

**GEOLOGÍA DEL SECTOR DE SILOS – BABEGA. MACIZO DE SANTANDER**

**CAMILO ARTURO ARENAS**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERÍA FÍSICO QUÍMICAS  
ESCUELA DE GEOLOGÍA  
BUCARAMANGA**

**2015**

**GEOLOGÍA DEL SECTOR DE SILOS – BABEGA. MACIZO DE SANTANDER**

**CAMILO ARTURO ARENAS**

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

**DIRECTOR**

**CARLOS ALBERTO GARCÍA RAMÍREZ**

**Geólogo Pd**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERÍA FÍSICO QUÍMICAS  
ESCUELA DE GEOLOGÍA  
BUCARAMANGA**

**2015**

## *Dedicatoria*

*A Dios por sonreírme siempre y por guardarme en todo momento y por permitirme tener esta oportunidad de prepararme y crecer como persona.*

*A mis padres Arturo Arenas Muñoz y Janeth Gualdron Palomino por su entrega, por su ejemplo de constancia, perseverancia y amor, y por ser lo más valioso que tengo.*

*A Jenny García por su compañía y apoyo.*

*A toda mi familia Arenas Gualdron por su apoyo y acompañamiento.*

*A mis amigos por su compañía en los momentos difíciles y divertidos y a todas las personas que alguna vez me brindaron un gesto amable.*

## **AGRADECIMIENTOS**

Al profesor Carlos Alberto García Ramírez por su acompañamiento en todas las fases de este proyecto, sus valiosas enseñanzas y asesorías.

A Luis Eduardo Garrido por la asistencia prestada en el laboratorio de Preparación de Muestras de la escuela de Geología, UIS.

A la Vicerrectoría de Investigación y extensión por financiar la etapa de campo y elaboración de secciones delgadas mediante el proyecto 9435 “Estructura y evolución del basamento cristalino del Macizo de Santander, Cordillera Oriental (Colombia)”.

Al Laboratorio GIGBA de la Universidad Industrial de Santander – Parque Tecnológico de Guatiguará y su personal.

A todos los profesores de la Escuela de Geología que hicieron parte de este proceso de formación profesional.

A las personas del Municipio de Silos-Babega N. de Santander por su amabilidad y disposición para colaborar con la fase de campo de este proyecto.

A los estudiantes de campo 2 de la Universidad Industrial de Santander, Escuela de Geología, de los años 2014 y 2015.

## CONTENIDO

	<b>Pág.</b>
INTRODUCCION .....	19
1. OBJETIVOS.....	21
1.1 OBJETIVO GENERAL .....	21
1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	21
2. GENERALIDADES .....	22
2.1. LOCALIZACIÓN.....	22
2.2. GEOMORFOLOGÍA.....	23
3. METODOLOGÍA .....	28
3.1 FASE PRECAMPO.....	28
3.2 FASE DE CAMPO.....	28
3.3. FASE DE LABORATORIO.....	30
3.3.1 Preparación de muestras y elaboración de secciones delgadas. ....	30
3.3.2 Análisis petrográfico.....	30

3.4 INTERPRETACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	31
3.5 ELABORACIÓN DEL INFORME FINAL.....	31
4. MARCO GEOLÓGICO REGIONAL .....	33
5. ESTADO DEL ARTE.....	38
6 GEOLOGÍA LOCAL .....	43
6.1. LITOESTRATIGRAFIA.....	43
6.1.1. Esquistos del Silgara .....	43
6.1.2. Ortoneis. ....	55
6.1.3. Metacalizas. ....	62
6.1.4. Granito de duraría. ....	69
6.1.5. Formación Floresta. ....	70
6.1.6. Formación Diamante.....	71
6.1.7. Formación Girón. ....	72
6.1.8. Formación Tibu-Mercedes. ....	74
6.1.9. Formación Los Santos. ....	74
6.1.10. Formación Rosa Blanca.....	75

6.2. GEOLOGÍA ESTRUCTURAL.....	75
6.2.1. Falla de la Cuchilla de Socotá.....	76
6.2.2. Falla De Cherquetá O Falla de Angosturas. ....	76
6.2.3. Falla Quebrada la Honda o Falla de Mutiscua. ....	77
6.2.4. Falla Quebrada la Estancia.....	78
6.2.5. Falla las Tapias.....	78
6.2.6. Falla de Bábega.....	79
6.2.7. Falla el chorro el Avenal.....	79
6.2.8. Falla Vereda Doña Angela. ....	80
6.2.9. Falla Nororiental.....	81
6.2.10. Falla Ojo de Agua .....	81
6.2.11. Falla Quebrada Vichaga. ....	82
6.2.12. Falla la Botica. ....	82
6.2.13. Falla Loma el Rayo. ....	83
6.2.14. Falla El Rayo.....	83

6.2.15. Falla Hacienda el Hatico.....	83
6.2.16. Falla del Rio Caraba.....	83
6.2.17. Sistema de Fallas NW-SE.....	83
6.2.2. Folioaciones.....	84
6.3. Mapa Geológico del Municipio de Silos .....	87
7. METAMORFISMO .....	88
7.1. METAMORFISMO REGIONAL.....	88
7.2. METAMORFISMO DINAMICO .....	92
8. CONCLUSIONES .....	94
BIBLIOGRAFÍA.....	96
ANEXOS .....	104

## LISTA DE TABLAS

	<b>Pág.</b>
Tabla 1. Abreviaturas minerales usadas según SCMR, 2007.....	31
Tabla 2. Composición mineralógica de las Metacalizas aflorantes en el municipio de Silos. ....	64

## LISTA DE FIGURAS

	<b>Pág.</b>
Figura 1. Localización del área de estudio.....	23
Figura 2. Imagen Lansat del municipio de Silos y zonas aledañas mostrando los principales rasgos topográficos y el Río Cáraba y la Quebrada Cherquetá como referentes geográficos. ....	24
Figura 3. Trazo de las fallas paralelas Y semiparalelas entre sí las cuales son resultado de la Falla de Babega, alineadas con drenajes cortos y rectilíneos. Imagen lansat .....	26
Figura 4. <i>Valle Glaciar en la sima de la cuchilla de Socotá</i> .....	27
Figura 5. Contacto entre cuarcitas de los Esquistos del Silgara y neis horbléndico perteneciente al Ortoneis.....	45
Figura 6. Contacto neto entre cuarcitas de los Esquistos del Silgara y un neis horblendico perteneciente al Ortoeneis, sobre la vereda El Palomar parte alta. ...	45
Figura 7. Deformación ductil dentro de un paquete de cuarcitas perteneciente a los Esquistos del Silgara. ....	46
Figura 8. Izquierda: Niveles verticalizados de esquisto y cuarcita con granate cortado por una tonalita con granate en la dirección de la foliación, Derecha: Nivel de esquisto biotítico cortado por venas pegmatíticas, .....	47
Figura 9. Vena de cuarzo con cianita y turmalina cortando niveles de esquisto moscovítico y cuarcita en la dirección de la foliación. Afloramiento G1-31 .....	48
Figura 10. Triangulo de clasificación.....	49
Figura 11. Microfotografía de una cuarcita moscovitica con cianita. Imagen superior: fotografía en nicoles paralelos, Imagen inferior: fotografía en nicoles cruzados, se observa una textura de tipo Granoblástica principalmente, además se observa dentro del granate pequeños cristales de cuarzo (textura Poiquiloblastica).....	50

