía corresponden a esquistos actinolíticos, esquistos anfibólicos con granate, anfibolitas y anfibolitas con granate que aunque se presentan otros litotipos en este grupo, estos son los que se analizaron en estas secciones. En algunos de estos litotipos se observan deformaciones asociadas a las fallas existentes en la zona de estudio y las cuales se relacionan con el sistema de fallas de Romeral y Silvia-Pijao así como fallas satélites de estas. A continuación se describirán cada uno de estos litotipos.

- **Esquistos Cuarzo anfibólicos con granate**

Este litotipo corresponde a las secciones ARQ-4-7-63, ARQ-4-7-13, ARQ-4-7-12, ARQ1-36-46, ARQ1-25-34. Estas rocas muestran una estructura esquistosa

definida por el alineamiento de la actinolita, la Hornblenda y la clorita además una textura granonematoblástica y localmente se desarrollan las texturas porfidoblásticas en matriz granonematoblástica y poiquiloblástica. Este tipo de roca presenta fracturamiento, deformación y deflexión de la foliación externa alrededor de la mayoría de los porfidoblastos del granate. El granate presente en estas variedades (Esquistos actinolíticos con granate y Esquistos hornbléndicos con granate) exhiben carácter pretectónico y sintectónico y fracturas que han sido rellenadas por clorita Mineralógicamente están constituidos de actinolita, Hornblenda, cuarzo, granate, clinozoicita, plagioclasa, epidota, esfena y rutilo.

Se observa gran cantidad de cristales de cuarzo de gran tamaño, se presenta la clorita con colores anómalos, en este caso se distinguen algunas micas muscovitas y en estas se puede observar que están siendo alteradas a silimanita, por lo tanto es un mineral secundario.

Presenta minerales como el granate, y los que conforman el grupo de la epidota, principalmente clinozoicita, también se distinguen minerales como calcita y anfíboles de tipo, actinolita, en estas secciones se distinguen también pliegues kink y fracturas por deformación de la roca ya que se presentan en áreas de fallas.

(Fig.4.)

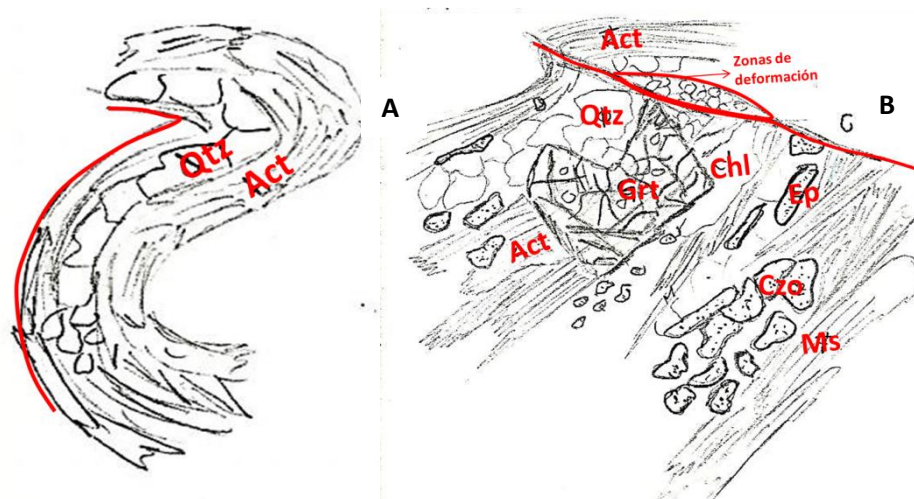


Fig. 4. Esquema que ilustra los diferentes tipos de deformación presente en este tipo de rocas y su mineralogía correspondiente mostrando los contactos presentes en esta. A) Pliegues Kink deformando el cuarzo y la actinolita, B) Fractura mostrando deformación de cristales de cuarzo. Act= Actinolita; Qtz= Cuarzo; Grt= Granate; Chl= Clorita; Ms= Muscovita; Ep= Epidota; Czo= Clinozoicita. Realizada por Autor.

Minerales Principales: Actinolita.

Minerales Mayores: Cuarzo,

Minerales Menores: Plagioclasa, Clinozoicita, Epidota, Muscovita

Minerales Secundarios: Clorita (Actinolita), Silimanita (Muscovita).

CUARZO: Presenta dos generaciones: Cuarzo 1 como pequeñas inclusiones en los granates indicando una foliación antigua, mientras el cuarzo 2 definiendo la foliación principal. En ambos casos se presentan como individuos incoloros con bajo relieve, heteroblásticos, xenoblásticos con colores de birrefringencia de grises de primer orden. El cuarzo 2 se presenta alargado siguiendo la dirección de esquistosidad principal. El cuarzo 2 está en contacto neto con actinolita, clinozoicita, plagioclasa y epidota. (Fig.6. – E y F)

ACTINOLITA: Se presenta definiendo la foliación, y como individuos tabulares, homeoblásticos, subidioblásticos de color verde con relieve alto y birrefringencia de segundo orden con colores de interferencia amarillo, morado y azul. Presenta exfoliación en dos direcciones, formando ángulos de 56° ó 124° típica de los anfíboles. La actinolita 2 se encuentra orientada en la misma dirección de la esquistosidad principal presentando inclusiones de epidota y esfena. La actinolita está en contacto con el cuarzo presenta alteración moderada a clorita. (Fig. 6 – G y H).

La clorita se presenta como agregados fibrosos de color verde pálido con exfoliación en una dirección, colores de birrefringencias anómalos verde oliva oscuro y de primer orden. Se encuentran siguiendo la dirección principal de esquistosidad y alterando completamente algunos individuos actinolíticos y en bordes de otros individuos. Presentan localmente pliegues kink.

MOSCOVITA: Individuos incoloros, heteroblásticos, subidioblásticos de habito laminar con relieve medio, una dirección de exfoliación y birrefringencia de tercer

orden con colores de interferencia rosado y azul. Presente una leve alteración a silimanita. (Fig. 6 – C).

GRANATE: Porfidobláastos color rojizo pálido de muy alto relieve, heteroblásticos con tamaños pequeños en comparación al cuarzo, idioblásticos con bordes rectos, muy fracturados, se presenta deflexión de la foliación externa y presenta inclusiones de cuarzo y clinozoicita dispuestos al azar que podrían indicar que dichos porfidobláastos son pretectónicos (Fig.5.). Algunos cristales muestran un patrón sigmoidal evidencia de rotación. (Fig.6. – D, E y F).

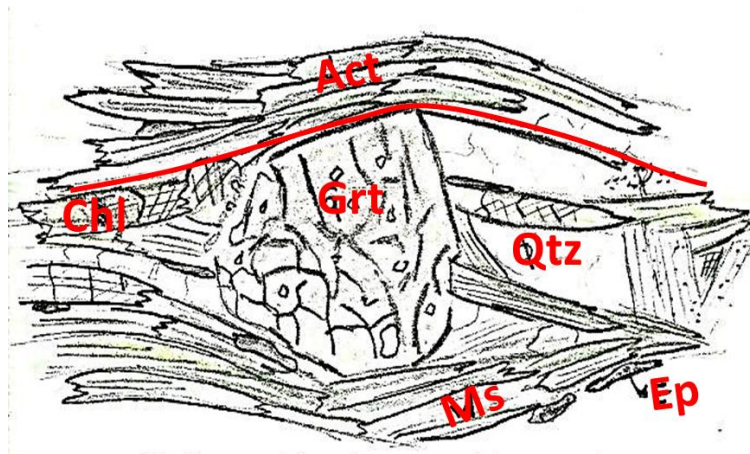


Fig. 5. Esquema ilustrativo que muestra la relación entre el porfidoblasto (granate) y la deformación (en este caso la foliación de la matriz no presenta deformación) y la mineralogía y los contactos presentes en ella. Act= Actinolita; Qtz= Cuarzo; Grt= Granate; Chl= Clorita; Ms= Muscovita; Ep= Epidota. Realizada por Autor.

PLAGIOCLASA: Individuos pequeños, incoloros de bajo relieve, de forma heteroblástica, xenoblástica con colores de birrefringencia de grises de primer orden, presenta maclado simple y se encuentra en contacto con el cuarzo, actinolita y clinozoicita.

EPIDOTA: se presenta como individuos incoloros a verde pálido, de alto relieve, heteroblásticos, xenoblásticos con bordes curvilíneos, bastante fracturados y birrefringencia de tercer orden con colores de interferencia rosado, amarillo, verde y azul. Se encuentran distribuidos homogéneamente en la muestra.

CLINOZOISITA: La clinozoisita como individuos incoloros, de alto relieve de forma heteroblástica, subidioblástica, presenta zonación y fracturamiento. Generalmente sin dirección de exfoliación visible con colores de interferencia azul y amarillo. La clinozoisita se presenta alargada en dirección de la esquistosidad principal y en contacto neto con el cuarzo y actinolita.

CALCITA: Porfidoblástos incoloros de alto relieve, heteroblásticos, xenoblásticos con exfoliación romboédrica perfecta, color de birrefringencia rosado pálido y en sus planos de exfoliación colores brillantes de tercer orden. Generalmente se presentan como individuos aislados debido a la textura de disolución presente en sus bordes, aparece por medio de las fracturas de la roca.

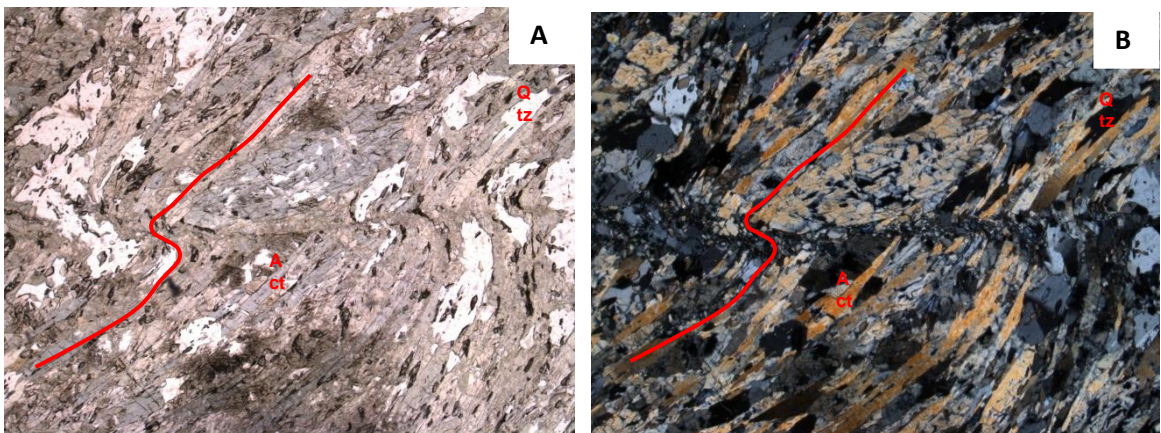
MINERALES OPACOS: Individuos negros, redondeados, de tamaños muy pequeños

Textura: Lepidogranoblastica

Paragénesis: Qtz + Ac + Ms + Grt

Facie de Metamorfismo: Esquistos verdes

Zona de Metamorfismo: Granate.



