

**APOYO A LAS ACTIVIDADES DE INVESTIGACIÓN DEL PROYECTO 5463
GEOCRONOLOGÍA Y GEOQUÍMICA DE LAS ROCAS DE LA FORMACIÓN
SILGARÁ, MACIZO DE SANTANDER.**

LHENNYA JOHANA PINTO DAZA

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERIAS FISICOQUIMICAS
ESCUELA DE GEOLOGIA
BUCARAMANGA**

2014.

**APOYO A LAS ACTIVIDADES DE INVESTIGACIÓN DEL PROYECTO 5463
GEOCRONOLOGÍA Y GEOQUÍMICA DE LAS ROCAS DE LA FORMACIÓN
SILGARÁ, MACIZO DE SANTANDER.**

LHENNYA JOHANA PINTO DAZA

Trabajo de grado presentado para optar al título de Geóloga

Director

CARLOS ALBERTO GARCÍA RAMÍREZ

Geólogo PhD.

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

FACULTAD DE INGENIERIAS FISICOQUIMICAS

ESCUELA DE GEOLOGIA

BUCARAMANGA

2014.

DEDICATORIA

Dios por mostrarme el camino hacia la Geología

A mis amados padres Diogenes Pinto y Marlina Daza por su apoyo incondicional, su amor y fortaleza y por enseñarme a ser una mejor persona cada día.

A mis adoradas hermanas, Indira Pinto, Tatiana Pinto y Alejandra Pinto que son mi inspiración y me llenan de orgullo.

A mi sobrina Sara Sophia por llenarme de felicidad todos los días.

A mis queridos amigos Iván Barrera, Paola Gómez, María Fernanda Calderón y Ruben Vargas por llenarme de tantas sonrisas, sin ellos todo hubiera sido muy aburrido.

A todos mis compañeros de la escuela de Geología por todos los momentos vividos.

Gracias a ustedes por hacerme la vida maravillosa.

“la poderosa naturaleza está llena de milagros” A. Ostrovski.

AGRADECIMIENTOS

Mis más sinceros agradecimientos a la Universidad Industrial de Santander y en especial a la Escuela de Geología por la formación académica y científica que me han brindado.

Al Grupo de Investigación en Geología Básica y Aplicada (GIGBA) y el director del Proyecto el profesor PhD. Carlos Alberto García Ramírez por su orientación científica que hizo posible la realización de esta tesis.

CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	17
1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA.....	18
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	18
1.2 JUSTIFICACIÓN	18
2. OBJETIVOS	19
2.1 OBJETIVO GENERAL.....	19
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	19
3. GENERALIDADES	20
3.1 LOCALIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO.....	20
4. METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN.....	21
4.1 RECOPIACIÓN Y CLASIFICACIÓN DE MATERIAL BIBLIOGRÁFICO	21
4.2 ORGANIZACIÓN DE LAS MUESTRAS RECOLECTADAS EN CAMPO	21
4.3 ESTUDIO MACROSCÓPICO.....	22
4.4 ESTUDIO MICROSCÓPICO	22
4.5 PREPARACIÓN PARA ANÁLISIS GEOQUÍMICOS.....	23
4.6 ELABORACIÓN DE INFORME FINAL	24
5. ESTADO DEL ARTE	25
5.1 FRANJA PESADERO ARATOCA	26
5.2 FRANJA MUTISCUA.....	27
6. GEOLOGÍA REGIONAL.....	30
6.1 GEOLOGÍA DE LA FRANJA PESCADERO-ARATOCA	33
6.2 GEOLOGÍA DE LA FRANJA MUTISCUA.....	34

7. PETROGRAFÍA.....	36
7.1 METARENISCA (Muestra PS-1-2)	37
7.2 ESQUISTO BIOTÍTICO (Muestra PS-3-1).....	38
7.3 CUARCITA (Muestra PS-4-1).....	40
7.4 ESQUISTO GRANATÍFERO (Muestra PS-4-2).....	41
7.5 GRANOFELSA (Muestra PS-4-3)	44
7.6 ESQUISTO ANFIBÓLICO (Muestra PS-5-2).....	45
7.7 METARENISCA (Muestra PS-7-1)	47
7.8 GRANOFELSA CALCO-SILICATADA (Muestra PS-9-1)	48
7.9 GRANOFELSA CALCO-SILICATADA (PS-9-2)	49
8. METAMORFISMO.....	51
8.1 METAMORFISMO FRANJA PESCADERO-ARATOCA.....	51
8.1.1 Metaaresnisca (Muestra PS-1-2).....	51
8.1.2 Esquistos biotítico (Muestra PS-3-1).....	51
8.1.3 Cuarcita (Muestra PS-4-1)	52
8.1.4 Esquistos granatífero (Muestra PS-4-2).....	52
8.1.5 Granofelsa (Muestra PS-4-3)	52
8.1.6 Esquistos anfibólicos (Muestra PS-5-2).....	53
8.2 DISCUSIÓN DE RESULTADOS	54
8.3 METAMORFISMO FRANJA MUTISCUA	55
8.3.1 Granofelsa calco-silicatada (Muestra PS-9-1).....	55
8.3.2 Granofelsa calco-silicatada (Muestra PS-9-2).....	55

9. GEOQUÍMICA.....	57
9.1 CLASIFICACIÓN DE LOS PROTOLITOS.....	57
10. CONCLUSIONES.....	63
BIBLIOGRAFÍA.....	64
ANEXOS.....	70

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Abreviaturas de los minerales según Kretz, P.	23
Tabla 2. Composición Mineralógica de las rocas de las franja Pescadero-Aratoca y Mutiscua.	36
Tabla 3. Metamorfismo de las rocas de la franja Pescadero Aratoca.	53
Tabla 4. Metamorfismo de las rocas calco-silicatadas de la franja Mutiscua.	55
Tabla 5. Composición química de las rocas de la Formación Silgará.	60

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Localización del área de estudio. Norte de Santander municipio de Mutiscua. Sector de Santander Pescadero-Aratoca.	20
Figura 2. Mapas geológicos de las Zonas de estudio, localización de las muestras. 1. Franja Pescadero-Aratoca. 2 Franja Mutiscua.....	30
Figura 3. (a) Textura lepidogranoblástica de la metarenisca. Nicoles paralelos y (b). Nicoles cruzados. Se observa el carácter heteroblástico de cuarzo.....	38
Figura 4. (a) Textura granolepidoblástica del esquistó biotítico. Nicoles paralelos y (b) Nicoles cruzados. Obsérvese el porfidoblásto de biotita cloritizado.	39
Figura 5. (a). Textura granoblástica con cuarzo secundario rellenando venas concordantes con la foliación. Nicoles paralelos y (b) Nicoles cruzados.	41
Figura 6. (a) Textura granolepidoblástica con venas de cuarzo secundario de mayor tamaño concordante con la foliación. Se observa un porfidoblásto de clorita orientado perpendicularmente a la foliación principal. Nicoles paralelos. (b) Nicoles cruzados. (c) Porfidoblásto de granate en proceso de transformación a clorita alrededor. Nicoles paralelos. (d). Nicoles cruzados.	43
Figura 7. (a) Textura granonematoblástica de la granofelsa. Nicoles paralelos. (b). Nicoles cruzados.	45
Figura 8. (a) Textura granonematoblástica del esquistó anfibólico. Nicoles paralelos y (b) Nicoles cruzados. Obsérvese un individuo de diópsido con macla de Carlsbad.....	46
Figura 9. (a) Textura lepidogranoblástica de la metarenisca. Nicoles paralelos y (b) Nicoles cruzados.	48
Figura 10. (a) Textura Nematoblástica de la Roca calco-silicatada. Nicoles paralelos y (b) Nicoles cruzados respectivamente.....	49
Figura 11. (a) Textura Nematoblástica. Nicoles paralelos y (b) Nicoles cruzados. Obsérvese las venas de calcita.	50

Figura 12. Distribución de las muestras para determinar el protolito en la Formación Silgara, Franjas Pescadero-Aratoca y Mutiscua.	57
Figura 13. Localización de las rocas estudiadas para determinar las características del protolito sedimentario.	59

ANEXOS

ANEXO A. Catalogo de muestras para ingreso a Litoteca	71
ANEXO B. Catalogo macroscópico de las muestras recolectadas en campo	89
ANEXO C. Estructura del futuro articulo	97

RESUMEN

Titulo: APOYO A LAS ACTIVIDADES DE INVESTIGACIÓN DEL PROYECTO 5463 GEOCRONOLOGÍA Y GEOQUÍMICA DE LAS ROCAS DE LA FORMACIÓN SILGARA, MACIZO DE SANTANDER*

**Autores:
LHENNYA JOHANA PINTO DAZA****

Palabras claves: Metamorfismo. Formación Silgara, Pescadero-Aratoca, Mutiscua, Facies, Protolito.

DESCRIPCIÓN

Las áreas de estudio están localizadas en el departamento de Norte de Santander en el municipio de Mutiscua y al Suroeste del departamento de Santander sectores Pescadero-Aratoca. En la franja Pescadero-Aratoca se observa la presencia de metaareniscas, esquistos biotíticos, esquistos granatíferos, cuarcitas y granofelsas, en la franja Mutiscua se observaron rocas granofelsas calcosilicatada y mármoles.

La caracterización de las paragénesis minerales ha sido interpretada como una secuencia metamórfica de grado bajo, facies de los esquistos verdes a medio y facie de la anfibolita.

La composición química de las rocas en las franjas Pescadero-Aratoca y Mutiscua se uso para determinar el protolito. En la Franja Pescadero –Aratoca muestran relaciones mayores MgO/CaO entre 1,10 y 20,6, y sus relaciones de P₂O₅/TiO₂ presentan una menor variación entre 0.14 y 0.17. Las muestras correspondientes a esta franja se localizan en el campo del protolito sedimentario. Las rocas de las Franja Mutiscua muestran relaciones de MgO/CaO entre 0.008 y 8,09 de igual manera los valores de la relación P₂O₅/TiO₂, presentan una variación entre 0,05 y 0.5. En esta franja se encuentran muestras con protolito sedimentario.

Se determino la variedad de la roca sedimentara de acuerdo a las muestras, la roca protolito de la franja Aratoca-Pescadero corresponde a arcosa, shale y shale ricos en Fe. Para la roca protolito en la franja Mutiscua corresponden a lith-arenite, shale y shale rico en Fe.

*Tesis de Grado. Modalidad Pasantía de investigación

**Facultad de Ingenierías Físicoquímicas, Escuela de Geología.

Director: PhD. Carlos Alberto García Ramírez.

ABSTRACT

Title: SUPPORT FOR THE ACTIVITIES OF THE RESEARCH PROJECT 5463 GEOCHRONOLOGY AND GEOCHEMISTRY OF ROCKS IN THE SILGARÁ FORMATION, SANTANDER MASSIF *

**Author:
LHENNYA JOHANA PINTO DAZA ****

Keywords: Metamorphism, Silgará, Pescadero - Aratoca, Mutiscua, facies, Protolith, Formation

DESCRIPTION

The areas of study are located in the town of Mutiscua and Pescadero-Aratoca, placed in the North Santander department and the southeastern region of the Santander department, respectively. The presence of metaareniscas, biotite schists, garnet schists, quartzites and granofels was observed in the Pescadero-Aratoca strip. On the other hand, calc- silicate granofels and marbles were found in the Mutiscua strip.

The characterization of the mineral assemblage has been interpreted as a low-grade metamorphic sequence, medium greenschist facies and amphibolite facies.

The chemical composition of the rocks found in the Pescadero - Aratoca and Mutiscua regions was used to determine the protolith . In Pescadero- Aratoca strip, relationships show higher MgO / CaO between 1.10 and 20.6, and their relationships P₂O₅/TiO₂ exhibit less variation between 0.14 and 0.17. The samples corresponding to this range are located in the field of sedimentary protolith. The Rocks found in the Mutiscua Strip show the relationships MgO / CaO between 0.008 and 8.09. Likewise, the related values P₂O₅/TiO₂ present a variation between 0.05 and 0.5. Samples of sedimentary protolith were found in this strip.

The variety of the sedimentary rock was determined according to the samples. The protolith rock present in the Pescadero- Aratoca strip, corresponds to arkose, shale and Fe-rich shale, as for the protolith rock found in Mutiscua corresponds lith-arenite, shale and Fe-rich shale.

* Graduation Thesis. Research Internship Modality

** Physicochemical Engineering Faculty, School of Geology.

Director. PhD. Carlos Alberto García Ramírez.

INTRODUCCIÓN

El Grupo de Investigación en Geología Básica y Aplicada (GIGBA) actualmente desarrolla Grupo estudios en el Macizo de Santander relacionados con la evolución tectono-metamórfica y la historia magmática de su basamento cristalino. Parte importante de estos estudios lo constituye el proyecto de investigación 5463 GEOCRONOLOGIA Y GEOQUIMICA DE LAS ROCAS DE LA FORMACION SILGARA MACIZO DE SANTADER. El presente trabajo de grado se adelantó en la modalidad de pasantía de investigación en el grupo GIGBA para apoyar las labores del proyecto 5463 anteriormente mencionado.

Durante la pasantía se llevo a cabo un estudio mineralógico, petrográfico y geoquímico de las rocas de la Formación Silgará en las franjas Pescadero-Aratoca y Mutiscua. Estos métodos permitieron caracterizar el metamorfismo, determinar facies y zonas de metamorfismo, definir el protolito de las rocas. Así mismo, en calidad de Pasante en un grupo de investigación logré conocer otras técnicas de caracterización geológica de las rocas metamórficas.

1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La organización de la información y la preparación de muestras, así como los estudios petrográficos y geoquímicos constituyen parte importante del proyecto interno 5463 GEOCROLOGÍA Y GEOQUÍMICA DE LAS ROCAS DE LA FORMACIÓN SILGARA, MACIZO DE SANTANDER. En este sentido, durante la pasantía de investigación se apoyó al equipo de investigación en el desarrollo de estas actividades.

1.2 JUSTIFICACIÓN

La Formación Silgará representa una de las unidades metamórficas del Macizo de Santander. Se han realizado estudios petrográficos y termobarométricos de las rocas de esta unidad. Sin embargo, aspectos como la edad de metamorfismo y protolito así como las condiciones de formación siguen siendo un problema no resuelto, por esta razón se plantea realizar algunos análisis geoquímicos y geocronológicos para disponer de datos de referencia que permitan una localización más precisa de esta unidad en el contexto del Macizo de Santander y los Andes del Norte.

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GENERAL

Realizar el estudio petrográfico y geoquímico de las rocas de la Formación Silgará en los sectores Pescadero-Aratoca y Mutiscua.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Llevar a cabo un inventario de las muestras recolectadas en campo en las áreas de estudio.

Realizar la preparación de muestras para los estudios petrográficos y geoquímicos.

Estudiar las características petrográficas y mineralógicas a escala macroscópica y en sección delgada.

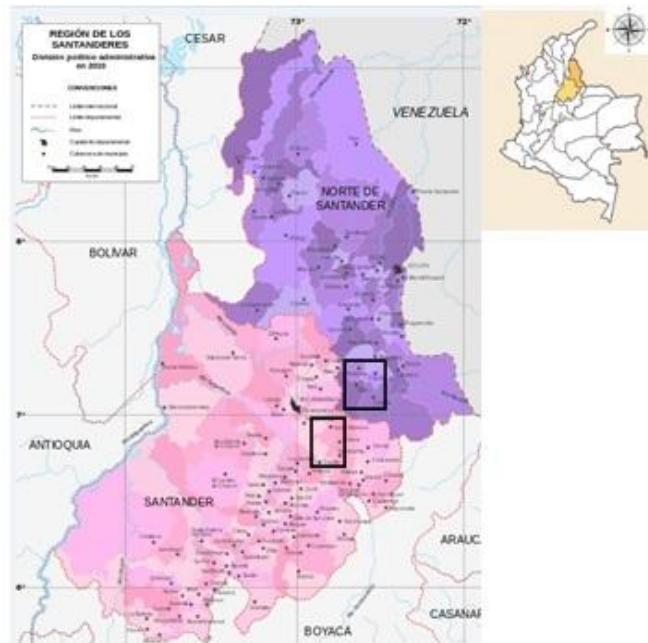
Apoyar la elaboración de informes en lo relacionado con mapas, esquemas y procesamientos de los datos petrográficos y geoquímicos.

3. GENERALIDADES

3.1 LOCALIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO.

Se estudiaron dos áreas de estudio en el Macizo de Santander, una ubicada al SW del departamento de Norte de Santander en el municipio de Mutiscua en las planchas topográficas 110-I-D y 110-III-B del instituto Geográfico Agustín Codazzi y al Suroeste del departamento de Santander sectores Pescadero-Aratoca correspondientes a las planchas topográficas 120 IV, 121III, 135II y 136I del Instituto Geográfico Agustín Codazzi. (Figura 1).

Figura 1. Localización del área de estudio. Norte de Santander municipio de Mutiscua. Sector de Santander Pescadero-Aratoca.



Fuente: http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/b/b4/Santander_2010.svg.

4. METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN

Las actividades desarrolladas durante la pasantía en el grupo GIGBA se describen a continuación.

4.1 RECOPIACIÓN Y CLASIFICACIÓN DE MATERIAL BIBLIOGRÁFICO

En esta etapa se realizó una revisión del material bibliográfico relacionado con la Formación Silgara. Para la recopilación de la información bibliográfica se consultaron diferentes fuentes como artículos en revistas científicas especializadas, trabajos de grado, proyectos de maestría, tesis, libros. Los documentos se consultaron en la base de datos de la Biblioteca Central de la Universidad Industrial de Santander, en el Servicio Geológico Colombiano, así como en las páginas web, con el fin de entender la evolución geológica de la Formación Silgara. Como resultado de esta etapa se realizó los capítulos del Estado de Arte y Geología Regional.

