

GEOLOGÍA DEL ÁREA DE BERLÍN, MACIZO DE SANTANDER.

MAYRA ALEJANDRA ALLADO ARGUELLO



**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERIAS FISICO-QUÍMICA
ESCUELA DE GEOLOGÍA
BUCARAMANGA
2015**

GEOLOGÍA DEL ÁREA DE BERLÍN, MACIZO DE SANTANDER.

MAYRA ALEJANDRA ALLADO ARGUELLO

Cód. 2080826

TRABAJO DE GRADO PARA OBTENER EL TITULO DE: GEÓLOGO

DIRECTOR:

CARLOS ALBERTO GARCÍA RAMÍREZ

Geólogo, PhD

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERIAS FISICO-QUÍMICA**

ESCUELA DE GEOLOGÍA

BUCARAMANGA

2015

AGRADECIMIENTOS

Al profesor Carlos Alberto García Ramírez por la oportunidad de realizar este proyecto, su acompañamiento y asesorías.

Al proyecto de investigación 9435 ESTRUCTURA Y EVOLUCION GEOLOGICA DEL BASAMENTO CRISTALINO DEL MACIZO DE SANTANDER, CORDILLERA ORIENTAL (COLOMBIA), el cual es financiado por Colciencias, Universidad Nacional y Universidad Industrial de Santander por el apoyo financiero y logístico.

CONTENIDO

INTRODUCCIÓN.....	13
1. OBJETIVOS	14
1.1 OBJETIVO GENERAL.....	14
1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	14
2. LOCALIZACIÓN	15
3. MARCO GEOLÓGICO.....	17
4. ANTECEDENTES.....	20
5. METODOLOGÍA.....	22
5.1 PRE-CAMPO.....	22
5.2 LABORATORIO.....	22
5.3 TRABAJO DE OFICINA.....	25
6. GEOMORFOLOGÍA	28
6.1 AMBIENTE ANTROPOGÉNICO.....	28
6.2 AMBIENTE ESTRUCTURAL	29
6.3 AMBIENTE GLACIAL	29
6.4 AMBIENTE FLUVIAL Y LAGUNAR.....	29
7. GEOLOGÍA ESTRUCTURAL.....	32
8. PETROGRAFIA	35
8.1 ROCAS IGNEAS	36

8.1.1 STOCK DE GRANODIORITA	37
8.1.2 TONALITA Y GRANODIORITA DEL PLUTÓN DE PÁRAMO RICO (TRTGD).	38
8.1.3 CUARZOMONZONITA SANTA BÁRBARA (JRCS).	40
8.1.4 GRANITO DE PESCADERO (JRGP).	42
8.2 ROCAS METAMÓRFICAS	47
8.2.1 NEIS DE BUCARAMANGA (PCABH).	47
8.2.2 ESQUISTOS DEL SILGARÁ (S.S).....	49
8.2.2.1 ESQUISTO MUSCOVÍTICO.	52
8.2.2.2 CUARCITA	53
8.2.3 ORTONEIS.....	54
8.2.4 NEIS CUARZOFELDESPÁTICO (PDO):	54
8.2.4.1 NEIS HORNBLÉNDICO (PDOD):	57
8.3 ROCAS SEDIMENTARIAS.....	59
8.3.1 FORMACIÓN TAMBOR (KITA).....	59
8.4 DEPOSITOS DE TERRAZA ALUVIAL (QTF)	59
8.5 DEPÓSITOS GLACIOFLUVIALES (QG).....	60
9. MAGMATISMO.....	61
10. METAMORFISMO	65
11. ACTIVIDAD HIDROTERMAL.....	68
12. CONCLUSIONES	69
BIBLIOGRAFIA.....	70
ANEXOS	72

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Coordenadas topográficas del área de trabajo.	15
Tabla 2. Abreviaturas minerales empleadas.	25
Tabla 3. Secciones delgadas de la Cuarzomonzonita Santa Bárbara.	41
Tabla 4. Secciones delgadas del Granito de Pescadero.	43
Tabla 5. Clasificación de rocas compuestas por cuarzo, mica y feldespatos principalmente.	49
Tabla 6. Composición mineralógica de los Esquisto del Silgará.	51
Tabla 7. Secciones delgadas del Neis Cuarzofeldespático.	55

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.	Localización del área de estudio.	16
Figura 2.	Ubicación del Macizo de Santander.....	17
Figura 3.	Localización de las muestras estudiadas	24
Figura 4.	Modelo de elevación digital (DEM).....	26
Figura 5.	Mapa de Pendientes	27
Figura 6.	Geomorfología del área de estudio.	31
Figura 7.	Geología del área de Berlín.	35
Figura 8.	Clasificación de las rocas ígneas plutónicas usando el diagrama QAP..	36
Figura 9.	Microfotografías de rocas ígneas (sienogranito). A y B. Sienogranito, Cuarzomonzonita Santa Bárbara, muestra BM-23, B en nicoles paraleros; C y D. Sienogranito, Granito de Pescadero, muestra BM-89, D en nicoles paralelos; E. Sienogranito, Cuarzomonzonita Santa Bárbara, muestra BM-17.....	45
Figura 10.	Textura de rocas ígneas. A. Textura mimerquítica, B, C y D. Textura pertítica.....	46
Figura 11.	. Subdivisión rocas de los Esquistos del Silgará.	50
Figura 12.	Textura Lepidrogranoblástica rocas metamórficas. A. Ortoneis, muestra BM-3, Neis cuarzofeldespático; B. muestra BM-3, nicoles paralelos; C. Ortoneis, muestra BM-30, Neis cuarzofeldespático; D. Ortoneis, muestra BM-31, Neis cuarzofeldespático; E y F. Neis de Bucaramanga, muestra BM-77, nicoles cruzados y nicoles paralelos respectivamente.....	58

LISTA DE ANEXOS

Anexo A con el archivo “Cátalogo de muestras área de Berlín, Santander”.xls,...CD
Anexo B con el archivo “Descripciones de muestras en sección delgadaCD
Anexo C donde se encuentran los archivos “DEM”, “Geomorfología”, “Mapa geológico área de Berlín”, “Muestras” y “Pendientes”. JPEG.CD

RESUMEN

TÍTULO: GEOLOGÍA DEL ÁREA DE BERLÍN, MACIZO DE SANTANDER.*

AUTOR: Mayra Alejandra Allado Arguello**

PALABRAS CLAVES: Macizo de Santander, Esquistos del Silgará, Páramo del Berlín.

DESCRIPCIÓN:

Mediante estudios petrográficos y estructurales de las unidades litológicas aflorantes en el sector de Berlín se obtiene la cartografía geológica de dicho sector a escala 1:25.000. Se identificaron las siguientes unidades: Neis de Bucaramanga (PCabh), Esquistos del Silgará (s.s), Ortoneis (Neis cuarzofeldespático y Neis hornbléndico), Stock de Granodiorita (Jg), Plutón de Páramo Rico (TRtgd), Cuarzomonzonita Santa Bárbara (JRcs), Granito de Pescadero (JRgp), Aplita (a), Riolita (r), Formación Tambor (Kita), Depósitos Glaciofluviales (Qg) y Depósitos de Terraza Aluvial (Qtf). En cuanto a estructuras en el área de Berlín se identificaron cuatro fallas locales: La Falda, Las Guarichas, El Cincho y El Saladito distribuidas a lo largo del área de estudio. Geomorfológicamente el área de Berlín se encuentra dominada por un ambiente estructural y en menor proporción ambientes de carácter fluvial, glacial y antropogénico según la clasificación del Servicio Geológico Colombiano (SGC), sus pendientes varían desde ligeramente inclinadas a fuertemente quebradas.

El pico de metamorfismo de los Esquistos del Silgará se relaciona con el evento orogénico principal Fammatiniano (localmente conocida como Quetame-Caparonensis, Restrepo-Pace and Cediel, 2010; Mantilla et al., 2012; Van Der Lilej, 2014; Spikings et al., 2015; otros). Basados en edades U-Pb en circones detríticos se puede concluir que la máxima edad estratigráfica es Neoproterozoico (Mantilla et al., 2015). Los Esquistos del Silgará y el Ortoneis son coetáneos con respecto al evento metamórfico.

*Trabajo de Grado

**Facultad De Ingenierías Físico-Química. Escuela De Geología. Director: PhD. Carlos Alberto García Ramírez.

ABSTRACT

TITLE: GEOLOGÍA DEL ÁREA DE BERLÍN, MACIZO DE SANTANDER.*

AUTHORS: Mayra Alejandra Allado Arguello

KEYWORDS: Santander Massif, Silgará Schists, Berlín's moor.

DESCRIPTION:

Through petrographic and structural studies of the outcropping lithological units on Berlín area, the geological cartography of this sector is obtained in a 1:25.000 scale. The following units were identified: Neis from Bucaramanga (PCabh), Silgará schists (s.s), Ortoneis (Neis cuarzofeldespático y Neis hornbléndico), Granodiorite's Stock (Jg), Pluto's Páramo Rico (TRtgd), Cuarzomonzonita Santa Bárbara (JRcs), Granite's Pescadero (JRgp), Aplite (a), Rhyolite (r), Tambor Formation (Kita), Glaciofluvial Deposits (Qg) and Alluvial Terrace Deposits (Qtf). In regard to the structures, four local faults were identified on Berlín area: La Falda, Las Guarichas, El Cincho y El Saladito distributed along the study area. Geomorphologically, Berlín's area is dominated by a structural environment and in lower proportion fluvial, glacial and anthropogenic character environments, by classification Colombian Geological Survey (SGC); its slopes vary from slightly steep to heavily broken.

The peak of metamorphism of Silgará Schists relates to the main Famatinian orogenic event (Locally known as Quetame-Caparonensis, Restrepo-Pace and Cediel, 2010; Mantilla et al., 2012; Van Der Lilej, 2014; Spikings et al., 2015; others). Based on U-Pb ages on detrital zircons, it can be concluded that the stratigraphic age limit is Neoproterozoic (Mantilla et al., 2015). The Silgará schists and the Ortoneis are coeval according to the metamorphic event.

*Degree Work.

**Faculty of Physics-Chemistry Engineering, School of Geology. Director: PhD. Carlos Alberto García Ramírez.

INTRODUCCIÓN

La geología del área de Berlín perteneciente al Macizo de Santander ha sido el objeto de estudio del presente trabajo de investigación, en el que se realizaron estudios de campo y petrográficos, donde se identificaron las unidades Neis de Bucaramanga (PCabh), Esquistos del Silgará (s.s), Ortoneis (Neis cuarzofeldespático y Neis hornbléndico), Stock de Granodiorita (Jg), Plutón de Páramo Rico (TRtgd), Cuarzomonzonita Santa Bárbara (JRcs), Granito de Pescadero (JRgp), Aplita (a), Riolita (r), Formación Tambor (Kita), Depósitos Glaciofluviales (Qg) y Depósitos de Terraza Aluvial (Qtf). Además, se interpretaron las unidades geomorfológicas que modelan el área de estudio y se identificaron cuatro fallas a partir de diferentes evidencias encontradas.

El proyecto de grado se realizó bajo la modalidad de “Trabajo de investigación” y forma parte del proyecto de investigación 9435 “ESTRUCTURA Y EVOLUCION GEOLOGICA DEL BASAMENTO CRISTALINO DEL MACIZO DE SANTANDER, CORDILLERA ORIENTAL (COLOMBIA)” el cual es financiado por Colciencias, Universidad Nacional y Universidad Industrial de Santander.

1. OBJETIVOS

1.1 OBJETIVO GENERAL

Determinar y caracterizar las litologías aflorantes y las estructuras en el sector de Berlín para generar el mapa geológico escala 1:25.000.

1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar las litologías aflorantes en el sector de Berlín.
- Establecer las características mineralógicas y petrográficas de las litologías presentes.
- Identificar las estructuras en el área de estudio.
- Elaborar el mapa geológico escala 1:25.000 con base en la información litológica y estructural obtenida.

2. LOCALIZACIÓN

El área de estudio se localiza en el departamento de Santander, corregimiento Berlín perteneciente a la jurisdicción del municipio de Tona, el cual limita al norte con los municipios Charta y Vetas, al sur con Santa Bárbara, Piedecuesta y Floridablanca, al occidente con Bucaramanga, al oriente con el Departamento de Norte de Santander; pertenece a la provincia de Soto y se ubica sobre la Cordillera Oriental, en el Macizo de Santander.

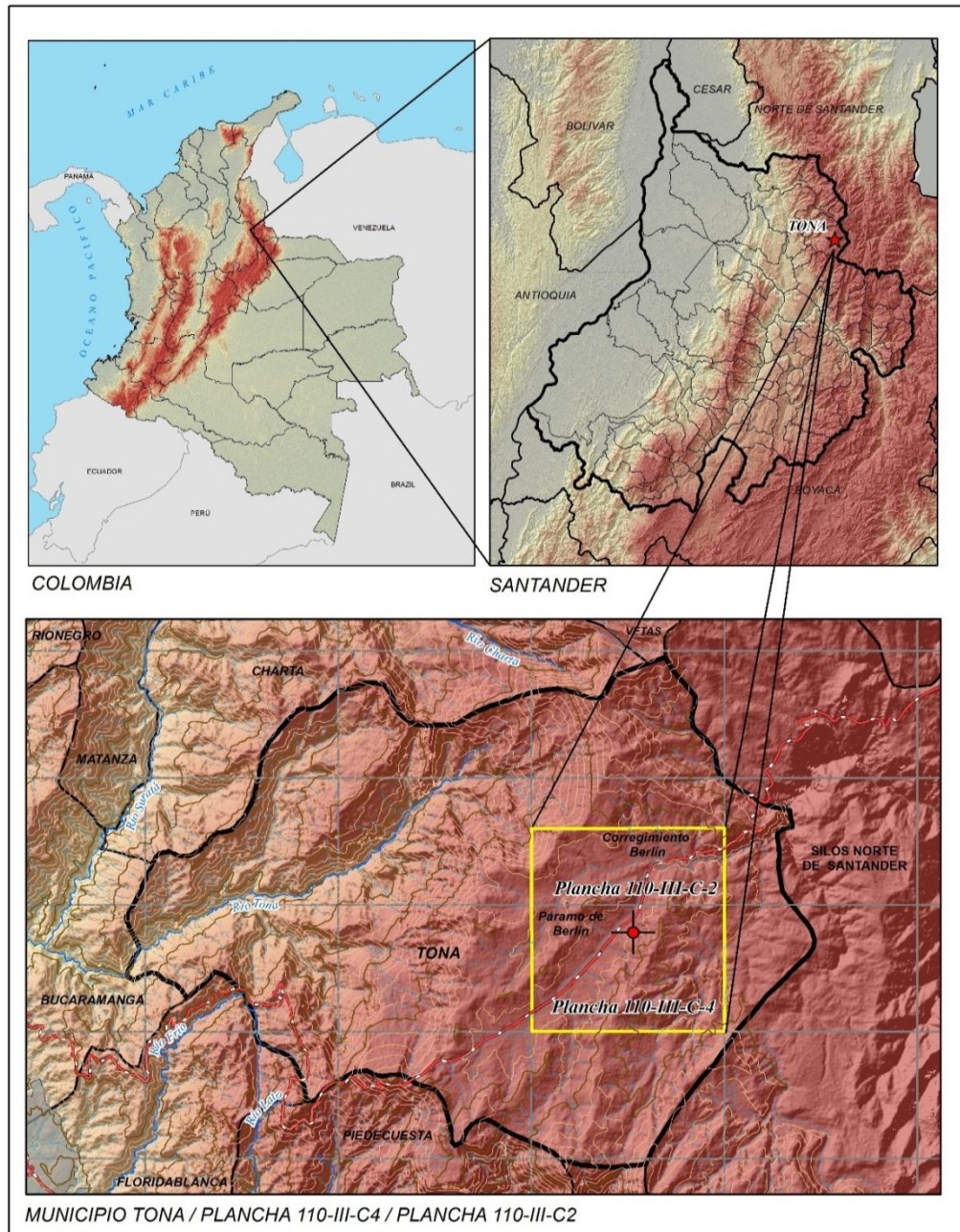
Se encuentra dentro de las planchas 110-III-C2 y 110-III-C4 del Instituto Geográfica Agustín Codazzi, limitada por las coordenadas topográficas:

Tabla 1. Coordenadas topográficas del área de trabajo.