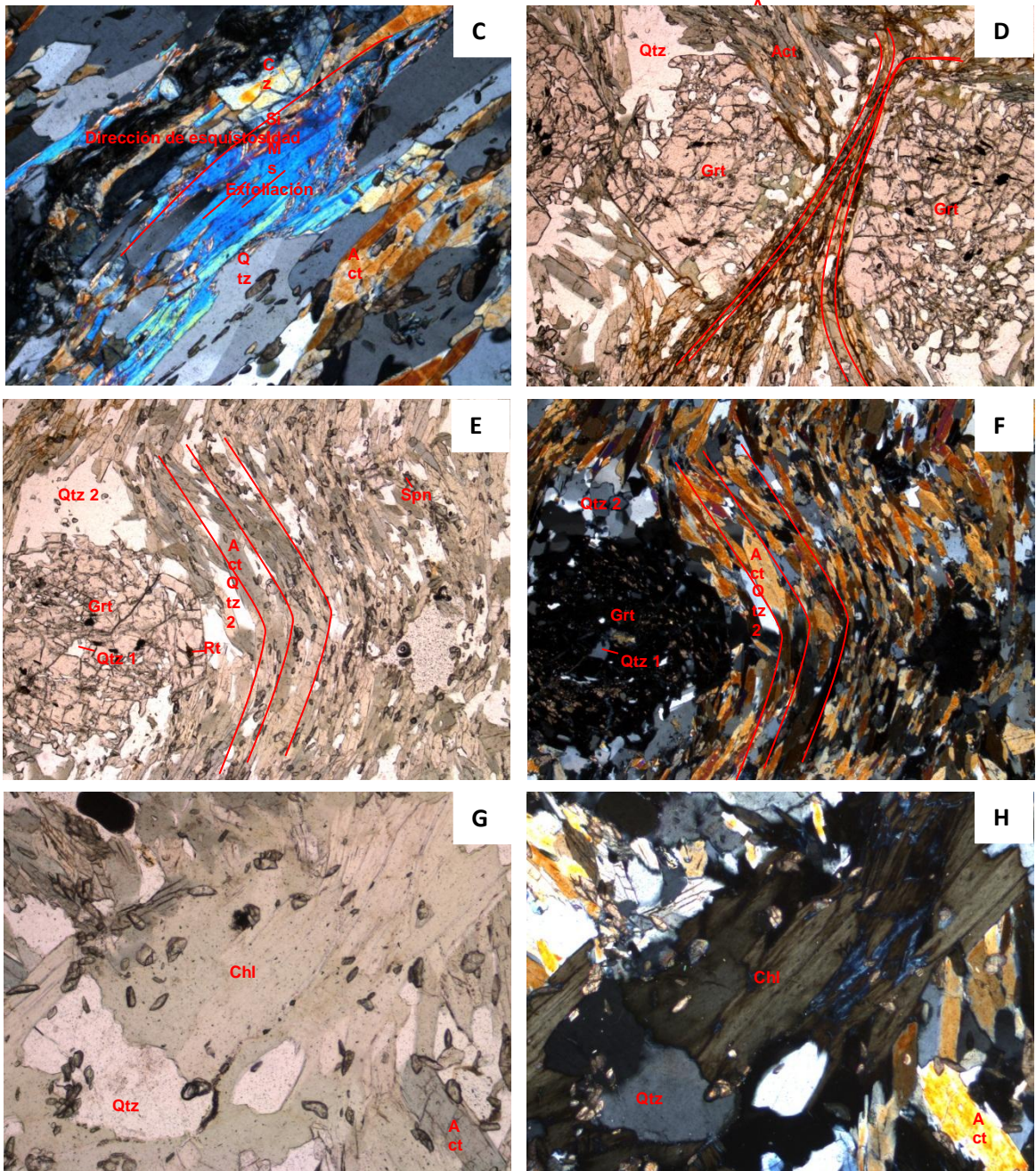


Fig. 6. Texturas y carácter de los porfiroblastos de granate en esquistos anfibólicos con granate. Deformaciones presentes en las secciones, estructuras pliegues kink N// (A) y NX (B). Dirección de la esquistosidad paralela a la exfoliación de la Muscovita e inicios de alteración a Silimanita (C). Carácter pre-tectónico del Granate (D), Pliegues kink y los tipos de cuarzos presentes (E) y (F). Fuerte reemplazamiento de la Actinolita a Clorita. 10x N// (G) y 10x NX (H), Abreviaturas: Act= Actinolita, Chl= Clorita, Pl= Plagioclasa, Grt= Granate, Qtz= Cuarzo, Czo= Clinozoisita, Ep= Epidota, Spn= Esfena, Rt= Rutilo y Sil= Silimanita. Tomado por Autor.

- **Esquistos Actinolíticos**

Laminas correspondientes a este litotipo son (ARQ-4-3-5 y ARQ-1-20-25), secciones con alto contenido de granate y anfíboles especialmente Hornblenda y tremolita, estas últimas presentan alteración a clorita, estas secciones muestran minerales del grupo de la epidota, pero principalmente se resalta la clinozoicita, con algunos cristales de epidota, estos cristales son pequeños.

Se distinguen cristales de cuarzo el cual se encuentra en contacto con los anfíboles, algunos cuarzos presentan inclusiones de esfena y hay poca presencia de plagioclasa, algunos cristales de estas presentan maclas polisintéticas.

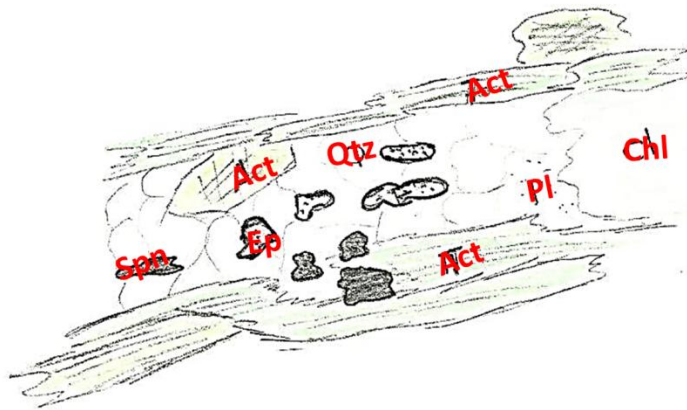


Fig. 7. Esquema que muestra la dirección de esquistosidad y el contacto que hay entre los diferentes minerales. Realizado por Autor.

Exhiben texturas nematoblásticas, granonematoblásticas y localmente porfidoblásticas en matriz nematoblástica y poiquiloblástica. En algunas muestras se observaron crenulaciones, pliegues tipo kink en clorita, al igual que débil a intensa deformación sobreimpuesta a la foliación, formándose textura milonítica caracterizada por la presencia de bandas delgadas de actinolita y cuarzo alargados; intercaladas con bandas más gruesas de cuarzo y plagioclasa. (Fig. 7).

En ocasiones se observa oxidación en las zonas con presencia de grafito y fracturas en los cristales. Petrográficamente los esquistos actinolíticos,

corresponden a esquistos actinolíticos, esquistos actinolíticos con epidota, esquistos cuarzo- actinolíticos, esquistos tremolíticos -actinolíticos con epidota y esquistos cuarzo- actinolíticos con epidota, de acuerdo con el contenido de actinolita, cuarzo, epidota y tremolita. Mineralógicamente constan de actinolita, clorita, clinozoisita, cuarzo como minerales principales y plagioclasa, muscovita como minerales menores, y esfena, rutilo y epidota como minerales accesorios (Fig.8).

Minerales Principales: Actinolita

Minerales Mayores: Clinozoisita, Esfena

Minerales Menores: Cuarzo, plagioclasa, Moscovita

Minerales Secundarios: Clorita (Actinolita), Sericita (plagioclasa).

ACTINOLITA: Se exhiben individuos tabulares, subidioblásticos de color verde pálido con relieve alto y birrefringencia de segundo orden con colores de interferencia amarillo, fucsia y azul; con dos direcciones de exfoliación, formando ángulos de 56° ó 124° típica de los anfíboles. (Fig. 9.- E y F). La actinolita sigue la dirección de esquistosidad principal. Está en contacto neto con la clinozoisita y el cuarzo. Presenta fuerte alteración a clorita.

La clorita se presenta como individuos xenoblásticos de aspecto fibroso, incoloros con una dirección de exfoliación, colores de birrefringencia anómalos de primer orden con colores de interferencia de tonos grises. Además se presentan alterando totalmente algunos de los cristales de actinolita. (Fig. 9. – C y D)

CLINOZOISITA: Se presenta como individuos incoloros de alto relieve de forma heteroblástica, xenoblástica, generalmente sin dirección de exfoliación visible con colores de interferencia anómalos azul o amarillo. La clinozoisita define la foliación. Se presenta en contacto con la actinolita y el cuarzo. (Fig. 9.)

CUARZO: Individuos incoloros con bajo relieve, heteroblásticos, xenoblásticos, con colores de birrefringencia grises de primer orden, siguen la dirección de esquistosidad principal y se encuentran en contacto con la actinolita y la clinozoisita. (Fig. 9. – E y F)

PLAGIOCLASA: Cristales incoloros, se presenta una alteración leve a sericita a manera de parches, aleatoriamente en los cristales, se distinguen maclas simples y polisintéticas.

EPIDOTA: Individuos homeoblásticos de formas redondeadas, idioblásticos, incoloros a verde amarillento con relieve alto, birrefringencia de tercer orden con colores de interferencia rosado, amarillo y verde y se presentan como pequeñas inclusiones de la actinolita.

ESFENA: Agregados granulares color café claro con relieve muy alto y colores de birrefringencia extremos sin embargo se muestran enmascarados por el color café rojizo del mineral. En su mayoría se presentan a manera de inclusiones en el cuarzo, sin embargo en algunos casos rodeando parte de los cristales de clinozoisita y en otros casos semi-embebidos en cristales de clinozoisita y actinolita.

MOSCOVITA: Individuo laminar, incoloro con relieve medio, exfoliación en una dirección y birrefringencia de tercer orden con colores de interferencia rosado, amarillo y verde. Presenta apariencia moteada cerca a la posición de extinción, concordancia con la dirección de esquistosidad principal y se encuentra en contacto con la clinozoisita y el cuarzo.

Textura: Granonematoblástica.

Paragénesis: Act + Czo

Act+ Czo+ Qtz ± Spn ± Ms

Facies de Metamorfismo: Esquistos verdes

Zona de Metamorfismo: Clorita.

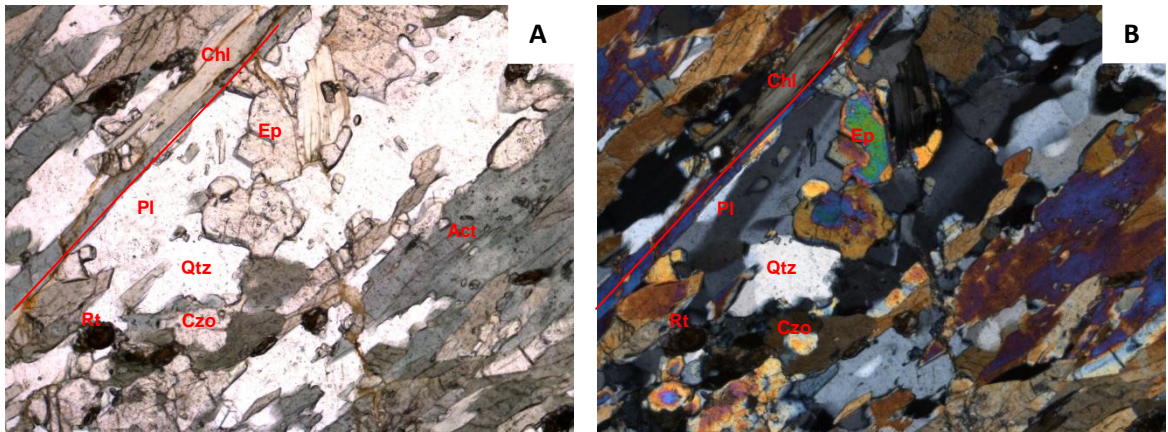


Fig. 8. Textura característica en esquistos actinolíticos, y contacto entre minerales 10xN// (A) Y 10xNX (B). Abreviaturas: Act= Actinolita, Chl= Clorita, Pl= Plagioclasa, Qtz= Cuarzo, Czo= Clinozoisita, Ep= Epidota, Rt= Rutilo. Tomado por Autor.