4.2 ORGANIZACIÓN DE LAS MUESTRAS RECOLECTADAS EN CAMPO

Durante esta etapa se ordenó las muestras recolectadas en campo en la litoteca de la Universidad Industrial de Santander, cada muestra es marcada con las siglas PS#ESTACION#DE MUESTRA y depositadas en cajas marcadas con su respectivo formato de identificación requerido por la litoteca para su fácil ubicación. Esta etapa facilitó la selección de muestras para los diferentes tipos de análisis requeridos para este trabajo. Se diligenciaron los diferentes catálogos de muestras para el respectivo ingreso a litoteca (Anexo A).

4.3 ESTUDIO MACROSCÓPICO

En esta etapa se realizó un análisis macroscópico en donde se hace una descripción mineralógica. Se documenta esta actividad con la clasificación de la roca, localización, coordenadas, su respectiva foto y numeración definitiva. Como resultado esta información se ingresó al catalogo digital de muestras de la litoteca de la Universidad industrial de Santander (Anexo B).

4.4 ESTUDIO MICROSCÓPICO

En esta etapa se llevó a cabo el análisis microscópico de las secciones delgadas pulidas para conocer las características petrográficas, composición mineralógica, texturas, microestructuras y paragénesis descritas en el Manual de Laboratorios del Curso de Petrología Metamórfica. García, C. (1994).

Esta descripción se llevó a cabo en los microscopios del laboratorio de Microscopía de luz transmitida de la Escuela de Geología de la Universidad Industrial de Santander. La descripción se desarrollo de la siguiente manera: (1) En cada sección se determinaron los minerales presentes, (2) se realizo un conteo por puntos para determinar el porcentaje de los minerales en la roca, (3) se distinguieron las características microestructurales y texturales como foliación (continua o espaciada), tamaño de grano, tipo de textura (granoblástica, lepidoblástica, nematoblástica, porfidoblástica y sus combinaciones), (4) se describió cada mineral presente en la sección, destacando sus propiedades diagnosticas principales como color, pleocroísmo, relieve, forma (idioblástica, subidioblástica, xenoblástica), textura (homeoblástica, heteroblástica), birrefringencia, disposición, distribución, orientación, reemplazamientos y a partir de la relación matriz-porfidoblásto se estableció el carácter Pre-tectónico, Sin-tectónico o Post-tectónico, (5) se identificaron las diferentes paragénesis para determinar cualitativamente el grado de metamorfismo, (6) por último se fotografiaron las características más importantes de cada sección.

En la Tabla 1 se presenta las abreviaturas de minerales usadas en el presente estudio y las cuales son recomendadas por Kretz, R. (1983).

Tabla 1. Abreviaturas de los minerales según Kretz, R.

Mineral	Abreviatura
Albita	Ab
Biotita	Bt
Calcita	Cal
Clorita	Chl
Cuarzo	Qtz
Diópsido	Di
Epidota	Ep
Feldespatos K	Kfs
Granate	Grt
Hornblenda	Hbl
Muscovita	Ms
Olivino	OI
Plagioclasa	Pl
Zoisita	Zo

4.5 PREPARACIÓN PARA ANÁLISIS GEOQUÍMICOS

Durante esta etapa se seleccionaron y cortaron las muestras recolectadas en campo buscando superficies más frescas, para su respectivo análisis geoquímico.

4.6 ELABORACIÓN DE INFORME FINAL

En esta etapa se realizo el presente informe con los resultados obtenidos y las actividades realizadas durante la pasantía de investigación. Actividad futura, publicación de un artículo. (Anexo C).

5. ESTADO DEL ARTE

El Macizo de Santander ha sido objeto de diversos estudios geológicos de gran importancia para entender la compleja evolución geológica de la Cordillera Oriental de los Andes Colombianos.

Los primeros trabajos realizados sobre la geología general del Macizo de Santander corresponden a Julivert (1958, 1959, 1961a, 1961b, 1963) sería el primero en llevar a cabo un trabajo geológico en el Macizo de Santander sobre las estructuras y rocas cristalinas en cercanías de Bucaramanga.

Entre 1965 y 1968 el Instituto Nacional de Investigaciones Geológico-Mineras y el U.S Geological Survey, realizan conjuntamente un estudio detallado sobre el Macizo de Santander, cuyos resultados fueron publicados en el volumen XXI N° 1-3 de 1973 del Boletín geológico de Ingeominas titulado Geología de los cuadrángulos H-12 Bucaramanga y H-13 Pamplona Departamento de Santander por donde describe la Formación Silgará como típicamente de grado bajo a medio. Sus asociaciones minerales corresponden a la facie de esquistos verde o anfibolita baja, aunque localmente ocurre asociaciones diagnosticas de la anfibolita alta. Ward D. divide la Formación Silgará en franjas en las localidades de Matanza, Pescadero-Aratoca, y Berlín, Silos Mutiscua.

Goldsmith et al. (1971), Ward et al (1973), discuten edades isotópicas en el Macizo de Santander valiosa información para el entendimiento del desarrollo de los procesos metamórficos en los Andes Colombianos.

Algunos autores (Campos 1999, Ríos 1999, García y Ríos, 1999; Castellanos, 1999; Barragán y Moreno, 1999; García y Campos, 2000; Mantilla et al., 2001; Ríos y García, 2001; Mantilla y Ríos, 2002; Mantilla et al., 2002; Mantilla, et al., 2003; Ríos et al., 2003; Castellanos et al., 2004; García y Ríos, 2004; García et al.,

2005; Ríos, 2005; Ávila y Gómez, 2006; Caviedes y Gómez, 2006; Castellanos, et al., 2008; Ríos, et al 2008; Pimentel, 2009; Ríos et al., 2010; Uribe, 2010; Amaya, 2012; Niño, 2012; Vargas, 2012.) han realizado estudios petrográficos, termobarométricos de las unidades metamórficas, lo cual ha resultado en un aporte al entendimiento de la evolución tectono-metamórfica y la historia geológica del Macizo de Santander.

5.1 FRANJA PESADERO ARATOCA

El área de estudio se encuentra localizada entre las localidades de Pescadero-Aratoca y forman parte de la región suroccidental del Macizo de Santander.

En esta franja se pueden identificar zonas metamórficas; zona de la biotita, granate, estaurolita-distena que van desde Pescadero hacia el sur a la Mesa de San Pedro, presentando un descenso de condiciones de presión y temperatura alcanzadas durante el pico metamórfico. (Ríos, 1999; Castellanos, 1999; García y Ríos, 1999). Estos autores han interpretado la Formación Silgará como una secuencia metamórfica de bajo grado que corresponde a las facies de esquistos verdes y una secuencia metamórfica de grado medio que corresponde a las facies de la anfibolita.

Según Castellanos (1999) la franja de Pescadero-Aratoca está constituida por cuarcitas, esquistos cuarzo-feldespáticos, esquistos cuarzo-micáceos, cuarcitas micáceas-feldespáticas, cuarcitas feldespático-micáceas y esquistos micáceo-cuarzosos. Químicamente en los esquistos de la Formación Silgara se destaca la clara tendencia de dos rocas de mayor afinidad félsica y otro con mayor afinidad máfica, mientras que las cuarcitas son bastante félsicas. La secuencia metamórfica del área de Pescadero-Aratoca fue generada por un evento metamórfico regional de carácter zonal que afectó a sedimentos pelíticos y arenáceos principalmente observándose muy claramente rasgos de eventos de tipo cataclástico y metasomáticos sobreimpuestos.

Estudios físico-químicos realizados de paleofluidos atrapados como inclusiones fluidas en cuarzo de relleno de venas y datos de geotermometría de cloritas, sugieren una importante banda de cizallamiento, que afecta gran parte de las rocas hacia la base de la zona del granate y posiblemente con mayor intensidad las rocas de la zona de la estaurolita-distena. Esta banda de cizallamiento debió desarrollarse durante la etapa de exhumación de las rocas. Además de las estructuras de deformación asociadas con el proceso de exhumación de las rocas metamórficas del Silgará, existen otras evidencias indicadoras de este proceso, como la cloritización de biotitas, anfíboles y granates, entre otros rasgos, los cuales se relacionan con relaciones propias de un metamorfismo retrogrado. (Mantilla et al. 2001 y 2002)

5.2 FRANJA MUTISCUA

Barragán y Montenegro (1999) estudiaron el área comprendida entre los municipios de Vetas y Mutiscua. definieron las siguientes variedades litológicas: Para el Neis de Bucaramanga neis biotíticos, hornblendicos, cuarcitas y migmatitas; la Formación Silgara constituida por esquistos biotíticos muy plegados con niveles delgados de cuarcitas; el Ortoneis conformado por neis biotítico, cuarzo feldespático y neis tipo bleaching. Las rocas de esta área fueron afectadas por un evento metamórfico progresivo que involucro dos fases de deformación y un evento de metamorfismo retrogrado. El metamorfismo es de tipo regional de facies anfibolita y se encuentran rocas de las zonas cordierita-andalucita, estaurolita-cianita y silimanita-almandina-ortoclasa. El evento de metamorfismo regional progresivo se asocia al rápido engrosamiento de la corteza por la acumulación de nappes en la colisión de las placas Norteamericana y suramericana ocurrida en el Silúrico y el metamorfismo retrogrado a la exhumación de gran volumen de la roca en las etapas finales de la colisión.

Campos (1999) estudia las metamorfitas al occidente de Mutiscua, Norte de Santander. Definió en esta área dos tipos de metamorfismo: metamorfismo regional el cual afecto las rocas de la Formación Silgara y la unidad de Ortoneis y

metamorfismo de dislocación o cataclástico asociado a las zonas de falla el cual afecto las rocas de la Formación Silgara, Ortoneis y Formación Floresta.

Ríos et al., 2002 reporta que la formación fue afectada por un metamorfismo regional caledoniano, el cual ha desarrollado una secuencia de zonas de metamorfismo (silimanita, estaurolita, granate y biotita), el grado de metamorfismo decrece hacia el suroeste desde la zona de la silimanita hacia la zona de la biotita en condiciones de temperatura baja a alta y presión media de tipo Barroviano y refleja el alto flujo de calor que existe en esta parte del Macizo de Santander. Las condiciones de P-T (495-518 °C y 4.4-5.5kbar de la zona del granate; 590-612 °C y 6.6-7.5kbar de la zona de la estaurolita; 660-700 °C y 5.5-7.2kbar de la zona de la silimanita) fueron estimadas a partir de diferentes termómetros y barómetros. La Formación Silgara muestra evidencia de una evolución metamórfica compleja caracterizada por un engrosamiento cortical durante el calentamiento y un metamorfismo retrogrado después del pico de temperatura metamórfica.

Según Ríos y García (2001) el origen de la silimanita en las rocas metapelíticas de la Formación Silgará se debe a dos mecanismos; a partir de un metamorfismo hidrotermal y a partir de un evento termal.

De igual manera García, et al (2005) a partir de los análisis de paragénesis mineral llega a la misma conclusión.

Estudios petrográficos y datos termobarométricos realizados por Castellanos, et al. (2008) en rocas pelíticas, las cuales fueron sometidas a metamorfismo regional progrado y las zonas metamórficas equilibradas a presiones y temperaturas máximas a lo largo de la geoterma cianita.

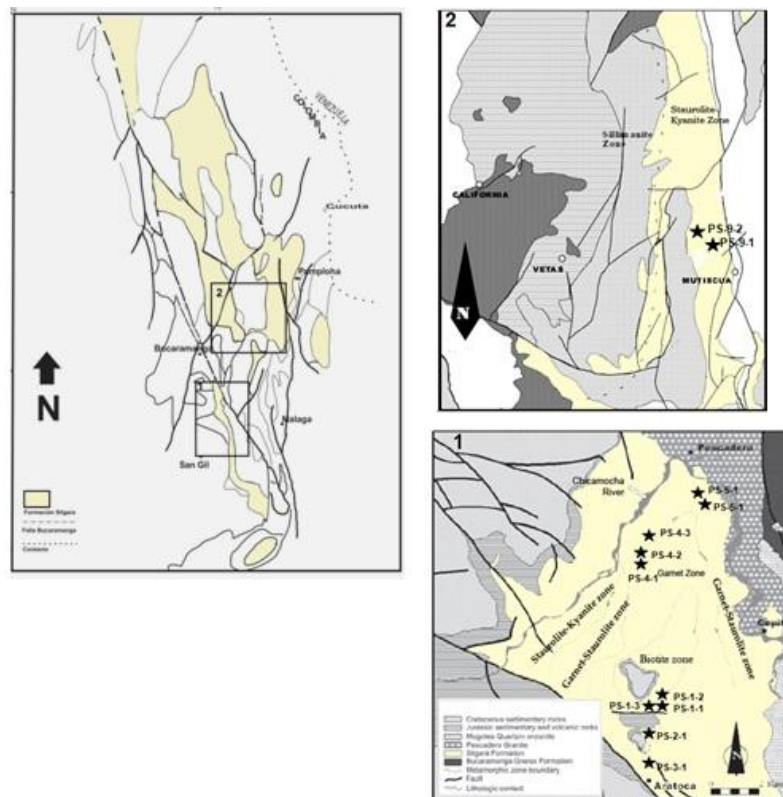
La geología de Mutiscua se asemeja Pescadero-Aratoca con excepción de la presencia de estratos carbonatados. Ward D. et al. (1973).

Según Ríos et al., 2008 las rocas metacarbonatadas en esta área forman un grupo muy complejo dentro de la secuencia metamórfica de la Formación Silgará. Estas rocas son interpretadas como derivadas de una secuencia sedimentaria (incluyendo calizas y dolomías, lodolitas con presencia de carbonatos, areniscas, sedimentos tobáceos y evaporíticos y margas) afectada por metamorfismo regional casi isoquímico. Reportan por primera vez la ocurrencia de un “exoskarn cálcico de reacción”, el cual corresponde a tales rocas metacarbonatadas, tomando en cuenta que un skarn puede desarrollarse como consecuencia del metamorfismo regional y por diferentes procesos metasomáticos, adyacente a cuerpos intrusivos, a lo largo de fallas y zonas de cizallamiento, y lo que define estas rocas como un skarn es su mineralogía, la cual incluye una variedad de minerales calcosilicatados y asociados, usualmente dominados por granate y piroxeno.

6. GEOLOGÍA REGIONAL

Las zonas de estudio se encuentran localizadas en los departamentos de Santander y Norte de Santander dentro del complejo ígneo metamórfico del Macizo de Santander la cual forma parte de la Cordillera Oriental de los Andes Colombianos.(Figura 2).

Figura 2. Mapas geológicos de las Zonas de estudio, localización de las muestras.
1. Franja Pescadero-Aratoca. 2 Franja Mutiscua.



Fuente: Modificado de Ward et al., 1973, modificado de Ríos et al., 2008, modificado de Castellanos et al., 2004.

El complejo metamórfico pre - Devónico del Santander se ha dividido por Ward et al. (1973) en tres unidades litoestratigráficas en orden ascendente de nivel tectonoestratigráfica: Complejo Neis de Bucaramanga, Formación Silgará, y Ortoneis. Estas unidades son cortadas por cuerpos intrusivos de edad Paleozoica a Jurasica (Goldsmith et al., 1971).

Dentro del macizo de Santander la roca más antigua corresponde al Neis de Bucaramanga.

El nombre original del Neis de Bucaramanga fue utilizado por Goldsmith, et al. (1971) y propuesto posteriormente por Ward, et al. (1973).

Según Ward et al., (1973) está constituido por rocas metasedimentarias de alto grado de metamorfismo que consisten principalmente de paraneis pelítico, semi-pelítico y arenáceo; esquisto y cantidades subordinadas de neis calcáreo, mármol, neis hornblendico y anfibolita. El Neis de Bucaramanga también incluye zonas de migmatitas de dos tipos una en la cual es paraneis está mezclado con rocas granítica néisica y otra, donde ambos están cortados por muchas masas pequeñas de granito no foliado. Goldsmith et al. (1971) reporta la edad K-Ar en Hornblenda de 954 ± 40 Ma situando al Neis de Bucaramanga con una edad del Precámbrico.

La Formación Silgará que es objeto de estudio es claramente derivada de sedimentos en una facies metamórfica de bajo a medio grado. La Formación Silgará es una secuencia de rocas clásticas y cíclicamente estratificadas, que consta de pizarra, filita, meta-limolita, meta arenisca impura, meta-waca y meta-waca guijarrosa con menos cantidades de pizarra y filita calcárea. A pesar de que la base del Silgará no ha sido establecida con certeza, la Formación Silgará parece suprayacer el Neis de Bucaramanga. (Ward et al., 1973).

El Ortoneis consiste en neis cuarzo feldespático que varía en composición desde granito a tonalita, está ampliamente distribuido en las rocas metamórficas de alto y medio grado de metamorfismo de edad Pre-Devónico que forman el núcleo del Macizo de Santander. El ortoneis está cubierto inconfundiblemente por la

Formación Floresta, del Devónico Medio, se presenta localmente metamorfoseada con metamorfismo de bajo grado. Intruye la Formación Silgará, probablemente del Cambro-Ordoviciano y al Neis de Bucaramanga, que contiene rocas del Precámbrico. (Ward et al., 1973).

El Macizo de Santander presenta una serie de cuerpos intrusivos. Los principales son: Batolito de Rionegro, Batolito de Mogotes, Plutón de La Corcova, Batolito de Santa Bárbara, Granito de Pescadero, Granito de Durania.