COORDENADAS ORIGEN BOGOTÁ		
Vértices	Este (X)	Norte (Y)
NW	1.288.000	1.127.500
NE	1.288.000	1.135.000
SW	1.280.000	1.127.500
SE	1.280.000	1.135.000

La principal vía de acceso a la zona de estudio corresponde a la vía principal que comunica la ciudad de Bucaramanga con Pamplona, a 63 kilómetros de la capital Santandereana.

Figura 1. Localización del área de estudio.

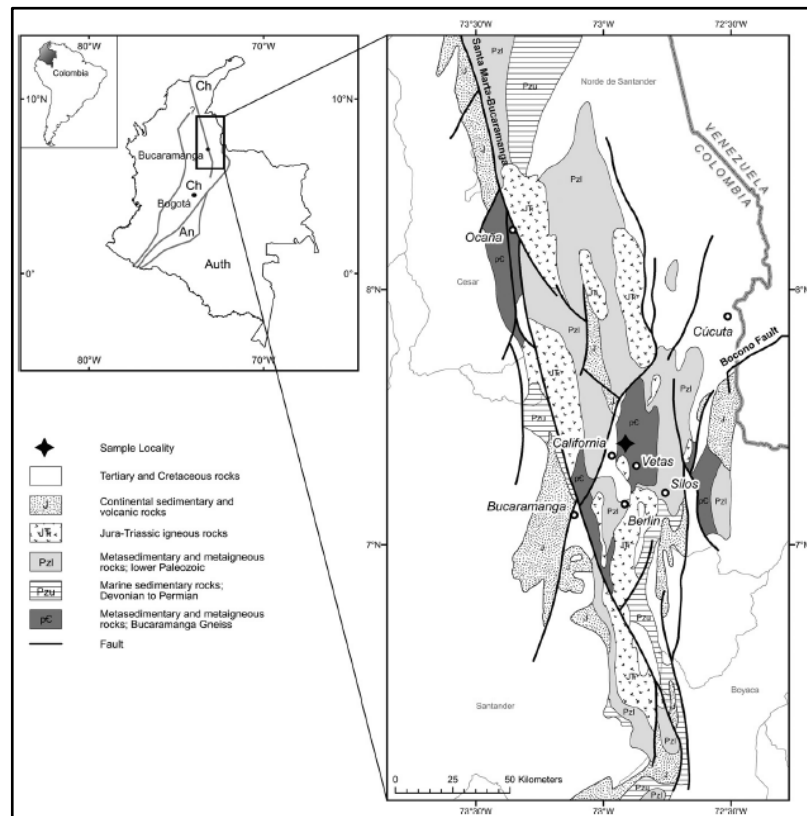


Parte superior izquierda, mapa de Colombia y Cordilleras de los Andes. Superior derecha, Departamento de Santander, Municipio de Tona, corregimiento de Berlín. Parte Inferior, localización área de trabajo (planchas 110-III-C2 y 110-III-C4) en el sector de Berlín.

3. MARCO GEOLÓGICO

Realizando un acercamiento desde una escala más regional a una escala más local, se hace necesario señalar que el área de estudio hace parte del Sistema Orogénico Andino, más específicamente de los Andes del Norte, del cual hacen parte los Andes Venezolanos (Andes de Mérida), los Andes Colombianos y Ecuatorianos (Gansser et al., 1977, Alemán y Ramos, 2000). En éste contexto de los Andes del Norte, se localiza el denominado Bloque de Maracaibo, el cual está limitado por las Fallas Bucaramanga-Santa Marta, Oca y Boconó (Tschanz et al., 1974; Van der Hilst y Mann, 1994). En un sector relativamente esquinero dentro de éste bloque, se localiza el Macizo de Santander y particularmente la zona del presente estudio.

Figura 2. Ubicación del Macizo de Santander



Fuente: Mantilla et al, (2012).

Estructuralmente el Macizo de Santander es un bloque levantado limitado al oeste por la falla Bucaramanga-Santa Marta y al este por el sistema de fallas Pamplona-Cubogón-Mercedes (García et al. 2005). La Falla Bucaramanga-Santa Marta es considerada un sistema de fallas de rumbo con movimiento sinistral, cuyo desplazamiento es calculado de 100 a 110 km (Ward et al, 1973). Según Julivert (1961b), tiene una componente vertical importante, que hace que esta falla se comporte en algunos sectores como inversa y en su extremo meridional aún de cabalgamiento por flexión de la falla.

El basamento del Macizo de Santander está constituido por rocas metamórficas de edad Precámbrica a Paleozoica, cortadas por cuerpos intrusivos del Triásico y Jurásico (Goldsmith, 1971). Las rocas metamórficas de este basamento han sido divididas en tres unidades: Neis de Bucaramanga, los Esquistos del Silgará y el Ortoneis.

El Neis de Bucaramanga consta de una secuencia de paraneises cuarzofeldespáticos, hornbléndicos, cuarcita, mármoles y esporádicamente granulitas (Royero y Clavijo, 2001).

Los Esquisto del Silgará suprayacen al Neis de Bucaramanga y se compone de una secuencia metamórfica, que se caracteriza por intercalaciones de esquistos pelíticos, cuarcitas y mármoles. Esta unidad fue afectada en grados variables por un metamorfismo regional retrogrado con facies que varían desde Esquistos verdes superiores hasta facies Anfibolitas inferiores.

El Ortoneis, se define como un cuerpo metamórfico de origen ígneo con estructura néisica, aspecto masivo y composición félsica a intermedia (Ward, et al. 1973). Esta unidad se formó contemporánea al metamorfismo regional de los Esquistos del Silgará y presenta facies anfibolitas.

Los eventos magmáticos en el Macizo de Santander están relacionados con grandes eventos paleogeográficos, y se han propuesto principalmente 3: Rocas plutónicas de edad Paleozoica, rocas intrusivas tonalíticas, granodioríticas y cuarzomonzoníticas pertenecientes al Grupo Plutónico de Santander consideradas de edad Jura-triásico y Jurásico; y rocas ígneas post-cretácicas. (Mantilla et al, 2011).

4. ANTECEDENTES

Existen diversos estudios sobre el macizo de Santander y su relación con la cordillera Oriental de Colombia; sin embargo, es escasa la información sobre el área de Berlín a pesar de la proximidad entre esta y el distrito minero de Vetas – california limitando la interpretación geológica de esta parte de los Andes del norte.

Entre los primeros estudios realizados sobre el área de Berlín, se encuentra la cartografía geológica escala 1:100.000, realizada por Ward (1973), en la que se identificaron las unidades metamórficas: Neis de Bucaramanga, Esquistos del Silgará y Ortoneis; los cuerpos ígneos representado por el Grupo plutónico de Santander y rocas sedimentarias de las formaciones: Floresta, Diamante, Tiburón, Bocas, Jordán y Girón. Posteriormente, sobre la base de Ward, Clavijo, J. y Royero, J (2001) elaboran el mapa geológico generalizado del departamento de Santander escala 1:400.000.

En 1993, Téllez, N. y Villamizar, D. realizaron estudios geomorfológicos y geológicos de Berlín con el fin de encontrar zonas que favorecieran la construcción de embalses para el aprovechamiento de recursos hídricos en dicha área. Proporcionan información sobre las unidades presentes en la zona y su tectónica regional. Se describe la Formación Bucaramanga (pDb y pDbm), los Esquistos del Silgará (pDs), Ortoneis (pDo), la Floresta Metamórfico (Df), el Grupo Plutónico de Santander y rocas pertenecientes a la Formación Tambor (Kita). Referente a la geomorfología, identificaron dos tipos de depósitos: Depósitos Glaciares (Qg) y Terrazas y conos de deyección (Qtf).

Coronado, W., y Mejía C., (2006) realizaron la cartografía geológica escala 1:25.000 y caracterización estructural del sector nororiental de la cuenca del Rio

de Oro, Santander donde resaltan las características hidrogeológicas del Altiplano de Berlín y su importancia como fuente de recurso hídrico.

Mejía, A. (2010) desarrolla el estudio de filones de cuarzo aflorantes en el Páramo de Berlín. Mediante análisis mineralógicos-petrográficos, microtermométricos representativas de inclusiones fluidas en el cuarzo y difracción de rayos x definió tres tipos de filones; I, II y III. La roca caja de estos filones corresponde respectivamente a un esquisto cuarzo – grafitoso de los Esquistos del Silgará, cuarzomonzonita de santa bárbara y un monzogranito del Granito de Pescadero. El evento hidrotermal ocurrió en varios pulsos y con mezcla de fluidos megmáticos y meteóricos lo cual generó diferentes tipos de cuarzo como material de relleno: cuarzo opalínico y calcedónico, cuarzo en drusa, cuarzo con oquedades, cuarzo blanco amorfo, además de plagioclasa y feldespato potásico.

La Escuela de Geología de la Universidad Industrial de Santander ha realizado trabajos de cartografía geológica en el Páramo de Berlín en los años 2006, 2008 y 2013, en la asignatura campo II de pregrado. Estos trabajos inéditos, proporcionan importantes datos y muestras que serán objeto de estudio en el presente proyecto. De acuerdo con lo anterior, se concluye que los trabajos publicados acerca de la geología del Páramo de Berlín son escasos y dispersos en sus temáticas, por lo cual se propone realizar la cartografía geológica 1:25.000 que sirva de base para trabajos futuros más detallados.

5. METODOLOGÍA

La metodología implementada durante el proyecto consistió en las siguientes etapas: pre-campo, laboratorio y trabajo de oficina. A continuación se describen las etapas señaladas.

5.1 PRE-CAMPO.

La primera etapa del proyecto, inició con el planteamiento del problema, delimitación de la zona de estudio, y por último, recopilación y análisis de la información bibliográfica y cartográfica existente acerca de la geología del área de Berlín.

La información bibliográfica se obtuvo de artículos en revistas científicas (Boletín de Geología UIS), bases de datos de Biblioteca Central UIS, informes del INGEOMINAS (Memoria Explicativa, cuadrángulo H-12, H-13), Mapas geológicos y topográficos (planchas topográficas 110-III-C-2 y 110-III-C4). Igualmente, se procedió a organizar las muestras e informes realizados en las prácticas de campo de la asignatura Campo II durante los años 2006, 2007, 2008 y 2013.

5.2 LABORATORIO.

En esta fase se interpretaron los datos tomados en campo, se realizaron las descripciones macroscópicas de las muestras, usando un estereomicroscopio marca Carl Zeiss. Luego, se seleccionaron las muestras de interés para elaborar las secciones delgadas y se seleccionaron las secciones delgadas existentes. El listado y la localización de las muestras se presentan en el Anexo A y la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia..**

Las descripciones microscópicas de las secciones delgadas se realizaron empleando el microscopio triocular de luz transmitida marca LEICA modelo

DM750P, en el laboratorio del Grupo de Investigación en Geología Básica y Aplicada – GIGBA de la Escuela de Geología de la Universidad Industrial de Santander, Sede Guatiguará. Las macrofotografías fueron tomadas empleando el sistema de fotografía digital MC120HD, acoplado al microscopio LEICA ya mencionado.

La clasificación de las rocas ígneas se hizo a partir de la Guía de Laboratorios de Petrología Ígnea, de Mantilla (2003), diagrama QAPF para clasificación de rocas plutónicas (Streckeisen, 1976) y diagramas para determinación aproximada del porcentaje en volumen de minerales en una roca (Tomado de Klein, 1989), y para las rocas metamórficas se emplea el Manual de Prácticas de Petrología Metamórfica, de García (2007) y la clasificación del Servicio Geológico Británico (BGS), publicada por Robertson (1999). Las abreviaturas minerales son las recomendadas por la Subcomisión en rocas metamórficas de la Unión Internacional en Geociencias (siglas en ingles SCMR). Ver tabla 1.

Figura 3. Localización de las muestras estudiadas

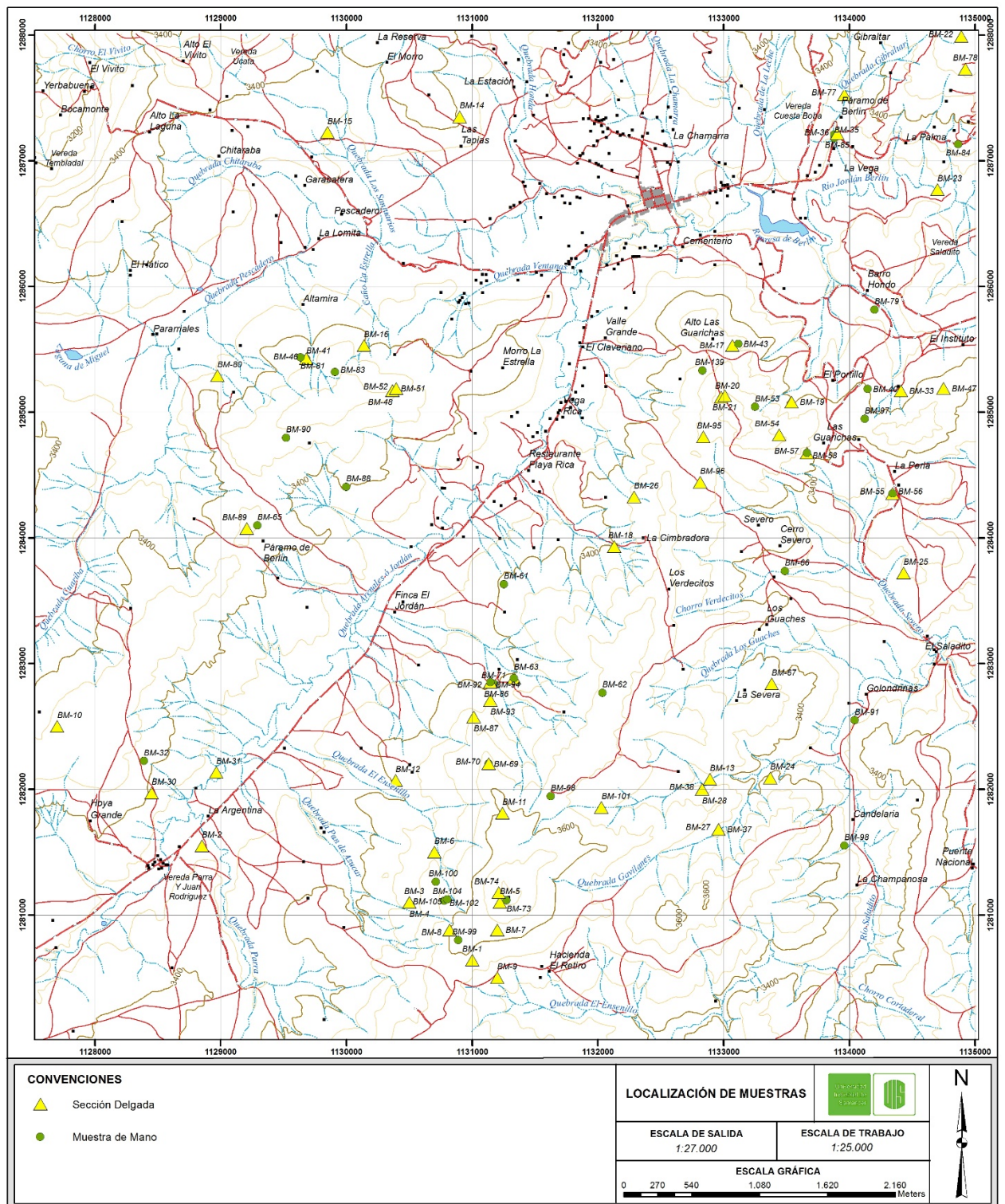


Tabla 2. Abreviaturas minerales empleadas.