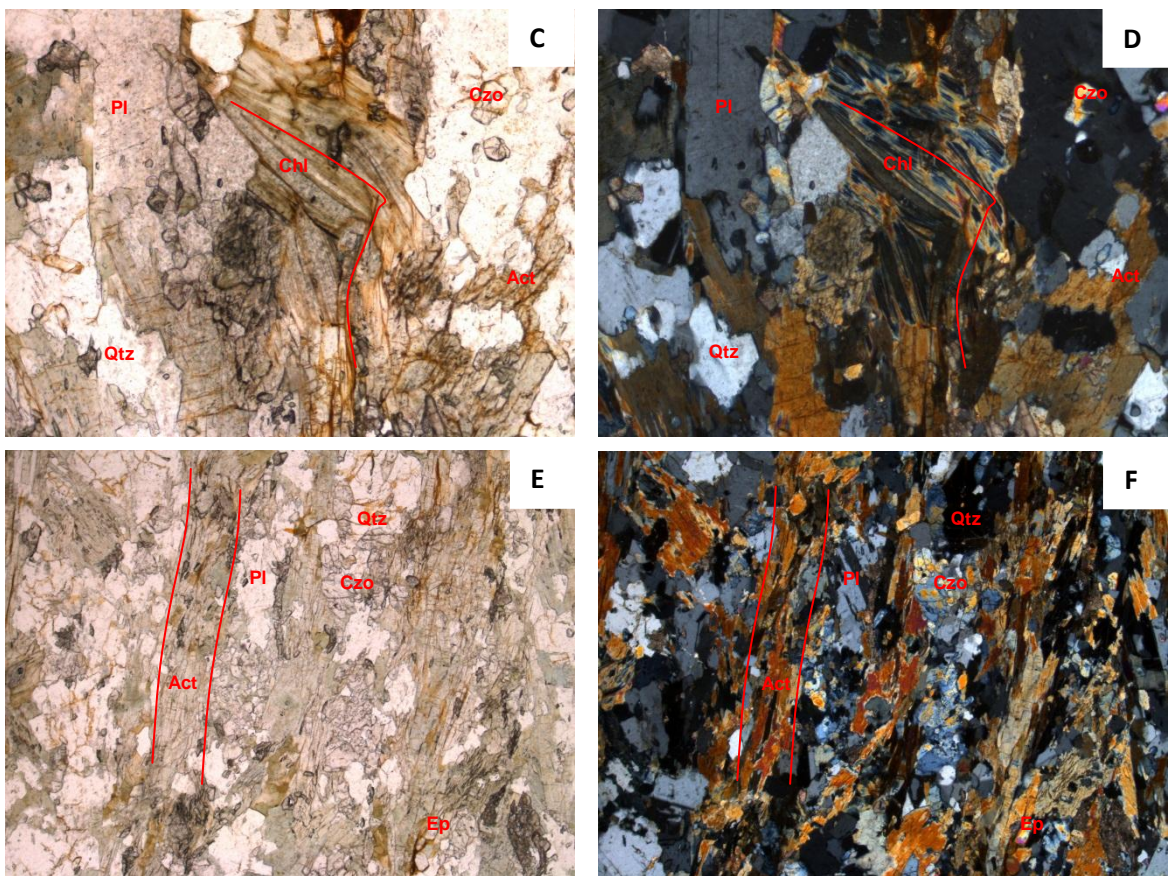


Fig. 9. Estructuras y texturas de esquistos actinolíticos. Alteración de los cristales de actinolita a clorita Con presencia de deformación $10xN//$ y $10xNX$, textura granonematoblástica $N//$ y NX . E) y F). Abreviaturas: Act= Actinolita, Chl= Clorita, Pl= Plagioclasa, Qtz= Cuarzo, Czo= Clinozoisita, Ep= Epidota. Tomado por Autor.

- **Anfibolitas con granate y granatíferas**

Secciones correspondientes a este litotipo son (ARQ-3-PARQ-3, ARQ-3-Control-1, ARQ-3-51-58, ARQ-3-47-53, ARQ-2-9-11), se observan granates con algunas inclusiones dentro, y entre sus fracturas se distinguen alteraciones a clorita.

Mostrando una textura granonematoblástica y localmente una textura porfidoblástica en matriz nematoblástica. (Fig.10). Los minerales exhiben evidencias de recristalización y algunos están fracturados. En su mayoría, las rocas presentan fracturas perpendiculares a la orientación de los minerales las cuales son rellenadas por calcita. El granate presente en las anfibolitas es esqueletal alargado, algunos son poiquiloblásticos. (Fig.10).

El cuarzo presenta inclusiones de esfena, el cuarzo se encuentra en mayor cantidad que las plagioclasas las cuales se destacan por presentar maclas polisintéticas y alteraciones a sericita, algunos cristales de cuarzo presentan inclusiones de esfena.

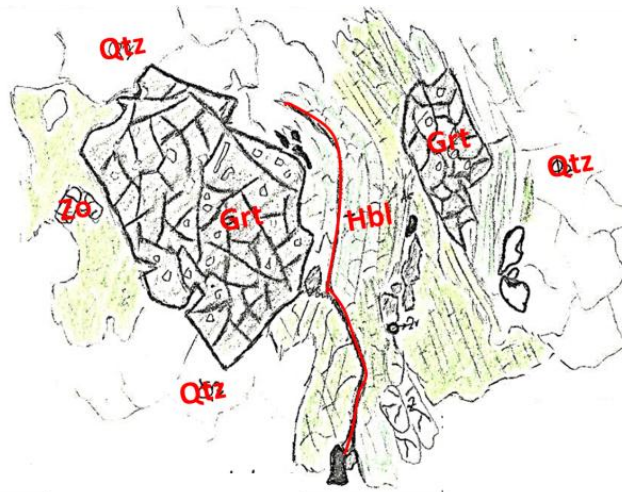


Fig. 10. Esquema ilustrativo en el cual se observa las estructuras y las texturas presentes en las anfibolitas granatíferas, en esta se distingue la textura poiquiloblastica en el granate. Abreviaturas: Hbl= Hornblenda, Pl= Plagioclasa, Qtz= Cuarzo, Grt= Granate, Zo= Zoisita. Realizada por Autor.

Los anfíboles presentes principalmente son la Hornblenda, los cuales están siendo alterados a clorita, la cual se distingue claramente en paralelos por su pleocroísmo, aunque en cruzados sigue presentando la tonalidad anómala.

Minerales Principales: Hornblenda.

Minerales Mayores: Plagioclasa, Clinozoisita, Epidota.

Minerales Menores: Granate, Zoisita, Esfena, Rutilo.

Minerales Secundarios: Clorita (Hornblenda, Granate), Sericita (Plagioclasa), Esfena (Rutilo), Calcita (granate).

HORNBLENDA: Individuos tabulares con pleocroísmo de café a verde pálido, heteroblásticos de tamaños grandes con relieve medio y forma xenoblástica. Presentan exfoliación perfecta en dos direcciones, formando ángulos de 56° ó 124° típica de los anfíboles y birrefringencia de segundo orden con colores de interferencia amarillo, morado y fucsia. (Fig. 13 – C y D). Exhibe inclusiones de clinozoisita, esfena, rutilo y epidota y semi-inclusiones de esfena, además se encuentran en contacto con la plagioclasa, clinozoisita Y epidota. Presenta leve alteración a clorita.

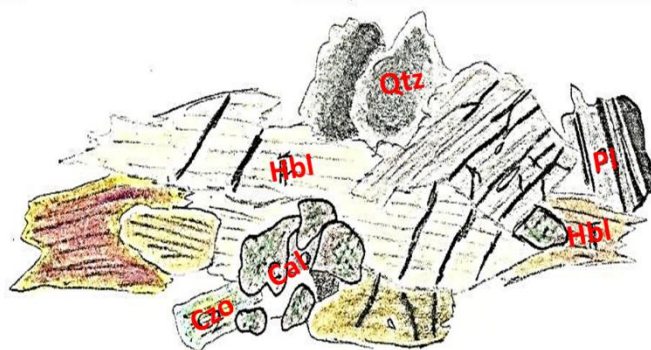


Fig. 11. Esquema que ilustra la textura Granonematoblástica, presente en las Anfibolita con granate y anfibolitas granatíferas. Abreviaturas: Hbl= Hornblenda, Pl= Plagioclasa, Qtz= Cuarzo, Cal= Calcita, Czo= Clinozoisita. Realizada por Autor.

La clorita se presenta como agregados fibrosos de color verde pálido a incoloro con colores anómalos de birrefringencia de grises de primer orden y exfoliación en una dirección, desarrollándose en el centro del mineral.

PLAGIOCLASA: Individuos incoloros de bajo relieve con forma heteroblástica, xenoblástica y con colores de birrefringencia de grises de primer orden. Algunos cristales presentan maclado polisintético y semi-inclusiones de rutilo, epidota y clinozoisita. Además localmente se observa siendo reemplazada por la clinozoisita pero manteniendo su morfología original. Se encuentran en contacto con la clinozoisita, esfena y Hornblenda y además presentan alteración leve a sericita. La sericita se presenta como agregados escamosos muy finos, a manera de parches en el centro de algunos cristales de plagioclasa.

CLINOZOISITA: Individuos incoloros de alto relieve con forma heteroblástica, xenoblástica y presenta fracturamiento. Localmente reemplazando cristales de plagioclasa, manteniendo la morfología del mineral. Presenta pequeñas inclusiones de esfena y epidota, semi-inclusiones de algunos cristales de esfena y se encuentra en contacto con la plagioclasa, Hornblenda y epidota.

EPIDOTA: Individuos incoloros de alto relieve, heteroblásticos, xenoblásticos con birrefringencia de tercer orden. Localmente se presenta reemplazando algunos cristales de zoisita y presenta inclusiones de esfena. Se encuentra en contacto con clinozoisita, plagioclasa, esfena y Hornblenda.

GRANATE: Porfidoblóstos sintectónicos de color rojizo pálido de muy alto relieve, heteroblásticos, muy fracturados y donde no se presenta deflexión de la orientación de cristales externos. (Fig.13 – A y B). Presenta numerosas inclusiones de epidota, clinozoisita y esfena orientadas al azar, además de semi-inclusiones de plagioclasa cloritizada. Se encuentra en contacto con plagioclasa, clinozoisita y Hornblenda. Presenta una fuerte alteración a clorita, presentándose

como agregados de color verde pálido con colores de birrefringencia anómalos azul oscuro y de manera aleatoria. (Fig.12.)

Calcita: aparece como agregados ovulares, posiblemente gracias a las fracturas de la roca.

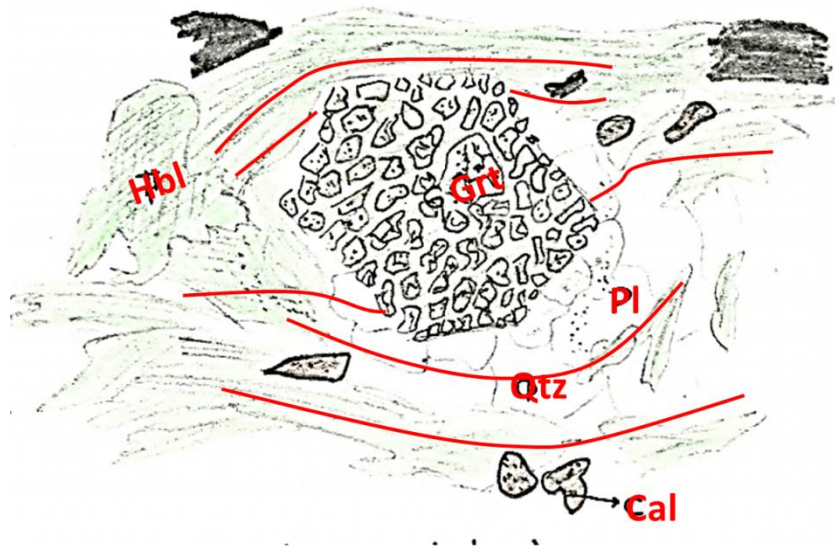


Fig. 12. Esquema que ilustra granate sintectónico, con bastantes fracturas y la mineralogía con la que hace contacto. Abreviaturas: Hbl= Hornblenda, Pl= Plagioclasa, Grt= Granate, Qtz= Cuarzo, Cal= Calcita.