El tipo de Roca presente en estos cuerpos varía desde el granito hasta las dioritas que ha sido consideradas como de edad Triásica y Jurásica por Goldsmith et al. (1971) y por Ward et al. (1973).

El Batolito de Mogotes lo constituye un cuerpo principal de cuarzomonzonita biotítica de color rosado grisáceo claro rosa-blancuecino y granito predominantemente equigranular de grano medio. El batolito también presenta una granodiorita gris a gris rosáceo de grano medio a grueso

El Batolito de Santa Barbara está constituido por una cuarzomonzonita de grano grueso, con edades radiométricas K/Ar en biotita de la Cuarzomonzonita dieron edades 192 ± 7 Ma y 194 ± 7 Ma lo cual sitúa aproximadamente este cuerpo en el Jura-triásico. Ward et al., (1973).

El Plutón de la Corcova lo constituye una cuarzomonzonita gris de grano fino a medio, presenta pequeños stocks satélites en la parte N del Plutón.

El Granito de pescadero es un granito rosado de grano fino a muy fino pobre en máficos, presenta edades radiométricas K/Ar en biotita de la roca biotítica del granito de pescadero indican una edad 193 ± 7 Ma lo cual lo sitúa dentro del Jura-triásico. Ward et al., (1973).

El Granito de Durania es un granito blanco moscovítico, equigranular, de grano medio a grueso y ligeramente néisico en algunos sitios, forma plutones pequeños e intrusiones. No se conoce la edad del granito de Durania. Las rocas más jóvenes que cortan, son las de la Formación Silgara. (Ward et al., 1973).

El Batolito de Rionegro consiste de cuarzomonzonita biotítica de grano medio rosada a gris claro, granito rosado pálido y granodiorita gris que en algunas áreas presenta inclusiones y tabiques del Neis de Bucaramanga. Ward et al., (1973).

Las rocas sedimentarias depositadas sobre el complejo cristalino del macizo de Santander muestran una gran variedad litológica representada por secuencias fosilíferas e incluyen conglomerados, areniscas y lodolitas así como capas rojas que corresponden a las Formaciones Bocas, Jordán y Girón con edades que llegan al Jurásico.

Tectónicamente en el Macizo de Santander se observa la Falla de Bucaramanga siendo una falla de extensión regional que puede tratarse desde cerca del extremo sur del Macizo de Santander hasta la costa Caribe, al oeste de Santa Marta donde toma el nombre de Falla de Santa Marta. Ward et al., (1973).

Según Clavijo y Royero (2001) la Falla de Bucaramanga-Santa Marta es el rasgo estructural más evidente y de gran extensión que cruza la región centro-oriental del Departamento de Santander, en dirección aproximada N20°W y es considerado un sistema de fallas de rumbo con movimiento sinistral.

En el flanco occidental de Macizo de Santander se encuentran fallas de importancia como la Falla de Suratá, la Cristalina, Rio Manco, Rio Umpalá y Rio Perchiquez presentan una dirección noreste, a diferencia de la Falla de Tona, del Picacho y Servilla con dirección sur-suroeste.

6.1 GEOLOGÍA DE LA FRANJA PESCADERO-ARATOCA

La Formación Silgara aflora en diferentes zonas del Macizo de Santander a manera de franjas a menudo limitadas tectónicamente. La primera franja de Pescadero-Aratoca, es una franja angosta y alargada de dirección Norte-Sur y se presenta al oeste de la Falla de Bucaramanga. Ward et al., (1973).

Según Ward et al., (1973) en la Franja Pescadero- Aratoca las rocas que se encuentran son Pizarras, filitas, meta-limolita, cuarcita de grano fino, de color verde oscuro, gris verdoso y gris. Estudios posteriores han permitido establecer su composición litológica que puede dividirse en una unidad basal de cuarcitas con algunas intercalaciones de esquistos biotíticos y lentes de anfibolita; y una unidad superior constituida principalmente por esquistos, filitas y metalimolitas. (Mantilla et al 2002).

Tectónicamente en esta zona se pone de manifiesto la Falla de Aratoca la cual se localiza en nuestra área de estudio, presenta una dirección NNW-SSE en el Municipio de Aratoca y cambia de dirección al cruzar el Río Chicamocha NW-SE, para quedar fosilizada por sedimentos cretácicos del Tambor. (Julivert et al. 1963)

6.2 GEOLOGÍA DE LA FRANJA MUTISCUA

Presenta en dos franjas dirección Norte-Sur y se encuentran separadas entre sí por el Ortoneis.

Según Ward et al., (1973) la Formación Silgará en la franja Mutiscua se asemeja a la franja Pescadero-Aratoca con excepción de la presencia de estratos carbonatados. Las rocas son cuarcitas y en menor cantidad conglomerado de cantos rodados de cuarzo, esquistos cuarzo moscovítico plateado a gris claro con granate, estaurolita o sillimanita, esquistos gris con granate-biotita-moscovita y cantidades menores de estratos claco-silicatados , mármol gris oscuro y mármol estratificado blanco a gris claro hasta rosado y verde.

Según Campos, (1999) el mármol se encuentra intercalado, con esquistos de color gris verdoso y ocasionalmente con niveles de cuarcita; son de color, rosado o blanco. Se puede encontrar como lentes concordantes con la dirección de foliación de las rocas encajantes.

La Formación Silgará en esta área parece estar en un sinclinal que se hunde hacia el norte y cuyo limbo oriental, ha sido cortado cerca del plano axial por una falla a

lo largo del valle. Hacia el oeste de Mutiscua se descende aparentemente en la sección sobre el flanco oeste desde capas intercaladas de mármol blanco, gris y esquisto de cuarzo y mica, pasando por una sección gruesa de esquisto micáceo a cuarcita bastante pura y meta-conglomerado con guijos de cuarzo. En algunos sitios el esquisto micáceo parece infrayacer a la cuarcita posiblemente en disconformidad. La cuarcita o el micaesquisto infrayacente generalmente sobre el orto-neis. La cuarcita y el meta conglomerado se encuentran en el grado de metamorfismo de la sillimanita, aflora sobre los lados del norte y oeste del río Caraba.

La cuarcita y la meta-conglomerado es posible que marquen la base de la Formación Silgará. El esquisto y el neis inferiores, son tal vez las cuarcitas más antiguas; pueden todos pertenecer al Neis de Bucaramanga.

7. PETROGRAFÍA

A continuación se presenta la descripción petrográfica de las muestras estudiadas.

Tabla 2. Composición Mineralógica (en %) de las rocas de las franja Pescadero-Aratoca y Mutiscua.

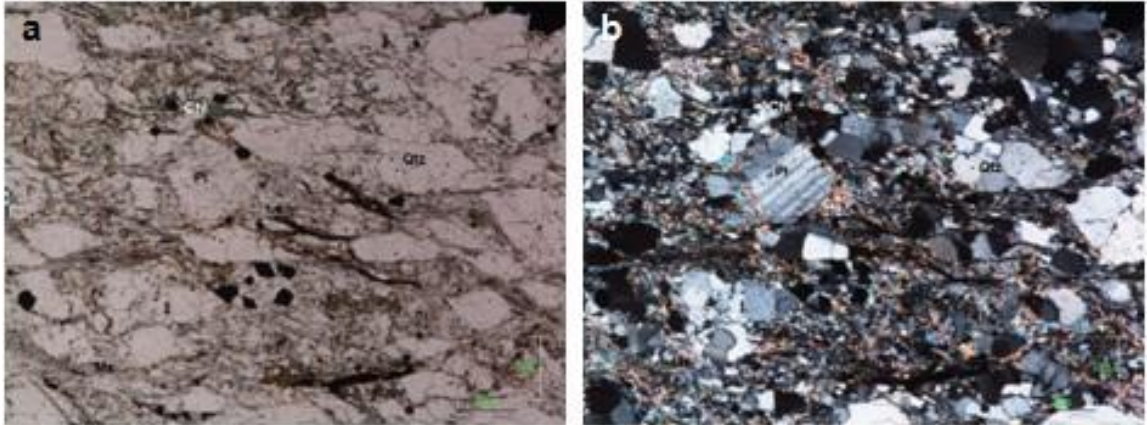
Mineral	Tipo de Roca								
	Franja Pescadero-Aratoca						Franja Mutiscua		
	Metarenisc a	Esquisto biotítico	Cuarcit a	Esquisto granatífero	Granofels a	Esquisto anfibólico	Metarenis ca	Granofelsa calco- silicatada	Granofels a calco- silicatada
Cuarzo	39	30	80	25	7	22	45	1	8
Plagioclasa	3			15	10		2		
Hornblenda					62	33		4	60
Feldespató Potásico	10		9				9		
Diópsido						6		66	
Moscovita	27	44					25		
Biotita		20	5	45		25			
Opacos	6	3	3	3		2	3		2
Calcita	18	2			2			3	16
Granate				2					
Zoisita								24	14
Epidota			1			13	1		
Clorita			2	10	19		15		

7.1 METARENISCA (Muestra PS-1-2)

La metarenisca presenta una foliación espaciada con textura lepidogranoblástica (Figura 3) con tamaños de grano entre 16 y 1mm. Los minerales presentes son: Cuarzo (39%) se presentan dos generaciones. Cuarzo (1) es incoloro con birrefringencia baja, relieve bajo con un tamaño entre 4 y 1mm, se presenta como granos xenoblásticos heteroblástica, con débil orientación, y se presenta de manera homogénea en la roca. Cuarzo (2) Este cuarzo es homeoblastico, subidioblástico de mayor tamaño que el cuarzo (1) y ocurre rellenando venas que cortan la foliación de la roca. La moscovita (27%) es incolora, presenta colores altos de birrefringencia, con tamaños de grano < 1mm. Se presenta como agregados hojosos de individuos xenoblásticos, con distribución homogénea en la roca. Feldespato potásico (10%) incoloro con relieve y birrefringencia baja, con tamaño de grano entre 4 y 1mm. Se presentan como individuos subidioblásticos y homeoblásticos intercrecidos con el cuarzo (1), se presenta de manera homogénea en la roca. Clorita (18%) presenta un color verdoso, relieve moderado, pleocroísmo (varia de verde claro a oscuro), con tamaño de grano <1mm. se presenta en cristales subidioblásticos. Se presenta de manera homogénea en la roca. La plagioclasa sódica (3%) es incoloro, relieve bajo, con tamaños de grano entre 4 y 1mm con forma subidioblástica, textura heteroblástica, presenta maclas de tipo albita. Algunos cristales se presentan de forma alargada con evidencias de seritización de forma homogénea, distribuida en toda la roca. Los minerales opacos (6%) son individuos xenoblásticos, heteroblásticos se presenta de manera homogénea siguiendo la foliación de la moscovita. La paragénesis mineral identificada: $Ms + Chl + Qtz(1) \pm Op$ y $Ms + Chl + Qtz(1) \pm Kfs \pm Ab \pm Op$. Facies: sub-esquistos verdes.

Figura 3. (a) Textura lepidogranoblástica de la metarenisca. Nicoles paralelos y (b). Nicoles cruzados. Se observa el carácter heteroblástico de cuarzo.

Chl-clorita, Pl- plagioclasa, Qtz-cuarzo



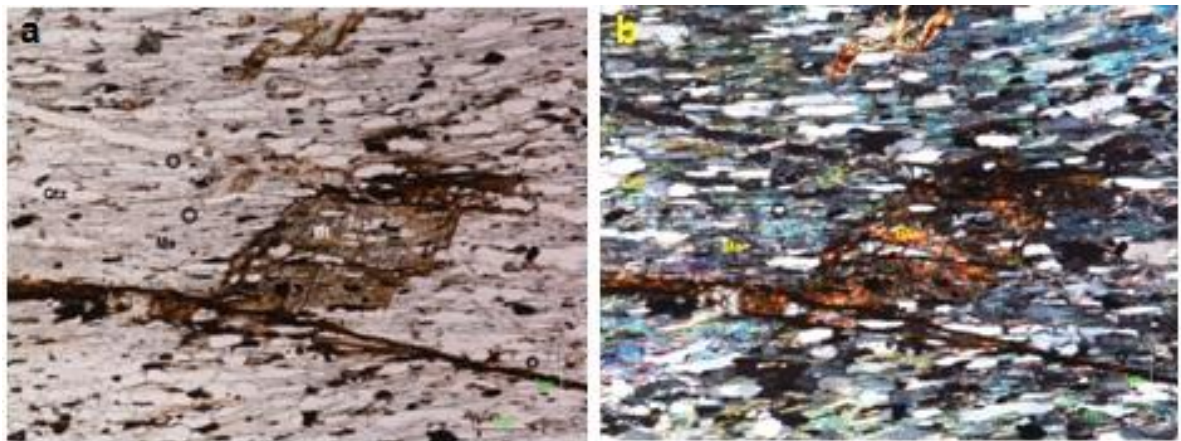
7.2 ESQUISTO BIOTÍTICO (Muestra PS-3-1)

Esquisto biotítico, presenta una foliación definida por la orientación de micas. Su textura principal es granolepidoblástica (Figura 4) con tamaños de granos aproximados entre 4 y 1mm. Los minerales presentes son: Cuarzo (30%) ocurre como dos generaciones. Cuarzo (1) es incoloro con relieve bajo, birrefringencia baja con tamaños de grano de 1mm de forma subidioblástica con textura heteroblástica, y contacto neto con la minerales micáceos, de igual forma es observable un estiramiento del cuarzo propio de eventos de deformación, su distribución es homogénea en toda la roca. Cuarzo (2) incoloro, relieve moderado y birrefringencia baja, con tamaño de granos entre 4 y 1mm, se puede observar como relleno de venillas y se presenta distribuida en algunos sectores de la roca. La moscovita (44%) incoloro, tiene colores altos de birrefringencia, con tamaño de granos <1mm, individuos homeoblásticos con forma subidioblástica y habito laminar. Está orientada definiendo la esquistosidad, su distribución es homogénea en la roca. La biotita (20%) se observan tres generaciones. Biotita (1) Es de color marrón, relieve moderado, presenta pleocroísmo (marrón claro a marrón oscuro),

tamaño de grano entre 1 y <1mm, ocurren en forma de agregados hojosos constituidos por individuos heteroblásticos, subidioblásticos de hábito laminar y se orientan con la dirección principal de esquistosidad, se encuentra de forma homogénea en la roca. Se observa algunos porfidoblastos de biotita (2) cloritizada orientados perpendicular a la dirección de esquistosidad lo que hace pensar que este mineral puede haber crecido en un evento post-tectónico. Su disposición es al azar en toda la roca. La biotita (3) cloritizada se presenta rellenando delgadas venillas que cortan la esquistosidad. La clorita (2%) presenta color verdoso con relieve moderado, pleocroísmo (variación de verde oscura a verde claro) aparece como alteración hacia el centro de los porfidoblastos de biotita (2). Opacos (3%) se presentan dos generaciones. Opacos (1) individuos subidioblásticos, homeoblásticos, diseminado de manera homogénea. Opacos (2) se presenta como relleno de venillas asociados a la biotita (3) que atraviesan la dirección principal de la esquistosidad. La paragénesis mineral identificada: $Ms + Bt(1) + Qtz(1) \pm Op(1)$. Zona: Biotita. Facies: Esquisto verdes.

Figura 4 (a) Textura granolepidoblástica del esquisto biotítico. Nicoles paralelos y (b) Nicoles cruzados. Obsérvese el porfidoblásto de biotita cloritizado.

Bt-biotita, Qtz-cuarzo, Ms-moscovita.

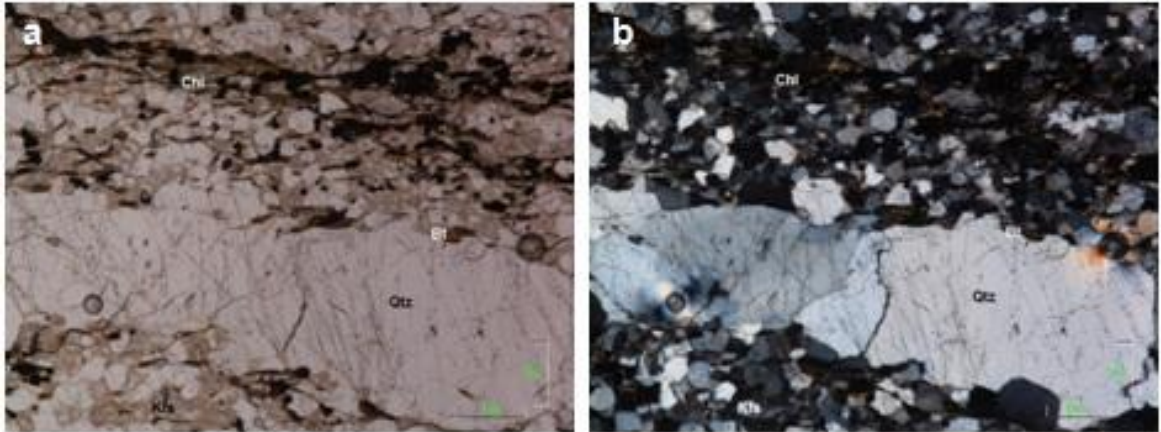


7.3 CUARCITA (Muestra PS-4-1)

La cuarcita presenta una textura granoblástica (Figura 5) con tamaños de grano entre 16 y 1mm. Los minerales presentes son cuarzo (80%) mineral con mayor contenido. Se presentan dos generaciones. Cuarzo (1) incoloro, birrefringencia baja, relieve bajo, con tamaño de granos entre 4 y 1mm, forma subidioblástica con textura homeoblástica, su distribución es de manera homogénea en toda la roca. No presenta ninguna orientación en la roca. Cuarzo (2) se presenta rellenando venas como individuos de tamaño entre 16 y 4mm con textura homeoblástica, y forma subhedral distribuidos por sectores en la roca. Feldespato Potásico (9%) incoloros con relieve y birrefringencia baja, con tamaños entre 4 y 1mm. Se presenta como individuos de forma subidioblástica con textura homeoblástica, algunos individuos presentan caolinización. Biotita (5%) Se presentan dos generaciones. Biotita (1) presenta color marrón, birrefringencia fuerte, relieve moderado, pleocroísmo (marrón claro a marrón oscuro), forma subidioblástica con tamaños de granos 1mm, con textura heteroblástica. Presenta cloritización en algunos individuos, mantiene una orientación con la foliación principal, se encuentra de manera homogénea en toda la roca. Biotita (2) se encuentra rellenando venillas que cortan la foliación acompañada de minerales opacos. Clorita (2%) presenta color verde pálido, relieve moderado, pleocroísmo (variación de verde oscura a verde claro), se presenta alterando la biotita de forma homogénea. Opacos (3%) se presentan dos generaciones. Opacos (1) individuos subidioblásticos, homeoblásticos, diseminado de manera homogénea. Opacos (2) se presenta rellenando venas que cortan la foliación, asociado a la biotita que atraviesa la foliación continua de la roca. Epidota (1%) se presenta en menor cantidad, es incoloro, relieve alto, birrefringencia moderada, individuos subidioblásticos con textura homeoblástica, se presentan de manera esporádica en toda la roca. La paragénesis mineral identificada: $Qtz(1) + Kfs + Bt(1) \pm Ep \pm Op(1)$ Zona: Biotita. Facies: Esquistos verdes.