Figura 12. Microfotografías de rocas pelíticas. A, B, C) textura porfidoblastica en matriz granoblástica, A Y B) se observan pórfidoblastos de biotita y granate, el granate presenta una matriz de tipo poiquiloblastica (inclusiones de cuarzo). C) mineral indicador (Estauroлита), este mineral presenta una textura esqueletal. ....	52
Figura 13. Microfotografías de rocas semipelíticas. A y B) Textura lepidoblastica, con foliación marcada. C Y D) Textura porfidoblastica con matrix granoblástica, y textura poiquiloblastica (Granate), se evidencia dentro del granate presencia de inclusiones de cuarzo el cual se encuentra orientado. E Y F) textura porfidoblastica en matriz lepidogranoblastica, presencia de mineral indicador(cianita), este mineral presenta una textura esqueletal producto de la disolución. ....	54
Figura 14. Contacto Neto entre Cuarcitas y Neis Cuarzo-Feldespático.....	58
Figura 15. Contacto concordante y neto entre los Esquistos del Silgara( roca encajante) y el Ortoneis. ....	58
Figura 16. Neis cuarzo feldespático intruído por una cuarzomonzonita.....	59
Figura 17. Xenolitos de cuarcita dentro de una matriz de ortoneis .....	59
Figura 18. Microfotografías de una anfibolita. Se puede observar como la horblenda junto con la plagioclasa y esfena están orientadas indicando una dirección de foliación preferencial.....	60
Figura 19. microfotografías de un neis pelítico. En la imagen de la derecha se puede observar una textura mirmequitica.....	61
Figura 20. Triangulo de clasificación de rocas carbonatadas .....	64
Figura 21. en la figura A se observa un afloramiento ubicado sobre el sector del Cerro Concaseres, y en la figura B se observa una Metacaliza con cristales de tamaño fino a medio. ....	65
Figura 22. Microfotografía de rocas calcosilicatadas. Correlacion entre una metacaliza (imágenes inferior) y un mármol (imagen superior) perteneciente a los Esquistos del Silgara. ....	66
Figura 23. Afloramiento de metacaliza, en la vía que conduce de Silos a la vereda El Alizal, sobre el sector conocido como Loma el Padre área norcentral de la zona de estudio al sur del rio caraba.....	67

Figura 24. Contacto fallado entre las Metacalizas y los Esquistos del Silgara sobre la via que conduce de Silos a la vereda El Alizal, sobre el sector conocido como Loma el Padre área norcentral de la zona de estudio al sur del rio caraba. ....	68
Figura 25. Afloramiento de Meta-areniscas de la Formación Floresta en contacto con filitas de la Unidad Esquistos del Sigara sobre la parte alta de la Loma Grande.....	71
Figura 26. Fotografía a escala de afloramiento, mostrando la foliación de la metacaliza S74°W/49°NW y su leve recristalización.....	71
Figura 27. Fotografía de afloramiento de la Formación Girón. Areniscas conglomeráticas dispuestas en paquetes potentes. El plano de estratificación es S52°E/40°SW.....	72
Figura 28. Microfotografía, de la roca G3-31-05. La roca está fuertemente deformada por metamorfismo dinámico. Se muestra (1) la amplia reducción del tamaño de grano, agregados en forma de lentes y (2) vena de calcita post-tectónica .....	73
Figura 29. Formación los Santos. Cuarzo-areniscas dispuestas en capas potentes. ....	74
Figura 30. Trazo de la falla de de Cherqueta sobre la quebrada.....	77
Figura 31. Falla Quebrada la Honda. Fallas Quebrada la Estancia y Falla las Tapias ubicadas al noroccidente de la zona de estudio. Imagen lansat .....	79
Figura 32. Cuarcita milonitizada.....	80
Figura 33. Rocas metamórficas (neis) afectadas por una sobreimposición de eventos de tipo tectónico. ....	81
Figura 34. Trazo de las fallas paralelas Y semiparalelas entre sí las cuales son resultado de la Falla de Babega, alineadas con drenajes cortos y rectilíneos. Imagen lansat .....	82
Figura 35. Evidencia de la Falla del Rio Caraba, Y de color rojo se muestran el sistema de fallas NW-SE. ....	84
Figura 36. Dique de anfibolita en la unidad Ortoneis (neis biotítico). Foliaciones concordantes. Afloramiento G1-69. ....	85

Figura 37. microfotografía rocas semipelíticas. Textura porfidoblastica en matriz lepidoblastica. ....90

Figura 38. Estructura cataclástica a) nicoles cruzados, b) nicoles paralelos. Zona de cizalla en donde se observa la reducción del tamaño de grano de los cristales de cuarzo c) nicoles paralelos, d) nicoles cruzados.....93

## LISTA DE ANEXOS

**Pág.**

Anexo A. Descripciones petrográficas

Anexo B. Composición Mineralógica EdS y Ortoneis

Anexo C. Composición Mineralógicas Metacalizas

## RESUMEN

**TÍTULO:** GEOLOGIA DEL SECTOR SILOS-BABEGA, MACIZO DE SANTANDER.\*

**AUTOR:** Camilo Arturo Arenas Gualdron.\*\*

**PALABRAS CLAVE:** Mapa Geológico, Macizo de Santander, Municipio de Silos, Metasedimentitas.

**DESCRIPCIÓN:** las unidades aflorantes en el sector centro-oriental del Macizo de Santander, en el área del municipio de Silos y la inspección de Babega (N. de Santander) se analizaron mediante trabajo de campo y microscopía óptica de luz transmitida esto con el fin de generar un mapa geológico detallado de la zona. Las unidades encontradas fueron los Esquistos del Silgara, Ortoneis, Metasedimentitas, un cuerpo ígneo como el Granito de Durania y rocas sedimentarias de edades que van desde el Devonico hasta depósitos Cuaternarios.

Las rocas metamórficas encontradas en el área fueron afectadas por un metamorfismo regional de grado medio, que alcanzó temperaturas superiores a los 470°C, indicando la zona de la cianita-almandino de la facies anfibolita, se determinó para las Metasedimentitas una facie sub-esquistos verdes debido a su paragénesis y a la escasa recristalización que presentaban estas rocas, también se encontró un metamorfismo dinámico sobreimpuesto, asociado a las diferentes fallas regionales y satélites que afectan a las rocas a diferentes niveles estructurales.

Apoyado en las diferencias mencionadas anteriormente y en las relaciones de campo se podría hablar que estas metasedimentitas no están asociadas a los Esquistos del Silgara o a rocas de la Formación Floresta. De acuerdo con esto, podría tratarse de otra unidad metasedimentaria similar al parecer a las que afloran en los sectores de Mogotes, Guaca, Berlín y Mutiscua en el Macizo de Santander.

---

\* Trabajo de grado

\*\* Facultad De Ingeniería Físico Químicas. Escuela De Geología. Director. Carlos Alberto García Ramírez

## SUMMARY

**Title: SILOS-BEBEGA SECTOR'S GEOLOGY.SANTANDER MASSIF\***

**AUTHOR: Camilo Arturo Arenas Gualdrón\*\***

**KEY WORDS: geologic map, Santander's massif, Silos municipality, metasedimentitas.**

**DESCRIPTION:** The units in the central east from Santander's massif, in the area of the Silos municipality and the inspection of Babega(North of Santander)were analyzed through field work and optic microscopy of transmitted light in order to generate a detailed map form the area. The found units were Silgara schist, Ortoneis, Metasedimentitas, igneous segment like Durania granit and sedimentary rocks with different ages from the Devonico to quaternary deposits.

The Metamorphic rocks found in the area were affected by a regional metamorphism of medium scale, which reached temperature over the 470 Celsius grades indicating the area of cianita-almandine of anfibolite facies. It was determined for the Metasedimentitas a green facie sub-schist due to their paragenesis and the little re-crystallization that these rocks showed, besides it was found a dynamic metamorphism superimposed, associated to the different regional faults and satellites that affect the rocks in different structural levels.

Based on the differences mentioned before, and in the field lists it can be said that these metasedimentitas are not associated to the Silgara schist or to the rocks from the dell. According to this, it could be another metasedimentary unit similar to the ones that appear in the areas of Mogotes, Guaca, Berlín y Mutiscua in the Santander massif.

---

\* Degree work

\*\* Physicochemical Engineering Faculty. School of Geology. Director. Carlos Alberto Garcia Ramirez

## INTRODUCCION

La geología del municipio de Silos y la inspección de Babega (N. de Santander) en el Macizo de Santander, flanco este de la Cordillera Oriental, ha sido el objeto de estudio del presente trabajo de investigación, en el que se realizaron estudios de campo, y petrográficos, con el objetivo de generar un mapa geológico. Dentro de la zona de estudio se identificaron rocas metamórficas como los Esquistos del Silgara, Ortoneis, Metasedimentitas, un cuerpo ígneo como el Granito de Durania y rocas sedimentarias de edades que van desde el Devonico hasta depósitos Cuaternarios. Dentro de los Esquistos del Silgara se encontraron rocas psamíticas, pelíticas, semipelíticas y mármoles, así mismo dentro del Ortoneis se encontraron rocas de composición pelíticas, maficas y cuarzo-feldespaticas, y dentro de las Metasedimentitas se encontraron rocas de composición carbonatada y calcosilicatada.