Bt	Biotita
Chl	Clorita
Qtz	Cuarzo
Ep	Epidota
Kfs	Feldespato potásico
Grt	Granate
Op	Minerales Opacos
Ms	Muscovita
Pl	Plagioclasa
Ser	Sericita
Sil	Sillimanita
Zrn	Zircón

Fuente: SCMR, 2007

5.3 TRABAJO DE OFICINA

El desarrollo de esta etapa inicia con el estudio y selección de información obtenida en campo y en el laboratorio, posteriormente integrada con el fin de generar el mapa a escala 1:25.000 con su respectiva memoria.

Con el fin de proporcionar información cartográfica actualizada se descargó una imagen satelital mediante el programa S.A.S PLANET el cual es un software libre de origen ruso que proporciona imágenes de diferentes satélites; ésta imagen permitió la corrección en el trazado de algunas vías y drenajes de la zona que cubre la imagen, debido a que no se encontró una imagen con buena resolución para la totalidad del área de trabajo. Para la interpretación geomorfológica se contó con el Modelo de Elevación Digital (DEM) de descarga libre en el portal web de la Administración Nacional de Aeronáutica y del Espacio de Estados Unidos (NASA) ¹

¹ http://reverb.echo.nasa.gov/reverb/#utf8=%E2%9C%93&spatial_map=satellite&spatial_type=rectangle y su interfaz de descubrimiento de datos de Ciencias de la Tierra "Reverb"; una vez descargado el DEM (Ver Figura 4) se generaron las pendientes, clasificadas según el Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC), (Ver Figura 4) y el Modelo de Sombras mediante Arcview (Software Libre). Web:

Figura 4. Modelo de elevación digital (DEM)

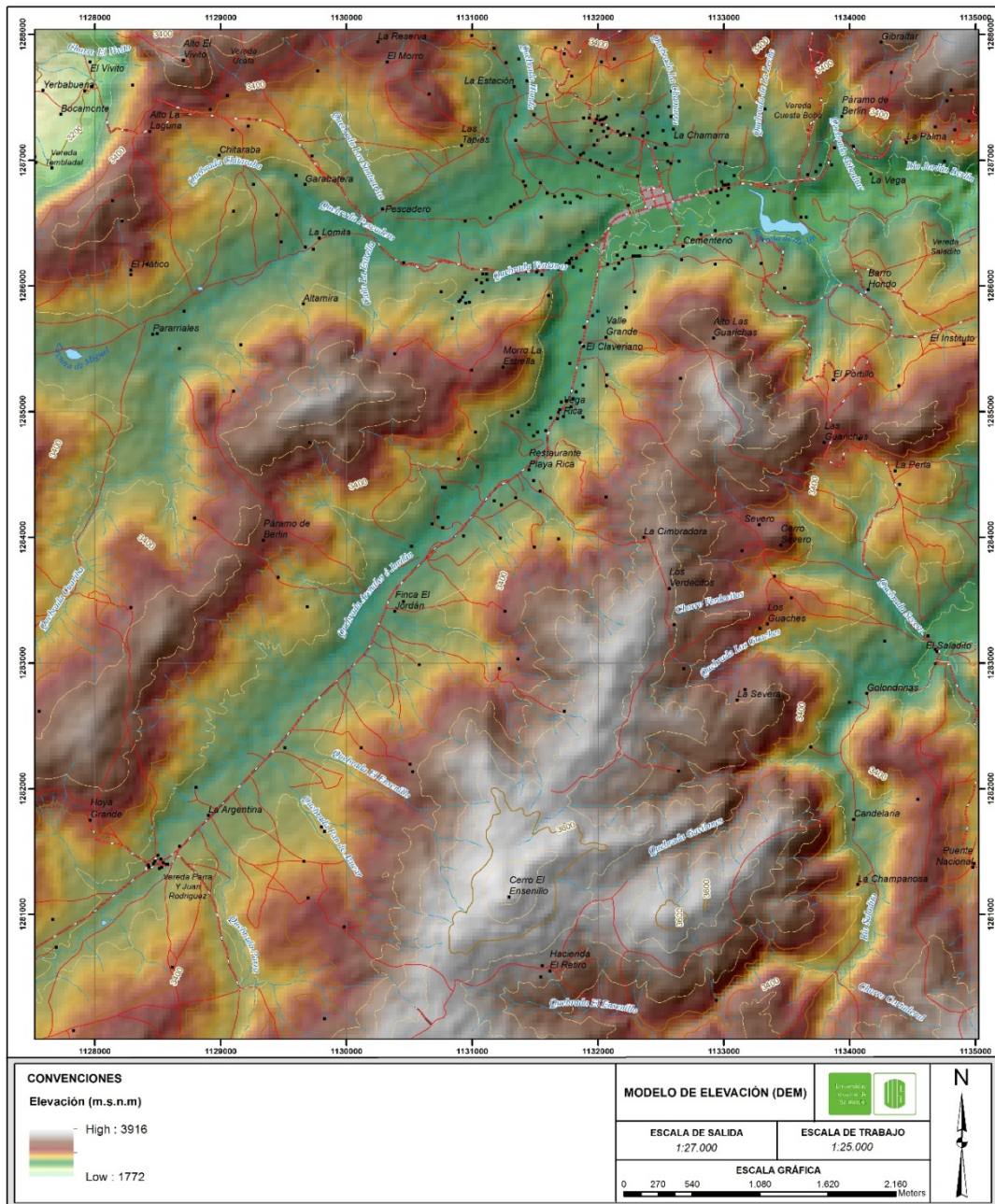
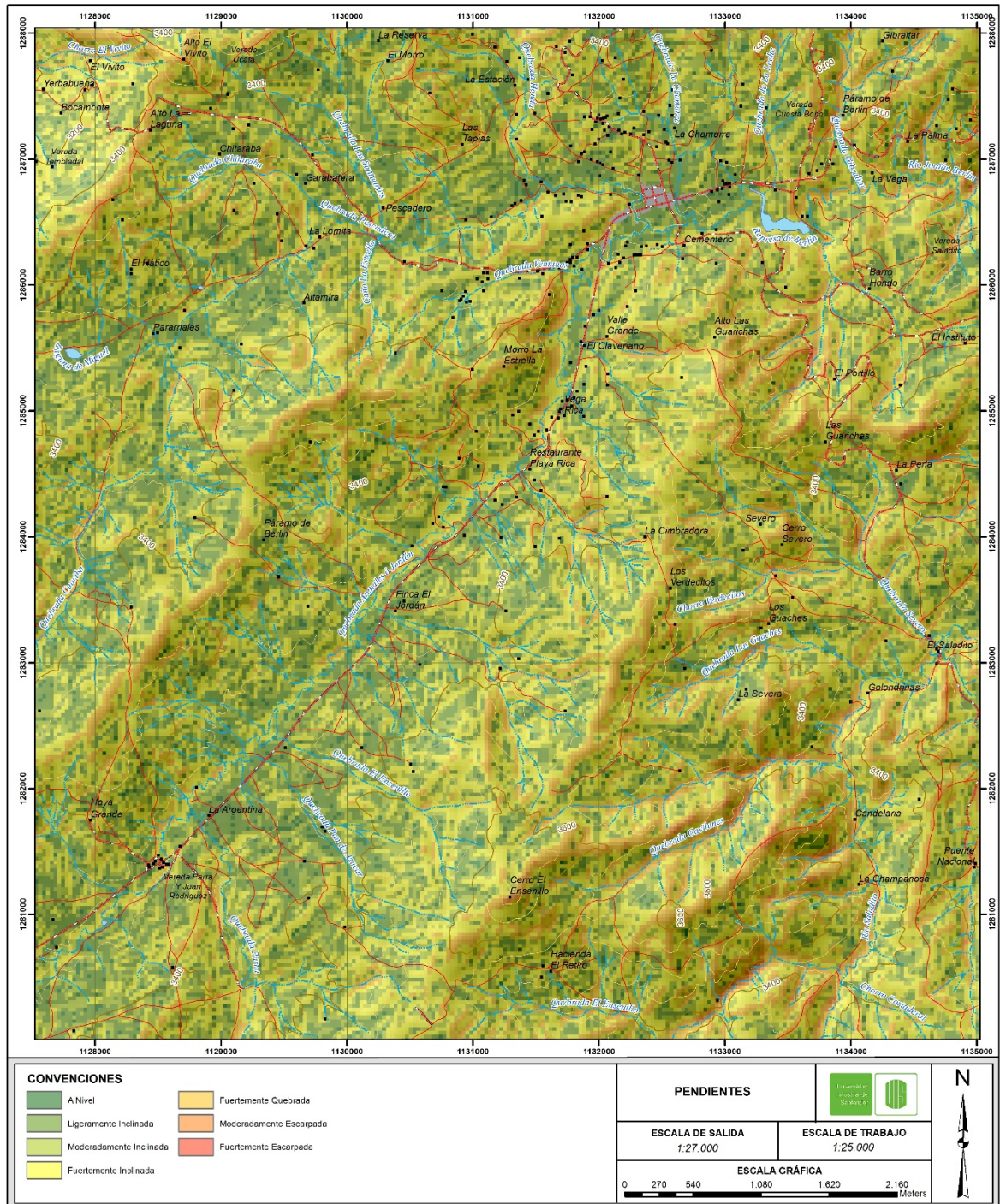


Figura 5. Mapa de Pendientes



6. GEOMORFOLOGÍA

Por medio de la interpretación del DEM, pendientes y “Hillshade” generados a partir de las curvas de nivel se obtiene la geomorfología del área de estudio con el fin de complementar los depósitos y geoformas identificadas en campo.

La pendiente se define como el ángulo existente entre la superficie del terreno y la horizontal. La variable se deriva del modelo de elevación digital y se expresa en porcentaje, se relaciona con los movimientos en masa de manera que; a mayor el grado de pendiente aumenta la susceptibilidad a los movimientos en masa. Como se observa en la , el área de Berlín presenta principalmente pendientes que varían desde ligeramente inclinadas a fuertemente quebradas.

Según la jerarquización morfogenética del Servicio Geológico Colombiano- SGC 2012, para la zona de estudio se identificaron cuatro (4) ambientes morfogenéticos; Antropogénico, estructural, fluvial y glacial.

6.1 AMBIENTE ANTROPOGÉNICO

A este ambiente corresponden aquellas geoformas producto de la intervención del hombre sobre el terreno, la cual modifica la morfología natural del terreno. En el área de estudio, se identificó una unidad propia de este ambiente, la Presa de Berlín.

- **Presa (Ap):** Esta unidad corresponde a la Presa de Berlín, se localiza al noroccidente de la zona de estudio, en cercanía al corregimiento de Berlín. Es una barrera artificial en forma de arco hecha en los canales fluviales para represar agua para uso doméstico o criadero de peces.

6.2 AMBIENTE ESTRUCTURAL

Este ambiente es el de mayor influencia en el área de Berlín; agrupa las geoformas generadas por la dinámica interna de la tierra, asociadas a plegamientos y fallamientos, cuya expresión morfológica está definida por la litología y la disposición estructural.

- **Lomerío estructural (SI):** Se representa por un misceláneo de vertientes controladas estructuralmente por plegamientos o fallamientos con laderas simétricas, de longitudes cortas y largas, interfluvios generalmente agudos y fuertemente inclinados, incluso muestran escarpen en algunos sectores.

6.3 AMBIENTE GLACIAL

Corresponde a las geoformas producto de la erosión intensa ocasionada por movimientos de grandes masas de hielo en zonas de alta montaña durante las épocas glaciales; los cuales esculpieron el sustrato rocoso de origen estructural preexistente y además generaron grandes cantidades de sedimento, acumulados en las laderas adyacentes.

- **Conos glaciofluviales (Gcgf).** Esta geoforma pertenece al ambiente glacial y es representada en la zona de estudio por conos o lóbulos de longitud corta a larga, de laderas rectas-convexas. Se encuentran ubicados al occidente sobre la Quebrada Cuariba y al noroccidente sobre la Quebrada Chitaraba.

6.4 AMBIENTE FLUVIAL Y LAGUNAR

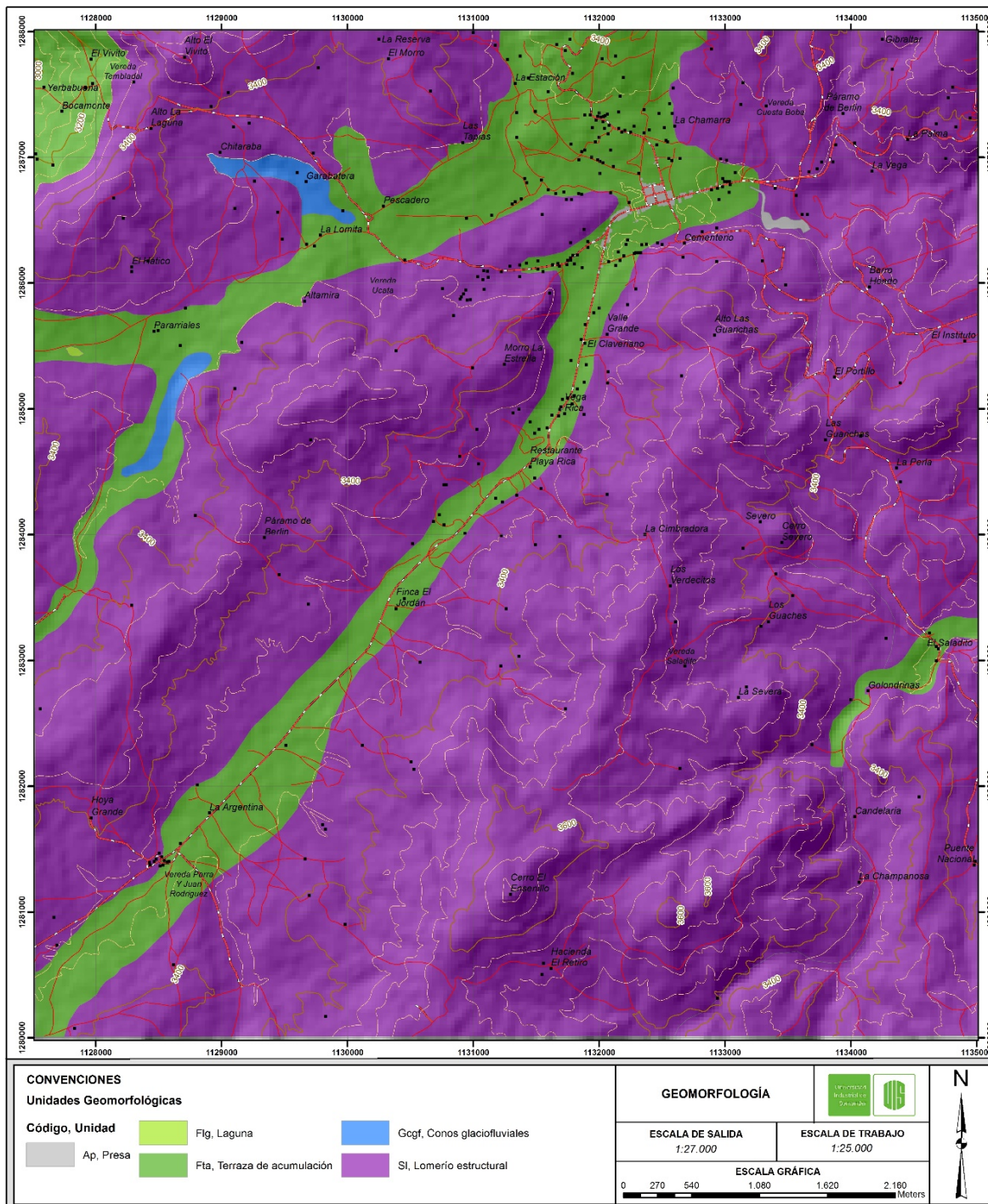
Este ambiente es el resultado de procesos de erosión de las corrientes de los ríos y acumulación o sedimentación de materiales en zonas aledañas a dichas

corrientes. Para la zona de estudio se identificaron dos (2) unidades pertenecientes a este ambiente.