Figura 5. (a). Textura granoblástica con cuarzo secundario rellenando venas concordantes con la foliación. Nicoles paralelos y (b) Nicoles cruzados.

Chl-clorita, Bt-biotita, Kfs-feldespato potásico, Qtz-cuarzo.



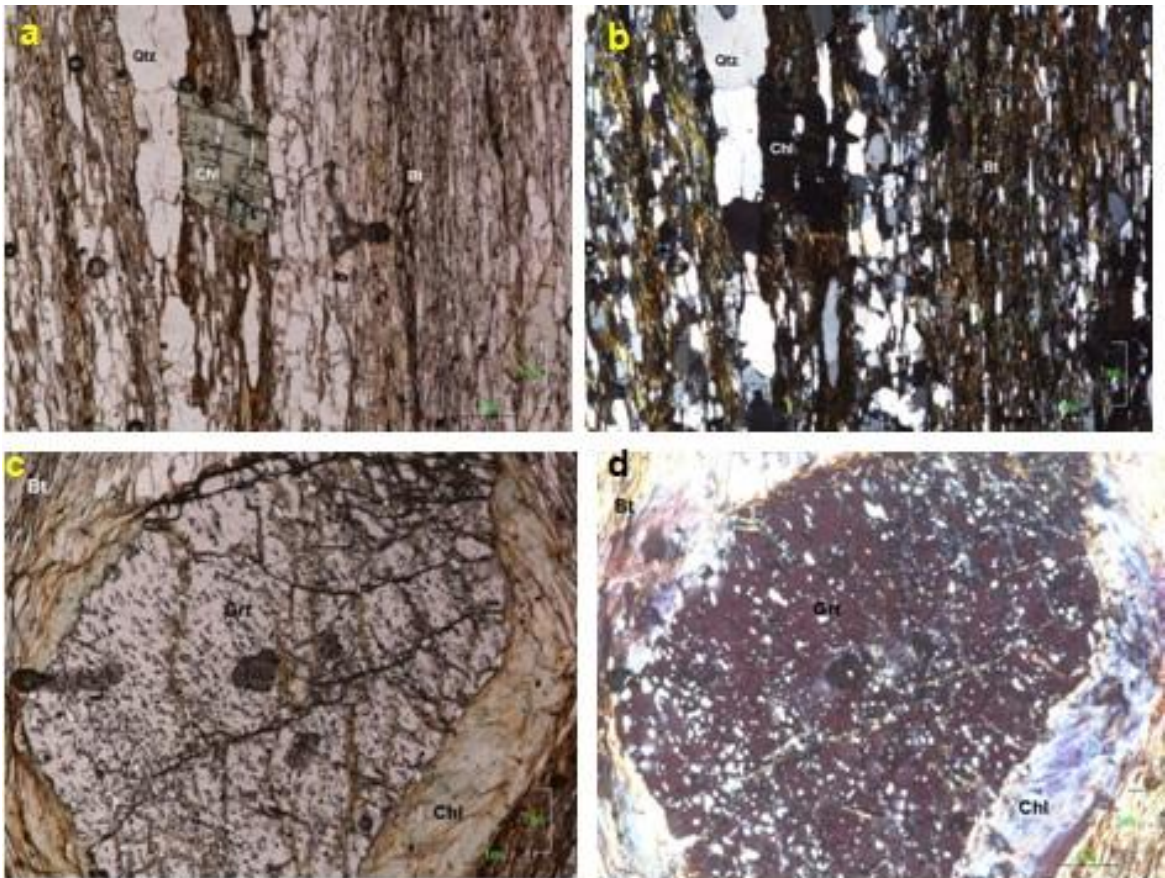
7.4 ESQUISTO GRANATÍFERO (Muestra PS-4-2)

Esquisto granatífero presenta una foliación continua con textura porfidoblástica en matriz granolepidoblástica (Figura 6), tamaños de grano de la matriz entre 16 y 1mm. Los minerales presentes son: Cuarzo (25%) se presenta hasta dos generaciones. Cuarzo (1) incoloro de relieve bajo, con tamaños de grano entre 4 y 1mm, con granos de forma subidioblástica con textura heteroblástica, su distribución es homogénea y presenta estiramiento propio de eventos de deformación. Cuarzo (2) se presenta rellenando venas y son individuos de gran tamaño homeoblastico, forma subhedral, dispuestas paralelas a la foliación principal de la roca. La biotita (45%) se observan dos generaciones. Biotita (1) de color marrón, con pleocroísmo (marrón claro a marrón oscuro), relieve moderado, birrefringencia fuerte, tamaños de grano 1mm con forma subidioblástica. Ocurre en forma de agregados hojosos constituidos por individuos homeoblásticos y se orientan con la dirección principal de esquistosidad, se encuentra de forma homogénea. La biotita (2) son porfidoblóstos cloritizados

orientados de forma perpendicular a la dirección de foliación, lo cual este mineral puede haber crecido en un evento post-tectónico. La plagioclasa sódica (15%) es incoloro, relieve bajo, con tamaños de grano entre 4 y 1mm con forma subidioblástica, textura heteroblástica, algunos cristales se presentan de forma alargada con evidencias de seritización de forma homogénea distribuida en toda la roca. La clorita (10%) Presenta color verde pálido, pleocroísmo (variación de verde oscura a verde claro), relieve moderado, aparece como alteración de forma homogénea en los porfidoblóstos de la biotita (2) perpendiculares a la foliación. También se presenta como alteración en los bordes de los porfidoblóstos hexagonales de granate. El granate (2%) incoloro, relieve alto, tamaños de grano entre 16 y 4mm, se presenta como individuos homeoblásticos, idioblásticos (porfidoblóstos hexagonales) de gran tamaño, la mayoría presenta bordes bien definidos con microfracturas, presenta inclusiones de cuarzo(1) y biotita(1) que están orientadas desarrollando una foliación interna concordante con la foliación externa, lo que nos hace pensar que este mineral ha crecido durante una fase de deformación. se observa cloritizado en sus bordes y en algunos casos los porfidoblóstos están bastante desestabilizados y transformados a clorita en muchas partes del mineral. Se presenta distribuido al azar en la roca. Opacos (3%) se presentan dos generaciones. Opacos (1) individuos subidioblásticos con textura heteroblástica, su disposición es concordante con la foliación y algunos individuos han sufrido alargamiento por deformación, se encuentran homogéneamente en toda la roca. Opacos (2) ocurre relleno de venillas concordantes a la foliación. La paragénesis mineral identificada: $Qtz(1) + Bt(1) + Pl + Op(1)$, $Qtz(1) + Bt + Pl + Grt + Op(1)$ Zona: Granate Facies: Esquistos verdes.

Figura 6. (a) Textura granolepidoblástica con venas de cuarzo secundario de mayor tamaño concordante con la foliación. Se observa un porfidoblásto de clorita orientado perpendicularmente a la foliación principal. Nicoles paralelos. (b) Nicoles cruzados. (c) Porfidoblásto de granate en proceso de transformación a clorita alrededor. Nicoles paralelos. (d). Nicoles cruzados.

Qtz-cuarzo, Chl-clorita, Bt-biotita, Grt-granate.

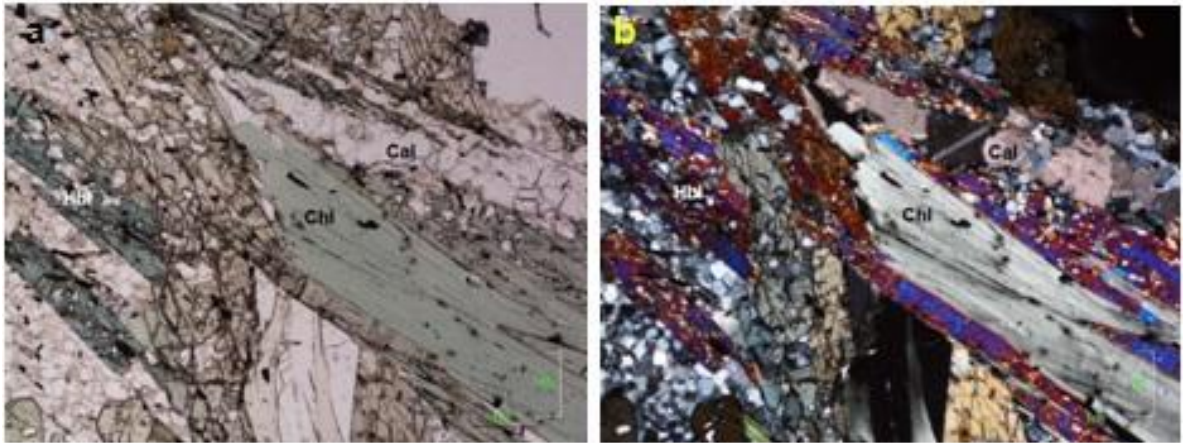


7.5 GANOFELSA (Muestra PS-4-3)

Anfibolita, presenta débil foliación con una textura granonematoblástica (Figura 7) con tamaños de granos entre >16 y 1mm. Los minerales presentes son: Hornblenda (62%) de color verde, relieve alto, con pleocroísmo entre verde a marrón pálido, birrefringencia media, tamaños de grano entre >16 y 16mm, se presenta como individuos heteroblásticos, xenoblásticos, se presenta de manera homogénea en toda la roca aun que algunos suelen estar orientados. Plagioclasa (10%) incolora, relieve bajo, birrefringencia débil, con tamaños de grano de 1mm heteroblásticos, xenoblásticos. Presenta maclas tipo albita con bordes irregulares y alteración a sericita, no se distingue una orientación debido a su intensa alteración. Clorita (19%) presenta un color verdoso, relieve moderado, con pleocroísmo (verde oliva a incoloro), con tamaño de grano aproximado de 4mm heteroblásticos y xenoblásticos. Se presentan como alteración homogénea en la biotita y comúnmente presenta la forma del mineral que reemplaza. Se presenta de manera homogénea en toda la roca. Cuarzo (7%) incoloro, relieve bajo, birrefringencia baja, con tamaños de grano entre 4 y 1mm, se presenta como individuos heteroblásticos, xenoblásticos con bordes irregulares. Generalmente se distribuyen de forma homogénea, algunos individuos de mayor tamaño tienden a estar agrupados en algunos sectores de la roca. Calcita (2%) incolora, birrefringencia alta, relieve moderado, individuos heteroblásticos, xenoblásticos con maclas polisintéticas, están dispersos y ocasionalmente ubicados hacia los bordes. La paragénesis mineral identificada: $Qtz + Hbl + Cal \pm Pl$ Zona: Anfibolita. Facies: Andalucita-Almandino.

Figura 7. (a) Textura granonematoblástica de la granofelsa. Nicoles paralelos. (b). Nicoles cruzados.

Hbl-hornblenda; Chl-clorita; Cal-calcita.



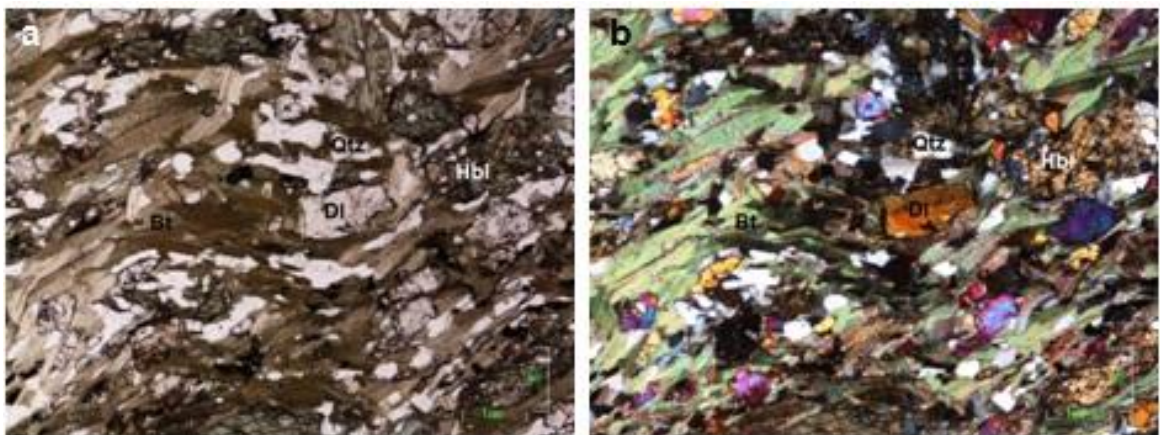
7.6 ESQUISTO ANFIBÓLICO (Muestra PS-5-2)

Esquisto anfibólico presenta una foliación espaciada granonematoblástica (Figura 8) con tamaños de grano entre 4 y 1mm. Los Minerales presentes son: se presentan dos generaciones. Cuarzo (1) (22%) individuos incoloros de relieve y birrefringencia baja, presenta tamaños entre 4 y 1mm, como individuos xenoblásticos, heteroblásticos, se presentan de manera homogénea con una orientación débil. Cuarzo (2) se presentan como venas como individuos de tamaño entre 16 y 4mm con textura xenoblásticos, y forma subhedral localizados en algunos sectores en la roca. Hornblenda (33%) de color verde, relieve alto, birrefringencia media con pleocroísmo (varía entre verde a marrón) con tamaños entre 4 y 1mm tabulares subidioblásticos, heteroblásticos y en su mayoría de los individuos presentan una orientación débil. Biotita (25%) de color marrón, birrefringencia fuerte, pleocroísmo entre marrón claro a marrón oscuro, con tamaños de grano entre 4 y 1mm, se presentan como individuos heteroblásticos,

subidioblásticos de hábito laminar con orientación que sigue la foliación principal y se presentan de manera homogénea en toda la roca. Epidota (13%) de relieve alto, incoloro, débil pleocroísmo (varia incoloro a amarillo pálido), se presenta como individuos heteroblásticos, xenoblásticos, algunas veces presenta formas alargadas en dirección a la foliación principal y su distribución es al azar. Diópsido (6%) incoloro, relieve alto, sin pleocroísmo, se presentan como individuos xenoblásticos, heteroblásticos, algunos presenta una forma tubular y presencia de maclas tipo Carlsbad y se encuentran distribuidos al azar en toda la roca. Opacos (2%) individuos heteroblásticos, xenoblásticos se presentan siguiendo la orientación de la foliación principal. Paragénesis mineral identificada: $Qtz + Bt + Hbl \pm Di \pm Op$; $Qtz + Bt + Hbl \pm Ep \pm Op$ zona: Andalucita-Almandino. Facies: Anfibolita.

Figura 8. (a) Textura granonematoblástica del esquistó anfibólico. Nícoles paralelos y (b) Nícoles cruzados. Obsérvese un individuo de diópsido con macla de Carlsbad.

Qtz- cuarzo, Bt-biotita, Hbl-hornblenda, Di- diópsido.