Se identificaron dos sectores al sur de Silos, donde afloran metasedimentitas: 1) Cerro Concaceres. Las metasedimentitas de bajo grado fueron cartografiadas por algunos autores bajo el nombre de Formación Floresta Metamorfoseado. 2) Metacalizas en el sector conocido como Loma Grande, al SE del Municipio de Silos por la vía que conduce a la Vereda el Enterradero, margen derecha de la Quebrada Vichaga. Este cuerpo, por primera vez es reportado en este estudio.

Los resultados de los análisis petrográficos indican un metamorfismo que alcanzó la zona de la cianita-alamandino de la facies anfibolita (pico metamórfico) con temperaturas mayores a los 440°C<sup>1</sup>; se asoció la presencia de estas rocas Metasedimentarias posiblemente a un evento metamórfico posterior a la orogenia

---

<sup>1</sup> SPEAR, F. The Metamorphism of pelites. En: Metamorphic Phase Equilibria and Pressure-Temperature-Time Paths. Washington: Mineralogical Society of America, 1993. p. 337-391.

Famatiniana de tipo dinamo-térmico<sup>2</sup> debido a la escasa recristalización y a los resultados de los análisis petrográficos los cuales indicaron condiciones de facies sub-esquistos verdes también se encontró evidencia de un metamorfismo dinámico posterior.

El proyecto de grado se realizó bajo la modalidad de “Trabajo de Investigación” y forma parte del proyecto de investigación 9435 “Estructura y evolución del basamento cristalino del Macizo de Santander, Cordillera Oriental (Colombia)”, financiado por la Universidad Industrial de Santander y COLCIENCIAS.

---

<sup>2</sup> MANTILLA FIGUEROA, Luis Carlos et al. The magmatic history of the Vetás-California mining district, Santander Massif, Eastern Cordillera, Colombia. *Journal of South American Earth Sciences* 45. 2013. p 235-249.

## **1. OBJETIVOS**

### **1.1 OBJETIVO GENERAL**

Determinar y caracterizar las litologías aflorantes en el sector Silos-Babega con el fin de generar el mapa geológico escala 1:25.000.

### **1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

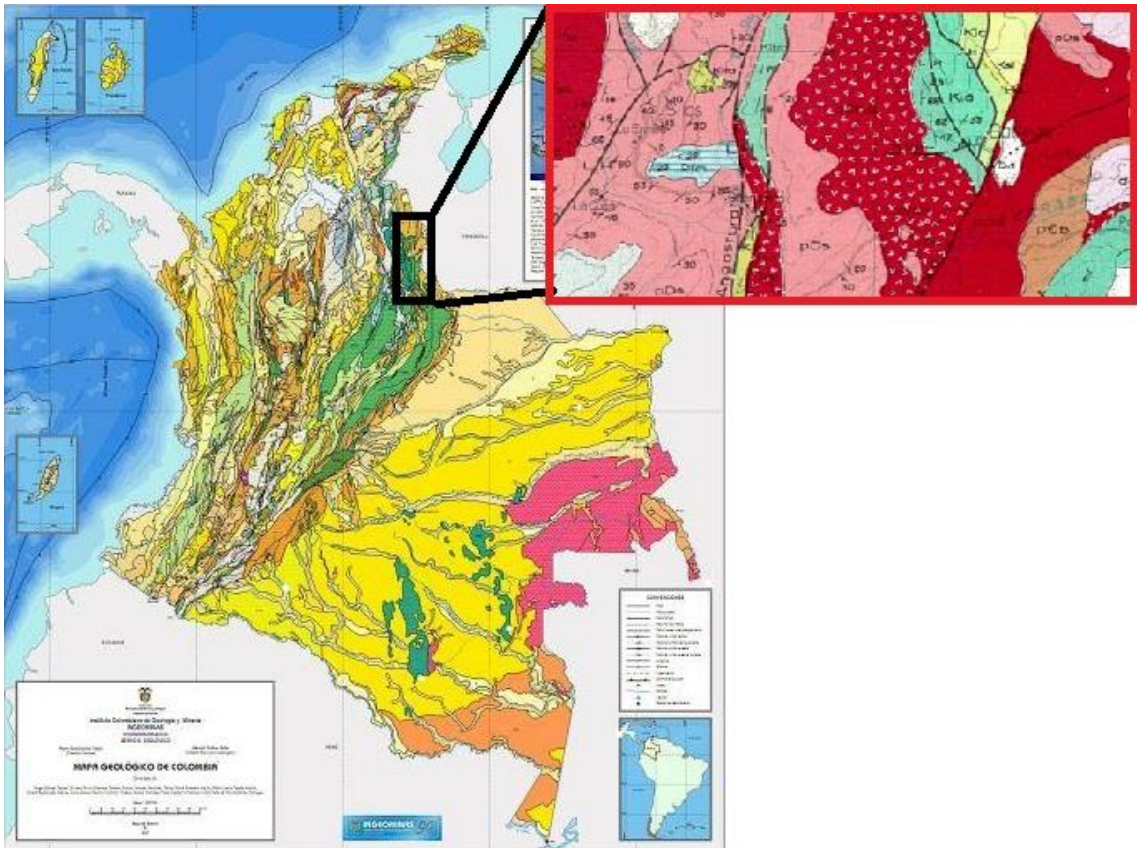
- Definir las litologías que se encuentran aflorando en el sector Silos - Babega.
- Realizar un estudio petrográfico de las litologías aflorantes en la zona de estudio.
- Caracterizar las rocas de bajo grado de metamorfismo mediante estudios petrográficos y mineralógicos
- .Realizar mapa geológico a escala 1:25.000.

## 2. GENERALIDADES

### 2.1. LOCALIZACIÓN

El Municipio de Santo Domingo de Silos, Norte de Santander se encuentra ubicado sobre la Cordillera Oriental de los Andes Colombianos al nordeste del país a 123 km de la capital departamental, Cúcuta (*Figura, 1*). Su término municipal limita al noreste con Mutiscua y Cácuta, al este con Chitagá y al Suroeste con el departamento de Santander (Macizo de Santander). El área de estudio se encuentra limitada por las Coordenadas UTM con Datum en Bogotá Norte 1.281.000 – 1.290.000 y Este 1.142.500 – 1.155.000 con una extensión total de 67.5 Km<sup>2</sup>. Para este fin se visitaron lugares muy característicos en la Región como Los sectores de Santa Helena, Piedra Gorda, el Palomar, Las Cuchillas de Concáceres, las Tapias, Los Rincón, Babega, Loma Grande, El Salado y Socotá, entre otros ríos y quebradas muy importantes como el río Caraba y las quebradas de Cherquetá, La Estancia y Viechagá.

**Figura 1. Localización del área de estudio**



Fuente: WARD et al. (1973). Mapa geológico cuadrángulo Pamplona (H13), Colombia .[en línea] [citado agosto 10 de 2015] <http://jfblueplanet.blogspot.com/y>

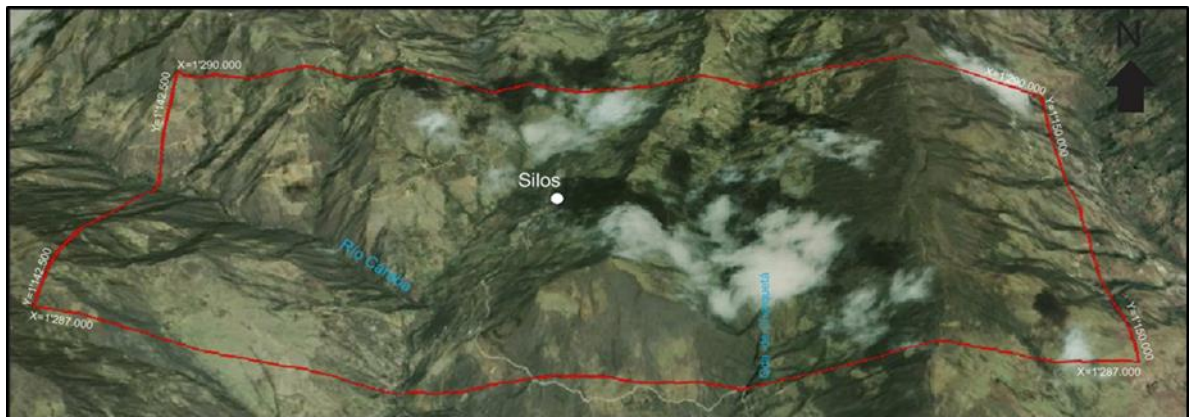
## **2.2. GEOMORFOLOGÍA**

Las formas del relieve en el municipio de Silos y la inspección de Babega tienen su origen en el levantamiento de la cordillera oriental durante el Neógeno y movimientos diferenciados del Macizo Igneo Metamórfico de Santander, que dio como resultado plegamientos, fallas y procesos denudacionales que depositaron sedimentos de origen fluvio- glacial.