Laguna (Fig). Esta unidad corresponde a la Laguna de Miguel, ubicada al oeste de la zona de estudio. Se define como un depósito natural de agua, de dimensiones inferiores tanto en área como en profundidad a los lagos.

Terraza de acumulación (Fta). Corresponde a una superficie elongada, plana a suavemente ondulada, modelada sobre sedimentos aluviales, que se presenta en forma pareada. Se encuentra asociada al Río Jordán y Quebrada Arenales, y sobre ella se encuentra el corregimiento de Berlín y el sector El Topón.

Figura 6. Geomorfología del área de estudio.



7. GEOLOGÍA ESTRUCTURAL

La zona de estudio al estar ubicada en el Macizo de Santander, localizado en la parte Norte de la Cordillera Oriental de Colombia y el cual limita al Oeste por la Falla Bucaramanga-Santa Marta y al Este por el Sistema de fallas de Pamplona – Cubogón – Mercedes (García et al, 2005), presenta una gran complejidad estructural producto de los eventos de deformación a los cuales fue sometida a través el tiempo geológico.

La cordillera Oriental de Colombia de Rumbo NNE - SSO, se tuerce bruscamente a NNO en el área de este trabajo y luego se bifurca alrededor del extremo sur de la cuenca de Maracaibo, esta sección de la Cordillera Oriental es lo que conocemos hoy día como el Macizo de Santander, (Ward et al. 1973). El Macizo de Santander pertenece al Terreno aloctono Chibcha que junto con la cordillera oriental, el flanco Este de la Cordillera Central y la parte Sureste de la Sierra Nevada de Santa Marta conforman este basamento continental precámbrico acrecionado al escudo de Guyana a finales del Paleozoico por medio de la Paleofalla de Guaicaramo (Toussaint and Restrepo, 1990). El Macizo de Santander, muestra una dirección Noroeste y es cortado por un conjunto de Fallas con direcciones predominantemente Noroeste-Sureste, Noroeste-Suroeste, Norte-Sur y Este-Oeste. (López et al., 2013).

Las rocas Ígneas y Metamórficas de este Macizo quedaron expuestas o estructuralmente elevadas debido a la inversión tectónica que sufrió la Cordillera Oriental de Colombia que pasó de ser una cuenca producto de un ambiente extensional-Distensivo a un ambiente de régimen compresivo (Cooper, 1995) – Dengo & Covey, 1993), debido a esto la Cordillera exhibe estructuras relacionadas a ambientes compresivos tales como pliegues y fallas de cabalgamiento con alto ángulo producto de la inversión.

En la zona de estudio se identificaron evidencias de la acción de diferentes fallas (ver **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**) las cuales serán descritas a continuación:

Falla La Falda: Esta falla afecta la unidad sedimentaria Tambor. Es de tipo inversa con una vergencia general hacia el SSW, buzamiento NNE e inclinación de 30°, controlada por la Quebrada La Falda. A nivel local, se observan pequeños pliegues no cartografiados relacionados al fallamiento inverso; por la geometría que presentan, se clasifican como pliegues por propagación de falla, estos en su mayoría, conservan la vergencia SSW. Hacia el contacto de la formación con los cuerpos intrusivos, se observan unos conglomerados basales, esto indica un contacto discordante con las unidades cristalinas.

Falla El Cincho: Es la Estructura de mayor extensión en el área de estudio; se encuentra desde el sector noreste del Páramo de Berlín hasta el filo NW del Cerro El Ensenillo.

Como evidencias de esta falla se encontró un xenolito de los Esquistos del Silgará dentro del Ortoneis, en donde las intercalaciones de esquistos y cuarcitas –con predominancia de cuarcitas- se hayan fuertemente deformadas, presentando notorios plegamientos y diaclasamiento. Además de microplegamientos, plegamientos, diaclasamiento y pequeñas fallas locales que mostraban un movimiento inverso de los bloques, gouge de falla. No se obtuvieron planos de falla a partir de los cuales se pudiera definir la cinemática de dicha estructura, por lo cual ésta se puntualizó a partir de aspectos geomorfológicos y movimientos relativos de los bloques, obteniéndose finalmente una naturaleza inversa, con buzamiento hacia el Oeste.

Falla El Saladito: Se observa al oriente de la zona de estudio en inmediaciones del Río El Saladito, presenta un rumbo promedio de N35°E y se encuentra

afectando el Ortoneis de composición hornbléndica, el cual contiene pequeñas intrusiones locales de granitos, venas de cuarzo y algunos zenolitos de cuarcita.

Como evidencias de esta falla se encontró que en la ribera del río había se presenta un cambio en el buzamiento de los datos de foliación, otra evidencia se encontró en la foliación tectónica evidenciada en el Ortoneis (Neis hornbléndico), la cual indica el sometimiento de la roca a la acción de un tensor compresivo, el cual orienta perfectamente los cristales y planos de foliación de la roca. Debido a la falta de datos directos acerca de la estructura, se utilizaron características geomorfológicas para definir la cinemática de la misma, obteniendo como resultado, una falla inversa.

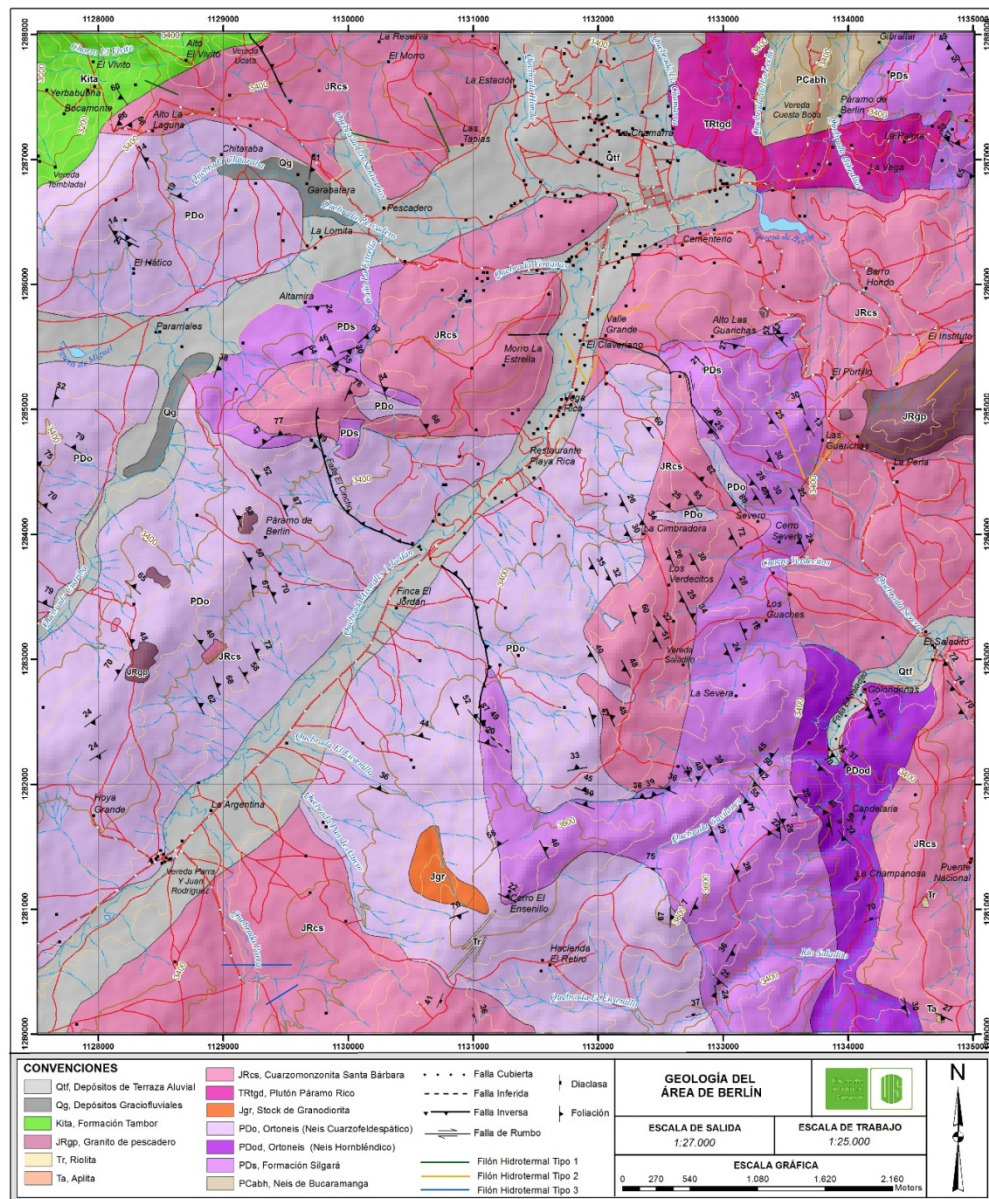
Falla Las Guarichas: Se encuentra al oriente del área de estudio hacia el filo occidental del Cerro las Guarichas. Presenta un rumbo promedio de $N40^{\circ}W$ y se encuentra afectando a la Formación Silgará y a la Cuarzomonzonita Santa Bárbara.

Ésta falla es inferida teniendo como indicadores cinemáticos los siguientes aspectos: 1) desplazamiento en sentido dextral de una vena de cuarzo que se presenta como una intrusión en la unidad Cuarzomonzonita de Santa Bárbara, 2) notorios microplegamientos observados principalmente en la estructura de los esquistos, hacia la parte superior del Cerro Las Guarichas, 3) la foliación de los esquistos presenta un notorio cambio de buzamiento, pasando de $25^{\circ}SW$ en el punto de coordenadas $X=1'384.837N$ y $Y=1'132.924E$ a una inclinación de $20^{\circ}NE$ sobre el punto de coordenadas $X=1'184.911N$ y $Y=1'132.924E$, creando una estructura antiformal, cuyo eje axial está conformado por la Falla Las Guarichas

8. PETROGRAFIA

En el área de estudio se encontraron rocas sedimentarias, ígneas y metamórficas. A continuación se describen las unidades identificadas y su clasificación a partir de observaciones de campo, análisis de laboratorio y recopilación bibliográfica.

Figura 7. Geología del área de Berlín.

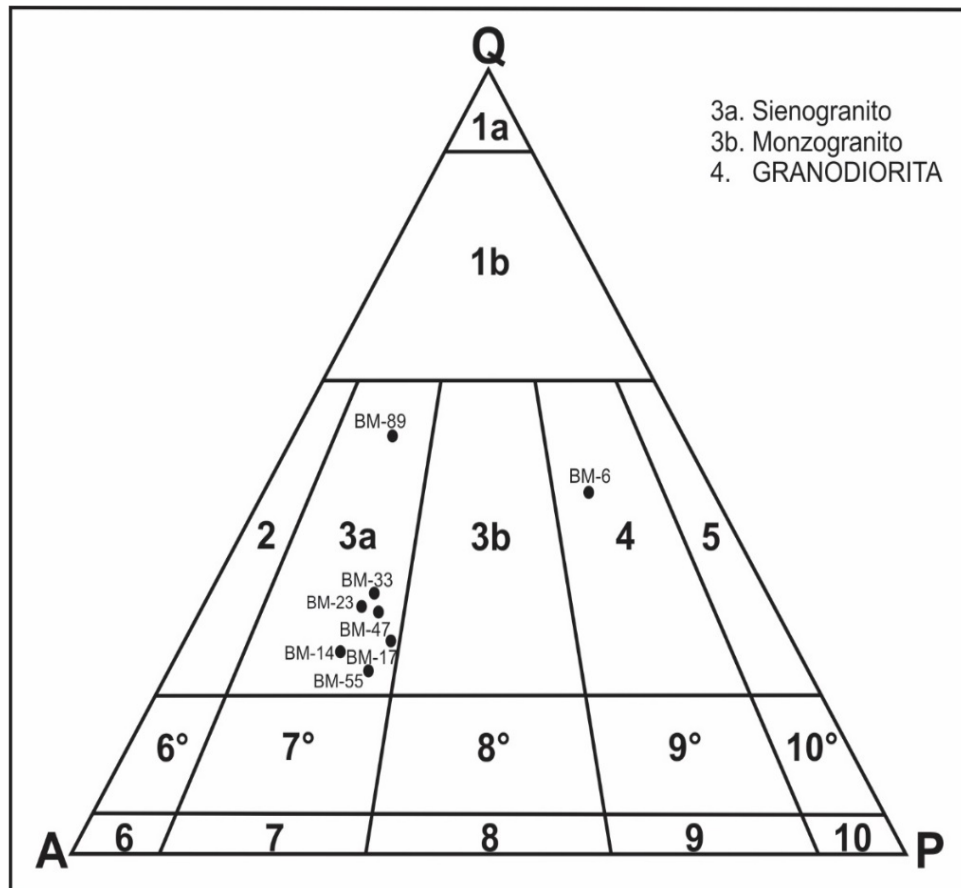


8.1 ROCAS IGNEAS

Se identificaron cuatro (4) unidades de rocas ígneas: Stock de Granodiorita, Granodiorita y Tonalita del Plutón de Páramo Rico, Cuarzomonzonita Santa Bárbara y Granito de Pescadero.

En la se graficaron las muestras utilizadas para el análisis de las unidades ígneas, posteriormente descritas.

Figura 8. Clasificación de las rocas ígneas plutónicas usando el diagrama QAP.



Fuente: Streckeisen (1976)

El grupo Q: representa al cuarzo, la tridimita, cristobalita.

El grupo P: representa a la plagioclasa (Desde An5 hasta An100) y la escapolita.

El grupo A: representa el feldespato alcalino, incluidas la ortoclasa, microclina, pertita, anortoclasa, sanidina y albita sódica (Desde An0 hasta An5)

A continuación se presentan las descripciones detalladas de las unidades identificadas.

8.1.1 Stock de Granodiorita

(Jg). Aflora al este del Cerro El Ensenillo como un cuerpo irregular con dirección preferencial NW-SE, presenta un color crema con tonalidades blancas, textura fanerítica, inequigranular de grano medio a grueso y estructura masiva. Se caracteriza litológicamente por presentar cuarzo (53%), feldespato potásico (12%), plagioclasa (32%) y hornblenda (3%). Dada su composición y extensión, se clasificó como un Stock de Granodiorita.

Las características mineralógicas de una granodiorita típica se describen a continuación:

Roca holocristalina, inequigranular con tamaño de grano medio a grueso. Mineralógicamente consta de:

Cuarzo (44%): Individuos de tamaño de grano medio a grueso, bordes irregulares, sin orientación aparente, anhedrales, en contacto con plagioclasa, biotita y feldespato potásico.