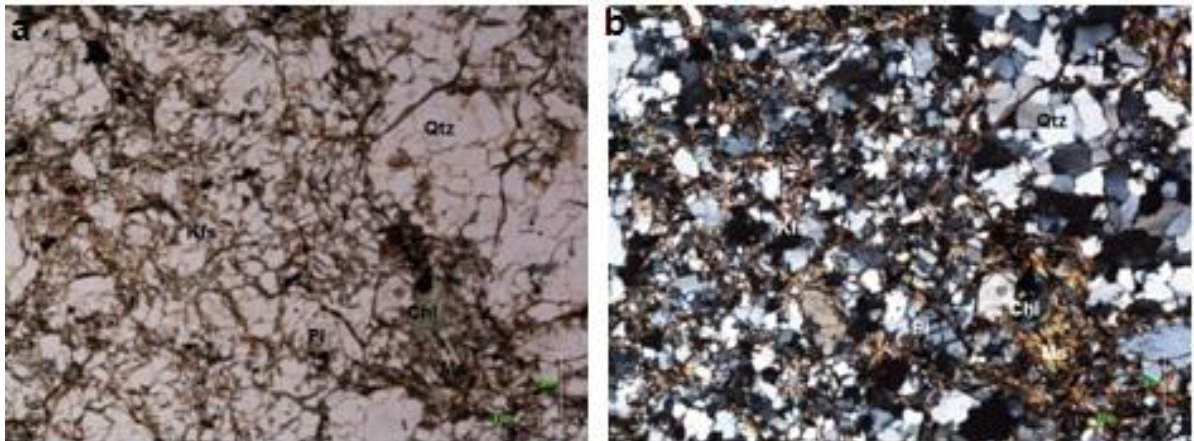


7.7 METARENISCA (Muestra PS-7-1)

Metarenisca presenta una foliación espaciada con textura lepidogranoblástica (Figura 9) con tamaños de grano entre 16 y 1mm. Los minerales presentes son: Cuarzo (45%) incoloro con relieve bajo, birrefringencia baja, se presenta como granos xenoblásticos con una textura heteroblásticos, presenta una ausencia de orientación y se encuentra homogéneamente en toda la roca. La moscovita (25%) es incolora, presenta colores altos de birrefringencia, con tamaños de grano de 1mm, se presenta como agregados hojosos de individuos xenoblásticos con textura heteroblástica, con distribución homogénea en toda la roca y en algunos sectores presenta una leve orientación. Clorita (15%) color verdoso, pleocroísmo (varia de verde claro a oscuro), relieve moderado, con tamaños de grano de 1mm, cristales con forma xenoblástica, textura heteroblástica, se presenta de manera homogénea siguiendo la dirección de la moscovita. Feldespato potásico (9%) incoloro con relieve y birrefringencia baja, no presenta pleocroísmo, con tamaños entre 4 y 1mm se presenta como individuos subidioblásticos y heteroblásticos, no presenta una orientación definida, se encuentran homogéneamente en toda la roca. La plagioclasa sódica (2%) con relieve y birrefringencia baja, translucido y algunos cristales se presentan de forma alargada siguiendo la foliación, con forma xenoblástica, textura heteroblástica, presenta maclas de tipo albita. Se presenta de manera esporádica en toda la roca. Opacos (3%) individuos xenoblásticos, heteroblásticos se presenta de manera homogénea siguiendo la dirección de la moscovita. Epidota (1%) se presenta como individuos de relieve alto, levemente pleocróicas, birrefringencia moderada, subidioblásticos, homeoblásticos y llevan la misma dirección que la muscovita. La paragénesis mineral identificada: $Qtz + Chl + Ms + Kfs \pm Ab \pm Op$, $Qtz + Chl + Ms + Kfs \pm Ep$ Facies: sub-esquistos verdes.

Figura 9. (a) Textura lepidogranoblástica de la metarenisca. Nicoles paralelos y (b) Nicoles cruzados.

Qtz-cuarzo, Pl-plagioclasa, Chl-clorita, Kfs-feldespato potásico.



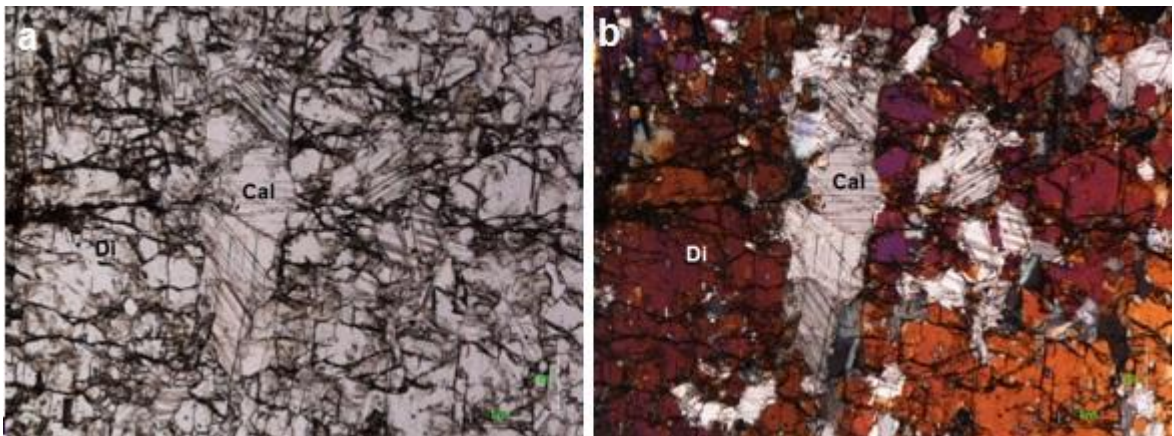
7.8 GRANOFELSA CALCO-SILICATADA (Muestra PS-9-1)

Roca calco-silicatada, presenta textura nematogranoblástica (Figura 10) con tamaños de grano entre >16 y 1mm, pasando de tamaños de grano muy grueso a grano fino en algunas zonas. Los minerales presentes son: Diópsido (66%) incoloro, birrefringencia y relieve alto, sin pleocroísmo y se observa fracturamiento. Presenta tamaños de grano >16mm xenoblásticos, heteroblásticos y se encuentra homogéneamente en toda la roca con una orientación ausente. Zoisita (24%) incolora con relieve alto, birrefringencia débil, se presenta como individuos heteroblásticos, xenoblásticos con tañamos de grano entre 16 y 4mm, se presenta de manera homogénea en toda la roca. Hornblenda (4%) de color verde, birrefringencia media, relieve moderado, con pleocroísmo (varía entre verde oscuro a verde claro), con tamaños de grano entre 4 y 1mm, se presenta como individuos heteroblásticos, xenoblásticos, distribuidos al azar en toda la roca. Calcita (3%) incolora, birrefringencia alta, relieve alto, se presenta

como individuos heteroblásticos, xenoblásticos de tamaños entre 4 y 1mm con maclas netamente visibles y se encuentran distribuidos por toda la roca. Cuarzo (1%) es incoloro, birrefringencia y relieve bajo, se presenta como individuos con textura heteroblástica, forma xenoblástica, distribuidos al azar en toda la roca. La paragénesis mineral identificada: $Qtz + Di + Zo$; $Qtz + Di \pm Hbl \pm Cal$ Zona: Cianita-Almandino. Facies: Anfibolita.

Figura 10. (a) Textura Nematoblástica de la Roca calco-silicatada. Nicoles paralelos y (b) Nicoles cruzados respectivamente.

Cal-calcita, Di-diópsido.



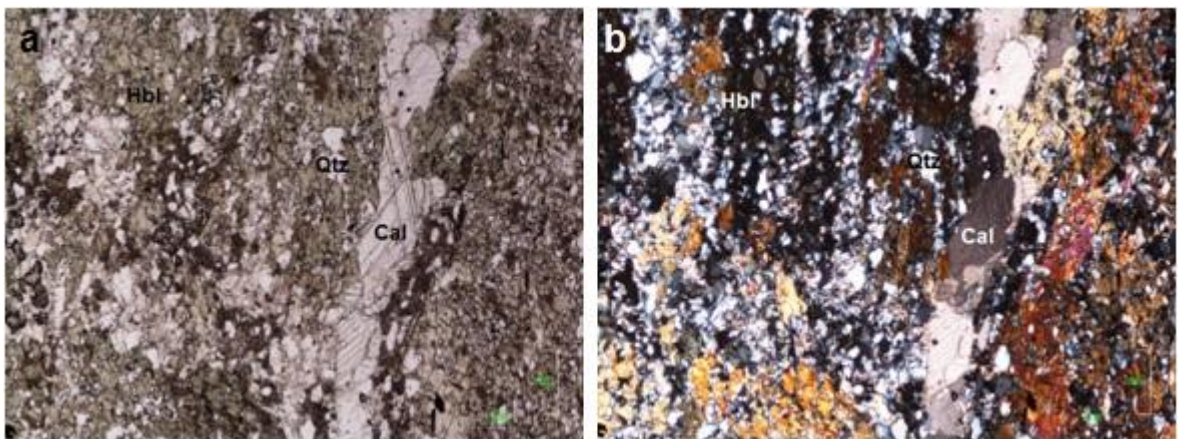
7.9 GRANOFELSA CALCO-SILICATADA (PS-9-2)

Roca calco-silicatada, se presenta una textura nematogranoblástica (Figura 11) con tamaños de grano entre >16 y 1mm, los minerales presentes son: Hornblenda (60%) color verde, birrefringencia media, relieve moderado, pleocroísmo (varía entre verde oscuro a verde claro) se presenta como individuos xenoblásticos de tamaño >16mm y de forma heteroblásticos tabular alargada, distribuidos homogéneamente sin una orientación definida. Zoisita (14%) incolora, relieve alto, birrefringencia débil, sin pleocroísmo, se presenta como individuos heteroblásticos,

xenoblásticos, de tamaños entre 4 y 1 mm y se encuentran distribuidos homogéneamente en la roca sin un patrón de orientación. Calcita (16%) incolora, birrefringencia alta, relieve alto, individuos heteroblásticos, xenoblásticos con tamaños de grano entre 4 y 1mm, con maclas visibles. Algunos individuos se presentan como venas con individuos heteroblásticos de forma anhedral, también se encuentran rellenando espacios y fracturas. Se encuentra homogéneamente en toda la roca si una orientación definida. Cuarzo (8%) se presentan dos generaciones. Cuarzo (1) incoloros de birrefringencia baja, relieve bajo, son individuos xenoblásticos, homeoblásticos de tamaño pequeño distribuidos homogéneamente en la roca sin una orientación definida. Cuarzo (2) se presentan rellenando pequeñas venillas que cortan otros minerales. Opacos (2%) se presentan como individuos xenoblásticos, heteroblásticos, distribuidos homogéneamente en toda la roca. La paragénesis mineral identificada: $Qtz + Zo + Cal + Hbl + Op$ Zona: Cianita-Almandino. Facies: Anfibolita.

Figura 11. (a) Textura Nematoblástica. Nícoles paralelos y (b) Nícoles cruzados. Obsérvese las venas de calcita.

Hbl-hornblenda, Cal-calcita, Qtz-cuarzo.



8. METAMORFISMO

La ocurrencia, los tipos de roca y las paragénesis minerales indican para las franjas Pescadero-Aratoca y Mutiscua un metamorfismo de tipo regional, característico de zonas de engrosamiento cortical y se podría enmarcar en un tipo orogénico, característico también para las otras zonas del Macizo de Santander. A continuación se presentan las paragénesis minerales en las rocas estudiadas.

8.1 METAMORFISMO FRANJA PESCADERO-ARATOCA

8.1.1 Metaarenisca (Muestra PS-1-2)

La metaarenisca presenta una foliación espaciada con textura lepidogranoblástica, tamaños de grano entre 16 y 1mm están débilmente deformados evidenciando un bajo grado de metamorfismo. Las paragénesis típicas son:

- 1) $Ms + Chl + Qtz(1) + Op$;
- 2) $Ms + Chl + Qtz(1) \pm Kfs \pm Ab \pm Op$

Facies de Metamorfismo

Subesquistos verdes.

8.1.2 Esquisto biotítico (Muestra PS-3-1)

Presenta una foliación definida por la orientación de micas con tamaños de grano entre 4 y 1mm. Se observan algunos porfidobláastos de biotita posttectónicas cloritizada orientados perpendicular a la dirección de esquistosidad lo que hace pensar que este mineral puede haber crecido en un evento post-tectónico. No se observan sombras de presión o deflexión de la foliación externa. La paragénesis encontrada en el Esquisto biotítico es:

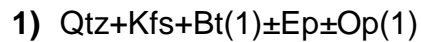
- 1) $Ms+Bt(1)+Qtz(1)\pm Op$

Facies de Metamorfismo

Esquistos verdes, Zona de la biotita.

8.1.3 Cuarcita (Muestra PS-4-1)

Presenta una textura granoblástica con tamaños de grano entre 16 y 1mm con una débil orientación. , La cuarcita está muy fracturada. Estas fracturas están rellenas y por lo general siguen la dirección de foliación principal. La paragénesis encontrada en la cuarcita es:

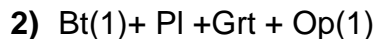
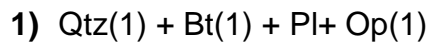


Facies de Metamorfismo

Esquistos verdes, zona de la biotita.

8.1.4 Esquisto granatífero (Muestra PS-4-2)

Presenta una foliación continua con textura porfidoblástica en matriz granolepidoblástica, con tamaños de grano de la matriz entre 16 y 1mm con porfidoblástos hexagonales de granate de gran tamaño, bordes bien definidos con microfracturas e inclusiones de cuarzo (1) y Biotita (1) que están orientadas desarrollando una foliación interna concordante con la foliación externa, lo que indica un porfidoblásto sintectónico. Porfidoblástos postectónicos de biotita también se observan en estos esquistos pelíticos. La paragénesis encontrada en el esquisto granatífero es:



Facies de Metamorfismo

Esquistos verdes, zona del granate.

8.1.5 Granofelsa (Muestra PS-4-3)

Presenta débil foliación con una textura granonematoblástica con tamaños de granos entre >16 y 1mm. Contiene un alto porcentaje de Hornblenda de tamaños entre >16 y 16mm y bajo porcentaje de calcita. Se puede observar que la biotita ha sido reemplazada totalmente por la clorita. Paragénesis encontrada en la anfibolita es:



Facies de Metamorfismo

Anfibolita, zona Andalucita-Almandino.

8.1.6 Esquisto anfibólico (Muestra PS-5-2)

Esquisto anfibólico presenta una foliación espaciada granonematoblástica con tamaños de grano entre 4 y 1mm. La hornblenda se presenta como el mineral de mayor porcentaje seguido de la biotita y en menor porcentaje el diópsido y minerales opacos. La paragénesis encontrada en el esquisto anfibólico es:

- 1) Qtz + Bt + Hbl ± Di ± Op
- 2) Qtz + Bt + Hbl ± Ep ± Op

Facies de Metamorfismo

Anfibolita, zona Andalucita-Almandino.

Tabla 3. Metamorfismo de las rocas de la franja Pescadero Aratoaca.

MUESTR A	LITOTIPO	PARAGENESIS	FACIES	ZONA
PS-1-2	Metarenisc a	Ms+Chl+Qtz(1)+Op; Ms+Chl+Qtz(1)±Kfs±Ab±O p	Subequisto s verdes	
PS-3-1	Esquisto biotítico	Ms+Bt(1)+Qtz(1)±Op	Esquistos verdes	Biotita
PS-4-1	Cuarcita	Qtz+Kfs+Bt(1)±Ep±Op(1)	Esquistos verdes	Biotita
PS-4-2	Esquisto granatífero	Qtz(1)+Bt(1)+Pl+Op(1); Bt+Pl+Grt+Op(1)	Esquistos verdes	Granate
PS-4-3	Granofelsa	Qtz+Hbl+Cal±Pl	Anfibolita	Andalucita - Almandino

PS-5-2	Esquisto anfibólico	Qtz+Bt+Hbl±Di±Op; Qtz+Bt+Hbl±Ep±Op	Anfibolita	Andalucita- Almandino
--------	------------------------	---------------------------------------	------------	--------------------------

8.2 DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Las rocas analizadas en este trabajo muestran unas características de metamorfismo similares a las definidas en los estudios de Ríos, (1999), Castellanos, (1999), Ríos et al., (2003) quienes han definido un metamorfismo barroviense para la franja Pescadero-Aratoca que desarrolló una zonación metamórfica con sucesión de clorita-biotita- granate-estaurolita-almandino-cianita-almandino y posiblemente silimanita. Las condiciones P-T para cada una de las zonas metamórficas definidas por Ríos et al., 2003 son: 495-518 °C y 4.4-5.5kbar para la zona del granate; 590-612 °C y 6.6-7.5kbar zona de la estaurolita; 660-700 o C y 5.5-7.2kbar zona de la silimanita.

Uno de los problemas planteados se relaciona con la metarenisca (PS-1-2), localizada en el sector de la Mesa de San Pedro, la cual no encajaría en el esquema zonal propuesto para la Formación Silgará. El proyecto 5463 contempla el estudio geocronológico de esta muestra. Por tanto no se plantea en este trabajo de grado la posible solución de este problema.

8.3 METAMORFISMO FRANJA MUTISCUA

En esta franja se recolectaron dos muestras correspondientes a rocas calco-silicatadas, las cuales están intercaladas con esquistos granatíferos con cianita y delgadas (0.3m) capas de cuarcitas granatíferas.

8.3.1 Granofelsa calco-silicatada (Muestra PS-9-1)

Presenta textura nematogranoblástica y heteroblástica. La paragénesis encontrada en la roca calco-silicatada es:

- 1) Qtz + Di + Zo
- 2) Qtz + Di \pm Hbl \pm Cal

Facies de Metamorfismo

Anfibolita, zona de la cianita-almandino.

8.3.2 Granofelsa calco-silicatada (Muestra PS-9-2)

Se presenta una textura nematogranoblástica, heteroblástica, mineralógicamente predomina la hornblenda sobre el cuarzo. La calcita es más abundante que en la muestra PS-9-1. La paragénesis encontrada en la roca calco-silicatada es:

- 1) Qtz + Zo + Cal + Hbl+Op

Facies de Metamorfismo

Anfibolita, zona cianita-almandino.

Tabla 4. Metamorfismo de las rocas calco-silicatadas de la franja Mutiscua.

MUESTRA	LITOTIPO	PARAGENESIS	FACIE	Zona
PS-9-1	Calco-silicatada	Qtz+Di+Zo; Qtz+Di \pm Hbl \pm Cal	Anfibolita	Cianita-Almandino
PS-9-2	Calco-silicatada	Qtz+Zo+Cal+Hbl+Op	Anfibolita	Cianita-Almandino

El metamorfismo de las muestras recolectadas en la franja de Mutiscua registran las mismas características definidas en los trabajos anteriormente realizados (García, et al. 2005; García Campos, 2000). Las condiciones P-T para la zona cianita-almandino fueron establecidas por García et al., 2005 así: Temperatura: 630-704°C y presión: 5-9.5Kb.