La geomorfología de la zona está controlada en su gran mayoría por cambios en pendiente muy abruptos, con valles profundos como el del Río Caraba a una altura de 2200 m de altura y altos que alcanzan los 3400 m como la Cuchilla de Socotá

Las pendientes en la zona varían de moderadas a muy altas típicas de geoformas de origen morfoestructural y denudacional principalmente (ver Figura 3).

**Figura 2. Imagen Lansat del municipio de Silos y zonas aledañas mostrando los principales rasgos topográficos y el Río Cáraba y la Quebrada Cherquetá como referentes geográficos.**



Fuente: Tomada de Google Earth (4/9/2013).

Sobre el sector de la vereda Ranchadero y en la vereda Salado Chiquito encontramos según el *Glosario Geomorfológico del Servicio Geológico Colombiano* (2014) Pendientes Denudacionales las cuales se caracterizan por terrenos con pendientes pronunciadas(13-30%) a muy pronunciadas(31-70%), con una topografía ondulosa sobre el sector del Cerro Ventanas encontramos colinas y pendientes denudacionales pues se observan geoformas las cuales se caracterizan por pendientes que varían desde pronunciadas(13-30%) a escarpadas(>70%) relieve ondulado a rizado, moderadamente a severamente disectadas y sobresalen de la topografía existente como colinas.

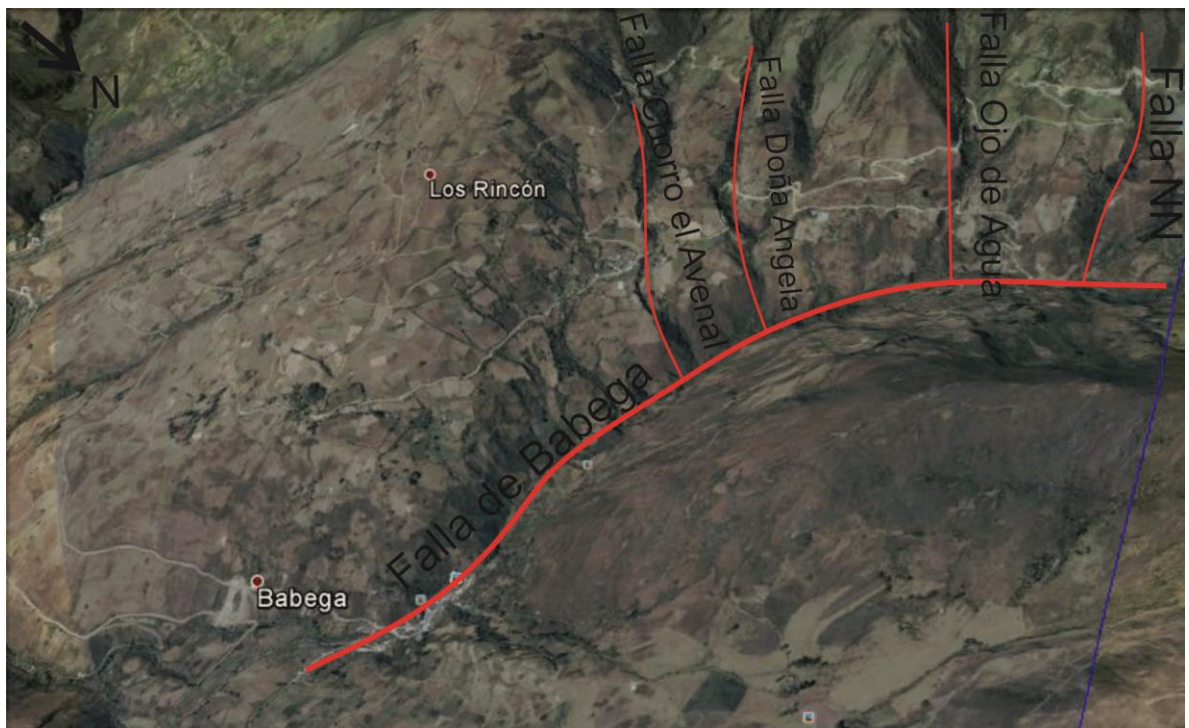
Hacia el sector de la quebrada Saladochiquito, en las veredas de Cherquetá, el Palomar(parte alta y parte baja) y sobre la vía a las Tapias encontramos escarpes de falla los cuales se caracterizan por pendientes que varían desde pronunciadas a escarpadas(>70%), severamente disectadas y además presentan un fuerte control estructural por fallas. También se presenta esta geoforma en el Cerro de Ventanas y sobre la Quebrada de Vichaga. Sobre el sector de las veredas Miracielo, Doña Ángela, encontramos depresiones estructurales las cuales son depresiones topográficas formadas por fallas y limitadas por filos rocosos escarpados, esto mismo ocurre en la vereda Belén en el cauce del Río Angostura y en la quebrada la Honda, la cual es afectada por la fuerte tectónica de la zona, representada por las fallas de tipo inverso.

Ahora bien el municipio de Silos se encuentra sobre depósitos cuaternarios de tipo coluvión, los cuales descansan se encuentran suprayaciendo discordantemente rocas metamórficas pertenecientes a los Esquistos del Silgara. Estos depósitos fueron formados a partir de la tectónica presente en la zona y a las altas pendientes. Estos depósitos están constituidos por cantos y bloques angulosos de esquistos de baja esfericidad, cuyos diámetros varían de centímetros a metros altamente meteorizados; embebidos dentro de una matriz areno arcillosa (lodo - soportado) con estructura interna masiva; Estos depósitos son altamente permeables y presentan espesor variado de 3 a 4 metros de espesor.*(tomado de esquema de ordenamiento territorial municipio de santo domingo de silos)* del mismo modo La inspección de Bábeaga desarrolla su urbanismo sobre depósitos cuaternarios, de tipo Coluvión, los cuales se encuentran suprayaciendo la formación Aguardiente .

El patrón de drenaje que se desarrolla en la zona, se encuentra claramente ligado a la presencia de fallas, las cuales en la gran mayoría de los afluentes generan un fuerte control estructural sobre estos como por ejemplo definiendo su dirección. Esta configuración llevo a proponer un patrón de drenaje paralelo el cual se

encuentra controlado por fallas secundarias de la falla principal. Por ejemplo esto se puede apreciar claramente sobre la inspección de Babega sobre la Quebrada Miracielo (Falla de Babega) sobre la cual se encuentran desembocando una serie de afluentes de menor tamaño y la relación entre estos es paralela con respecto al afluente principal (ver figura).

**Figura 3. Trazo de las fallas paralelas Y semiparalelas entre sí las cuales son resultado de la Falla de Babega, alineadas con drenajes cortos y rectilíneos. Imagen lansat**



Fuente: tomada de Google Earth (4/09/2013).

Otras estructuras o geoformas encontradas fueron los valles en “U” estos se pudieron apreciar En la sima de la cuchilla de Socotá

**Figura 4. Valle Glaciar en la sima de la cuchilla de Socotá**



### **3. METODOLOGÍA**

El desarrollo del presente trabajo de investigación se realizó en las fases descritas a continuación.