Feldespato potásico (15%): Cristales anhedrales, tamaño de grano medio cuyos bordes son irregulares, birrefringencia débil y macla tipo Carlsbad. Se encuentra en contacto neto con cuarzo, plagioclasa y en ocasiones con biotita.

Plagioclasa (38%): Cristales anhedrales de tamaño de grano medio a grueso, ligeramente alargado, relieve moderado, bordes irregulares y maclado polisintético en algunos individuos. Distribuido en forma heterogénea en la muestra y en contacto con cuarzo, feldespato y biotita.

Biotita (2%): Se encuentran como agregados tabulares, alargados, de tamaño de grano medio.

Opacos (1%): Individuos de tamaño de grano medio con geometría irregular. En ocasiones se encuentra incluido en el cuarzo, el feldespato potásico y la plagioclasa.

La Granodiorita se encuentra intruyendo al Ortoneis y es cortada por diques? de riolitas porfídicas con fenocristales de cuarzo y feldespato potásico con dirección preferencial SW-NE.

A esta unidad también están asociados cuerpos de aplita con dirección preferencial W-E y pequeños cuerpos de monzogranitos. Este Stock de Granodiorita fue definido según grupo 4, campo II, 2013 y se incluye en el denominado por Ward et al., 1973 como Grupo Plutónico de Santander. Se le asigna una edad tentativa del Triásico –Jurásico (Mantilla, et al 2011)

8.1.2 Tonalita y Granodiorita del Plutón de Páramo Rico (TRtgd)

Esta unidad aflora al nororiente del área de estudio y se compone de dos cuerpos. El primero de ellos corresponde a la Granodiorita, la cual aflora a lo largo de la carretera Berlín- Pamplona y al sur del Río Jordán-Berlín. Se caracteriza por presentar rocas con colores amarillo y café (producto de la meteorización) y blanco con gris claro, producto de su contenido mineralógico. La roca presenta

una textura fanerítica y estructura masiva. Está compuesto por cuarzo, plagioclasa y un bajo contenido de feldespato potásico.

El cuerpo tonalítico se encuentra intruyendo la Granodiorita vía Berlín-Pamplona. Los afloramientos de esta roca presentan una buena exposición de la misma, meteorización media y se puede observar que por medio de la lixiviación que ha sufrido ha variado su composición, hasta mostrar solo granos de cuarzo. Presenta tonos blancos, grises, amarillos y rojizos, tamaño de grano medio a grueso, con textura fanerítica y estructura masiva. Se compone mineralógicamente de plagioclasa, cuarzo, feldespato potásico y biotita oxidada.

Según relaciones de campo se encuentra intruyendo al Neis de Bucaramanga, la Formación Silgara y el Ortoneis, lo que lo ubica en una edad posterior al principal metamorfismo regional, por otro lado según Ward et al. 1973, esta unidad es pre-Girón y más antigua que la cuarzomonzonita de la Corcova; lo cual sugiere que podría ser tan antigua como el Silúrico o tan joven como el Triásico.

Dataciones de esta unidad realizadas por Dorr et al. 1995, dieron un resultado de 205-210 Ma, como las edades de intrusión del Plutón de Paramo Rico determinadas por el estudio de U-Pb en zircones de tonalita y granodiorita respectivamente, pero en algunos zircones se presentaba una pérdida de Pb lo que generaba incongruencias en los datos (Tonalita: 210-208.9-211.1 Ma; Granodiorita: 205-1340 Ma), pero concordando con estudios de Williams (1983) se tomó el valor de 210 para la tonalita y en el caso de la granodiorita, tomando en cuenta la no pérdida de Pb, la datación de 205 Ma.

8.1.3 Cuarzomonzonita Santa Bárbara (Jrcs).

La cuarzomonzonita Santa Bárbara aflora principalmente en los sectores Las Tapias, el Morro, La Estrella, Valle Grande, El Alto Las Guarichas, Barro Hondo, Rastrojos y el sur del Topón.

Del análisis macroscópico de estas muestras se observa en general que la Cuarzomonzonita Santa Bárbara presenta tamaño de grano grueso, color rosado, blanco y gris claro, en algunas zonas se presenta amarillo y café oscuro, producto de la meteorización. La textura de la roca es fanerítica y su estructura es masiva. Está compuesta principalmente de plagioclasa (en algunas zonas alterando a caolín), feldespato potásico y cuarzo (20%), como minerales accesorios biotita y epidota

Esta unidad es cortada por filones de cuarzo lechoso, los cuales se describirán más adelante (ver Actividad Hidrotermal) y por cuerpos de menor tamaño; diques de Aplita con extensiones menores a los 130 metros y Riolitas Porfídicas con longitudes menores a los 50 metros.

En algunos zonas se encontraron cuerpos tonalíticos, que se caracterizan por presentar tonos blancos, grises y amarillos, textura fanerítica, estructura masiva, compuestos por plagioclasa, cuarzo y feldespato potásico, como minerales accesorios biotita y/o muscovita, las cuales varían en algunos sectores.

Está en contacto al norte de la zona con la Formación Tambor, Granodiorita y Tonalita del Plutón de Páramo Rico, Formación Silgara y depósitos de terraza aluvial; en la zona sur está en contacto con el Ortoneis (Neis Cuarzofeldespático y Neis Hornbléndico) y depósitos de terraza aluvial.

Para el estudio de esta unidad se cuenta con diez (10) muestras, de las cuales cuatro (4) tienen sección delgada. Las secciones estudiadas en laboratorio, se clasificaron según Streckeisen (1976) como Sienogranito.

Tabla 3. Secciones delgadas de la Cuarzomonzonita Santa Bárbara.

Sección Delgada	Tipo de Roca	Composición mineral (%)					
		Qtz	Pl	Kfs	Bt	Ms	Opacos
BM-14	Sienogranito	25	18	51	3	2	1
BM-17	Sienogranito	27	21	48	2	1	1
BM-23	Sienogranito	32	16	45	5	-	2
BM-55	Sienogranito	23	20	53	3	-	1

Corresponde a una roca inequigranular, holocristalina, cuyo tamaño de grano varía de medio a grueso. Compuesta principalmente de feldespato potásico, cuarzo, plagioclasa, minerales de alteración como la clorita a partir de biotita y sericita a partir de plagioclasa, y minerales accesorios como muscovita y opacos. Presenta texturas perfitica y mirmequítica.

Feldespato potásico (47-53%): Cristales anhedrales ligeramente alargados, tamaño de grano grueso, birrefringencia débil, sus bordes son irregulares, presenta macla tipo Carlsbad. Se encuentra en contacto con cuarzo, plagioclasa, en ocasiones con biotita.

Cuarzo (23-29%): Se presentan dos generaciones de cuarzo. La primera de ellas corresponde a individuos de tamaño de grano grueso, hasta de 6mm aproximadamente, bordes irregulares, sin orientación aparente, anhedrales, en contacto con plagioclasa, biotita y feldespato potásico. El otro tipo de cuarzo se presenta rellenando venillas.

Plagioclasa (18-21%): Cristales anhedrales tamaño de grano medio a grueso hasta de 3,5 mm, ligeramente alargado, relieve moderado, bordes irregulares y

maclado polisintético. Distribuido en forma heterogénea en la muestra y en contacto con cuarzo, feldespato y biotita, alterando a sericita.

Biotita (2-5%): Se encuentran como agregados tabulares y tamaño de grano fino a medio. Distribuido al azar en la muestra. En algunos sectores se encuentra alterada a clorita

Muscovita (1-2%): Individuos anhedrales de tamaño de grano fino, hábito laminar. Se encuentra en contacto con la biotita.

Opacos (1-2%): Individuos con geometría irregular cuyo tamaño de grano es principalmente medio. En ocasiones se encuentra incluido en el cuarzo, el feldespato potásico y la plagioclasa.

El conglomerado y la arcosa de la Formación Girón, del Jurásico, contienen detritos de la Cuarzomonzonita de Santa Bárbara, por lo cual el desmantelamiento y la erosión de este plutón deben haber tenido lugar antes del tiempo de Girón. Dos datos radiométricos K/Ar en una biotita de dicha cuarzomonzonita dieron edades de 192 ± 7 y 194 ± 7 m.a. Estas edades están aproximadamente en las cercanías del límite Triásico-Jurásico. (Ward., Goldsmith., 1970).

8.1.4 Granito de Pescadero (JRgp).

El Granito de Pescadero se encuentra como un cuerpo irregular formando principalmente el cerro Llano Grande al oriente del área de estudio; en la parte externa de dicho cuerpo se encuentran rocas de tipo sienogranito, y en su parte central monzogranitos, lo cual señala una evidencia de diferenciación magmática durante la intrusión. Se presenta intruyendo a la Cuarzomonzonita Santa Bárbara y como pequeños cuerpos, intruyendo al Ortoneis (Neis cuarzofeldespático) al occidente de la zona de estudio.

En general, corresponde a una roca inequigranular, holocristalina, con textura fanerítica, cuyo tamaño de grano varía de fino a grueso. Compuesta principalmente de feldespato potásico, cuarzo y plagioclasa. Presenta texturas peritítica y mirmequítica.

Para esta unidad se analizaron dos (2) secciones delgadas y se clasificaron según Streckeisen (1976) como Sienogranito:

Tabla 4. **Secciones delgadas del Granito de Pescadero**

Sección Delgada	Tipo de Roca	Composición mineral (%)					
		Qtz	Pl	Kfs	Bt	Chl	Opacos
BM-33	Sienogranito	36	18	42	1	-	3
BM-47	Sienogranito	33	20	45	1	-	1
BM-89	Sienogranito	40	15	30	-	15	-

Cuarzo (33-40%): Individuos anhedaes de tamaño de grano que varía de fino a medio, hasta de 2mm aproximadamente, bordes irregulares, sin orientación aparente. Se encuentra en contacto con plagioclasa y feldespato potásico. La muestra BM-89 presenta otra generación de cuarzo rellenando venillas, con pequeñas inclusiones de clorita.

Feldespato potásico (30-45%): Cristales anhedaes ligeramente alargados, su tamaño de grano varía de medio a grueso, birrefringencia débil y bordes irregulares. Se encuentra en contacto con cuarzo, plagioclasa, en ocasiones con biotita. Algunos cristales presentan macla de Carlsbad.

Plagioclasa (10-20%): Cristales anhedaes, su tamaño de grano varía de medio a grueso hasta de 3,5 mm, ligeramente alargados, relieve moderado, bordes irregulares y maclado polisintético. Distribuido en forma heterogénea en la muestra y en contacto con cuarzo, feldespato y biotita. Se encuentra alterando a sericita.

Clorita (15%): Se presenta como agregados fibrosos alargados, en contacto con cuarzo y feldespato potásico.

Biotita (1%): Se encuentran como agregados tabulares de tamaño de grano que varía de fino a medio. Distribuido al azar en la muestra.

Opacos (1-3%): Individuos con geometría irregular cuyo tamaño de grano es principalmente fino.

A partir de una determinación radiométrica K/Ar en biotita se señala una edad de 193 ± 6 M.a, lo cual lo ubica en el Jurásico. (Ward., Goldsmith., 1973). Dataciones U-Pb en circones de una tonalita y granodiorita de una intrusión de esta unidad en el Macizo de Santander, señalan edades de cristalización de 205-210 M.a. (Dorr et al., 1995).

Figura 9. **Microfotografías de rocas ígneas (sienogranito).** A y B. Sienogranito, Cuarzomonzonita Santa Bárbara, muestra BM-23, B en nicoles paralelos; C y D. Sienogranito, Granito de Pescadero, muestra BM-89, D en nicoles paralelos; E. Sienogranito, Cuarzomonzonita Santa Bárbara, muestra BM-17.

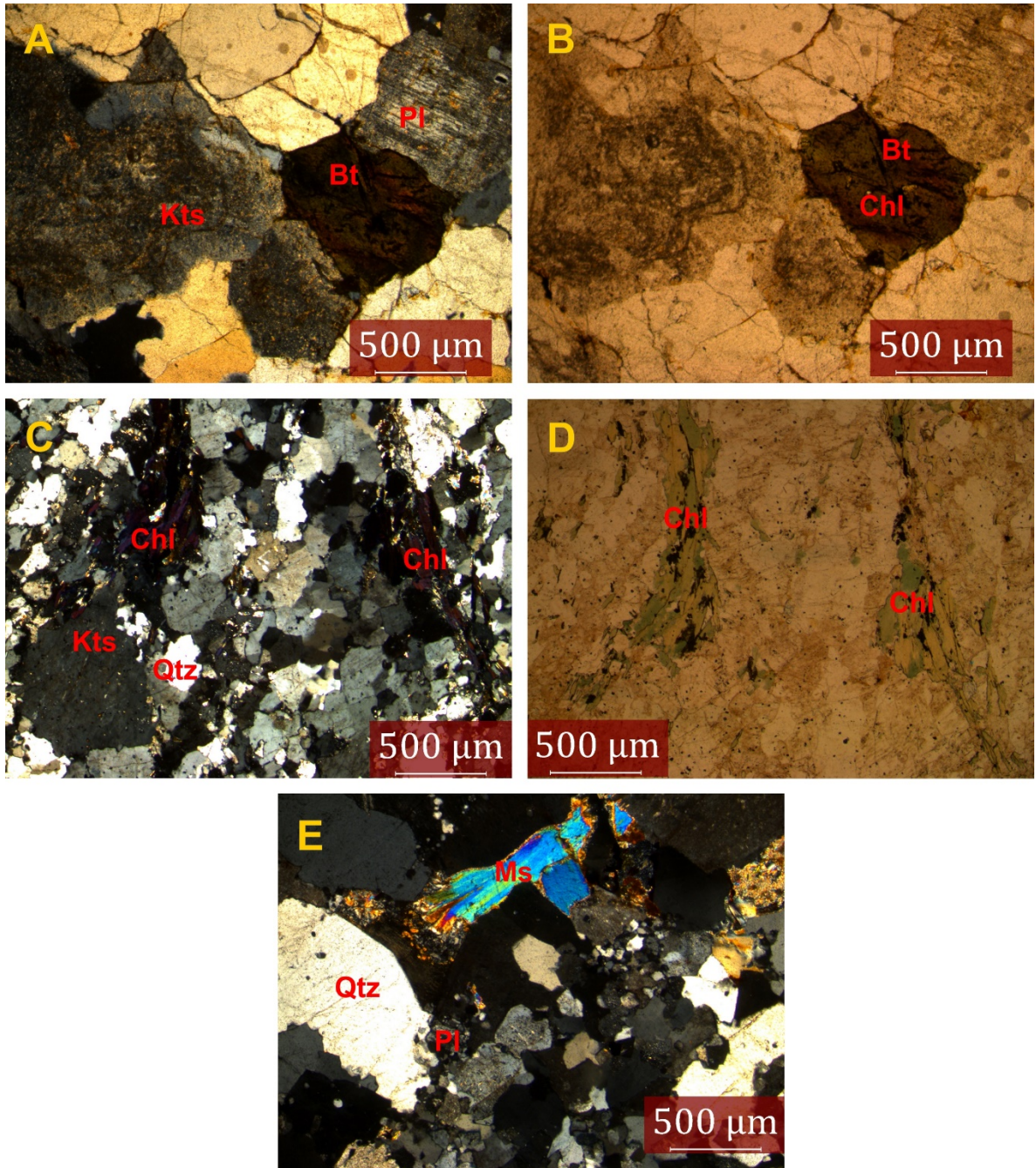
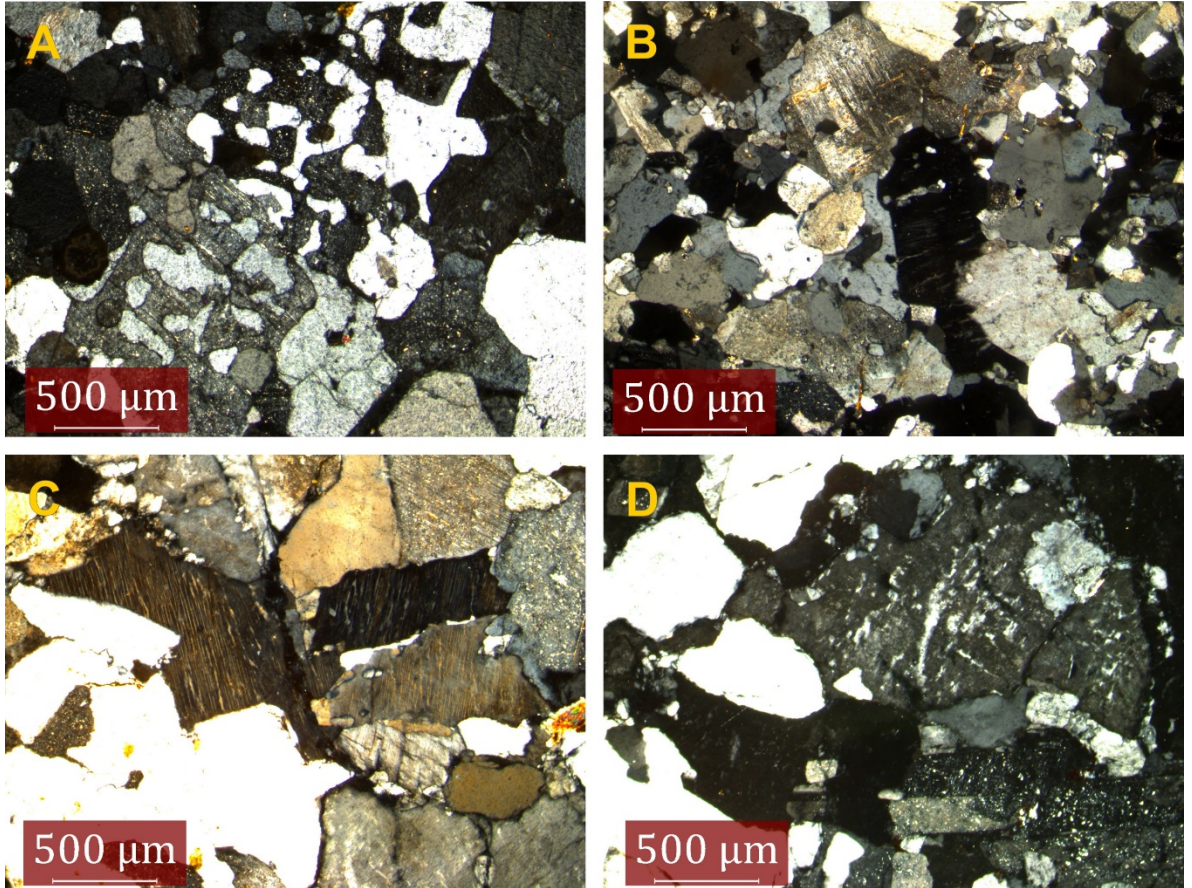