Comparando las zonas cianita-almandino en las franjas Pescadero-Aratoca y Mutiscua se puede establecer valores muy cercanos con respecto a la temperatura y presiones más elevadas en la franja de Mutiscua.

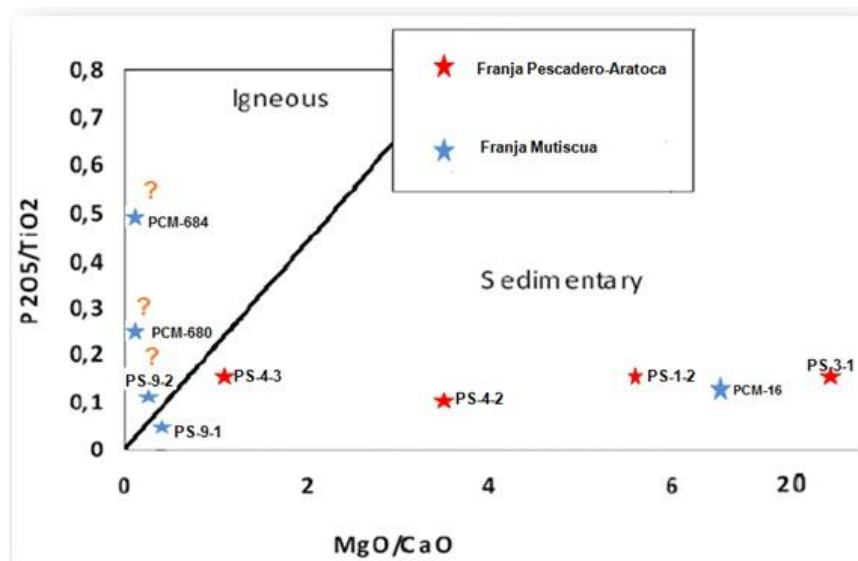
9. GEOQUÍMICA

A continuación se presentan los resultados del estudio geoquímico realizados a las rocas de la Formación Silgará en las Franjas Pescadero-Aratoca y Mutiscua presentados en la Tabla 4. Estos estudios se enfocaron a la determinación del protolito.

9.1 CLASIFICACIÓN DE LOS PROTOLITOS

La composición química de las rocas de la Formación Silgara en las franjas Pescadero-Aratoca y Mutiscua se uso para determinar el protolito mediante el ploteo en el diagrama de Werner (1987). (Figura12).

Figura 12. Distribución de las muestras para determinar el protolito en la Formación Silgara, Franjas Pescadero-Aratoca y Mutiscua.



Fuente: Diagrama de Werner, (1887).

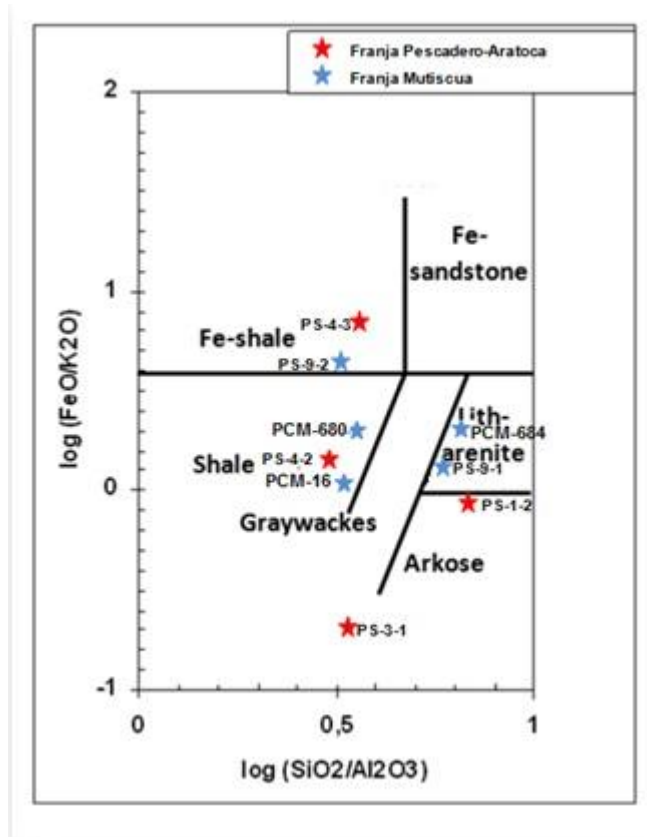
Las rocas de la Franja Pescadero–Aratoca muestran relaciones mayores MgO/CaO entre 1,10 y 20,6, y sus relaciones de P₂O₅/TiO₂ presentan una menor variación entre 0.14 y 0.17. Las muestras correspondientes a esta franja se localizan en el campo del protolito sedimentario. Las rocas de las Franja Mutiscua muestran relaciones de MgO/CaO entre 0.008 y 8,09 de igual manera los valores de la relación P₂O₅/TiO₂, presentan una variación entre 0,05 y 0.5. en esta franja se encuentran muestras ubicadas en el campo del protolito sedimentario e ígneo.

En el caso de la roca calco-silicatada PS-9-1 y el esquisto PCM-16 se ubican en el protolito sedimentario y la roca calco-silicatada PS-9-2 (mayor porcentaje de calcita que la muestra PS-9-1) y los mármoles blanco y rosado, se ubican en el campo del protolito ígneo, sin embargo, estos datos no parecen corresponder a la relación de campo ni a las características composicionales. Se corrobora lo anterior cuando estas composiciones se visualizan en el diagrama de Herrón, 1988. Las muestras de mármol aparecen en el campo de las litoarenitas. Por lo anterior, preliminarmente se podría expresar que el diagrama de Werner, 1987 no es el más adecuado para representar composiciones carbonatadas y calcosilicatadas.

Para determinar la variedad de la roca sedimentaria se empleo el diagrama de Herrón (1988) (Figura 13). Las muestras de la franja Pescadero-Aratoca corresponden a roca sedimentaria tipo, Arcosa (Muestras PS-1-2 y PS-3-1), shale (PS-4-2) y shale rico en Fe (PS-4-3).

Las muestras de la franja Mutiscua corresponden a lith-arenite (PS-9-1 y PCM-684), shale rico en Fe (PS-9-2) y shale (PCM-16 y PCM-680).

Figura 13. Localización de las rocas estudiadas para determinar las características del protolito sedimentario.



Fuente: Diagrama de Herron, (1988).

Tabla 5. Composición química de las rocas de la Formación Silgará.

Muestra	PS-1-2	PS-3-1	PS-4-2	PS-4-3	PS-7-1	PS-9-1	PS-9-2	PCM-16	PCM-680	PCM-684
Unidad	Mesta-Sedimentitas	Fm. Silgará	Fm. Silgará	Fm. Silgará	Fm. Silgará	Fm. Silgará	Fm. Silgará	Fm. Silgará	Fm. Silgará	Fm. Silgará
Litología	Metarenisca	Esquisto biotíticos	Esquisto granatífero	Anfibolita	Metarenisca	Roca Calco-silicatada	Roca calco-silicatada	Esquisto	Mármol Blanco	Mármol Rosado
Latitud N	6°43'30.32"	6°42'03.61"	6°47'59.05"	6°47'59.05"	7°18'15.19"	7°19'4.1"	7°19'4.1"			
Longitud W	73°01'19.61"	73°01'02.77"	73°00'59.62"	73°00'59.62"	73°03'12.57"	72°45'29.8"	72°45'29.8"			
SiO ₂	76,92	64,7	59,64	53,25	70,49	57,27	53,1	62,58	2,22	4,44
TiO ₂	0,39	0,9	0,85	1,03	0,71	0,77	0,89	0,94	0,04	0,04
Al ₂ O ₃	11,17	18,62	19,17	13,68	13,69	10,59	15,58	19,57	0,64	0,68
Fe ₂ O ₃	3,98	5,38	3,21	2,91	2,61	0,64	1,65	2	-0,03	0,11
FeO	1,66	0,94	5,2	5,97	2,64	4,16	6,24	4,2	0,19	0,18
MnO	0,02	<0.01	0,22	0,19	0,11	0,39	0,13	0,05	0,04	0,22
MgO	0,71	0,62	2,41	8,47	1,39	6,23	4	1,78	0,27	0,43
CaO	0,13	0,03	0,67	7,69	1,11	14,69	11,57	0,22	54,06	52,1
Na ₂ O	1,57	0,56	1,52	2,43	2,51	0,77	0,89	0,53	0,08	0,2
K ₂ O	1,92	4,4	3,73	0,72	2,51	2,67	1,46	4,63	0,08	0,08
P ₂ O ₅	0,07	0,16	0,12	0,18	0,13	0,04	0,11	0,14	<0.01	0,02
LOI	1,2	3,3	3	3,1	1,9	1,5	4,2	3,1	42,3	41,4
Cr ₂ O ₃	0,006	0,009	0,015	0,072	0,008	0,011	0,014	0,015	0,004	0,004
Total	99,746	99,619	99,755	99,692	99,808	99,731	99,834	99,755	99,894	99,904
Mo	0,7	0,6	0,5	0,4	0,6	0,2	0,4	0,4	<0.1	<0.1
Ni	23	24	57	179	<20	<20	42	33	<20	<20
Ni	27,9	21,3	54,5	75,9	17	5,6	16,1	33,3	2,1	0,7
Zn	92	67	109	42	85	11	37	12	10	10

Cu	7	22	42,5	2,8	25,8	1,5	1	6,2	1,9	12,5
As	<0.5	<0.5	16,3	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	1,6	<0.5
Cd	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	0,1	<0.1	0,3	0,3
Sb	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
Bi	<0.1	0,2	0,3	0,4	<0.1	<0.1	0,8	0,4	<0.1	<0.1
Ag	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
Au	0,5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5
Hg	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Tl	<0.1	<0.1	0,1	<0.1	0,1	<0.1	<0.1	0,6	<0.1	<0.1
Se	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5
Ga	12,7	24,2	24,8	18	17,1	12,8	21,8	23,2	1	1,3
Sc	6	14	19	23	11	11	15	18	<1	<1
V	53	106	125	222	63	77	111	128	20	16
W	0,9	2,2	3,1	8	0,8	3,7	1,6	2,7	<0.5	<0.5
Co	10,6	6,1	28,9	36,7	8,8	11,6	16,3	14,4	0,3	0,8
Cs	3	5,1	2,5	1,5	1,3	4	2,9	9,2	0,3	0,2
Ba	1004	1733	434	175	493	765	124	587	14	37
Be	<1	2	<1	3	1	4	2	<1	<1	<1
Rb	68,1	144,5	116,7	34,7	83,9	73,8	75,6	180,6	3,7	4,5
Sn	<1	2	5	2	2	2	6	4	<1	<1
Th	7,7	12,7	14,4	7,9	14,9	10,8	13,7	17,9	0,7	0,7
Nb	7,9	16,5	15,8	11,3	14,4	13,5	20,3	17,7	0,7	0,7
Ta	0,6	1,3	1	0,6	0,9	0,9	1,4	1	<0.1	0,1
Sr	48,3	183,4	92,4	342,4	134,5	525,1	372,6	51,2	456,7	362,8
Zr	165,7	273,1	158,2	149,8	364,6	298,9	272,1	202,6	8,8	7,9
Hf	4,2	7,4	4,3	3,9	10,5	8,3	7,4	6	0,1	0,1
Y	20,4	39,9	41,9	19,6	35,5	29,2	36,8	38,9	1,7	4,2

Pb	1,8	1,4	5,5	1,9	8,3	12,9	7,7	80	3,8	10,9
U	1,5	3,1	2,4	2	2,9	3,2	3,3	4,5	2,7	0,7
La	21,4	200,3	44,1	32,1	44,2	36,3	42,8	50,8	2,2	4,5
Ce	44,3	120,7	83,9	61,9	90,1	75,5	90,2	103,5	3,2	7,7
Pr	5,35	44,9	10,58	7,44	10,42	8,15	10,6	11,71	0,36	0,78
Nd	20,6	159,1	39,6	30,3	39,4	30,7	42,6	44,7	1,6	3,3
Sm	3,97	26,14	8,41	5,73	7,64	5,62	8,36	9	0,21	0,57
Eu	1,07	5,59	1,64	1,57	1,65	1,28	1,52	1,63	0,04	0,16
Gd	4,27	16,99	8,53	5,5	7,16	5,45	7,55	8,09	0,28	0,69
Tb	0,64	2,24	1,37	0,73	1,05	0,84	1,07	1,17	0,04	0,09
Dy	4,2	11,73	7,42	4,37	6,31	5,24	6,66	7,3	0,31	0,67
Ho	0,8	1,59	1,49	0,76	1,29	1,05	1,23	1,3	0,03	0,11
Er	2,09	3,8	4,11	2,01	3,81	2,98	3,43	3,93	0,13	0,28
Tm	0,3	0,57	0,62	0,3	0,53	0,46	0,55	0,59	0,02	0,04
Yb	2,32	3,55	3,94	1,93	3,69	3,11	3,34	3,89	0,13	0,22
Lu	0,32	0,47	0,62	0,31	0,52	0,44	0,54	0,6	0,03	0,03

10. CONCLUSIONES

Los estudios petrográficos y mineralógicos de las muestras estudiadas permitieron definir sus rasgos composicionales, estructurales y texturales. Las rocas corresponden a metareniscas, esquistos biotíticos, esquistos granatíferos, cuarcitas, granofelsas, esquistos anfibólicos para la zona Pescadero-Aratoca y granofelsas claco-silicatadas, mármoles en la zona de Mutiscua.

Las paragénesis de la franja Pescadero-Aratoca $Ms+Chl+Qtz(1)+Op$, $Ms+Chl+Qtz(1)\pm Kfs\pm Ab\pm Op$, $Ms+Bt(1)+Qtz(1)\pm Op$, $Qtz+Kfs+Bt(1)\pm Ep\pm Op(1)$, $Qtz(1)+Bt(1)+Pl+Op(1)$, $Bt+Pl+Grt+Op(1)$, $Qtz+Hbl+Cal\pm Pl$, $Qtz+Bt+Hbl\pm Di\pm Op$, $Qtz+Bt+Hbl\pm Ep\pm Op$, indican condiciones en facies esquistos verdes (zona de la biotita, granate) a facies anfibolita (zona: andalucita-almandino).

Las paragénesis de la franja Mutiscua $Qtz+Di+Zo$, $Qtz+Di\pm Hbl\pm Cal$, $Qtz+Zo+Cal+Hbl+Op$, indican condiciones en facies anfibolita (zona: cianita-almandino).

La ocurrencia, los tipos de roca y las paragénesis minerales indicaron para las franjas Pescadero-Aratoca y Mutiscua un metamorfismo de tipo regional, característico de zonas de engrosamiento cortical enmarcado en un tipo orogénico de afinidad barroviense.

Las rocas de la Franja Pescadero-Aratoca y Mutiscua, se puede establecer valores cercanos de temperatura pero presiones más elevadas en la Franja Mutiscua.

El protolito de la Formación Silgará en la franjas Pescadero-Aratoca y Mutiscua según los datos geoquímicos es sedimentario.

BIBLIOGRAFÍA

AMAYA, Sergio. Caracterización Petrográfica y Petroológica de los Neises, Migmatitas y Granulitas del Neis de Bucaramanga en el Macizo de Santander, Departamento de Santander. Tesis de Pregrado. Bogotá. Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ciencias, Departamento de Geociencias. 2012. 130 p.

ÁVILA, Guillermo; GÓMEZ, Sergio. Petrogénesis de las Rocas Calcosilicatadas que ocurren como Bandas de Reacción entre Mármoles y Rocas Metapelíticas de la Formación Silgará, Región Central del Macizo de Santander. Tesis de Pregrado. Bucaramanga. Universidad Industrial de Santander. Facultad de Ingenierías Físico Químicas. Escuela de Geología. 2006. 117p.

CAMPOS, Nelson. Estudio Mineralógico y Petroográfico de las Metamorfitas al Occidente de Mutiscua, Norte de Santander. Tesis de Pregrado. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander. Facultad de Ingenierías Físico Químicas. Escuela de Geología. 1999. 142p.

CASTELLANOS, Oscar. Estudio Mineralógico y Petroográfico de la Formación Silgará de la Franja Pescadero-Aratoca. Tesis de Pregrado. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander. Facultad de ingenierías Físico Químicas. Escuela de Geología. 1999. 138p.

CASTELLANOS, Oscar; RÍOS, Carlos. Atlas de Minerales Vistos Bajo el Microscópico de Luz Transmitida. Ediciones UIS. 2007. 98p.

CASTELLANOS, Oscar; RÍOS, Carlos; TAKASU, Akira. A New Approach on the tectono-metamorphic mechanisms associated with P-T paths of the Barrovian-Type Silgará Formation at the Central Santander Massif, Colombian Andes. Earth Sciences Research Journal. Vol. 12, No 2. 2008. 125-155p.

CASTELLANOS, Oscar; RÍOS, Carlos; TAKASU, Akira. Chemically sector-zoned garnets in the metapelitic rocks of the Silgará Formation in the Central Santander Massif, Colombian Andes: occurrence and growth history. *Boletín de Geología*, Vol. 26, No. 42. 2004. 9-18p.

CAVIEDES, Marco; GÓMEZ, Rafael. Petrogénesis de Venas Hidrotermales con Cianita en Rocas Metapelíticas de la Formación Silgará, Región Central de Macizo de Santander. Tesis de Pregrado. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander. Facultad de Ingenierías Físico químicas. Escuela de Geología. 2006. 96p.