#### **3.1 FASE PRECAMPO.**

Esta fase se inició con el planteamiento del problema, con el cual se logró delimitar la búsqueda y análisis de información bibliográfica y cartográfica de la zona a estudiar. Para esto se realizó una búsqueda de información en las diferentes plataformas habilitadas dentro de la Universidad Industrial de Santander como lo son artículos, revistas científicas (Ej. Boletín de Geología), bases de datos (Science Direct, Springer y Scopus), informes, y memorias de mapas del Servicio Geológico Colombiano - INGEOMINAS (Memoria Explicativa, cuadrángulo H-12, H-13), Trabajos de grado de la Universidad Industrial de Santander, Universidad Nacional de Colombia, mapas topográficos del Instituto Geográfico Agustín Codazzi, IGAC (110 III D-2 y mapas a escala 1:25.000) e imágenes landsat tomadas de Google Earth.

#### **3.2 FASE DE CAMPO.**

Los primeros días (2) se dedicaron a realizar un trabajo de reconocimiento, identificando las principales vías que transitaran por el área, además de otros carretables que pudiesen comunicar lugares de difícil acceso, identificándose en primera instancia una de las principales vías (Silos – Babega), municipio perteneciente a la provincia de Silos, la vía alternativa de Los Rincón – Babega,

carretera que comunica con el sector del El Palomar y los Rincón, entre otras. Conocidas las vías y posibles accesos que se podían tomar para acceder a los sitios, se procedió a realizar panorámicas en los lugares más altos del área como el Cerro Concáceres y el Sector de Loma grande, sitios que están alrededor de los 3.200 m de altura sobre el nivel del mar y en que se pueden apreciar características geomorfológicas muy interesantes las cuales solo pueden ser apreciadas desde la perspectiva macro.

Posteriormente se procedió a cubrir la zona, mediante estaciones las cuales fueron marcadas con las iniciales SB seguidas del número de la estación (Ej: SB-01) en lugares en los que se denotaran cambios litológicos tanto en mineralogía como en textura y estructuras o en los que se requiriera realizar puntos de control (algunos fuera del área) sobre una misma litología para controlar la continuidad de estas formaciones y sus límites. En el afloramiento se procedía a realizar una ubicación muy precisa del lugar donde nos encontrábamos, mediante el GPS y se registraban las coordenadas. Luego de ubicado el punto en el mapa se procedía a inspeccionar el afloramiento desde las características macro como lineaciones, foliaciones, presencia de fallas relacionando estas características con detalles que se observan en la roca como micro plegamiento, orientación de los minerales, entre otros. además se tenían en cuenta características como texturas, estructuras y composición las cuales son de gran importancia pues determinan la litología de las diferentes unidades además de las condiciones de formación y eventos posteriores que la han alterado.

En la toma de muestras se consideraron los cambios litológicos, texturales, mineralógicos y estructurales de los afloramientos, teniendo en cuenta que el grado de meteorización de las muestras fuera el menor. En total el trabajo de campo duró 28 días y se recolectaron más de 120 muestras con la ayuda de los grupos de campo II de los años 2013-2014.

### **3.3. FASE DE LABORATORIO.**

**3.3.1 Preparación de muestras y elaboración de secciones delgadas.** En esta fase se realizó el lavado de las muestras recolectadas en la etapa de campo, seguido de la selección de 30 muestras debido a su interés textural y composicional, para la elaboración de 14 secciones delgadas las cuales se realizaron en el laboratorio de preparación de muestras de la Universidad Industrial de Santander y 16 secciones delgadas pulidas fueron elaboradas en la empresa Minerlab Ltda en Bogotá. El corte de las rocas se realiza perpendicular a la foliación y paralelo a la lineación. Las secciones delgadas fueron usadas en análisis petrográficos.

**3.3.2 Análisis petrográfico.** Durante esta fase se realizaron las descripciones microscópicas de las 30 secciones delgadas (*Anexo B*) 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 microfotografías fueron tomadas empleando el sistema de fotografía digital MC120HD, acoplado al microscopio LEICA DM750P.

El análisis petrográfico se inició con la clasificación de las rocas, la cual se basa en la propuesta del Servicio Geológico Británico (siglas en inglés: BGS) en 1999 para los tipos composicionales, ej pelítico y la variedad mineralógica y el nombre se definió de acuerdo con la clasificación de la Subcomisión en Sistemática de Rocas Metamórficas (siglas en inglés, SCMR) en el 2004. Los diagramas triangulares se realizaron el software libre TRIPILOT versión 4.1. Para las descripciones de las rocas se tuvo en cuenta los términos texturales usados en<sup>3</sup> además se especificó la composición mineralógica, asociaciones, paragénesis

---

<sup>3</sup> YARDLEY, B., MACKENZIE, W. y GUILFORD, C. Atlas de rocas metamórficas y sus texturas. Barcelona: Masson, 1997. 120p.

minerales. Las abreviaturas minerales usadas son las propuestas por la SCMR (tabla 1).

**Tabla 1. Abreviaturas minerales usadas según SCMR, 2007.**

And	Andalucita	Ms	Muscovita
Bt	Biotita	Op	Opacos
Cal	Calcita	Pl	Plagioclasa
Chl	Clorita	Qtz	Cuarzo
Ep	Epidota	Ser	Sericita
Gr	Grafito	Sil	Sillimanita
Grt	Granate	St	Estaurolita
Hbl	Horblenda	Tr	Tremolita
Kfs	Feldespatopotasico	Ttn	Titanita
Ky	Cianita	Tur	Turmalina
Mc	Microclina	Zrn	Zircon

### 3.4 INTERPRETACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

En esta etapa se realizaron las interpretaciones y análisis de la información obtenida en la etapa de campo y laboratorio con el objetivo de generar un mapa escala 1:25000 del municipio de Silos y la inspección de Babega. Especial énfasis se realizó en la cartografía de rocas de bajo grado.(ver mapa)

### 3.5 ELABORACIÓN DEL INFORME FINAL

En esta etapa se realizó una revisión y selección de la información obtenida en campo así como de los diferentes análisis de laboratorio (descripciones

petrográficas) continuando con la elaboración de mapas, figuras, tablas, toma de fotos, correlaciones, y digitalización de mapas y columnas, todo esto con el fin de poder redactar, elaborar y editar el informe final.

#### 4. MARCO GEOLÓGICO REGIONAL

El Nororiente Colombiano de los Andes es un territorio geológicamente complejo y tectónicamente dinámico; su conformación está relacionada con la interacción de las placas tectónicas de Nazca, Caribe y Suramérica. El área de Santander por encontrarse en este dominio despierta gran interés y genera discusiones sobre su origen y su conformación geológica. <sup>4</sup>(Royero y Clavijo, 2001). Para la caracterización tectónica del territorio de Santander se ha subdividido en tres provincias tectónicas como lo son la del Macizo de Santander, que está conformada por los bloques de Floresta, Cucutilla, Pamplona y de Ocaña; la del Valle Medio del Magdalena, y la de la Cordillera Oriental, de conformidad con el esquema tectónico, presentado por <sup>5</sup>.

El área de estudio se encuentra localizada en la región más oriental del Macizo de Santander, para ser más específicos, se ubica en el límite de esta provincia tectónica. Las rocas más antiguas del Macizo de Santander, están representadas por las formaciones metamórficas: a) Neis de Bucaramanga, de edad Precámbrico, <sup>6</sup>(Restrepo et al., 1997; <sup>7</sup>, la cual alcanzó condiciones metamórficas de la facies anfibolita durante la orogenia Grenviliana; b) Esquistos del Silgará, considerada de edad Neo Proterozoica en cuanto a su protolito, pero de edad Ordovícica Temparna en cuanto al metamorfismo, la cual debió alcanzar condiciones de las facies esquistos verdes o facies anfibolita baja, según sectores

---

<sup>4</sup> ROYERO GUTIERREZ, Jose Maria; CLAVIJO, Jairo. Mapa geológico generalizado Departamento de Santander. Memoria explicativa, INGEOMINAS Bogotá. 2001. 92 p.

<sup>5</sup> CLAVIJO, J. Mapa geológico generalizado del Departamento de Norte de Santander, Memoria explicativa. Bucaramanga: INGEOMINAS, 1994. 47p.