Figura 10. Textura de rocas ígneas. A. Textura mimerquítica, B, C y D. Textura perfitica.



8.2 ROCAS METAMÓRFICAS

En el área de Berlín afloran tres (3) unidades metamórficas: Neis de Bucaramanga, Esquistos del Silgará y Ortoneis, este último dividido en dos unidades; la primera de ellas corresponde a un Neis Cuarzofeldespático y la segunda a un Neis Hornbléndico, de menos extensión que el primero.

Estas unidades fueron descrito a partir de la propuesta de García (2007), que determina como minerales principales aquellos con un contenido mayor al 50% en la roca, minerales mayores los que presentan un contenido mayor al 5% de la roca, minerales menores con contenido entre el 1 y 5% y minerales accesorios cuyos contenidos son menores al 1% en la roca.

A continuación se presentan las descripciones detalladas de las unidades estudiadas.

8.2.1 Neis de Bucaramanga (PCabh).

El Neis de Bucaramanga aflora en la zona de estudio hacia el sector NE, donde se encuentra su mayor exposición sobre la quebrada Gibraltar y quebrada de La Leche.

Características microscópicas.

Biotita (30%): Individuos laminares de aproximadamente 1,5 mm, subidioblástica y xenoblástica, en contacto con cuarzo, muscovita y sillimanita. Alterando parcialmente a clorita.

Sillimanita (27%): Cristales de hábito fibroso, de color pardo con relieve bajo, sin pleocroísmo, colores de birrefringencia de primer a segundo grado, textura heteroblástica, y se encuentra asociada a biotita.

Cuarzo (20%): Se presentan dos generaciones de cuarzo. La primera de estas, corresponde a individuos incoloros de relieve bajo, tamaño de grano fino, sin pleocroísmo, colores de interferencia de primer grado, extinción ondulante, xenoblásticas y subidioblástica.

La segunda generación, son individuos de cuarzo que se presentan rellenando venillas.

Muscovita (15%): Cristales incoloros de relieve medio, sin pleocroísmo, con colores de interferencia de segundo a tercer grado, xenoblástica, de hábito hojoso, están orientados en la misma dirección de la foliación principal de la muestra. Asociada a biotita.

Máficos (8%): Se encuentran distribuidos de manera heterogénea en la muestra, de color negro con relieve alto, sin pleocroísmo, de forma heteroblástica, xenoblástica, de hábito cúbico. Está asociado en contacto neto con la sillimanita y la moscovita.

Textura: granolepidoblástica

Paragénesis mineral: Qz+Ms+Bt+Sil

Facies de metamorfismo: Anfibolita

Zona de metamorfismo: Sillimanita.

Al Neis de Bucaramanga se le asigna una edad entre el Precámbrico y Cámbrico, de acuerdo con diferentes reportes. Goldsmith et al (1971) con base en Rb-Sr en hornblenda de un neis biotítico de una muestra tomada en la vía Berlín-Vetas reporta edades de 680 ± 140 M.a. En 1973, Ward obtiene edades de 945 ± 40 M.a., a partir de K-Ar en hornblenda de un neis hornbléndico de Ocaña. Restrepo-Pace et al. (1997) obtienen edades de ~ 800 a ~ 850 M.a, en base a $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ en hornblenda de una muestra de neis hornbléndico vía Berlín-Vetas. Finalmente, Cordani et al. (2005) reporta edades de 864 ± 66 M.a. a partir de SHRIMP U/Pb en

sobrecrecimientos metamórficos en circones. El estudio U-Pb de circones detríticos permite inferir una edad Neoproterozoico para esta unidad (Mantilla et al., 2015).

8.2.2 Esquistos del Silgará (s.s).

La Formación Silgará suprayace al complejo Bucaramanga e infrayace discordantemente a las Formaciones El Tibet y Floresta del Devónico.

En el área de estudio esta unidad presenta su mayor exposición hacia el oriente, a lo largo de la Quebrada Gavilanes, el cerro el Ensenillo y el Alto Las Guarichas, su forma es irregular y alargada. En menor proporción, se presenta sobre el Caño La Estrella hacia el noroccidente de la zona. Litológicamente la unidad está compuesta por intercalaciones de esquistos (muscovíticos, grafitosos y cuarzosos) y cuarcitas.

Las rocas de los Esquistos del Silgará encontradas en el sector de Berlín se definieron como rocas metamórficas pelíticas, semipelíticas y psamitas, de acuerdo a la clasificación del Servicio Geológico Británico (BGS), publicada por Robertson (1999), ver **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia..**

Tabla 5. Clasificación de rocas compuestas por cuarzo, mica y feldespatos principalmente.

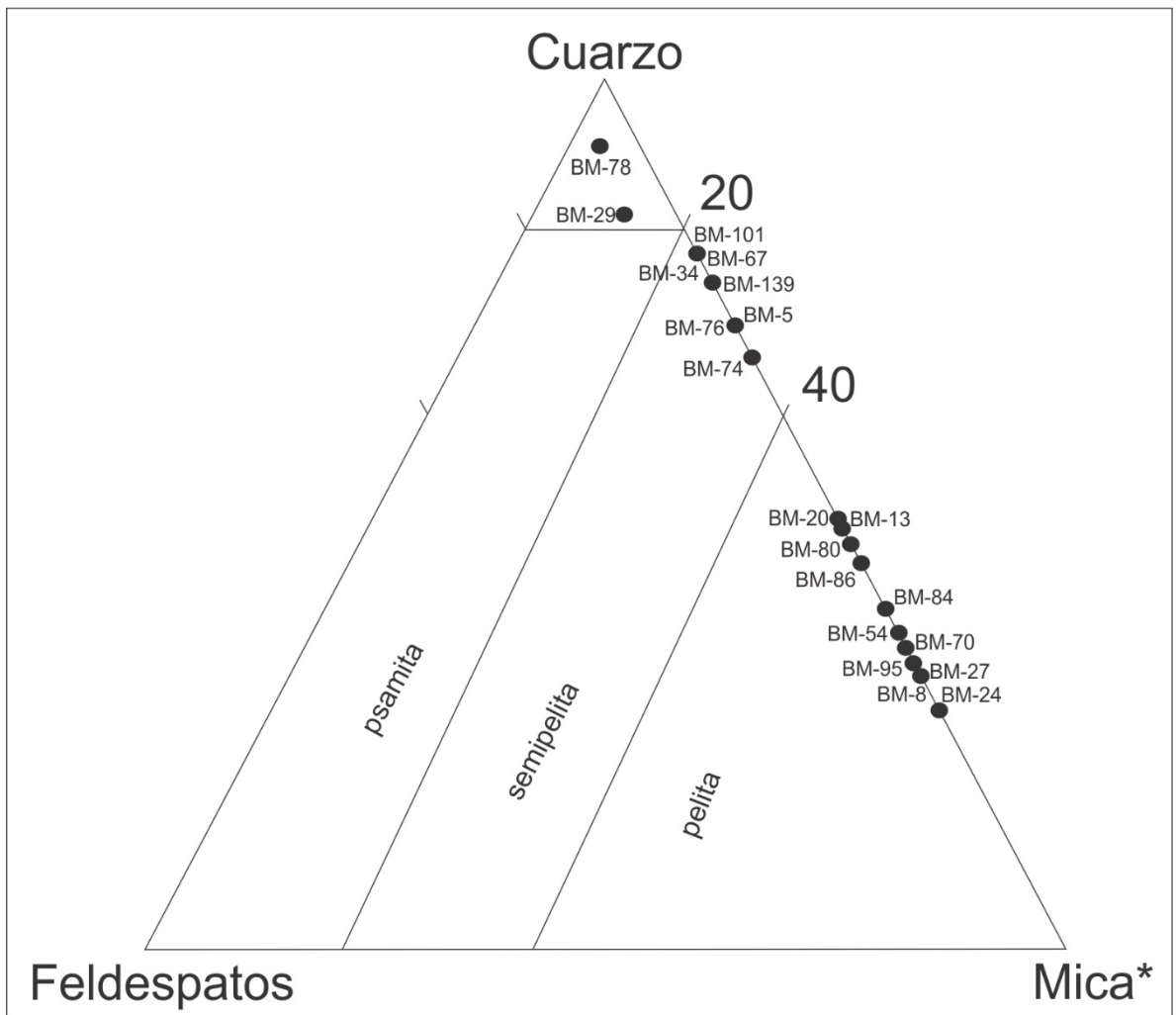
Nombre	% "Mica" ²	% Cuarzo + feldespatos
Psamita	0-20	80-100
Semipelita	20-40	60-80
Pelita	>40	<60

Fuente: Robertson (1999).

En el siguiente diagrama se representan las muestras objeto de estudio para el área de Berlín, de acuerdo a su composición (cuarzo, mica y feldespato).

² Mica incluye todos los minerales a excepción del cuarzo, feldespatos (potásico y plagioclasa) y minerales carbonatados o calcosilicatados.

Figura 11. . Subdivisión rocas de los Esquistos del Silgará.



Tomado de Robertson (1999)

Tabla 6. Composición mineralógica de los Esquisto del Silgará.

TIPO DE ROCA	LITOTIPO	N° MUESTRA	COMPOSICIÓN MINERAL (%)												
			Qtz	Kfs	Ms	Chl	Bt	Grt	Ep	Gr	Op	Zrn	Tur	And	TOTAL
PELÍTICAS	Esquistos cuarzo-muscovítico con granate	BM-8	29	-	38	-	12	18	-	-	3	-	-	-	100
		BM-24	25	-	40	19	7	5	-	-	4	-	-	-	100
		BM-27	29	-	40	-	-	9	-	17	5	-	-	-	100
		BM-27	29	-	40	-	-	9	-	17	5	-	-	-	100
	Esquistos cuarzo-muscovíticos	BM-54	34	-	44	-	-	-	-	14	8	-	-	-	100
		BM-95	30	-	44	-	-	-	-	15	6	-	-	-	100
	Esquistos muscovítico-cuarzosos con granate	BM-13	47	-	22	-	11	-	3	15	2	-	-	-	100
		BM-86	43	-	18	-	8	15	-	11	2	1	2	-	100
		BM-80	45	-	21	-	-	6	-	23	5	-	-	-	100
	Esquistos muscovítico-cuarzosos	BM-20	48	-	18	-	6	-	3	-	4	-	2	-	100
BM-84		38	-	23	-	9	-	-	-	9	-	6	15	100	

TIPO DE ROCA	LITOTIPO	N° MUESTRA	COMPOSICIÓN MINERAL (%)												
			Qtz	Kfs	Ms	Chl	Bt	Grt	Ep	Gr	Op	Zrn	Tur	Sil	TOTAL
SEMIPELÍTICAS	Cuarcitas con granate	BM-5	70	-	15	-	8	5	-	-	2	-	-	-	100
		BM-74	67	-	13	-	5	9	-	-	6	-	-	-	100
		BM-76	70	-	-	-	-	15	10	-	5	-	-	-	100
		BM-101	78	-	-	-	7	11	-	-	4	-	-	-	100
	Cuarcitas	BM-34	78	-	14	-	-	-	-	-	4	-	4	-	100
		BM-67	78	-	15	-	-	-	-	-	3	-	4	-	100
		BM-139	75	-	14	-	8	-	-	-	3	-	-	-	100
PSAMITAS	cuarcitas	BM-29	82	5	8	-	-	-	-	5	-	-	-	100	
		BM-78	88	4	8	-	-	-	-	-	-	-	-	100	

En términos generales:

8.2.2.1 Esquisto muscovítico.

Biotita (30%): Cristales heteroblásticos, subidioblástico y hábito lobular. Sus colores de interferencia son verdes de tercer orden y exfoliación en una dirección (basal), los cristales se encuentran alargados concordantes con la dirección principal de la foliación. Se encuentra en contacto neto con la moscovita, el cuarzo de segunda generación, grafito. Se encuentra bordeando a los porfidoblastos de granate.

Cuarzo (20%): Se presentan dos generaciones de cuarzo. La primera generación se encuentra como inclusiones en granate, son incoloros de relieve bajo, sin pleocroísmo, los cristales tienen colores de interferencia de primer grado, con formas heteroblásticas y xenoblásticas. Asociado en contacto neto con granate. La relación metamorfismo-deformación es pre-tectónica por lo que se observa una deflexión de la foliación externa, una orientación al azar de los cristales de cuarzo dentro del granate y presencia de sombras de presión alrededor del pórfido de granate.

La segunda generación de cuarzo son cristales incoloros con relieve bajo, sin pleocroísmo, forma heteroblástica y xenoblástica. El cuarzo se encuentra en contacto neto con la biotita, moscovita y grafito. Unos cristales de cuarzo se encuentran rodeados por sombras de presión.