CLAVIJO, Jairo; ROYERO, José María. Mapa Geológico generalizado departamento de Santander. Memoria Explicativa. INGEOMINAS. 2001. 92p.

GARCÍA, Carlos Alberto; CAMPOS, Nelson Omar. Composición química y mineralogía de las biotitas metamórficas del sector central de Macizo de Santander, Colombia. *Boletín Geológico*. Vol. 22. No. 37. 2000. 18-27p.

GARCÍA, Carlos. Manual de Laboratorios del Curso de Petrología Metamórfica. Universidad industrial de Santander. 2004. 74p.

GARCIA, Carlos; RIOS, Carlos. Occurrence and Significance of the Polymorphs of Al_2SiO_5 in Metamorphic rocks of the Santander Massif, Eastern Cordillera (Colombia Andes). *Boletín de Geología*. Vol. 26, No. 43. 2004. 23-38p.

GARCÍA, Carlos; RÍOS, Carlos. Metamorfismo y metalogenia asociada del Macizo de Santander, Cordillera Oriental (Colombia). Informe final del proyecto de investigación 1102-05-083-95 Colciencias- Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga. 1999. 191p.

GARCÍA, Carlos; RÍOS, Carlos; CASTELLANOS, Oscar. Medium-pressure metamorphism in the Central Santander Massif, eastern cordillera, Colombia Andes. *Boletín de Geología*, Vol. 27, No 2. 2005. 43-68p.

GOLDSMITH, Richard; MARVIN, Richard and MEHNERT, Harald. Radiometric ages in the Santander Massif, eastern Cordillera, Colombian Andes. U.S. Geological Survey Professional Paper, Vol. 750-D. 1971. D44-D49p.

HERRON, Michael. Geochemical classification of terrigenous sands and shales from core of log data. Journal of Sedimentary Petrology. Vol. 58. No. 5. 1988. 820-829p.

JULIVERT, Manuel. Geología de la vertiente W de la Cordillera Oriental en el sector de Bucaramanga. Boletín de Geología, Universidad Industrial de Santander. Colombia. Vol. 3. 1961b. 39-42p.

JULIVERT, Manuel. Geología de la vertiente W del Macizo de Santander en el sector de Bucaramanga. Boletín de Geología, Universidad Industrial de Santander. Colombia. Vol. 3. 1959. 15-34p.

JULIVERT, Manuel. La morfoestructura de la zona de mesas de SW de Bucaramanga. Boletín de Geología, Universidad Industrial de Santander. Colombia. Vol. 1. 1958. 7-44p.

JULIVERT, Manuel. Las estructuras del Valle Medio del Magdalena y su significación. Boletín de Geología, Universidad Industrial de Santander. Colombia. Vol. 3. 1961a. 33-52p.

JULIVERT, Manuel; TELLEZ, Noel. Sobre la Presencia de Fallas de edad Precretácica y Post-Girón (Jura-triásico) en el Flanco W del Macizo de Santander (Cordillera Oriental, Colombia). Boletín de Geología, Universidad Industrial de Santander. Colombia. No 12. 1963. 5-17p.

KRETZ, Ralph. Symbols for rock-forming minerals. American Mineralogist. Vol 68. 1983. 277-279p.

MANTILLA, Luis Carlos; RÍOS, Carlos Alberto; CASTELLANOS, Oscar Mauricio. Estudio del proceso de rehidratación de las rocas metamórficas de la Formación

Silgará a partir del análisis composicional de la clorita, Región suroccidental del Macizo de Santander. Boletín de Geología. Vol. 24, No. 39. 2002. 7-17p.

MANTILLA, Luis; ORDÓÑEZ, Juan; CEPEDA, Sergio; RÍOS, Carlos. Estudio de los Paleofluidos en la Formación Silgará y su relación con procesos de deformación. Sector Aratoca-Pescadero (SW del Macizo de Santander). Boletín Geológico UIS, Vol. 23, No.38. 2001. 69-75p.

MANTILLA, Luis; RÍOS, Carlos; CASTELLANOS, Oscar. Estudio del proceso de rehidratación de la Formación Silgará a partir del análisis composicional de la clorita, región suroccidental del Macizo de Santander. Boletín de Geología, Vol. 24, No.39. 2002. 7-17p.

MANTILLA, Luis; RÍOS, Carlos; GÉLVEZ, Jaime; MÁRQUEZ, Robert; ORDÓÑEZ, Juan; CEPEDA, Sergio. Nuevas evidencias acerca de la presencia de una banda de cizallamiento en la secuencia Metapelítica de la Formación Silgará, sector Aratoca-Pescadero (Región suroccidental de Macizo de Santander). Boletín de Geología UIS, Vol. 25, No.40. 2003. 81-89p.

MONTENEGRO, Gustavo; BARRAGÁN, Mario. Caracterización y Evolución del metamorfismo en el área comprendida entre los municipios de Vetas (Santander) y Mutiscua (Norte de Santander). Tesis de Pregrado. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander. Facultad de Ingenierías Físico Químicas. Escuela de geología. 1999. 93p

NIÑO, Diana. Metamorfismo de la Formación Silgara en el sector Sardinata-Ábrego-Hacarí. Región Norte del Macizo de Santander, Cordillera Oriental, Colombia. Tesis de Pregrado. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander. Facultad de ingenierías Físico Químicas. Escuela de Geología. 2012. 120p.

PIMENTEL, Carlos. Aplicación de la Técnica AFTA (Apatite Fision Track Análisis) para la evolución de la historia termal y evolución tectónica de un sector del Macizo de Santander. Tesis de Pregrado. Bucaramanga: Universidad Industrial de

Santander. Facultad de Ingenierías Físico Químicas. Escuela de Geología. 2009. 128p.

RÍOS, Carlos Alberto. Cation substitutions governing the chemistry of amphibole in The Silgará formation metabasites at the southwestern Santander Massif. Boletín de Geología, Vol. 27, No. 2. 2005. 13-30p.

RÍOS, Carlos Alberto; CASTELLANOS, Oscar; TAKASU, Akira. X-ray color maps of the zoned garnets from Silgará Formation metamorphic rocks, Santander Massif, Eastern Cordillera (Colombia). Earth Sciences Research Journal. Vol. 14, No. 2. 2010. 161-172p.

RÍOS, Carlos. Chemical Compositions of the Constituent Minerals and P-T Conditions of the Low-grade Silgará Formation Metamorphic Rocks in the Santander Massif, Eastern Cordillera, Colombian Andes, MSc. Thesis, Shimane University, Matsure (Japan). 1999. 207p.

RÍOS, Carlos; CASTELLANOS, Oscar; TAKASU, Akira. A new interpretation for the garnet zoning in Metapelitic rocks of the Formation, southwestern Santander Massif, Colombia. Earth Sciences, Research Journal. Vol. 12, No. 1. 2008. 7-30p

RÍOS, Carlos; GARCÍA, Carlos. Primera ocurrencia de los tres polimorfos de Al_2SiO_5 en las rocas metapelíticas de la Formación Silgará, región suroccidental del Macizo de Santander. Boletín de Geología UIS, Vol. 23, No 38. 2001. 51-59p.

RÍOS, Carlos; GELVEZ, Jaime; MÁRQUEZ, Robert; CASTELLANOS, Oscar. Cinética de la nucleación y el crecimiento del granate en las rocas metapelíticas de la Formación Silgará, Región Suroccidente del Macizo de Santander. Boletín de Geología, Vol. 25, No. 40. 2003. 23-38p.

WARD, Dwight; GOLDSMITH, Richard; CRUZ, Jaime; RESTREPO, Hernán. Geología de los cuadrángulos H-12, Bucaramanga y H-13, Pamplona, Departamento de Santander. En: U.S. Geological Survey e ingeominas. Boletín Geológico. Vol. XXI, No 1-3. 1973. 1-132p.

Werner, C.D. Saxonian granulites-igneous or lithoigneous: a contribution to the geochemical diagnosis of the original rock in high-metamorphic complexes. In: Gerstenberger, H. (Ed.), Contribution to the geology of Saxonian granulite massifs (Sächsisches Granulitgebirge). ZfM-Mitteilungen, 133. 1987. 221–250p.

ANEXOS

ANEXO A.

MUESTRA	E	N	H	LOCALIDAD	UNIDAD	LITOLOGIA	FOLIACION	MINERALOFIA	SD
PCM-2	1306790	1153960			Silgará	Esquisto cuarzo micáceo		Bt-Qz-Pl-Grt-Ms-Tur	X
PCM-3	1309300	1153140		25mts del contacto sedimentario	Silgará	Esquisto cuarzo micáceo		Ms-Pl-Qz-Grt	X
PCM-5	1307200	1153500		Quebrada Navarro	Ortoneis	Anfibolita		Anf-Pl-Qz-Ox	X
PCM-7	1305490	1151560	3100	Vías a las antenas de Marconi	Ortoneis	Neis biotítico		Pl-Bt-Grt-Ms-Tur	X
PCM-8	1304610	1151080	3100	Quebrada Las Lajas	Ortoneis	Anfibolita		Hb-Pl-Qz	X
PCM-9	1304270	1151700	3470	Vías a las antenas de Marconi	Silgará	Esquisto cuarzo micáceo		Ms-Grt-Tur	X
PCM-10	1304400	1151800	3360	Vías a las antenas de Marconi	Esquistos y Anfibolitas	Diabasa		Pl-Anf-Qz	X
PCM-11	1304400	1151800	3360	Vías a las antenas de Marconi	Esquistos y Anfibolitas	Metadiabasa		Pl	X
PCM-13	1304150	1150260	3010	Quebrada Cucarachal	Ortoneis	Neis biotítico		Qz-Pl-Bt	X
PCM-14	1304150	1150260	3010	Quebrada Cucarachal	Ortoneis	Neis biotítico		Qz-Pl-Kfs-Bt	X
PCM-15	1303500	1143140	2860		Ortoneis	Neis Cuarzo feldespático		Qz-Pl-Kfs-Ms-And-Bt	X
PCM-16	1303140	1143660	2810		Silgará	Esquisto		Qz-sill-Grt-Bt-St	X
PCM-17	1303100	1143730	2880		Silgará	Cuarcita		Qz-Pl-Grt-Bt-Ms-Sill-Zr	X
PCM-18	1303210	1144600	2825		Silgará	Esquisto cuarzoso		Qz-Grt-Ms-Bt-And	X
PCM-19	1302980	1146670	2400		Silgará	Esquisto cuarzoso		Qz-Grt-St-Pl-Bt-Ms	X
PCM-20	1302250	1145700	2730	Escuela Curpaga	Silgará	Esquisto		Ms-Qz-And-Grt-Bt	X

PCM-21	1301550	1144570	3150	Altos de la Cruz	Silgará	Esquisto		Ms-Pl-And-Qz-Grt-Bt-Ky-St	X
PCM-22	1301550	1144460	3200	Arriba del Altos de la Cruz	Silgará	Esquisto Micáceo		Ms-Qz-Grt-Bt	X
PCM-24	1300700	1144700	3000		Silgará	Esquisto Moscovítico		Qz-Ms-Bt	X
PCM-26	1301400	1146200	2620	Mina de Mármol, Quebrada Valegra	Silgará	Esquisto Muscovítico		Ms-St-Bt-Grt-Pl-Qz	X
PCM-27						Pegmatita Granatífera			
PCM-29	1298900	1146450	2700	Quebrada Chorreron	Silgará	Esquisto Andalucítico		Ms-Qz-And-OxFe	
PCM-30	1299410	1146870	2550	Quebrada Chorreron Margen Derecha	Silgará	Cuarcita		Qz-Ms-Grt	X
PCM-31	1300930	1146820	2500	Mina de Mármol, Quebrada Valegra	Silgará	Mármol		Ep	X
PCM-32	1303520	1146250	2330	Rio la Plata, Cerca a la Mina de Cal	Silgará	Esquisto Biotítico + Mármol			X
PCM-41	1298920	1146340	2725	Quebrada Chorreron	Silgará	Cuarcita		Qz-Ms-Grt	
PCM-42	1298900	1146240	2745	Ultimo ramal Quebrada Chorreron Margen Derecha	Silgará	Esquisto Muscovítico Granatífero		Qz-Ms-OxFe-Grt	
PCM-47	1303520	1146250	2330	Rio la Plata, Cerca a la Mina de Cal	Silgará	Esquisto Granatífero		Qz-Ms	
PCM-49	1299410	1146870	2550	Margen Izquierda Quebrada Chorreron	Silgará	Esquisto Andalucítico		Qz-Ms-And-OxFe	
PCM-50	1306665	1151815		Quebrada Balcones	Ortoneis	Neis Cuarzo feldespático		Qz-Pl-Ms-Bt	
PCM-51	1306665	1151815		Quebrada Balcones	Intrusión Pegmatítica en Neis	Pegmatita		Qz-Pl-Ms-Bt-Grt	
PCM-55	1307050	1153640			Intrusión	Pegmatita		Qz-Pl-Ms-Or-Tur-Grt-Anf	

					Pegmatítica en Neis				
PCM-56	1307740	1154170		Vía E. de la Botica	Ortoneis	Neis Muscovítico + Pegmatita		Ms-Tur-Qz	
PCM-57	1307050	1153640		Quebrada Romero	Cuerpo Pegmatítico	Pegmatita		Qz-Ms-Pl-Or-Grt	
PCM-62				En contacto con la Vena Qz con Turmalina	Ortoneis	Anfibolita		Anf-Pl-Qz-Ox	
PCM-64	1308680	1151810		Quebrada Cunuba	Intrusión Pegmatítica en Neis	Pegmatita		Qz-Ms-Pl-Grt	
PCM-66	1308430	1153690		Vía a Cautilla	Intrusión Pegmatítica en Anfibolita	Pegmatita		Pl-Ms-Qz-Grt	
PCM-68	1305180	1151940	3220	Sobre la carretera a las antenas Margen Derecho Subiendo	Ortoneis	Anfibolita		Pl-Qz-Bt	
PCM-69				Sobre la carretera a las antenas Margen Derecho Subiendo	Ortoneis	Anfibolita		Anf-Pl-Qz	X
PCM-70	1305530	1152280	3600	Sobre la carretera a las antenas Margen Derecho Subiendo	Ortoneis	Anfibolita		Anf-Pl-Ms	X
PCM-71	1304190	1150230	2980	Sobre la carretera Pamplona-Bucaramanga Margen Izquierdo	Esquistos y Anfibolitas	Anfibolita		Anf-Pl-Ms	
PCM-72	1304190	1150230	2980	Sobre la carretera Pamplona-Bucaramanga	Ortoneis	Neis biotítico		Pl-Qz-Chl-Ms	

				Margen Izquierdo					
PCM-73	1305340	1151560	3080	Sobre la carretera Pamplona-Bucaramanga Margen Izquierdo	Ortoneis	Diabasa		Anf-PI-Qz	
PCM-74				Sobre la carretera Pamplona-Bucaramanga Margen Izquierdo	Ortoneis	Neis biotítico		Qz-Bt-PI-Kfe	
PCM-75				Sobre la carretera Pamplona-Bucaramanga Margen Izquierdo	Esquistos y Anfibolitas	Pegmatita		Qz-PI-Kfe-Ms	
PCM-77	1304770	1152630	3100	Quebrada El Volcán Margen derecho descendiendo	Ortoneis	Esquisto Micáceo		Anf-PI-Ms-Qz-Grt-Bt-Sil	
PCM-78				Quebrada Las Lajas Margen Izquierdo descendiendo	Ortoneis	Anfibolita		Anf-Qz-PI	
PCM-87				Sobre la carretera a las antenas Margen Derecho Subiendo	Esquistos y Anfibolitas	Pegmatita		Qz-Ms-PI-Kfe	
PCM-89				Sobre la carretera a las antenas Margen Izquierdo Subiendo	Silgará	Esquisto Micáceo		Qz-PI-Bt-Tur	
PCM-90	1304800	1152050	3340	Sobre la carretera a las antenas Margen Izquierdo Subiendo	Silgará	Cuarcita		Qz-PI-Bt	
PCM-91	1305300	1152250	3240	Sobre la carretera a las antenas Margen Izquierdo Subiendo	Esquistos y Anfibolitas	Diabasa		Qz-PI-Hb	

PCM-92	1303870	1151700	3450	Sobre la carretera a las antenas Margen Izquierdo Subiendo	Esquistos y Anfibolitas	Esquisto Muscovítico		Qz-PI-Anf	
PCM-93	1303870	1151700	3450	Por la quebrada margen derecho	Ortoneis	Esquisto Granatífero		Qz-PI-Grt-Ms-Tur-Bt	
PCM-97				Sobre el desvío de las antenas a Pamplona Margen Izquierdo	Esquistos y Anfibolitas	Pegmatita		Qz-PI-Ms-Grt	
PCM-98				Sobre el desvío de las antenas a Pamplona Margen Izquierdo	Esquistos y Anfibolitas	Cuarcita Granatífera		Qz-PI-Ms-Grt-Chl-Ky	
PCM-99	1304190	1150230	2980	Quebrada Las Lajas Margen derecho descendiendo	Ortoneis	Anfibolita		Anf-PI-Ms	
PCM-101	1303000	1151170	3400	Quebrada Pedregal Margen Derecho Bajando	Ortoneis	Anfibolita		Qz-PI-Ms-Hb-Tur	
PCM-107	1302780	1143270	2900		Ortoneis	Neis biotítico		Qz-Bt-Hb-Ms-PI	
PCM-108	1303360	1143800	2832		Silgará	Cuarcita		Qz-Grt-PI	
PCM-111	1303920	1143440	2685		Ortoneis	Neis biotítico		Qz-PI-Bt-Ms-OxFe	
PCM-112	1303090	1145590	2700		Silgará	Esquisto		Qz-Grt-Sill-Bt-Ms	
PCM-115	1303980	1144980	2575		Silgará	Mármol Blanco y Rosado		Ca-MO	
PCM-118	1303210	1144600	2825		Silgará	Pegmatita + Esquisto		Qz-PI-Grt-Ms-And-Bt	
PCM-119	1302310	1243320	3150		Ortoneis	Neis Muscovítico con Biotita		Qz-PI-Ms-Bt	
PCM-128	1301180	1146000	2670	Vías a la Antigua Mina Quebrada		Anfibolita		PI-Anf-Grt-Bt-Qz-Ms-St	