Realizado por Autor.

ZOISITA: Individuos prismáticos incoloros, heteroblásticos alargados, subidioblásticos con una dirección de exfoliación y alto relieve con colores de interferencia grises de primer orden debido al corte del mineral que hace que se vea con colores de baja birrefringencia aunque en algunas ocasiones muestra su característico color azul oscuro anómalo. Se encuentran muy fracturados, localmente siendo reemplazados por la epidota pero manteniendo su morfología original y en contacto con la Hornblenda, la esfena y la clinozoisita.

ESFENA: Individuos heteroblásticos de color café pálido, subidioblásticos con relieve muy alto, dos direcciones de exfoliación y colores de birrefringencia extremos sin embargo se muestran enmascarados por el color café del mineral.

Se presenta en textura de reacción con el rutilo, como producto de alteración, presentando en algunos casos inclusiones del mismo mineral.

RUTILO: Individuos heteroblásticos de color café rojizo con una dirección de exfoliación, subidioblásticos de relieve muy alto, guardando su mismo color en birrefringencia, se presenta como inclusiones, semi-inclusiones y en ocasiones en textura de reacción con la esfena como mineral retrogradado.

Textura: Predominantemente granonematoblástica, localmente texturas porfidoblásticas en matriz granonematoblástica y poiquiloblástica.

Paragénesis: Hbl + Pl + Czo + Ep ± Grt ± Zo ± Spn 1 ± Rt
Hbl + Clz + Pl + Grt.

Facies de Metamorfismo: Anfibolita.

Zona de Metamorfismo: Andalucita – Almandino.

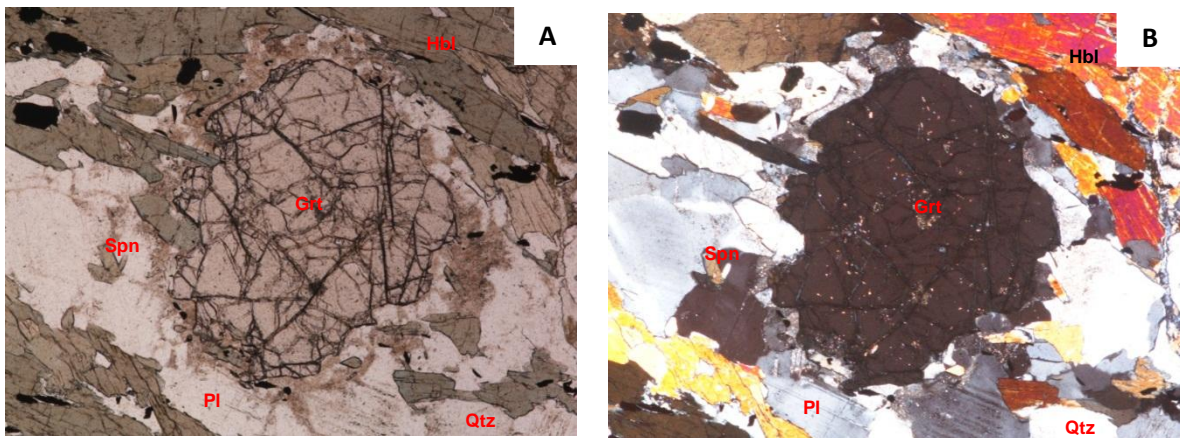


Fig. 13. Textura característica poiquiloblastica del granate donde se distinguen las diferentes inclusiones presentes en este. N/(A), NX (B). Abreviaturas: Hbl= Hornblenda, Pl= Plagioclasa, Grt= Granate, Qtz= Cuarzo, Spn= Esfena. Realizado por Autor.

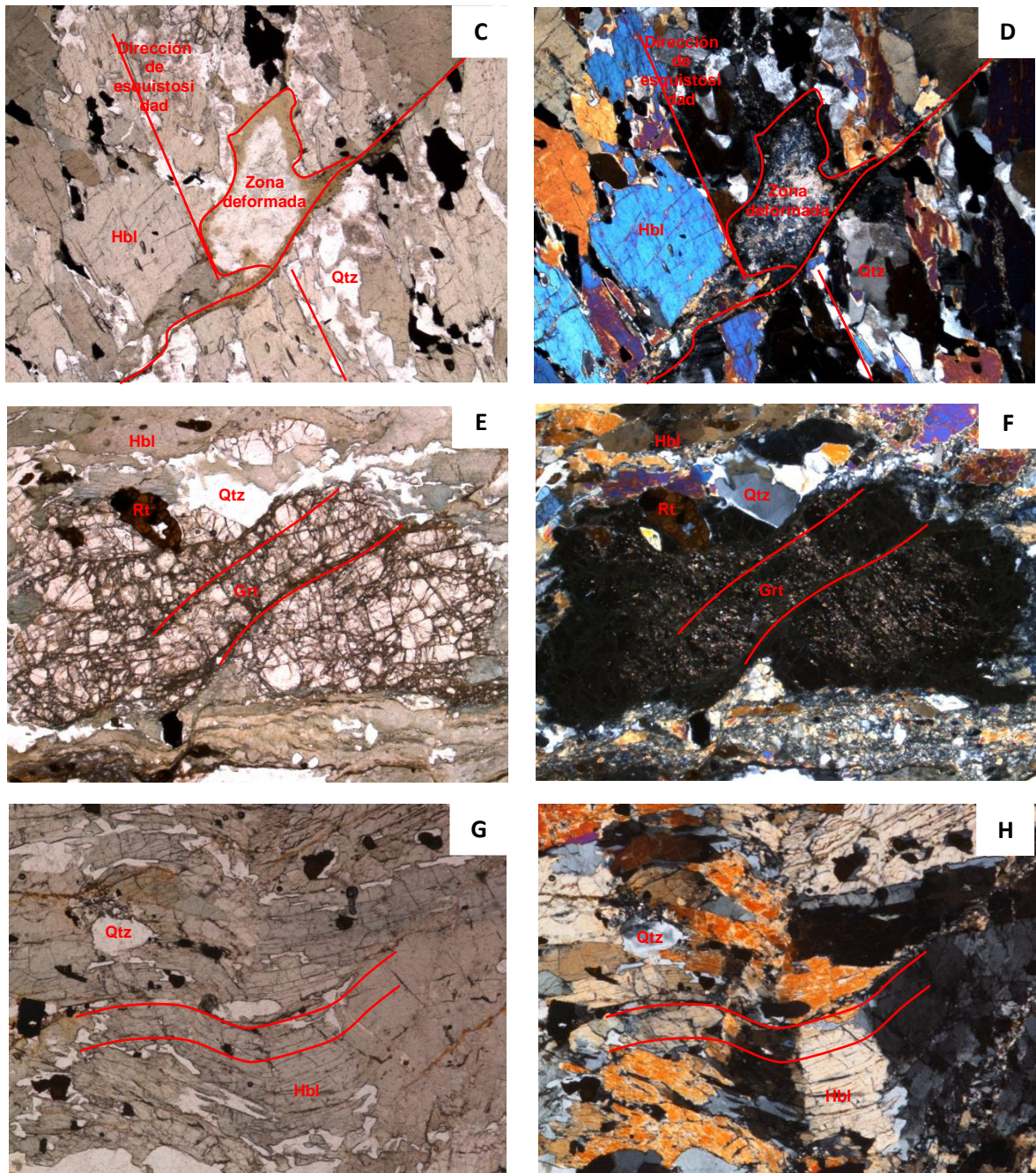


Fig. 14. Texturas y estructuras características de Anfibolitas con granate y anfibolitas granatíferas. Textura granonematoblástica, con la dirección de esquistocidad clara y presencia de zonas de deformación por fracturas presentes por el tectonismo de la zona. N/(C) y NX (D). Granate afectado por tectónica y hacia la parte superior se ve efectos de la deformación (textura milonítica). N/ (E), NX (F). Estructuras de pliegues kink, presentes por deformación. N/ (G) y NX (H). Abreviaturas: Hbl= Hornblenda, Pl= Plagioclasa, Grt= Granate, Qtz= Cuarzo, Rt= Rutilo. Realizado por Autor.

- **Eclogita retrograda**

Las eclogitas de carácter retrogrado (ARQ-3-52-59, ARQ-2-23-27, ARQ-2-22-25) presenta principalmente una textura porfidoblástica en matriz nematogranoblástica y textura poiquiloblástica. La mineralogía representativa para este litotipo está dada por el granate y la onfacita. El granate exhibe un carácter sintectónico mientras la onfacita se observa en textura simplectítica y siendo reemplazada casi en su totalidad por la Hornblenda. Cuarzo, clinozoisita, rutilo y esfena también se presentan en esta muestra como minerales de menor cantidad. (Fig. 15.)

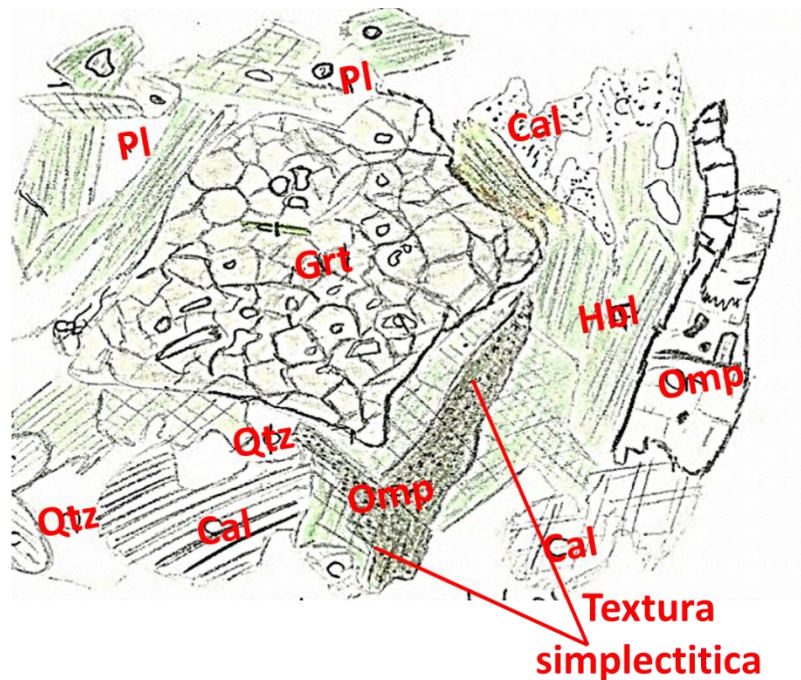


Fig. 15. Esquema ilustrativo de porfidoblasto (granate) sintectónico, y de textura simplectítica por la transformación de la onfacita a Hornblenda. Abreviaturas: Hbl= Hornblenda, Pl= Plagioclasa, Grt= Granate, Qtz= Cuarzo, Omp= Onfacita, Cal= Calcita. Realizado por Autor.

Granates de tamaños muy grandes en contacto neto con los anfíboles principalmente, las plagioclasas presentan bastantes maclas y en algunas se distingue la alteración a sericita.

Los granates presentan inclusiones de cuarzo.

En proporción se distingue cristales de plagioclasa con maclas polisintéticas.

En una de las secciones (ARQ – 3 – 52 – 59), se distingue claramente una vena de calcita. (Fig.16 – A y B).

Minerales Principales: Granate, Onfacita.