Muscovita (30%): Cristales heteroblástica, subidioblástica y hábito tabular. Los colores de interferencia son del final del segundo orden e inicios del tercer orden, presenta una exfoliación basal. Los cristales se encuentran alargados y de manera concordante con la foliación principal de esquistosidad. Se encuentra en contacto

neto con el cuarzo de segunda generación, la biotita, el grafito y se encuentra bordeando los porfidoblastos de granate.

Grafito (13%): Son de color negro con relieve alto, color de interferencia negro, forma idioblástica y hábito tabular. Se encuentran orientados en la misma dirección de la foliación principal, asociado a muscovita, biotita y cuarzo en un contacto neto. Se encuentra a lo largo de toda la sección.

Granate (5%): Pórfido de granate, presenta un color gris con algunos sectores anaranjados, con relieve medio, sin pleocroísmo, con colores de interferencia negro, rodeado por muscovita y biotita generando sombras de presión, asociado en contacto neto con la muscovita, biotita, cuarzo de primera y segunda generación.

Máficos (2%): Los cristales son de color negro, tamaño de grano muy fino, heteroblásticos, xenoblásticos de hábito escamoso, asociados a cuarzo, muscovita y biotita, distribuidos homogéneamente a lo largo de la sección.

La textura principal de los esquistos muscovíticos es porfidoblástica, tipo composicional pelítico, de la facie de metamorfismo anfibolita, zona andalucita-almandino.

8.2.2.2 Cuarcita

Roca metamórfica de color oscuro con tonalidades blancas y azules, tamaño de grano fino a medio y estructura masiva.

Cuarzo (90%): Individuos incoloros con relieve bajo, heteroblásticos, subidioblásticos, los cuales se encuentran en contacto neto con el Rutilo. Los cristales de cuarzo presentan tamaños entre 0.05 mm y 0.3 mm. El Cuarzo presenta diversas inclusiones como lo son agujas de rutilo o minerales opacos. Se

encuentra concordantemente con la dirección de la foliación principal, en algunos cristales se ven alargados en la dirección de la foliación; y se distribuyen de manera homogénea en la roca.

Rutilo (10%): Individuos de color marrón con tonalidades rojizas, heteroblásticos, xenoblásticos y de relieve moderado. La mayoría de los cristales se encuentran concordantemente con la dirección de la esquistosidad. El rutilo se distribuye de manera heterogénea en la muestra.

La textura principal de las cuarcita es granoblástica, tipo composicional cuarzo feldespático, facie de metamorfismo esquistos verdes y zona del granate.

8.2.3 Ortoneis.

El Ortoneis, se define como un cuerpo metamórfico de origen ígneo con estructura néisica, aspecto masivo y composición félsica a intermedia (Ward, Goldsmith, et al. 1973). Esta unidad se formó contemporánea al metamorfismo regional de los Esquistos del Silgará y presenta facies anfibolitas.

En la zona de estudio el Ortoneis se divide en dos (2) unidades de acuerdo a su tipo composicional: Neis cuarzofeldespático, que aflora principalmente al occidente y centro del área de interés, y Neis Hornbléndico, al suroriente de dicha área.

8.2.4 Neis cuarzofeldespático (PDo):

El Neis Cuarzo-Feldespático se caracteriza por presentar una estructura néisica, con un bandeo composicional que muestra una alternancia de bandas ricas en cuarzo y plagioclasa con bandas ricas en micas, anfíboles y óxidos; indicando un tipo composicional cuarzo-feldespático, exhibe colores blancos con tonalidades terrosas y cristales de grano fino a medio frecuentemente inequigranulares.

Se encuentra intruido por un Stock de Granodiorita a unos 400 metros al Oeste del cerro el Ensenillo; también se encuentra altamente intruido por Diques de Riolita

porfídicas con fenocristales de cuarzo y feldespato potásico con dirección preferencial SW-NE y Diques de Aplitas con dirección preferencial W-E, también se encuentra intruido por Diques de Diabasa, venas de cuarzo y pegmatitas. Las venas de cuarzo generalmente están compuestas de cuarzo lechoso y se orientan de manera perpendicular a las foliaciones principales o de manera discordante con la foliación e indican procesos hidrotermales de contexto no metamórfico. Las pegmatitas ocurren como venas discordantes, holocristalinas, de afinidad granítica, de color blanco y se componen de cuarzo, plagioclasa y fenocristales de muscovita en agregados sin orientación preferencial en la roca.

Se estudiaron cinco (5) secciones delgadas para la descripción de esta unidad. Se caracteriza por presentar tamaños de grano de medio a grueso, textura granoblástica y lepidogranoblástica. Se compone principalmente por plagioclasa (alterando a sericita), cuarzo, feldespato potásico, biotita como mineral menor, y en algunas muestras zircón como mineral accesorio.

Tabla 7. Secciones delgadas del Neis Cuarzofeldespático

Sección Delgada	Composición mineral (%)					
	Qtz	Pl	Kfs	Bt	Ms	Opacos
BM-3	40	33	14	12	-	1
BM-18	37	25	26	10	1	2
BM-26	50	28	15	5	-	2
BM-30	47	25	15	10	1	2
BM-31	40	30	24	-	5	1

Plagioclasa (25-33%): Cristales incoloros con relieve bajo, colores de interferencia de primero a segundo grado, tamaño de grano de medio a grueso, su forma es subidioblástica conservando algunas caras cristalográficas, presenta maclado polisintético. Se encuentra en contacto neto con el cuarzo y feldespato potásico.

Muestra alteración a sericita, que se presenta como agregado masivo en algunos cristales generando un aspecto sucio al mineral.

Cuarzo (37-50%): Agregados heteroblásticos, idiolásticos a subidioblásticos, con tamaños de grano de medio a grueso hasta de 2 mm, subredondeados-subangulares, con bordes irregulares. En contacto con feldespático potásico, plagioclasa y biotita.

En algunas muestras se encuentra rellenando venas hidrotermales, se observa limpio.

Feldespato potásico (14-26%): Individuos subidioblásticos con forma alargada, bordes irregulares, tamaño de grano medio, exhibe macla carsbald y ocasionalmente de enrejado.

Biotita (5-12%): Agregados heteroblásticos, de formas subidioblásticas a xenoblásticas, de hábito hojoso y laminar. Tamaño de grano fino a medio, en contacto con la plagioclasa y cuarzo, en algunos sectores se observa una foliación espaciada. Presenta alteración a clorita desde moderada a muy fuerte.

La clorita se presenta como agregado laminar y se desarrolla desde los bordes hacia el centro de la biotita.

Muscovita (1-5%): Agregados heteroblásticos, subidioblásticos de hábito laminar con terminaciones irregulares, tamaño de grano fino a medio y colores de interferencia de 2° orden principalmente. Se encuentra en contacto con cuarzo y plagioclasa. Distribuido de manera esporádica en la muestra.

Minerales opacos (1-2%): Individuos subidioblásticos a xenoblásticos con geometría cubica, con tamaños de grano fino. Se encuentran en contacto neto con

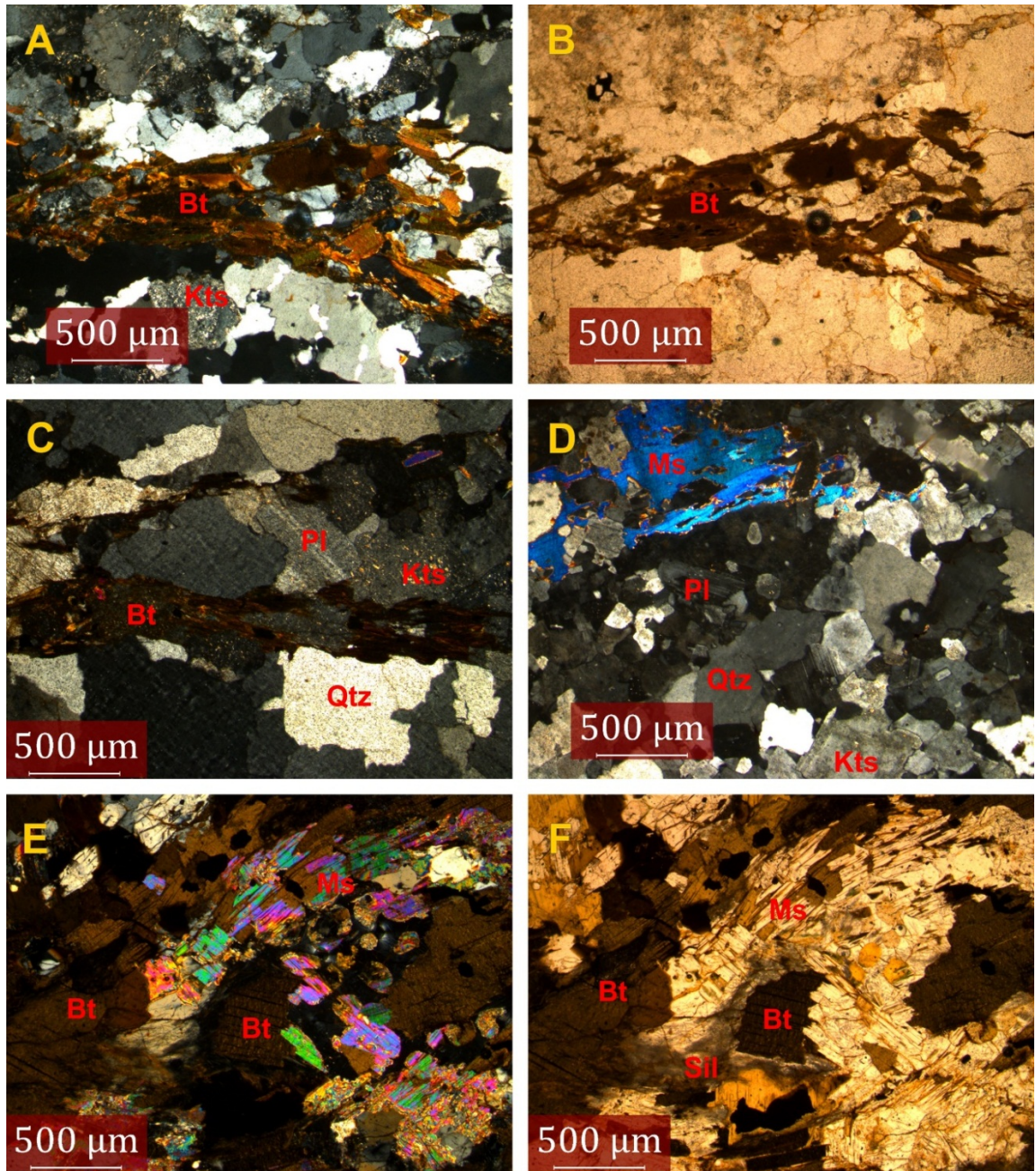
el cuarzo, la plagioclasa y feldespato potásico, distribuidos homogéneamente a lo largo de la sección.

La textura principal es lepidogranoblástica. La paragénesis mineral característica es Pl+Bt+Qtz, tipo composicional cuarzo-feldespático, facie Anfibolita, subfacie Andalucita-Almandino.

8.2.4.1 Neis Hornbléndico (PDod): Ward y Goldsmith (1973), definen este tipo de ortoneis para el sector de Tona como “flaser” de hornblenda-biotita, con colores desde gris a gris verdoso, compuesto de granodiorita a tonaita.

Esta unidad presenta su mayor exposición a lo largo de la Quebrada el Ensenillo al sur oriente de la zona de estudio, se presenta como un cuerpo alargado e irregular. Litológicamente se caracteriza por presentar cristales de grano fino a medio de cuarzo, plagioclasa, hornblenda, muscovita y biotita; estructura néisica y un color blanco con tonalidades oscuras debido a su bandeamiento; indicando un tipo composicional máfico.

Figura 12. **Textura Lepidrogranoblástica rocas metamórficas.** A. Ortoneis, muestra BM-3, Neis cuarzofeldespático; B. muestra BM-3, nicoles paralelos; C. Ortoneis, muestra BM-30, Neis cuarzofeldespático; D. Ortoneis, muestra BM-31, Neis cuarzofeldespático; E y F. Neis de Bucaramanga, muestra BM-77, nicoles cruzados y nicoles paralelos respectivamente.



8.3 ROCAS SEDIMENTARIAS

8.3.1 Formación Tambor (Kita).

Se definió por primera vez por Cediel (1968) y posteriormente redefinida por Laverde (1985). La cual consiste de areniscas conglomeráticas, lodolitas rojo grisáceas cuarzo areniscas gris amarillentas con estratificación cruzada, en capas tabulares de espesores variables. En la localidad tipo el espesor es 218 m. Las facies han sido interpretadas como depósitos fluviales acumulados por corrientes trezadas (Clavijo, 1985; Laverde y Clavijo 1985; Laverde 1985). La formación Los Santos o Tambor es considerada de edad Berriasiano (Cediel 1968; Etayo y Rodríguez 1985).

Para la zona de estudio la formación presenta su mayor afloramiento sobre la vía Berlín- Tona después del morro El Vivito. La secuencia consiste en capas gruesas de cuarzoarenitas intercaladas con lodolitas exhiben colores grisáceos y marrón amarillento, las capas presentan geometría tabular a lenticular.

Se encontraron niveles de conglomerados basales de tonalidad rojiza lo que indica que esta unidad se encuentra discordante sobre la Cuarzomonzonita Santa Bárbara y el Plutón de paramo Rico.

8.4 DEPOSITOS DE TERRAZA ALUVIAL (Qtf)

Corresponden a los depósitos aluviales, localizados hacia las márgenes de los ríos principales y secundarios, como producto de la acumulación sobre la antigua planicie de inundación divagante, asociadas a las márgenes de los ríos principales. Para el área de Berlín está asociado a la Quebrada Arenales o Jordán y sus drenajes secundarios, sobre este depósito se encuentran el corregimiento de Berlín y el sector El Topón.

8.5 DEPÓSITOS GLACIOFLUVIALES (Qg)

Son depósitos donde domina la acción de corrientes de agua procedentes directamente de la fusión del glaciar. Se encuentran ubicados en la parte occidental del área de estudio, sobre la Quebrada Cuariba y al noroccidente sobre la Quebrada Chitaraba.

9. MAGMATISMO

- **Magmatismo Ordovícico**

De acuerdo a Mantilla et al., 2012, en el Macizo de Santander, en el Paleozoico Temprano (Ordovícico) se registra un pulso magmático (“Evento magmático Pre-Mesozoico”). Horton et al., 2010 y Nie et al., 2010 concluyen que el basamento cristalino de la Cordillera Oriental de Colombia ha sido afectado por un magmatismo del Paleozoico Temprano potencialmente relacionado a subducción y posible colisión. (Mantilla et al., 2012).

Estudios U/Pb en muestras de dioritas foliadas calco-alcalinas y con metamorfismo regional (Mantilla et al., 2012) arrojaron edades de 477 ± 2 M.a. De acuerdo a estos resultados, es posible confirmar la existencia de un pulso magmático Ordovícico en el Macizo de Santander, que involucra procesos de fusión parcial en el manto.

Considerando que las rocas ígneas estudiadas del Ordovícico Temprano son calco-alcalinas y su magma está relacionado a una fuente del manto, se puede concluir que este magmatismo tuvo lugar en un contexto de supra-subducción, coincidiendo con el comienzo del cierre del Océano Iapetus. El Terreno Chibcha, finalmente se acrecionó de nuevo al NW de Gondwana después de la subducción completa de Iapetus durante la Orogenia Caledoniana-Caparonensis en el Ordovícico-Silúrico-Devónico.