<sup>6</sup> RESTREPO PACE, P.A et al. Geochronology and Nd isotopic data of Grenville-age rocks in Colombian Andes: new constraints for Late Proterozoic Early Paleozoic paleocontinental reconstructions of Americas. Earth and Planetary Science Letters 155. [Online] 1997. p. 427-441.

<sup>7</sup> CORDANI, U., CARDONA, A., JIMENEZ, D., LIU, D., AND NUTMAN, A. 2005. Geochronology of Proterozoic basement inliers in Colombian Andes: tectonic history of remnants of a fragmented Grenville Belt. In: Vaughan, A., Leat, P., Pankhurst, R., (Eds), Terrane processes at margins of Gondwana. Geological Society, London, Special Publications, 246: 329- 346.

concretos (Mantilla et.al 2015 manuscrito); así mismo, para esta unidad se reporta la presencia de algunas bandas de cizallamiento, con las cuales se relaciona una importante profusión de venas hidrotermales paralelas a la foliación regional y procesos de disolución tectónica de minerales del pico de metamorfismo<sup>8</sup>; y c) Ortoneis, considerada de edad Devónico Inferior a Ordovícico, el cual intruye a la Formación Silgará y tiene una composición granítica a tonalita y diorita <sup>9</sup>(Ward et al., 1973; <sup>10</sup>Restrepo, 1995; Royero y Clavijo, 2001)<sup>11</sup>.

El complejo Bucaramanga denominado de esta forma por Royero y Clavijo (2001),<sup>12</sup> antes definido como Neis de Bucaramanga por <sup>13</sup>Goldsmith, et al (1971) y posteriormente propuesto por <sup>14</sup>Ward, et al. (1973), consta de una secuencia de paraneises cuarzofeldespáticos hornbléndicos, micáceos y granatíferos y cantidades subordinadas de anfibolitas, migmatitas, cuarcitas, mármoles y, esporádicamente, granulitas (Royero y Clavijo, 2001).<sup>15</sup> Estos depósitos epicontinentales fueron afectados durante el ensamblaje del supercontinente Rodinia. El Neis de Bucaramanga se encuentra infrayacente a la formación Silgará pero dicho contacto no ha podido ser determinado con certeza.

La Formación Silgará fue definida por <sup>16</sup>Ward et al (1973) como una secuencia de rocas clásticas metamorfoseadas, típicamente delgada y cíclicamente

---

<sup>8</sup> MANTILLA, Luís Carlos; RÍOS, Carlos Alberto; GÉLVEZ, Jaime Ricardo; MÁRQUEZ, Roberto Emilio; ORDÓÑEZ, Juan Carlos y 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 del Macizo de Santander). En: Boletín de Geología. Enero-Junio, 2003, vol.25, no.40, p. 81-89.

<sup>9</sup> WARD, D et al. Geología de los Cuadrángulos H-12, Bucaramanga y H-13, Pamplona, Departamento de Santander. Boletín Geológico [En línea]. 1973 Vol. 21 (1-3). pp. 1-132.

<sup>10</sup> RESTREPO PACE, P. Late Precambrian to Early Mesozoic tectonic evolution of the Colombian Andes based on new geochronological, geochemical and isotopic data. Unpublished Ph.D Thesis, University of Arizona. [Online] 1995. 195 p.

<sup>11</sup> ROYERO GUTIERREZ, Jose Maria; CLAVIJO, Jairo. Mapa geológico generalizado Departamento de Santander. Memoria explicativa, INGEOMINAS Bogotá. 2001. 92 p.

<sup>12</sup> Ibid

<sup>13</sup> GOLDSMITH, R; MARVIN, R.F and MEHNERT, H.H. Radiometric ages in the Santander Massif, Eastern Cordillera, Colombian Andes. Geological Survey Research. [online]. 1971. 750-D, D44-D49.

<sup>14</sup> WARD, D et al. Op cit. (1-3). pp. 1-132.

<sup>15</sup> ROYERO GUTIERREZ, Jose Maria; CLAVIJO, Jairo. Mapa geológico generalizado Departamento de Santander. Memoria explicativa, INGEOMINAS Bogotá. 2001. 92 p.

<sup>16</sup> Ibid

estratificadas, constituida por pizarra, filita, meta-limolita, meta-arenisca impura, meta-waca y meta-waca guijarrosa con menos cantidades de pizarra y filita calcárea, la cual es considerada como pre-Devónica Media de grado metamórfico de bajo a medio, con asociaciones minerales que corresponden a facies de esquistos verdes a anfibolita baja. <sup>17</sup>Castellanos et al, (2008) propone que estas rocas fueron afectadas por un metamorfismo regional Caledoniano que produjo una zonación metamórfica desde la zona de la biotita pasando por la zona del granate y estauroлита-cianita hasta la zona de la sillimanita, del típico esquema zonal Barroviense, bajo condiciones de baja a alta temperatura y presión media. Esta formación infrayace discordantemente a las formaciones del Tíbet y Floresta del Devónico.

Dentro de las unidades que hacen parte del basamento del Macizo de Santander se encuentra el antes denominado Ortoneis por <sup>18</sup>Ward, et al. (1973), ahora denominado Ortoneis de Berlín por Royero y Clavijo (2001)<sup>19</sup>, por tener su sección tipo en los alrededores de Berlín pero aclara que existen cuerpos de éste relacionados con el flanco oriental de los batolitos de Mogotes y Santa Bárbara. Esta unidad agrupa neises cuarzofeldespáticos, que varían en textura y composición de granito a tonalita, muestran generalmente una lineación y foliación concordante con las rocas metamórficas del complejo Bucaramanga y de la Formación Silgará.

Ward, et al. (1973)<sup>20</sup> se refiere a éste como un cuerpo metamórfico de origen masivo y composición félsica a intermedia, el cual está intruyendo el complejo Bucaramanga y está cubierto discordantemente por sedimentitas del devónico medio, pero puede abarcar edades del Proterozoico superior al Paleozoico inferior.

---

<sup>17</sup> CASTELLANOS A, Óscar M; RÍOS R, Carlos A. and TAKASU Akira. A new approach on the tectonometamorphic mechanisms associated with p-t paths of the barrovian-type silgará formation at the central Santander Massif, Colombian Andes. Earth Sci. Res. J. [online]. 2008 Vol. 12, No. 2. p. 125-155.

<sup>18</sup> WARD, D et al. Op cit. (1-3). pp. 1-132.

<sup>19</sup> ROYERO GUTIERREZ, José María; CLAVIJO, Jairo. Mapa geológico generalizado Departamento de Santander. Memoria explicativa, INGEOMINAS Bogotá. 2001. 92 p.

<sup>20</sup> Ibid

Algunos estudios indican que algún Ortoneis intruyó rocas jóvenes como la formación Silgará y que éstas fueron metamorfoseadas al mismo tiempo que las rocas que intruyeron. Sin embargo, la evidencia no descarta la posibilidad de que algún Ortoneis haya sido emplazado después del metamorfismo de la formación Silgará y antes de la depositación de la Formación Floresta.<sup>21</sup>(Ward, et al, 1973).

Los depósitos Cámbrico-Ordovícicos fueron afectados por la Orogenia Caledoniana, produciendo fuertes plegamientos y un metamorfismo de muy bajo a localmente bajo grado, hasta las facies esquistos verdes o facies anfibolitas baja, conformándose la unidad de la secuencia metasedimentaria en el macizo de Santander.

Entre las litologías sin metamorfismo reconocidas, se destacan aquellas de naturaleza ígnea, relacionadas con un extenso magmatismo calco-alcalino que ocurrió después del evento orogénico del Paleozoico tardío y su edad ha sido establecida como Triásico-Jurásico. Las edades para los plutones y stocks individuales varían de 176 a 210 Ma. Estas rocas plutónicas fueron denominadas por<sup>22</sup>Ward, et al., (1973) como Grupo Plutónico de Santander. La actividad magmática del Cretácico temprano está representada por diques de composición riolítica y textura porfirítica, y posiblemente por diques de diabasa.<sup>23</sup>(Goldsmith, et al, 1971)

Un conjunto de rocas ígneas porfiríticas de edad Neógeno, representan los eventos magmáticos más recientes reconocidos en el Macizo de Santander. Estas

---

<sup>21</sup> Ibid

<sup>22</sup> WARD, D et al. Op cit. (1-3). pp. 1-132.