Minerales Mayores: Hornblenda, Cuarzo.

Minerales Menores: Clinozoisita, Rutilo.

Minerales Accesorios: Esfena.

Minerales Secundarios: Esfena (Rutilo).

GRANATE: Porfidoblástos de color rosáceo de alto relieve, heteroblásticos, subidioblásticos con algunos de sus bordes rectos. Presenta inclusiones de cuarzo, clinozoisita y rutilo generalmente orientadas en dirección de los minerales que rodean el granate y sin deflexión en los minerales como el Cuarzo, onfacita, Hornblenda y clinozoisita los cuales están en contacto neto. (Fig.17– E y F).

ONFACITA: Individuos prismáticos color verde pálido a incoloros con pleocroísmo débil, heteroblásticos de relieve alto y muy fracturados. Exhiben pequeñas inclusiones y semi-inclusiones de rutilo. En este caso, la onfacita se presenta en textura simplectítica con la Hornblenda. En la sección se muestra que la onfacita comienza a ser reemplazada. (Fig.17– C y D).

La Hornblenda: se presenta como individuos tabulares con colores zonados de verde azulado para los bordes hasta verde en el núcleo, heteroblásticos de tamaños y subidioblásticos. Generalmente se observan en textura simplectítica con la onfacita, con inclusiones de clinozoisita y semi-inclusiones de rutilo y en contacto neto con cuarzo, granate y clinozoisita. (Fig.17- G y H).

CLINOZOISITA: Individuos incoloros, con forma heteroblástica, xenoblástica y con zonación hacia el núcleo de tonos amarillos y hacia los bordes tonos azules. Presenta pequeñas inclusiones de rutilo y se encuentra en contacto neto con el cuarzo, Hornblenda y granate.

RUTILO: Individuos heteroblásticos de color café rojizo, xenoblásticos con formas redondeadas en su mayoría y pocos cristales alargados. Se presentan como inclusiones en el granate y el cuarzo, semi-inclusiones en la Hornblenda que reemplazó la onfacita. El rutilo es reemplazado por la esfena.

ESFENA: Individuos granulares de relieve muy alto y se presentan en coronas de reacción, rodeando cristales de rutilo, colores de interferencia extremos que se presentan rodeando cristales de rutilo formando textura de reacción.

Textura: Porfidoblástica en matriz nematogranoblástica y poiquiloblástica.

Paragénesis Mineral: $Grt + Omp + Czo \pm Rt$

Facies de Metamorfismo: Eclogita.

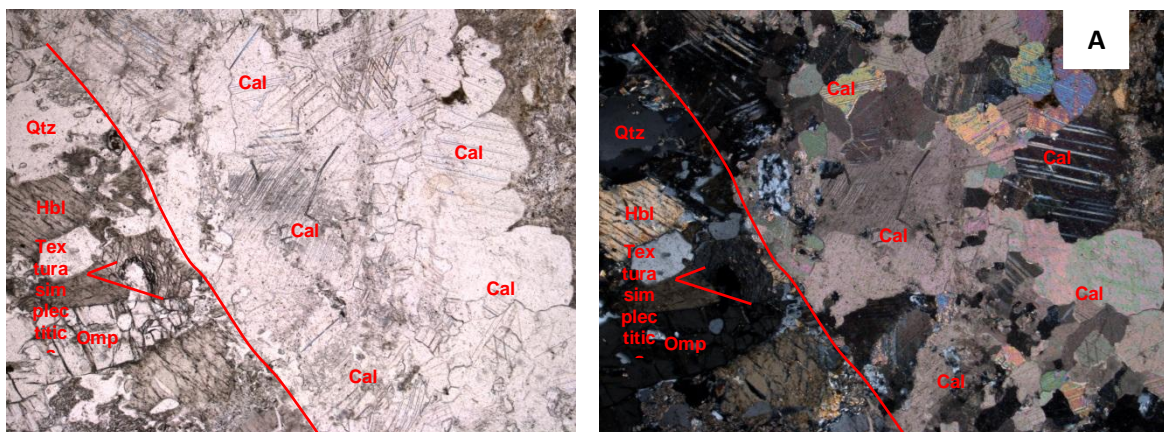


Fig. 16. Vena de calcita presente en la sección (ARQ -3 – 52 – 59) N// (A) y NX (B). Abreviaturas: Hbl= Hornblenda, Omp= Onfacita, Cal= Calcita, Qtz= Cuarzo. Realizado por Autor.

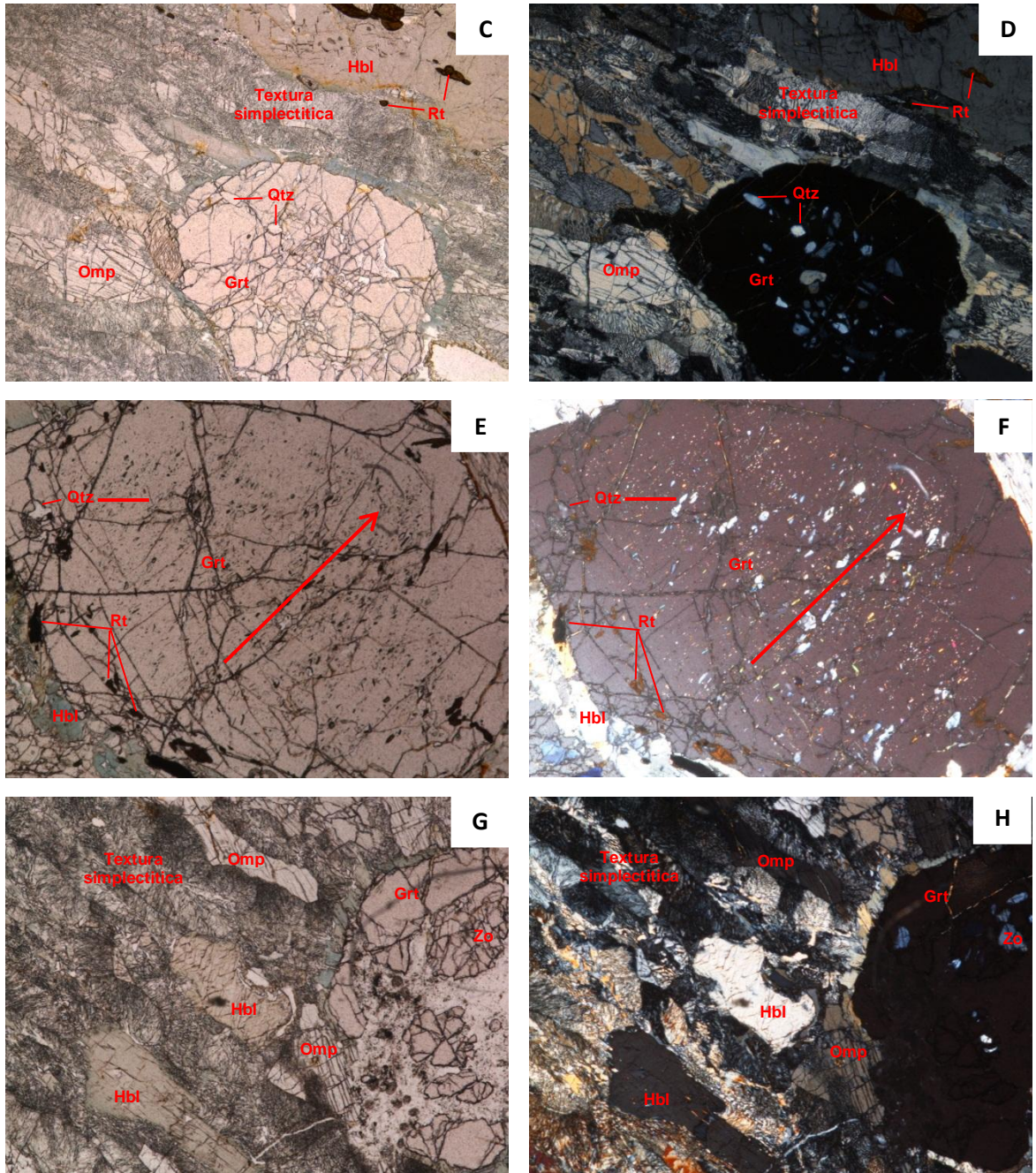


Fig. 17. Texturas y carácter de los porfidoblásticos de granate en la eclogita retrograda. Textura Simplectica por la transformación de la onfacita a hornblenda y Textura porfidoblástica en matriz nematogranoblástica, N// (C) y NX (D), Granate con carácter sintectónico mostrando numerosas inclusiones orientadas, N// (E) y NX (F), Granate bastante fracturando comenzando a formar un pseudomorfo esqueletal con inclusiones de zoicita, N// (H) y NX (G). Abreviaturas: Hbl= Hornblenda, Omp= Onfacita, Qtz= Cuarzo, Grt= Granate, Zo= Zoicita, Rt= Rutilo. Realizado por Autor.

4.2. METAPELITAS

Las metapelitas de la zona de estudio pertenecientes al Complejo Arquía corresponden a esquistos muscovíticos con grafito y esquistos granatíferos con cianita. Este tipo de rocas está compuesto esencialmente por muscovita, clorita y biotita los cuales presentan orientación preferencial y reorientación, debido a la deformación. En algunos de estos litotipos se observan deformaciones asociadas al sistema de fallas de Romeral y Silvia-Pijao. A continuación se describirán cada uno de los litotipos.

- **Esquistos Cuarzo - Grafitosos**

Sección correspondiente ARQ-027. Se distingue una textura que indica que los cuarzos fueron de formación previa, seguido a estos, vino la formación de las micas.

En esta sección se pudo observar principalmente cristales de cuarzos y muscovita, esta última se encuentra presentando una alteración a serpentina, se distingue una textura lepidogranoblastica, donde la muscovita presenta dominios de clivaje.

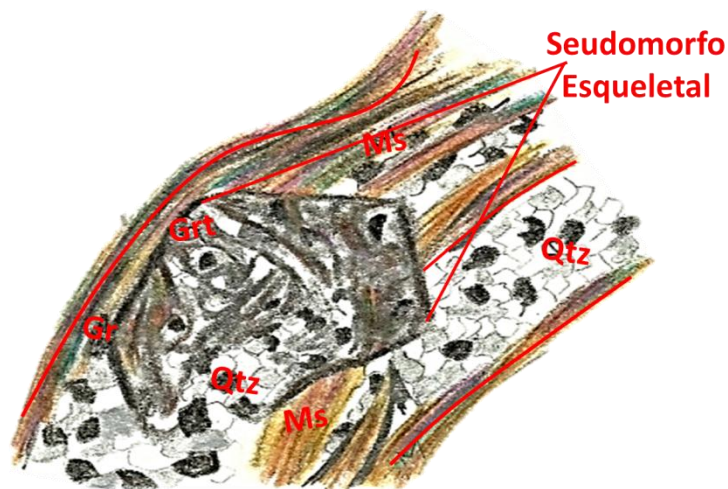


Fig. 18. Esquema ilustrativo de un seudomorfo esqueletal de granate, el cual está conformado por cuarzos en su interior, textura típica lepidogranoblastica de los esquistos cuarzo – grafitosos. Abreviaturas: Grt= Granate, Ms= Muscovita, Qtz= Cuarzo y Gr= Grafito. Realizado por autor.

Entre los cristales de cuarzo y muscovita, se distingue el esqueleto de lo que en algún punto fue un cristal de granate, a esto se le conoce como un seudomorfo esquelético, (Fig.21 – C y D), y dentro de este seudomorfo se presenta una recristalización, de pequeños minerales de cuarzo, y alrededor de estos, una textura fibrosa de color marrón oscuro, que indica presencia de óxido leucógeno. (Fig.19).