- **Magmatismo Triásico –Jurásico**

El Macizo de Santander está constituido por numerosos batolitos, plutones y stocks, los cuales presentan semejanza en el tipo de roca y edades radiométricas lo que indica que la mayoría de estas rocas ígneas pertenecen a un solo intervalo plutónico. Ward (1973) propone el término “Grupo Plutónico de Santander” para

incluir los batolitos mayores del Macizo de Santander y se asignan al Jurásico y al Jura-Triásico.

Los datos de K/Ar en biotita de la granodiorita gris del Batolito de Rionegro arrojan una edad Jurásico Inferior o Medio, mientras que los datos K/Ar en biotita de la cuarzomonzonita rosada de Santa Bárbara y del Granito de Pescadero, arrojan edades del límite Triásico Jurásico. Se cree que la edad Jurásico no es acertada tampoco y refleja más bien un espaciamiento en el tiempo del plutonismo. (Ward et al., 1973).

- **Tonalita y granodiorita del Plutón de Páramo Rico**

Las edades K/Ar en biotita de Goldsmith et al., 1971 proporcionan edades de 192 ± 7 Ma y 194 ± 7 Ma para este batolito. El cuerpo plutónico consta principalmente de granodiorita y tonalita. (Döör et al., 1995). Las edades aparentes obtenidas de la tonalita y la edad de intercepción inferior de la granodiorita son similares, indicando que la intrusión del Plutón de Páramo Rico de 210 Ma, es cercana al límite Triásico Jurásico. Por lo tanto, las edades U-Pb entre 205 Ma y 210 Ma no pueden ser edades de enfriamiento del metamorfismo Mesozoico como fue propuesto por Boinet et al., (1985) (en Döör et al., 1985), pero podrían ser interpretadas como edades primarias magmáticas.

Las edades K-Ar de biotita tomadas de intrusiones en esta región oscilan entre 177 a 210 Ma (Goldsmith et al., 1971 en Döör et al., 1995), las cuales concuerdan con las mencionadas anteriormente, pero representan edades de enfriamiento después de la solidificación de fluidos magmáticos, en vez de edades que representen enfriamiento después del metamorfismo Mesozoico como fue propuesto por Boinet et al., 1985. (Döör et al., 1995).

A partir de la suposición que el contexto geotectónico del Plutón fue un arco continental y con base en las consideraciones paleogeográficas de Aspden et al.,

(1987), se propone una subducción hacia el Este del Océano Pacífico bajo el margen Occidental del Cratón Amazónico, posiblemente durante el comienzo del Triásico. Esto, está en concordancia con los datos geocronológicos y petrológicos de otras partes de la Cordillera Oriental y la Cordillera Central de Colombia: el inicio de una subducción relacionada al magmatismo a lo largo del borde Occidental del Escudo de Guyana en el límite Triásico/Jurásico es indicado por actividad plutónica (200 Ma) en el Macizo de Santander (Goldsmith et al., 1971 en Döör 1995).

- **Cuarzomonzonita de Santa Bárbara**

El magmatismo de la cuarzomonzonita se dio a gran profundidad, ya que le dio tiempo suficiente para formar cristales de tamaño de grano muy grueso, con poca nucleación; caso contrario de la Tonalita, la cual se formó a una profundidad menor, con un menor tiempo de enfriamiento produciendo una mayor nucleación de cristales de tamaño de grano más fino.

Dos datos radiométricos K/Ar en biotita de esta unidad señalaron edades de 192 ± 7 y 194 ± 7 M.a. Además, una determinación K/Ar en una roca total de una muestra de filita tomada al sur de Berlín, 1 km horizontal y posiblemente menos de 1 km vertical del contacto con el batolito dio una edad de 198 ± 7 M.a. Estas edades están aproximadamente en las cercanías del límite Triásico-Jurásico. Considerando las probables ratas de enfriamiento lento de un batolito de este tamaño (Winkler, 1969, p.83; Hamilton, 1965, p71 en Ward et al., 1973) es probable que la edad real del desplazamiento sea Triásico Superior, en vez de Jurásico Inferior, sin embargo, la designación de edad adoptada es Jura-Triásico. (Ward et al., 1973).

- **Granito de Pescadero**

Una datación radiométrica K/Ar en biotita de la roca biotítica del granito de Pescadero, dio una edad de 193 ± 6 M.a. Está comprendida entre las edades

obtenidas de la biotita del Batolito de Santa Bárbara y coloca al Granito de Pescadero y por extrapolación a la cuarzomonzonita del Batolito de Mogotes, en el mismo grupo. Ellos son por lo menos casi contemporáneos, si no de edad idéntica. (Ward et al., 1973).

El estudio mineralógico y petrográfico realizado por González (2011), a muestras del Granito de Pescadero del sector de Berlín clasifica a esta unidad como una serie subalcalina de acuerdo al diagrama álcalis versus sílice (Iriving y Baragar, 1971), zona calcoalcalina, y serie calco-alcalina alta en K según diagrama de proyección K_2O versus SiO_2 . Esto sugiere un origen de ambiente de subducción de margen de placa convergente de magma calcoalcalino.

10. METAMORFISMO

El complejo metamórfico pre-Devónico del Macizo de Santander ha sido dividido en tres (3) unidades Tectonoestratigráficas: Neis de Bucaramanga, Esquistos del Silgará y Ortoneis, las cuales son cortadas por cuerpos intrusivos principalmente de edad Paleozoica a Jurásico (Goldsmith et al., 1971). Sin embargo, afloran en diferentes lugares como Mogotes, Mutiscua, Silos, Guaca metasedimentitas de bajo grado (Mantilla-Figueroa, *et al.*, 2016 en imprenta).

En el área de estudio se encuentran tres unidades del basamento metamórfico del Macizo de Santander, corresponden de la más antigua a la más joven; al Neis de Bucaramanga, los Esquistos del Silgará y el Ortoneis.

El Neis de Bucaramanga presenta un metamorfismo de grado alto, ubicado en la facie anfibolita en la zona sillimanita-almandino, con composiciones máficas y pelítica. En la zona de estudio se presenta un metamorfismo retrogrado, producto de la presencia de cordierita sericitizada y de epidota reemplazando totalmente a la plagioclasa, en la petrografía de un xenolito del Neis de Bucaramanga presente en la unidad Granodiorita y Tonalita del Plutón de Paramo Rico.

Los Esquistos del Silgará correspondiente a la zona de estudio presenta un metamorfismo de grado medio con facie esquistos verdes, zona del Granate; lo cual coincide con Ward, Goldsmit, Cruz y Restrepo, (1973); donde indican que las asociaciones minerales de la Formación Silgará corresponden a la facie esquistos verde o anfibolita baja, aunque localmente ocurren asociaciones diagnósticas de la anfibolita.

El Ortoneis, de acuerdo a los minerales observados en muestra de mano (cuarzo, plagioclasa, hornblenda, biotita, muscovita y óxidos), se clasifica como un

metamorfismo de grado alto de facie Anfibolita, zona Andalucita-Almandino. La edad correspondiente al metamorfismo del Ortoneis, difiere para algunos autores.

Aunque Ward, et al (1973) le asigno edades del Proterozoico superior al Paleozoico inferior, se conocen algunos registros radiométricos que han arrojado edades mínimas; por ejemplo, la datación Rb/Sr en roca total de un Ortoneis en el Río Caraba (Plancha 110, Pamplona) dio una edad de 450 ± 80 m.a.

El metamorfismo regional de los Esquistos del Silgará pudo ocurrir durante la orogenia Caledoniana, la cual se conoce como orogenia Quetame en Colombia, la orogenia Caparonensis en Venezuela o como la orogenia Ocloica en Ecuador y Perú (Mantilla et, al 2012). Esta orogenia produjo un evento magmático a finales del Ordovícico o principios del Silúrico y la fase retrograda del metamorfismo de la Formación Silgará y el metamorfismo del Ortoneis puede estar relacionados a este (Garcia et, al 2005).

El metamorfismo en el Macizo de Santander ha ocurrido bajo condiciones de alta temperatura y de presión media (Metamorfismo de tipo Barroviense). Las rocas metamórficas han seguido un recorrido de presión-temperatura en sentido horario, la cual es característica de la evolución metamórfica de las rocas de la mayoría de los cinturones orogénicos (Garcia et, al 2005).

Actualmente, el estudio de la Formación Silgará permite su escisión en tres unidades basados en edades U-Pb en circones detríticos. Una de estas corresponde a los Esquistos del Silgará (s.s) los cuales corresponden a la unidad presente en el área de Berlín. Se puede concluir que la máxima edad estratigráfica es Neoproterozóico (Toniano), tomando como referencia el pico prominente con edades más recientes (940 Ma), y que la edad del pico de metamorfismo de los Esquistos del Silgará se relacionaría con el evento Orogénico Principal Fammatiniano (localmente conocida como Quetame-Caparonensis, Restrepo-

Pace and Cediél, 2010; Mantilla et al., 2012; Van Der Lilej, 2014; Spikings et al., 2015; otros) considerando las edades de las rocas meta-ígneas sintectónicas (litologías agrupadas como unidad Ortoneis; edades determinadas mediante U-Pb en circones magmáticos en 484-474 Ma), y las cuales cortan a esta unidad y se acomodan de manera concordante con la foliación metamórfica regional (Restrepo-Pace and Cediél, 2010; Mantilla et al., 2012; Van Der Lilej, 2013). (Mantilla et al., 2015).

11. ACTIVIDAD HIDROTHERMAL

El estudio de la génesis y caracterización de la manifestación hidrotermal en el sector de Berlín realizado por Mejía (2010) señala la existencia de filones hidrotermales compuestos principalmente por cuarzo lechos, clasificados en tipo I, tipo II y tipo III; con direcciones NW, NE y EW respectivamente.

Estos filones se encuentran cortando los Esquistos del Silgará, la Cuarzomonzonita Santa Bárbara y el Granito de Pescadero. De los análisis de inclusiones fluidas se determina que el paleofluido responsable de la formación de los filones es heterogéneo; posiblemente con aportes magmáticos y meteóricos, y su posible formación a poca profundidad, inclusiones secundarias indican un segundo evento a niveles más superficiales. (Mejía et al., 2010).

Tabla 8. Caracterización de los filones hidrotermales, según Mejía 2010.

FILÓN	UBICACIÓN		RUMBO	BUZAMIENTO	LONGITUD (m)	ESPESOR (m)	TIPO
	X	Y					
1	1287570	1130586	N60W	54SW	150	3	I
2	1287356	1130356	N80W	75SW	300	1	I
3	1284622	1133651	N35E	82SE	500	2,5	II
4	1285962	1132381	N70E	73SE	250	2,5	II
5	1285282	1134655	N60E	70NW	200	2	II
6	1285374	1132465	N75SE	SE	100	2,5	II
	1285419	1131965	N40E	55SE	100	2,5	
7	1280413	1129319	EW	NS	700	2	III

Fuente: Mejía, 2010

12. CONCLUSIONES

El área de Berlín, Santander, comprende: Neis de Bucaramanga (PCabh), Esquistos del Silgará (s.s), Ortoneis (Neis cuarzofeldespático y Neis hornbléndico), Stock de Granodiorita (Jg), Plutón de Páramo Rico (TRtgd), Cuarzomonzonita Santa Bárbara (JRcs), Granito de Pescadero (JRgp), Aplita (a), Riolita (r), Formación Tambor (Kita), Depósitos Glaciofluviales (Qg) y Depósitos de Terraza Aluvial (Qtf).

En el área de estudio se evidenciaron principalmente cuatro fallas locales: La Falda, El Cincho, El Saladito y Las Guarichas.

La geomorfología del área de Berlín está dominada por un ambiente estructural en la mayor parte de la zona y en menor proporción ambientes de carácter fluvial, glacial y antropogénico, sus pendientes varían desde ligeramente inclinadas a fuertemente quebradas.

Los Esquistos del Silgára y el Ortoneis son coetáneos con respecto al evento Orogénico Principal Fammatiniano.

BIBLIOGRAFIA

Clavijo, J., Royero, J. Mapa Geológico Generalizado Departamento de Santander. Memoria Explicativa, Escala 1:400.000. Instituto de Investigación e Información Geocientífica, Minero-Ambiental y Nuclear. Ingeominas. República de Colombia. 2001.

Coronado, W., Mejía, C. 2006. Cartografía geológica y caracterización estructural con fines hidrogeológicos en el sector nororiental de la cuenca del Río de Oro. Trabajo de tesis de pregrado. Escuela de Geología. Universidad Industrial de Santander. 125p.

García, C. Ríos, C. y Castellanos, O. 2005. Medium-pressure metamorphism in the central Santander Massif, Eastern Cordillera, Colombian Andes. Boletín de Geología, Universidad Industrial de Santander, p. 43-68.

González, E. 2011. Estudio mineralógico y petrográfico comparativo entre las rocas ígneas del Granito de Pescadero aflorantes en los sectores de Berlín (Tona), Curos (Piedecuesta) y Pescadero Departamento de Santander, Colombia. Trabajo de tesis de pregrado. Escuela de Geología. Universidad Industrial de Santander. 143 p.

Mantilla, L. C., Mendoza, H., Bissig, T. y Craig, H. 2011. Nuevas evidencias sobre el magmatismo miocénico en el distrito minero de Vetas-California (Macizo de Santander, Cordillera Oriental, Colombia). Boletín de Geología, Universidad Industrial de Santander, vol 25, p. 41-56.

Mantilla, L., Bissig, T., Cotle, J., Hart, C. 2012. Remains of early Ordovician mantle-derived magmatism in the Santander Massif (Colombian Eastern Cordillera). *Journal of South American Earth Sciences* 38 (2012). 12p.

Mantilla, L., Bissig, T., Valencia, V., Hart, C. 2013. The magmatic history of the Vetas-California mining district, Santander Massif, Eastern Cordillera, Colombia. *Journal of South American Earth Sciences* 45 (2013) 235-249.

Mantilla, L., García, C., Valencia, V. 2015. Propuesta de escisión de la denominada "Formación Silgará" (Macizo de Santander, Colombia), a partir de edades U-Pb en circones detríticos. Manuscrito aprobado. *Boletín de Geología*. 44p.

Restrepo, J. y Toussaint, J. 1988. Terranes and Continental accretion in Colombian Andes. IGCP.

Siivola, J and SCHMID, R.A systematic nomenclature for metamorphic rocks: 12. List of Mineral Abbreviations. SCMR-IUGS, 2007. 14p

Téllez, N., Villamizar, D. 1994. Apuntes sobre la geología y la geomorfología del Páramo de Berlín. En: *Revista Facies*. Escuela de Geología. Universidad Industrial de Santander. Vol 2. pp1-11.

Uribe, A. 2003. Génesis y caracterización hidrotermal del área de Berlín Macizo de Santander Cordillera Oriental de Colombia. Trabajo de tesis de pregrado. Escuela de Geología. Universidad Industrial de Santander. 191p.

WARD, W., et al., 1973. Geología del Cuadrángulo H-12, Bucaramanga y H-13, Pamplona, Departamento de Santander y Norte de Santander. Ingeominas. *Boletín Geológico*, 21 (1-3). 132p.

ANEXOS

Los anexos se encuentran adjuntados en la carpeta con el mismo nombre, dentro de la cual se encuentran las carpetas:

Anexo A con el archivo “Cátalogo de muestras área de Berlín, Santander”.xls,

Anexo B con el archivo “Descripciones de muestras en sección delgada pertenecientes al área de Berlín” y la carpeta

Anexo C donde se encuentran los archivos “DEM”, “Geomorfología”, “Mapa geológico área de Berlín”, “Muestras” y “Pendientes”. JPEG.