<sup>23</sup> GOLDSMITH, R; MARVIN, R.F and MEHNERT, H.H. Radiometric ages in the Santander Massif, Eastern Cordillera, Colombian Andes. Geological Survey Research. [online]. 1971. 750-D, D44-D49.

rocas porfíricas han sido observadas aflorando a manera de pequeños cuerpos o diques no mayores a un 1 km de diámetro <sup>24</sup>(Mantilla et al., 2013).

Estructuralmente el Macizo de Santander está situado en la Cordillera Oriental de los Andes Colombianos, donde la Cordillera cambia de rumbo de Noreste a Norte dividiéndose en la Serranía de Perijá de dirección NE-SW y la Cordillera de Mérida en Venezuela de dirección ENE-WSW. <sup>25</sup>(Castellanos, et al, 2008); es un bloque levantado que limita al Oeste por la falla de Bucaramanga- Santa Marta y al Este por el sistema de fallas Pamplona-Cubogón-Mercedes (García et al. 2005)<sup>26</sup>, La Falla Bucaramanga-Santa Marta es considerada un sistema de fallas de rumbo con movimiento sinistral <sup>27</sup>(Ward et al, 1973). Además según <sup>28</sup>Julivert (1961b) se registra que ésta falla tiene una componente vertical importante, que hace que presente dos comportamientos, uno como inversa y otro aún de cabalgamiento por inflexión de falla en su extremo meridional. En la Región oriental del Macizo de Santander predomina un sistema de fallamiento en bloques, de rumbo Norte-Sur a Noreste y un sector de pliegues anticlinales y sinclinales estrechos. <sup>29</sup>(Royero y Clavijo, 2001)

---

<sup>24</sup> MANTILLA FIGUEROA, Luis Carlos et al. The magmatic history of the Vetas-California mining district, Santander Massif, Eastern Cordillera, Colombia. *Journal of South American Earth Sciences* 45. [Online]. 2013. p 235-249.

<sup>25</sup> CASTELLANOS A, Óscar M; RÍOS R, Carlos A. and TAKASU Akira. A new approach on the tectonometamorphic mechanisms associated with p-t paths of the barrovian-type silgará formation at the central Santander Massif, Colombian Andes. *Earth Sci. Res. J.* [online]. 2008 Vol. 12, No. 2. p. 125-155.

<sup>26</sup> GARCÍA, Carlos Alberto; RÍOS, Carlos Alberto y CASTELLANOS, Oscar Mauricio. Medium-pressure metamorphism in the central Santander Massif, Eastern Cordillera, Colombian Andes. En: *Boletín de Geología*. Julio-Diciembre, 2005, vol.27, no.2, p. 43-68.

<sup>27</sup> WARD, D et al. Geología de los Cuadrángulos H-12, Bucaramanga y H-13, Pamplona, Departamento de Santander. *Boletín Geológico* [En línea]. 1973 Vol. 21 (1-3). pp. 1-132.

<sup>28</sup> JULIVERT, M. Geología de la vertiente W de la Cordillera Oriental en el sector de Bucaramanga. *Boletín de Geología / Universidad Industrial de Santander (Colombia)*, Vol. 8. 1961b. pp.39-42

<sup>29</sup> ROYERO, J. M. y CLAVIJO, J. 2001. Memoria explicativa mapa geológico generalizado Departamento de Santander. Bogotá, 77 p.

## 5. ESTADO DEL ARTE

Existen diferentes trabajos acerca del Macizo de Santander en sus diferentes fajas (zona central, suroeste y este). Estos estudios han realizado aportes importantes al conocimiento de este.

*Goldsmith R et al.(1971)*<sup>30</sup>, *Ward et al. (1973)*<sup>31</sup>, *Royero, J. M. Y Clavijo, J. (2001)*<sup>32</sup> han adelantado estudios cartográficos, *García, C et al.(2001) (2005)*<sup>33</sup>, *Castellanos O. et al. (2008)*<sup>34</sup> han adelantado estudios mineralógicos, petrográficos y geoquímicos en la parte central del macizo, mientras que *Ríos et al. (2003)*<sup>35</sup>, *Mantilla L. et al. (2003)*<sup>36</sup> han investigado la parte suroeste *Mantilla et al. (2011),(2012)*<sup>37</sup>, *Van Der Lelij,(2013)*<sup>38</sup>, *Goldsmith R et al.(1971)*<sup>39</sup> han realizado estudios geocronológicos.

---

<sup>30</sup> GOLDSMITH, R; MARVIN, R.F and MEHNERT, H.H. Radiometric ages in the Santander Massif, Eastern Cordillera, Colombian Andes. Geological Survey Research. [online]. 1971. 750-D, D44-D49.

<sup>31</sup> WARD, D et al. Geología de los Cuadrángulos H-12, Bucaramanga y H-13, Pamplona, Departamento de Santander. Boletín Geológico [En línea]. 1973 Vol. 21 (1-3). pp. 1-132.

<sup>32</sup> ROYERO GUTIERREZ, Jose Maria; CLAVIJO, Jairo. Mapa geológico generalizado Departamento de Santander. Memoria explicativa, INGEOMINAS Bogotá. 2001. 92 p.

<sup>33</sup> GARCÍA RAMIREZ, Carlos Alberto; RÍOS REYES, Carlos Alberto and CASTELLANOS, Oscar. Medium-pressure metamorphism in the Central Santander Massif, Eastern Cordillera, Colombian Andes. Boletín de Geología 2005. Vol. 27 N° 2 [cited: 6 april 2014] p. 43 – 68.

<sup>34</sup> CASTELLANOS A, Óscar M; RÍOS R, Carlos A. and TAKASU Akira. A new approach on the tectonometamorphic mechanisms associated with p–t paths of the barrovian-type silgará formation at the central Santander Massif, Colombian Andes. Earth Sci. Res. J. 2008 Vol. 12, No. 2. p. 125-155.

<sup>35</sup> RÍOS REYES, Carlos Alberto; GARCÍA RAMIREZ, Carlos Alberto; TAKASU, A. Tectono-metamorphic evolution of the Silgara´ Formation Metamorphic rocks in the southwestern Santander Massif, Colombian Andes. Journal of South American Earth Sciences 2003. pp 1-22.

<sup>36</sup> MANTILLA, Luís Carlos; RÍOS, Carlos Alberto; GÉLVEZ, Jaime Ricardo; MÁRQUEZ, Roberto Emilio; ORDÓÑEZ, Juan Carlos y 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 del Macizo de Santander). En: Boletín de Geología. Enero-Junio, 2003, vol.25, no.40, p. 81-89.

<sup>37</sup> MANTILLA, Luis Carlos et al. Remains of early Ordovician mantle-derived magmatism in the Santander Massif (Colombian Eastern Cordillera). Journal of South American Earth Sciences 38. [Online] 2012. P.1-12.

<sup>38</sup> VAN DER LELIJ, R. Reconstructing northwestern Gondwana with implications for the evolution of the Iapetus and Rheic Oceans: a geochronological, thermochronological and geochemical study. Thèse de doctorat. Ginebra, Suiza. Univ. Genève, 2013. 248p.

<sup>39</sup> GOLDSMITH, R; MARVIN, R.F and MEHNERT, H.H. Radiometric ages in the Santander Massif, Eastern Cordillera, Colombian Andes. Geological Survey Research. [online]. 1971. 750-D, D44-D49.

Sin embargo, la información acerca del área del estudio aquí propuesto es muy limitada y restringida a los trabajos cartográficos realizados por *Ward et al. (1973)*<sup>40</sup> y *Royero, J. M. Y Clavijo, J. (2001)*<sup>41</sup> Estos últimos autores realizaron una compilación con control de campo de los mapas geológicos elaborados por *Ward, et al., 1973*<sup>42</sup>.