Minerales principales: Cuarzo

Minerales mayores: Grafito, Muscovita

Minerales accesorios: Óxido leucógeno

Presenta plegamiento y microfalloamiento en la roca por esfuerzos compresivos, se observa intercalaciones de cuarzo y grafito con mica muscovita.

CUARZO: cristales incoloros de grano medio, heteroblásticos, idioblástico con relieve casi nulo, birrefringencia débil con colores de interferencia de blancos a grises de primer orden, no presenta exfoliación. En contacto con todos los minerales de la roca. (Fig.21 – C y D).

GRAFITO: Agregados de color negro, presentándose en escamas finas flexibles y quebradizas; con exfoliación perfecta en una dirección. Se encuentra abundante en la roca guiado la foliación y formando microplegamiento constante. En contacto con la muscovita, cuarzo y biotita. (Fig.21 – E y F).

MUSCOVITA: Individuos incoloros alargados, heteroblásticos, idioblásticos de hábito laminar con exfoliación perfecta en una dirección bien marcada, no presenta relieve ni pleocroísmo, colores de birrefringencia fuertes de segundo orden (morados- fucsia - azul). (Fig.21 – E y F)

OXIDO LEUCOXEN: Se distingue con una tonalidad café, el cual se presenta como un mineral accesorio.

Textura: Lepidogranoblástica.

Paragénesis mineral: Gr + Qtz+ Ms

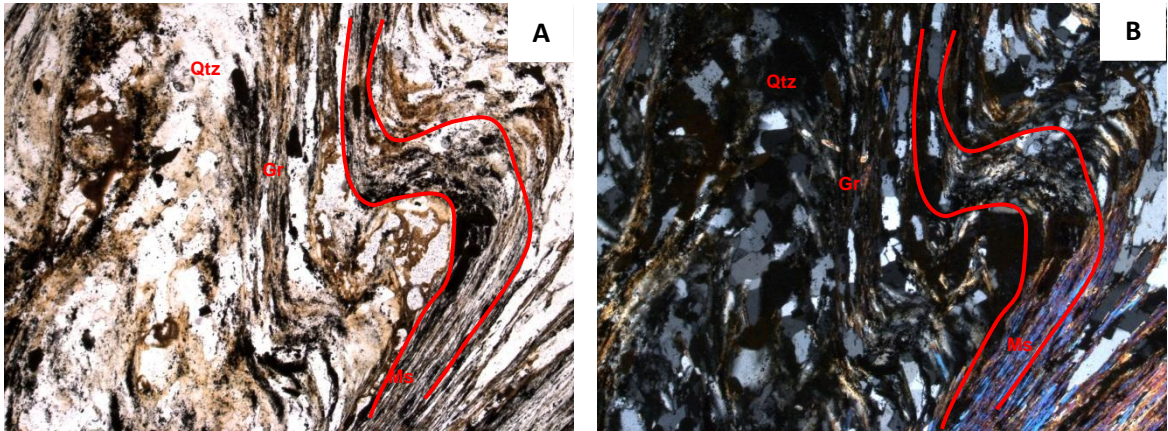


Fig. 19. Estructura de pliegues tipo kink y Textura lepidogranoblástica correspondiente a esquistos cuarzo grafitosos. N// (A) y NX (B). Abreviaturas Qtz= Cuarzo, Gr= Grafito y Ms= Muscovita. Modificado por autor.

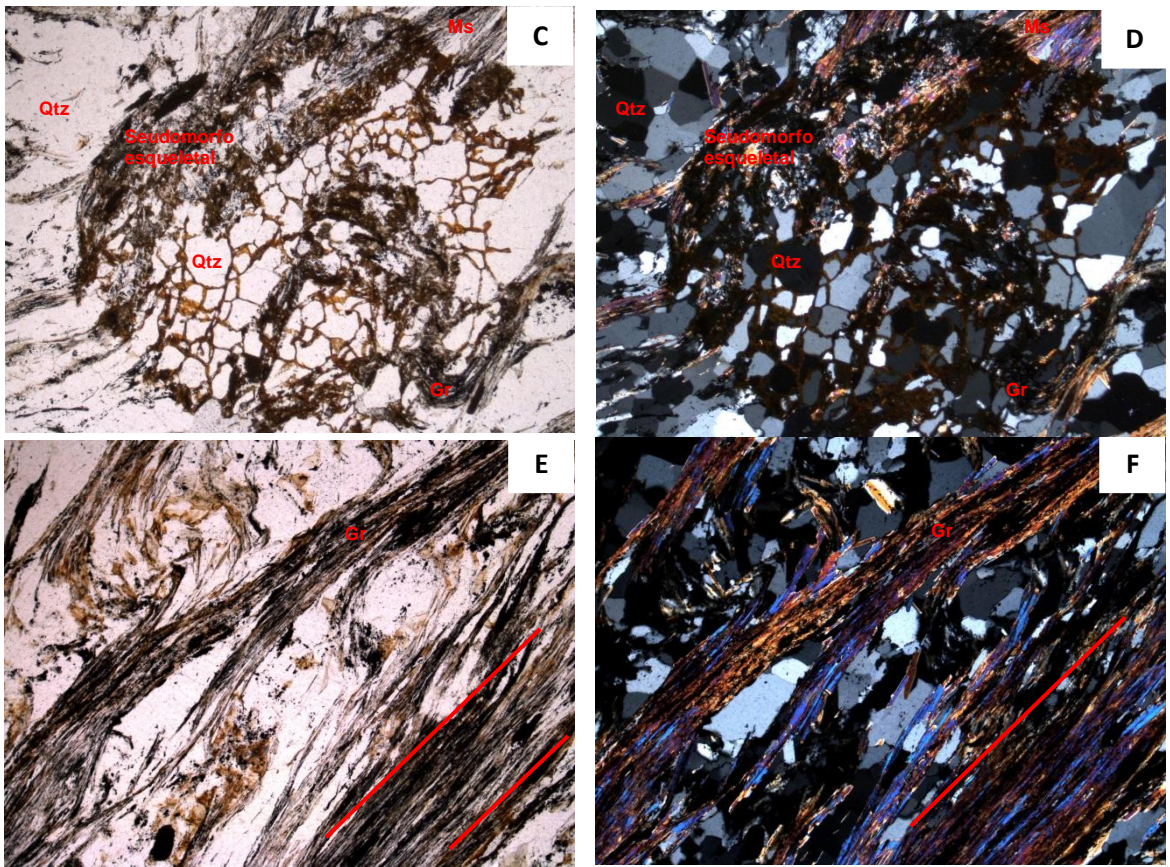


Fig. 20. Texturas y estructuras presentes en los esquistos cuarzo grafitosos. Recristalización de cuarzo dentro del seudomorfo esquelético, N// (C) y NX (D). Dirección de la esquistosidad e intercalación de cuarzos con el grafito y la muscovita. N// (E) y NX (F). Abreviaturas Qtz= Cuarzo, Gr= Grafito y Ms= Muscovita. Modificado por autor.

4.3. ROCAS CUARZO-FELDESPÁTICA

- **Cuarzita con zoicita**

Sección ARQ-5-27-18, compuesta principalmente por zoisita, con una dirección de exfoliación muy clara que forma una textura alrededor de cristales de plagioclasa de gran tamaño algunos maclados, que están presentando alteración de caolinita, la zoisita presenta alteración a la clorita anómala, en la sección también se distinguen algunos minerales de clinozoicita y alguna epidota. Estos minerales del grupo de la epidota presentan un alto relieve. (Fig. 24).

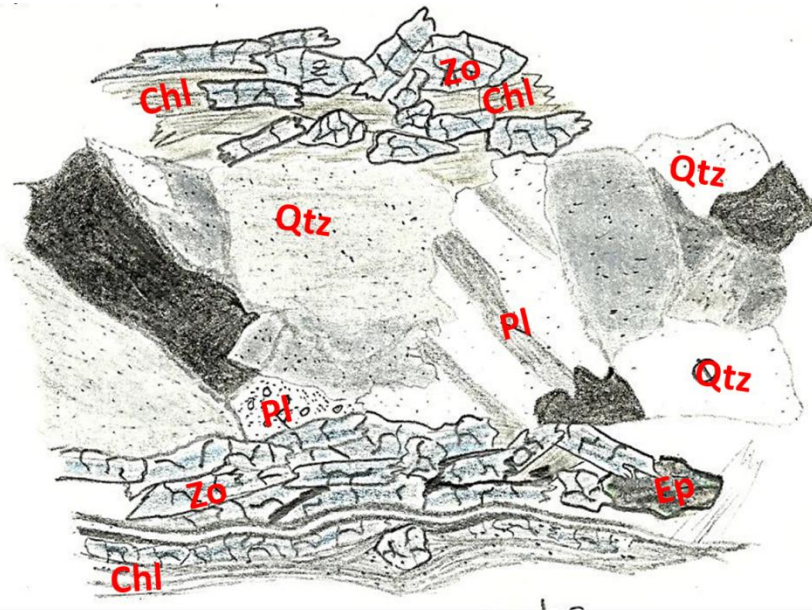


Fig. 21. Esquema que ilustra la textura característica de la Cuarzita con zoicita, intercalaciones de bandas de cuarzo con bandas de zoicita, esta última alterándose a clorita. Realizada por Autor.

También hay alguna presencia de cristales de cuarzo, estos se encuentran en contacto con la zoisita al igual que las plagioclasas.

Minerales principales: Cuarzo, Zoicita

Minerales mayores: Grafito

Minerales Menores: Epidota, Clinozoicita, Plagioclasa.

Minerales secundarios: Clorita (Zoicita)

ZOISITA: Individuos prismáticos alargados, incoloros subidioblásticos a xenoblásticos, heteroblástico. En contacto neto con el cuarzo y el grafito. (Fig. 23 – C y D).

CUARZO: Individuos incoloros de grano medio y bordes irregulares, heteroblásticos, con características similares en estos cristales. En ocasiones como resultado de la recristalización se observan tamaños de grano más grandes. Igualmente, el cuarzo se encuentra como cristales xenoblásticos con extinción ondulosa. (Fig.23- A y B).

GRAFITO: Individuos homeoblásticos, xenoblásticos de color negro y hábito escamoso, en contacto neto con la zoicita.

EPIDOTA: Individuos homeoblásticos de formas redondeadas, idioblásticos, incoloros a verde amarillento con relieve alto, birrefringencia de tercer orden con colores de interferencia rosado, amarillo y verde, se ven alrededor de toda la sección.

PLAGIOCLASA: Fenocristales, euhedrales con caras y geometrías bien definidas y conservadas. Presentan maclado polisintético y en ocasiones zonación para los cristales más grandes. Exhiben moderada alteración a sericita a manera de parches y aleatoriamente en los cristales de plagioclasa.

CLINOZOISITA: Individuos incoloros, con forma heteroblástica, xenoblástica y con zonación hacia el núcleo de tonos amarillos y hacia los bordes tonos azules.