				Valegra					
PCM-129	1301580	1144290	3250	50m arriba del alto de la Cruz	Silgará	Esquisto + Pegmatita		Ms-Qz-Pl-Bt-St-Ox-Grt	
PCM-140	1302320	1143280	3170	Margen Derecho de la quebrada Isadora	Ortoneis	Neis biotítico		Qz-Bt-Pl	
PCM-141	1302250	1143280	3180	Quebrada Isadora		Pegmatita		Qz-Pl-Ms	
PCM-156					Neis de Bucaramanga	Neis biotítico		Qz-Pl-Bt-Grt	
PCM-168						Monzogranito			
PCM-169						Monzogranito			
PCM-170						Neis y Granodiorita			
PCM-171						Monzogranito			
PCM-172						Monzogranito			
PCM-176						Protomilonita			
PCM-190						Neis biotítico			
PCM-192						Monzogranito			
PCM-197					Neis de Bucaramanga	Migmatita			
PCM-199						Monzogranito			
PCM-200						Tectónica			
PCM-212						Granodiorita			
PCM-228						Granitoide			
PCM-251						Monzogranito			
PCM-266						Pórfido Dacítico			
PCM-268						Tectonita			
PCM-270						Granitoide			
PCM-272						Granodiorita			
PCM-288					Neis de Bucaramanga	Migmatita			

PCM-289					Neis de Bucaramanga	Neis biotítico			
PCM-290						Granodiorita			
PCM-291					Neis de Bucaramanga	Neis hornbléndico			
PCM-294					Neis de Bucaramanga	Neis hornbléndico			
PCM-296						Granito			
PCM-297					Neis de Bucaramanga	Neis biotítico			
PCM-300					Neis de Bucaramanga	Migmatita			
PCM-305					Neis de Bucaramanga	Neis hornbléndico			
PCM-307					Neis de Bucaramanga	Neis biotítico			
PCM-308					Neis de Bucaramanga	Neis biotítico			
PCM-315					Neis de Bucaramanga	Neis hornbléndico			
PCM-316					Neis de Bucaramanga	Neis biotítico			
PCM-317						Sienogranito			
PCM-321						Monzogranito			
PCM-325						Monzogranito			
PCM-326						Diabasa			
PCM-328					Neis de Bucaramanga	Neis hornbléndico			
PCM-329						Granito			
PCM-337						Granito			

PCM-338						Granito			
PCM-345						Granito			
PCM-351					Neis de Bucaramanga	Neis biotítico		Qz-Pl-Hb-Bt	
PCM-354					Neis de Bucaramanga	Neis biotítico			
PCM-355					Neis de Bucaramanga	Neis biotítico		Pl-Qz-Hb	
PCM-362						Cuarcita con Biotita			
PCM-364						Cuarcita con Biotita			
PCM-370									
PCM-372						Esquisto cuarzoso con Turmalina			
PCM-376						Cuarcita Biotítica con Granate			
PCM-380						Cuarcita Biotítica con Turmalina			
PCM-383						Cuarcita Biotítica con Clorita			
PCM-385						Cuarcita Biotítica con Granate			
PCM-386						Cuarcita Biotítica con Granate			
PCM-389						Cuarcita Granatífera con Hornblenda			
PCM-391						Esquisto Estaurolitico con Granate			
PCM-393									
PCM-394						Cuarcita Biotítica			

PCM-395						Esquisto Micáceo con Cuarzo			
PCM-399						Cuarcita Biotítica			
PCM-401						Esquisto cuarzoso			
PCM-403						Cuarcita Biotítica con muscovita			
PCM-405						Cuarcita Biotítica con muscovita			
PCM-406									
PCM-408						Cuarcita Micácea			
PCM-414									
PCM-417						Cuarcita Granatífera			
PCM-419						Cuarcita con Plagioclasa y Mica			
PCM-420						Cuarcita Granatífera			
PCM-421									
PCM-424						Esquisto con Granate y Cuarzo			
PCM-427						Cuarcita Con Granate			
PCM-430						Cuarcita con Plagioclasa y Muscovita			
PCM-433						Cuarcita muscovítica			
PCM-438						Esquisto Micáceo con Cuarzo			
PCM-439									
PCM-441						Cuarcita Granatífera			
PCM-442						Cuarcita Granatífera			
PCM-443						Cuarcita Biotítica			

PCM-444						Esquisto Biotítico con Cuarzo y Granate			
PCM-445						Cuarcita muscovítica			
PCM-447						Esquisto Cuarzoso con Clorita			
PCM-448						Cuarcita Biotítica			
PCM-449						Cuarcita muscovítica con Biotita			
PCM-450						Esquisto Biotítico con Cuarzo			
PCM-454						Cuarcita Biotítica con Turmalina			
PCM-457						Esquisto Granatífero con Cuarzo			
PCM-460						Esquisto Cuarzoso con muscovita			
PCM-461									
PCM-462						Esquisto Cuarzoso con muscovita			
PCM-465									
PCM-466						Esquisto Cuarzoso con muscovita			
PCM-470						Cuarcita Biotítica			
PCM-471						Cuarcita muscovítica			
PCM-473						Esquisto Cuarzoso con Granate y estauroлита			
PCM-476						Cuarcita Biotítica			
PCM-479						Cuarcita Biotítica			

PCM 480									
PCM-481						Esquisto Cuarzoso con Granate y Hornblenda			
PCM-482						Cuarcita Micácea			
PCM-484						Cuarcita Micácea			
PCM-485									
PCM-499									
PCM-500						Cuarcita Granatífera			
PCM-505									
PCM-508									
PCM-511									
PCM-514						Metasomatita			
PCM-523						Metasomatita			
PCM-525									
PCM-531						Metasomatita			
PCM-532						Cuarcita Granatífera			
PCM-536						Cuarcita Micácea			
PCM-541						Anfibolita			
PCM-544						Granito			
PCM-546					Ortoneis	Neis cuarzo feldespático			
PCM-558					Silgará	Cuarcita		Qz-Anf	
PCM-565					Silgará	Esquisto		Qz-Bt-Ms	
PCM-578					Ortoneis	Neis cuarzo feldespático			
PCM-579					Silgará	Esquisto Biotítico con Cuarzo			
PCM-583					Ortoneis	Neis hornbléndico		Pl-Hb	

						con Anfíbolita			
PCM-590						Tectonita			
PCM-593						Anfíbolita			
PCM-594						Anfíbolita			
PCM-595						Anfíbolita			
PCM-596						Diabasa			
PCM-597						Diabasa			
PCM-602					Silgará	Mármol			
PCM-608					Silgará	Mármol			
PCM-610					Silgará	Esquisto		Qz-Bt-Ms	
PCM-616					Ortoneis	Neis Biotítico			
PCM-619					Silgará	Esquisto Muscovítico		Ms-Qz-Grt	
PCM-629					Silgará	Mármol			
PCM-638					Ortoneis	Neis hornbléndico		Hb-Bt-Ms-Pl-Qz	
PCM-639					Ortoneis	Neis Biotítico		Bt-Ms	
PCM-648					Silgará	Metasomatita			
PCM-651					Silgará	Esquisto Muscovítico		Ms-Bt-Grt	
PCM-662					Silgará	Esquisto Muscovítico		Ms-Bt-Grt	
PCM-664					Silgará	Cuarcita		Bt-Ms-Pl-Hb-Qz	
PCM-666					Silgará	Cuarcita		Qz-Ms-Bt-Grt-Ky-Pl	
PCM-667					Ortoneis	Neis cuarzo feldespático			
PCM-672					Ortoneis	Neis cuarzo feldespático +Pegmatita			
PCM-675					Ortoneis	Anfíbolita			

PCM-679					Silgará	Mármol Blanco			
PCM-680					Silgará	Cuarcita con Biotita			
PCM-684					Silgará	Mármol Blanco			
PCM-685					Silgará	Esquisto		Qz-Grt-Tur-Ms	
PCM-693					Silgará	Esquisto Muscovítico		Bt-Qz-Ms-St-Grt-Sil	
PCM-694					Silgará	Cuarcita con muscovita			
PCM-697					Silgará	Cuarcita con Muscovita y Biotita		Qz-Bt-Grt-Ky-St-Ms	
PCM-700					Silgará	Esquisto Muscovítico con Granate			
PCM-702					Silgará	Esquisto Cuarzoso		Ms-Qz-Grt-Pl-St	
PCM-704					Silgará	Mármol Rosado			
PCM-737						Neis Biotítico			
PCM-744						Anfibolita			
PCM-753						Neis cuarzo feldespático			
PCM-757									
PCM-758						Neis biotítico con Hornblenda			
PCM-760									
PCM-761						Neis hornbléndico			
PCM-762									
PCM-763									
PCM-765									
PCM-766									
PCM-767						Neis Biotítico con			

						Sillimanita			
PCM-768						Neis hornbléndico con Biotita			
PCM-769									
PCM-771									
PCM-773									
PCM-775						Anfibolita			
PCM-777						Neis Biotítico			
PCM-778						Anfibolita			
PCM-779						Neis cuarzo feldespático con Biotita			
PCM-781						Neis cuarzo feldespático con Biotita			
PCM-795						Neis cuarzo feldespático con Biotita			
PCM-798						Neis cuarzo feldespático			
PCM-800						Neis cuarzo feldespático			
PCM-801						Anfibolita			
PCM-803						Pegmatita			
PCM-807						Neis hornbléndico			
PCM-810									
PCM-812						Neis cuarzo feldespático con Biotita			
PCM-813						Neis Biotítico			

PCM-814						Neis hornbléndico			
PCM-815						Neis hornbléndico con Biotita			
PCM-816						Neis cuarzo feldespático con Biotita			
PCM-817						Neis Biotítico			
PCM-818									
PCM-821									
PCM-822									
PCM-825									
PCM-826									
PCM-831									
PCM-833									
PCM-834									
PCM-841									
PCM-851									
PCM-854									
PCM-861									
PCM-866									
PCM-870									
PCM-871									
PCM-877									
PCM-885									
PCM-894									
PCM-895									
PCM-897									
PCM-898									

PCM-900									
PCM-903									
PCM-905									
PCM-906									
PCM-907									
PCM-909									
PCM-911									
PCM-916									
PCM-920									
PCM-926									
PCM-928									
PCM-938									
PCM-939									
PCM-940									
PCM-953									
PCM-962									
PCM-965									
PCM-971									
PCM-972									
PCM-973									
PCM-983									
PCM-989									
PCM-991									
PCM-1001									
PCM-1002									
PCM-1003									
PCM-1004									
PCM-1005									



PCM-1006									
PCM-1022									
PCM-1030									
PCM-1039									
PCM-1044									
PCM-1046									
PCM-1047									
PCM-1056									
PCM-1062									
PCM-1067									
PCM-1068									
PCM-1072									
PCM-1076									
PCM-1102									
PCM-1104									
PCM-1105									
PCM-1106									
PCM-1107									
PCM-1108									
PCM-1109									
PCM-1112									
PCM-1116									
PCM-1118									
PCM-1123									
PCM-1131									
PCM-1140									
PCM-1141									
PCM-1144									


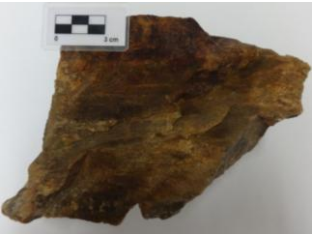
PCM-1153									
PCM-1159									
PCM-1161									
PCM-1162									
PCM-1167									
PCM-1171									
PCM-1191									
PCM-1200									
PCM-1201									
PCM-1204									


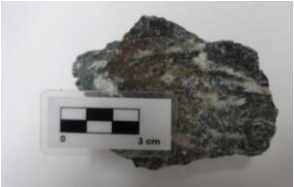
ANEXO B.



MUESTRA	FOTO	E	N	H	LOCALIDAD	UNIDAD	LITOLOGÍA	FOLIACION	MINER ALOGÍA	SD
PS-1-1		1117071	123523 8	1760	Vía Mesa de San Pedro a 10mts desviación de la vía ppal Pescadero -Aratoca	Metasedim entitas de Guaca	Metarenisca	N70W, 45SW		


<p>PS-1-2</p>		<p>1117071</p>	<p>123523 8</p>	<p>1760</p>	<p>Vía Mesa de San Pedro a 10mts desviación de la vía ppal Pescadero -Aratoca</p>	<p>Metasedimentitas de Guaca</p>	<p>Metarenisca</p>	<p>N70W, 45SW</p>	<p>Qtz Ms Kfs Chl Pl Op</p>	<p>X</p>
<p>PS-1-3</p>		<p>1117071</p>	<p>123523 8</p>	<p>1760</p>	<p>Vía Mesa de San Pedro a 10mts desviación de la vía ppal Pescadero -Aratoca</p>	<p>Metasedimentitas de Guaca</p>	<p>Filita</p>	<p>N70W, 45SW</p>		

<p>PS-1-4</p>		<p>1117071</p>	<p>123523 8</p>	<p>1760</p>	<p>Vía Mesa de San Pedro a 10mts desviación de la vía ppal Pescadero -Aratoca</p>	<p>Metasedimentitas de Guaca</p>	<p>Metarenisca</p>		
<p>PS-2-1</p>		<p>1117055</p>	<p>123420 0</p>		<p>Vía Pescadero -Aratoca. Margen izquierda.</p>	<p>Fm. Silgará</p>	<p>Esquisto micáceo</p>		

<p>PS-3-1</p>		<p>1117594</p>	<p>123257 5</p>	<p>.</p>	<p>El Ramal, entrada a Aratocha, margen izquierda, al lado de las residencias</p>	<p>Fm. Silgará</p>	<p>Esquistos biotíticos</p>	<p>No se tomo dato por el intenso replegamiento</p>	<p>Qtz Ms Bt Chl Op</p>	<p>X</p>
<p>PS-4-1</p>		<p>1117667</p>	<p>124349 6</p>	<p>.</p>	<p>Vía Aratocha- Pescadero, margen izquierda</p>	<p>Fm. Silgará</p>	<p>Cuarcita</p>	<p></p>	<p>Qtz Kfs Bt Chl Ep Op</p>	<p>x</p>

<p>PS-4-2</p>		<p>1117667</p>	<p>124349 6</p>	<p>887</p>	<p>Vía Aratoca- Pescadero, margen izquierda</p>	<p>Fm. Silgará</p>	<p>Esquisto granatífero</p>		<p>Qtz Bt Pl Chl Grt Op</p>	<p>x</p>
<p>Ps-4-3</p>		<p>1117667</p>	<p>124349 6</p>	<p>887</p>	<p>Vía Aratoca- Pescadero, margen izquierda</p>	<p>Fm. Silgará</p>	<p>Granofelsa</p>		<p>Qtz Hbl Pl Chl Cal</p>	<p>x</p>

<p>PS-5-1</p>		<p>1120853</p>	<p>128389 2</p>	<p>681</p>	<p>Cepita a Vía ppal Aratoca- Pescadero. Margen izq.</p>	<p>Diques de diabasa cortando cuarcitas del Silgará a 325/54</p>	<p>Diabasa</p>	<p>De la cuarcita 80/40</p>		
<p>PS-5-2</p>		<p>1120853</p>	<p>128389 2</p>	<p>681</p>	<p>Cepita a Vía ppal Aratoca- Pescadero. Margen izq.</p>	<p>Diques de diabasa cortando cuarcitas del Silgará</p>	<p>Esquisto anfibólico</p>		<p>Qtz Hbl Bt Ep Di Op</p>	<p>X</p>

Ps-6-1	X	1113352	129903 7		Vía Alto a Matanza, margen izquierda	Fm. Silgará	Cuarcita			
PS-7-1		1113461	129928 8		Vía Alto a Matanza, margen izquierda. Cruce con quebrada	Fm. Silgará	Metarenisca		Qtz Ms Chl Kfs Pl Ep Op	X
PS-8-1	X	1116487	130175 9		Vía Alto a Matanza, margen izquierda	Fm. Silgará	Filitas			
Ps-9-1	X				Vía Mutiscua-Sucre, cruce con Q. Valegrá	Fm. Silgará	Roca calcosilicada		Di Zo Hbl Qtz Cal	X

PS-9-2	x				Vía Mutiscua- Sucre, cruce con Q. Valegrá	Fm. Silgará	Roca calcosilicata da		Hbl Zo Cal Qtz Op	x
---------------	----------	--	--	--	---	----------------	-----------------------------	--	-------------------------------	----------

ANEXO C.

GEOQUÍMICA DE LAS ROCAS DE LA FORMACIÓN SILGARÁ EN LAS ÁREAS PESCADERO-ARATOCA Y MUTISCUA

Introducción

Geología regional y local

Petrografía

Metamorfismo

Geoquímica de elementos mayores y traza

Geoquímica Tierras Raras

Protolito

Discusión

Conclusiones

Agradecimientos

Bibliografía