CLORITA: Agregados de aspecto fibroso distribuidos homogéneamente a lo largo de toda la muestra, con pleocroísmo de verde a verde amarillento muy leve, se presentan alargados en dirección de la esquistosidad, presenta unos colores de birrefringencia anómalos. Aparece por alteración de la zoicita

Textura: granolepidoblastica

Paragénesis mineral: Zoicita + Qtz + Gr

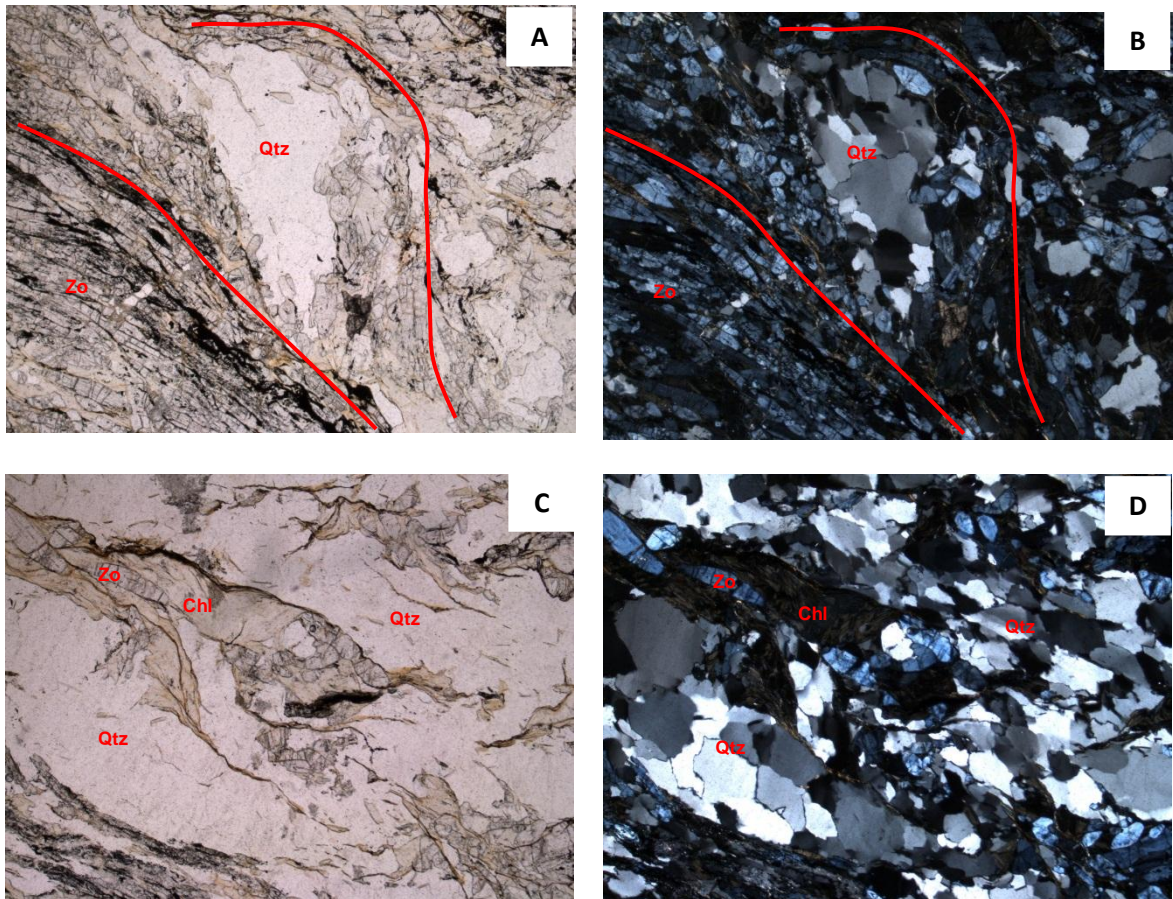


Fig. 22. . Textura y mineralogía de la cuarcita con zoicita. Textura granoblástica con predominio de cristales de cuarzo. N// (A), (C) y NX (B), (D). Abreviaturas: Qtz= Cuarzo, Zo= Zoicita, Chl= Clorita.

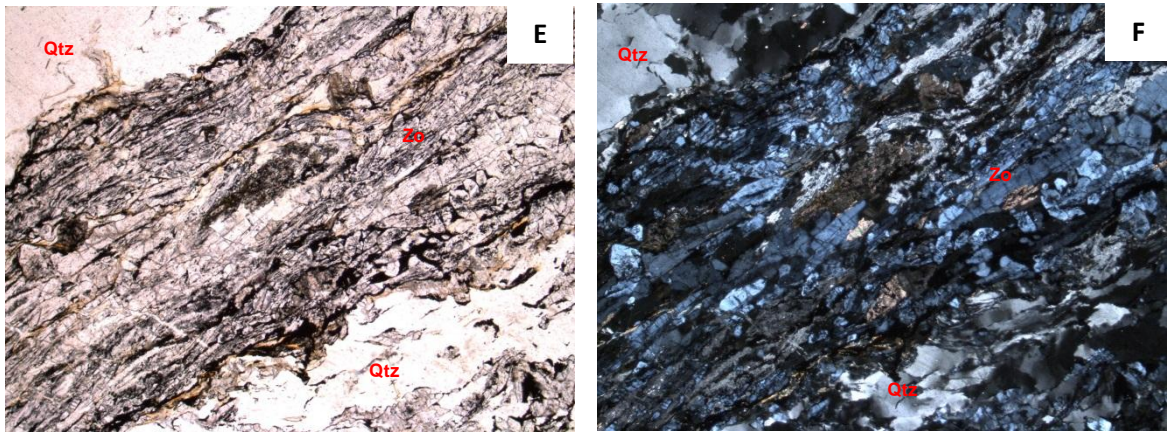


Fig. 23. Estructura y texturas de Cuarzita con Zoicita. Zonas con deformación frágil, lo cual muestra una textura nematogranoblástica. Abreviaturas: Qtz= Cuarzo y Zo= Zoicita. Tomada por Autor.

4.4. ROCAS ASOCIADAS AL COMPLEJO ARQUÍA

- **Serpentinita milonitizada**

En el caso de estas secciones (ARQ-080 y ARQ-021), se observa principalmente olivino, el cual presenta un relieve muy fuerte y a su alrededor se observa la alteración por serpentina, la cual ya alterado prácticamente toda la muestra, esta alteración se distingue por esa textura fibrosa (serpentinización). (Fig. 25)

Se observan texturas pseudomórficas formadas por la interpenetración de minerales del grupo de la serpentina, en las que permanecen relictos del protolito (Olivino). Son comunes en esta roca las texturas de relleno de fracturas por minerales del grupo de la serpentina posiblemente crisotilo.

La serpentinita está compuesta por los siguientes minerales:

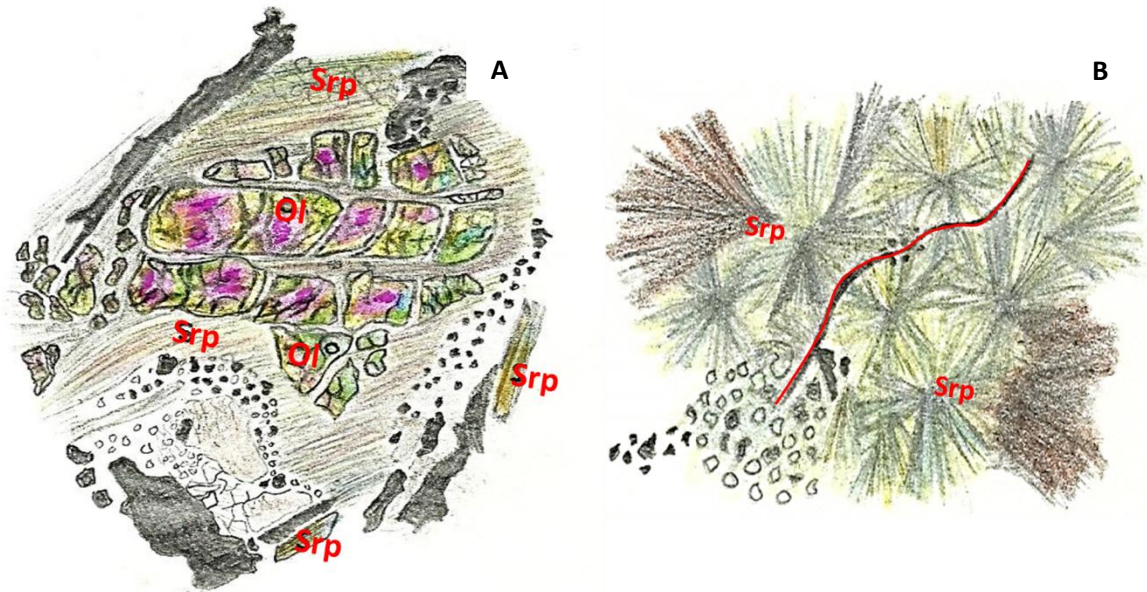


Fig. 24. Esquema que ilustra las texturas presentes en las serpentinitas. Serpentina alterando el olivino en A. Textura fibrosa presente en la serpentina en B. Abreviaturas: Srp= Serpentina y Ol= Olivino. Realizado por Autor.

Minerales relicticos: Olivino + Opacos

Minerales metamórficos: lizardita, crisotilo, clorita.

Minerales principales: Olivino

Minerales Secundarios: Serpentina (Olivino)

OLIVINO: Se presenta casi en su totalidad siendo reemplazados por serpentina. Se observan texturas pseudomórficas, en las que permanecen relictos de olivino, así como rasgos texturales previos a la serpentización. La serpentinita ocurre como finos agregados, constituyendo el 90% del volumen del cristal original de olivino.

LIZARDITA: Mineral de hábito fibroso y tabular de color verde amarillento y colores de interferencia grises de primer orden, con tamaños de 0,007 mm y 0,03 mm de largo, presentándose en dirección del bandeo tectónico en contacto neto con la clorita, crisotilo y minerales opacos.

CRISOTILO: Mineral de hábito fibroso de color pardo-verdoso, relieve bajo a medio, ocasionalmente rellenando fracturas, en contacto neto con la clorita y lizardita.

OPACOS: Agregados alargados negros.

PARAGENESIS: Ol + Li + Cr

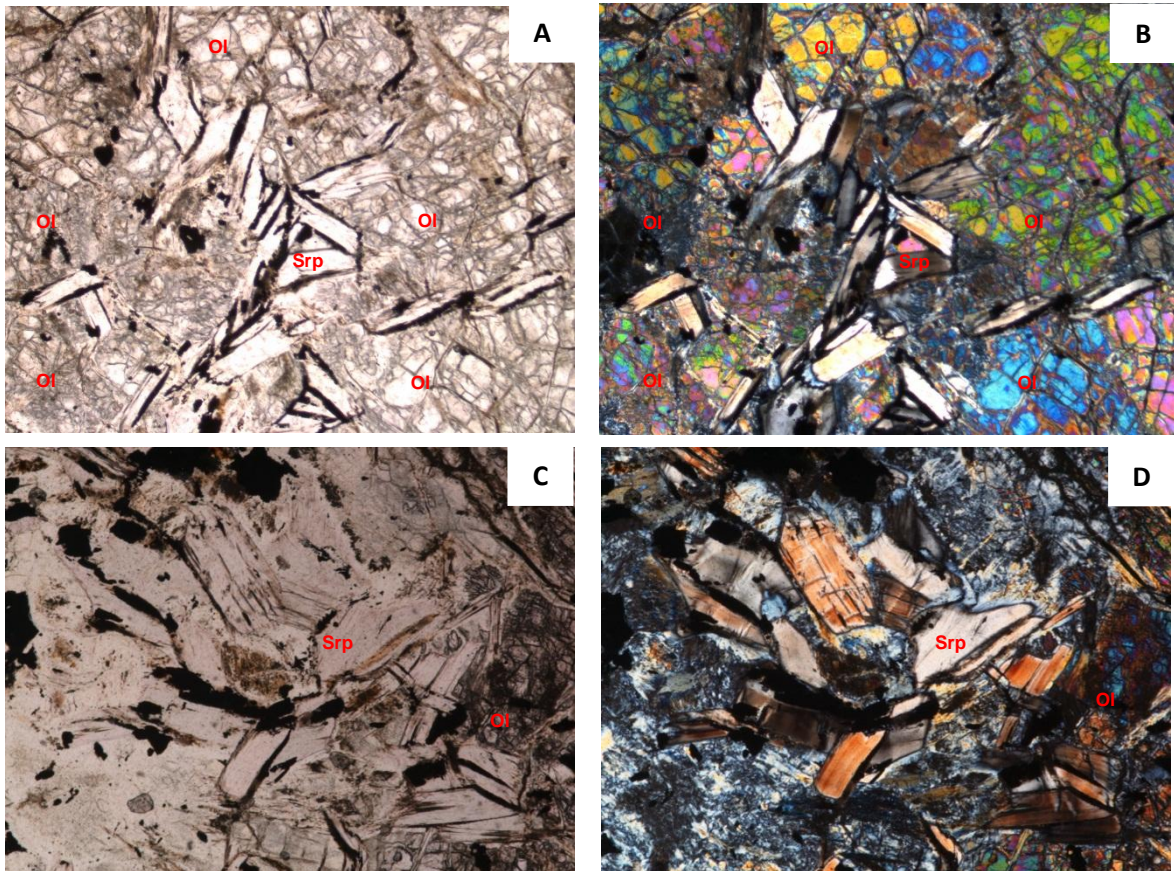


Fig. 25. Textura fibrosa característica de una serpentinita, donde el olivino está siendo alterado por la serpentina. Abreviaturas Srp= Serpentina y Ol= Olivino. Tomada por Autor.

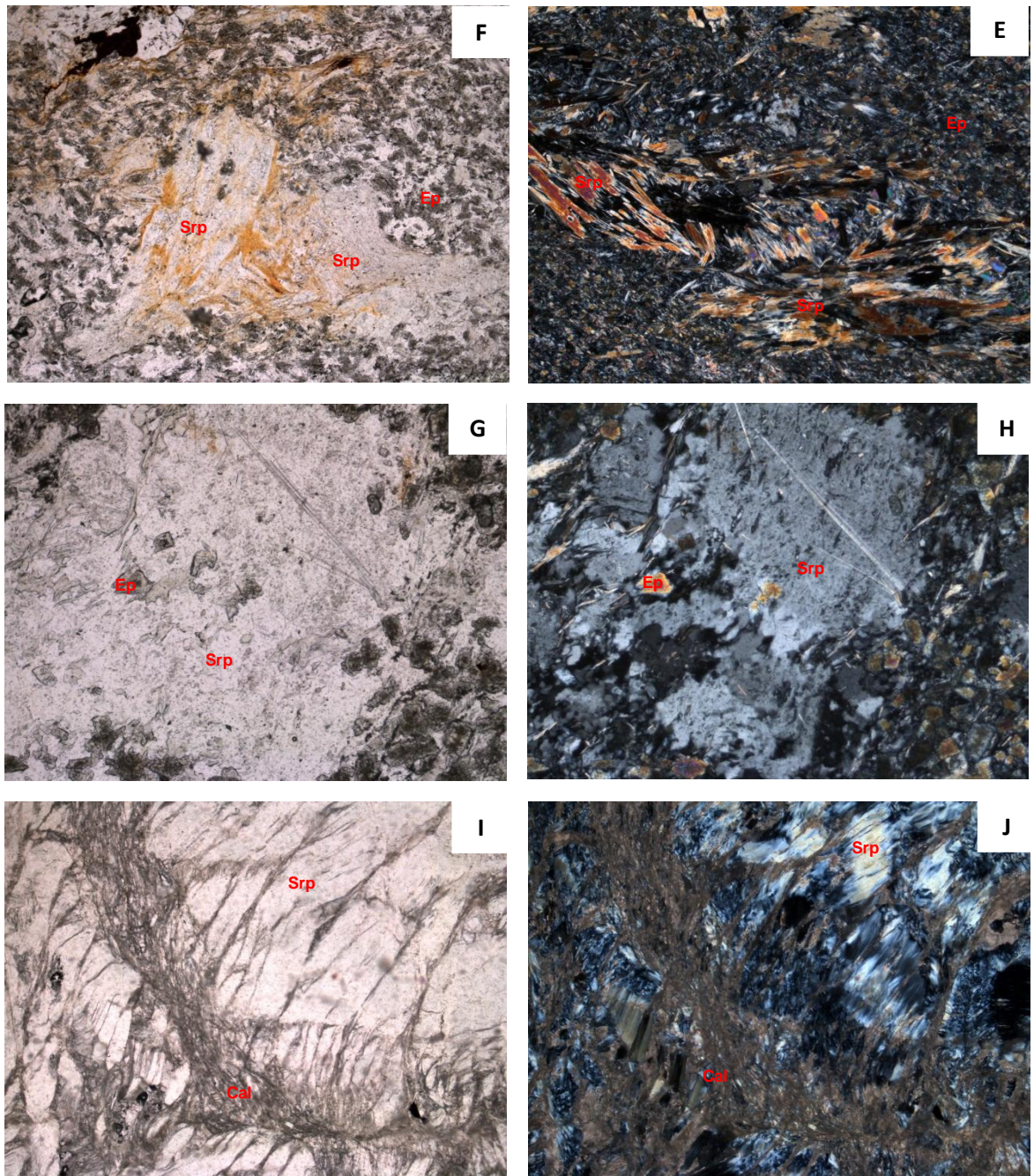


Fig. 26. Texturas y estructuras presentes en las serpentinitas. Serpentina alterando a los minerales relictos del protolito, se observa una textura fibrosa por parte de la serpentina y cristales redondeados de epidota, N// (E), (G) y NX (F), (H). Agregados de calcita presente en fracturas, ya se presenta una total alteración por parte de la serpentina. Abreviaturas: Srp= Serpentina, Ep= Epidota y Cal= Calcita. Tomado por Autor.

5. METAMORFISMO

De acuerdo con la petrografía realizada en el presente trabajo y el análisis paragenético, los litotipos se han agrupado de acuerdo con la presión así: Metabasitas de baja presión, Metabasitas de presión media, Metabasitas de alta presión, Metapelitas de baja presión y Metapelitas de media a alta presión. Las metabasitas de baja presión incluyen los esquistos actinolíticos y las anfibolitas. Las metabasitas de presión media por su parte, comprende las anfibolitas granatíferas y las metabasitas de alta presión corresponden a las eclogitas. Las asociaciones minerales correspondientes a las metabasitas de baja presión son:

- 1) Act + Czo + Qtz ± PI
- 2) Chl + Czo + Qtz + PI ± Spn
- 3) Act + Qtz + Czo + Ep + PI ± Gr ± Spn
- 4) Act + Czo + Qtz ± Ep ± Spn ± PI

De acuerdo con estas asociaciones, estas rocas alcanzaron la facies epidota-anfibolita para la etapa prógrada. La etapa retrograda está marcada por la clorita y sericita. Asociación que indica parte baja de la facies esquistos verdes.

Las asociaciones minerales de las metabasitas de media presión son:

- 1) Hbl + PI + Czo + Grt + Zo ± Spn ± Ep ± Rt
- 2) Grt + Hbl + PI + Act + Czo + Zo ± Qtz ± Spn ± Rt ± Ep ± Cal

Estas asociaciones indican la facies anfibolita para el metamorfismo prógrado. El metamorfismo retrogrado alcanzó la facies esquistos verdes con clorita y epidota, algunas veces con sericita.

Las asociaciones minerales de las metabasitas de alta presión son:

- 1) $\text{Grt} + \text{Omp} + \text{Czo} \pm \text{Rt}$

El pico de metamorfismo para esta asociación se ubica en la facies eclogita. Sin embargo, debido a la retrogradación de la eclogita y falta de otras evidencias, no fue posible identificar una posible trayectoria prógrada.

Las metapelitas de baja presión están constituidas por los esquistos moscovíticos con grafito mientras las metapelitas de media a alta presión comprenden los esquistos granatíferos con cianita.

Las asociaciones minerales correspondientes a las metapelitas de baja presión son:

- 1) $\text{Qtz} + \text{Ms} + \text{Bt} + \text{Gr}$
- 2) $\text{Zo} + \text{Ms} + \text{Gr} + \text{Qtz} + \text{Czo} + \text{Bt}$
- 3) $\text{Gr} + \text{Czo} + \text{Chl} + \text{Qtz} \pm \text{Ms} \pm \text{Ep} \pm \text{Spn}$

Estas paragénesis son típicas de la facies esquistos verdes, zona del granate. Baja de la facies esquistos verdes, esto lo indica la presencia de clorita y sericita.

6. CONCLUSIONES

- Se ha realizado en su totalidad el análisis de las secciones, permitiendo a su vez mostrar la mineralogía presente, la cual indica que todo el complejo metamórfico, en los cuadrantes donde se realizó el muestreo, son rocas metamórficas de tipo mafico.
- El análisis de las secciones mostro que todas presentaban un metamorfismo regional, del cuales se distingues 4 diferentes tipos de rocas ubicados en los sectores de Pijao, Génova y Córdoba, del Complejo Arquia.
- Los diferentes litotipos se han agrupado de tal forma que se muestran las condiciones cualitativas del metamorfismo regional, en: metabasitas de baja presión (esquistos actinolíticos, esquistos cloríticos y esquistos anfibólicos con granate) alcanzando las facies de esquistos verdes. Metabasitas de presión media (anfibolitas granatíferas), cuyo pico metamórfico corresponde a la zona media de la facie anfibolita y metabasitas de alta presión (eclogita) que muestra asociaciones minerales típicas de la facie eclogita. De otro lado, las metapelitas se han clasificado como de baja presión y de media a alta presión. Las metapelitas de baja presión (esquistos cuarzo - grafitosos) han alcanzado su pico metamórfico en la facie de esquistos verdes.
- Se presenta también un metamorfismo dinámico sobreimpuesto al metamorfismo regional, evidenciado en numerosas fracturas y en la disminución y alargamiento por deformación de minerales como el cuarzo y actinolita mostrando así un dominio de la deformación milonítica, en ocasiones acompañada por minerales fracturados en respuesta a una deformación frágil.

BIBLIOGRAFÍA

CAMARGO, G. & MOJICA, J. (2004): Reactivation (long-term evolution) of the Silvia-Pijao Fault along the “Quebrada La Maizena”, western flank of Central Cordillera, Quindío-Colombia.- GEOLOGIA COLOMBIANA, 29, pp. 11-22.

CASTRILLON, A. (2003): El Stock Granodiorítico de Córdoba, un intrusivo en el flanco occidental de la Cordillera Central de los Andes colombianos (Departamento del Quindío).- GEOLOGIA COLOMBIANA, 28, pp. 63-77.

MAYA, M., Y GONZÁLEZ, H. (1995). Unidades Litodémicas en la Cordillera Central de Colombia. Boletín Geológico INGEOMINAS. Vol. 35, No. 2-3, pp. 43-57.

MORENO, M., GÓMEZ, A., TORO, L. (2008). Proveniencia del material clástico del Complejo Quebradagrande y su relación con los complejos estructurales adyacentes. Boletín de Ciencias de la Tierra, N° 22, pp.27-38.

RÍOS, C., CASTELLANOS, O., RÍOS, V., Y GÓMEZ, C. (2008). Una contribución al estudio de la evolución tectono-metamorfica de las rocas de alta-P, Cordillera Central, Andes Colombianos. Geología Colombiana, No. 33, pp. 3-22.

MC COURT, W., & FEININGER, T. (1984). High pressure metamorphic rocks in the Central Cordillera of Colombia. British Geological Survey Reprint Series, Vol. 85, No. 1, pp. 28-35.

RESTREPO, J. J., TOUSSAINT, J. F. (1976). Edades radiométricas de algunas rocas de Antioquia, Colombia. Publicación Especial Geología. Universidad Nacional de Colombia, Medellín N° 12, pp. 1-11.

ANEXOS

- ANEXO PETROGÉNESIS DE LAS ROCAS METAMÓRFICAS DEL COMPLEJO ARQUÍA EN EL SECTOR CORDOBA-PIJAO-GENOVA, DEPARTAMENTO DEL QUINDÍO, CORDILLERA CENTRAL, COLOMBIA.
- Mapa complejo Arquia, sector Génova – Córdoba – Pijao, modificado.