A partir de un trabajo de campo, se pudo observar en la zona de estudio a tratar, algunas de las litologías que afloran en esta parte del macizo entre las cuales podemos destacar las unidades metamórficas como lo son los Esquistos de silgara, el Ortoneis, rocas ígneas como el Granito de Durania y algunos cuerpos Pegmatíticos entre otros así como rocas sedimentarias de edades que van desde el devónico hasta depósitos cuaternarios además se encontraron rocas de grado bajo de metamorfismo las cuales son de gran interés en esta investigación y según la descripción realizada por *Ward et al. (1973)*<sup>43</sup> la denominan como “Floresta metamorfoseado”, a continuación se presentan una síntesis de la descripción de estas unidades.

La Formación silgara se encuentra principalmente en 3 fajas la primera y más extensa se encuentra ubicada entre los municipios de Matanza y Cachiri, sobre esta faja se encuentra la unidad tipo. La segunda faja se encuentra hacia la parte oeste de la falla de Bucaramanga-Santa Marta entre los municipios de Piedecuesta y Aratoca y la tercera faja se encuentra entre los municipios de Berlín-Silos-Mutiscua *Ward et al. (1973)*<sup>44</sup>.

---

<sup>40</sup> WARD, D et al. Geología de los Cuadrángulos H-12, Bucaramanga y H-13, Pamplona, Departamento de Santander. Boletín Geológico [En línea]. 1973 Vol. 21 (1-3). pp. 1-132.

<sup>41</sup> ROYERO GUTIERREZ, Jose Maria; CLAVIJO, Jairo. Mapa geológico generalizado Departamento de Santander. Memoria explicativa, INGEOMINAS Bogotá. 2001. 92 p.

<sup>42</sup> WARD, D et al. Op cit. pp. 1-132.

<sup>43</sup> Ibid

<sup>44</sup> ibid

Según Royero, J. M. Y Clavijo, J. (2001)<sup>45</sup> Los Esquistos del Silgara presentan una secuencia de rocas clásticas metamorfoseadas de estratificación delgada, compuestas por filitas, cuarcitas, esquistos, Metareniscas y menores cantidades de pizarra y filita calcárea.

Los Esquistos del Silgara del área Berlin-Silos-Mutiscua se asemeja a la sección Pescadero Aratoca con excepción de la presencia de los estratos carbonatados. Las rocas presentes en esta faja son cuarcitas y en menor cantidad conglomerado de cantos rosados de cuarzo, esquisto cuarzo moscovítico plateado a gris claro con granate. Ward et al. (1973)<sup>46</sup> pero esta faja se diferencia claramente de la faja en la cual se encuentra la sección tipo, pues esta presenta condiciones de metamorfismo diferentes a las que dieron origen a la faja Pescadero-Aratoca (Mantilla et.al 2015 manuscrito).<sup>47</sup>

La unidad metamórfica Ortoneis fue inicialmente definida por Ward, et al. (1973)<sup>48</sup>, como un cuerpo metamórfico de origen ígneo, con estructura néisica, aspecto masivo y composición félsica a intermedia, el diferencia este cuerpo en base a su composición en dos secciones, la primera es un cuerpo de composición Cuarzo Monzonítico y Granodiorítico y la segunda un cuerpo de composición Tonalítica - Diorítica . Royero, J. M. Y Clavijo, J. (2001)<sup>49</sup> asignan a esta unidad el de Ortoneis de Berlín debido a la ubicación de su sección más representativa,

Esta unidad se encuentra ubicada principalmente sobre las inmediaciones del corregimiento de Berlín, pues aflora a la parte Norte, Noreste y Suroeste, sin

---

<sup>45</sup> ROYERO GUTIERREZ, Jose Maria; CLAVIJO, Jairo. Mapa geológico generalizado Departamento de Santander. Memoria explicativa, INGEOMINAS Bogotá. 2001. 92 p.

<sup>46</sup> WARD, D et al. Geología de los Cuadrángulos H-12, Bucaramanga y H-13, Pamplona, Departamento de Santander. Boletín Geológico 1973 Vol. 21 (1-3). pp. 1-132.

<sup>47</sup> MANTILLA-FIGUEROA, L.C., García-Ramírez, C.A., y Valencia, V.A. En prensa. Propuesta de escisión de la denominada 'Formación Silgará' (Macizo de Santander, Colombia), a partir de edades U-Pb en circones detríticos. Boletín de Geología.

<sup>48</sup> WARD, D et al. Op cit pp. 1-132.

<sup>49</sup> ROYERO GUTIERREZ, Jose Maria; CLAVIJO, Jairo. Mapa geológico generalizado Departamento de Santander. Memoria explicativa, INGEOMINAS Bogotá. 2001. 92 p.

embargo también se puede evidenciar unas pequeñas cuñas hacia la parte oeste del municipio de Pamplona, en las cercanías de Chitaga y Silos. Según lo observado en campo en la zona de estudio podemos encontrar las dos tipos de Ortoneis descritos por *Ward, et al. (1973)*<sup>50</sup> así como se pudo evidenciar que este presenta un contacto concordante con la unidad Esquistos del Silgara lo cual según (*Ward, et al. (1973)*)<sup>51</sup> ocurre también en el río Caraba al oeste del municipio de Silos.

La Formación Floresta ligeramente Metamorfoseada aflorante en la zona que se encuentra hacia el norte de Mutiscua, y al suroeste de Berlín y Silos; está conformada por filitas pizarrosas gráficas asociadas con mármol y estratos fosilíferos, conglomerados, cuarcitas, meta-areniscas gris verdosas, metalimolitas donde es posible observar la estratificación original y un clivaje sobreimpuesto (*Ward et al., 1973*)<sup>52</sup>.

El contacto con la subyacente Formación Silgara es claro en algunos sectores pero en la mayor parte de las diferentes fajas es confuso, particularmente desde el norte de Guaca al Municipio de Silos.

Sin embargo, esta unidad según *Forero et al (1991)*,<sup>53</sup> se encuentra en estado de redefinición ya que la definición formal de esta unidad metamórfica sigue siendo motivo de estudio debido a la falta de evidencia de metamorfismo regional en las capas del Devónico principalmente.

---

<sup>50</sup> WARD, D et al. Op cit pp. 1-132.

<sup>51</sup> Ibid

<sup>52</sup> Ibid

<sup>53</sup> FORERO, A. The basement of the Eastern Cordillera, Colombia. An allochthonous terrane in northwestern South America. *Journal of South American Earth Sciences*. [Online] 1990. Vol 3. No 2. P. 141 – 151.

Las rocas sedimentarias aflorantes en la zona del trabajo a realizar hacen parte de La Formación Aguardiente la cual según *Royero, J. M. Y Clavijo, J. (2001)*<sup>54</sup> se encuentra compuesta por areniscas de cuarzo, grises a gris claras, de grano fino, medio y grueso, glauconíticas, con estratificación cruzada e intercalaciones delgadas de lodolitas grises a negras, carbonosas y micáceas. Estas rocas se encuentran en la zona de estudio en contacto fallado con el Ortoneis.

A pesar de las numerosas publicaciones y trabajos realizados en el Macizo de Santander podemos ver que aún hay zonas como la propuesta para el estudio, en las cuales no existe una geología de detalle que permita tener un mayor conocimiento de esta área por lo cual se presenta esta propuesta con el fin de generar un conocimiento más detallado de esta zona del Macizo de Santander.

---

<sup>54</sup> ROYERO GUTIERREZ, Jose Maria; CLAVIJO, Jairo. Mapa geológico generalizado Departamento de Santander. Memoria explicativa, INGEOMINAS Bogotá. 2001. 92 p.

## 6 GEOLOGÍA LOCAL

### 6.1. LITOESTRATIGRAFIA

*En el área de estudio localizada en el Municipio de Silos-Babega Región Central del Macizo de Santander, afloran las siguientes unidades litoestratigráficas: Esquistos del Silgará Ortoneis rocas carbonaticas las cuales Ward;et.al 1973<sup>55</sup> definió como Floresta Metamorfoseado, estas rocas presentan edades que van desde el Precámbrico hasta el Devónico Inferior, además se cartografiaron rocas ígneas como el Granito de Durania y rocas sedimentarias pertenecientes a las Formaciones(Fm) Diamante y Girón de edades Carbonifero-Permico y Jurásico respectivamente así como rocas de edad Cretácica como las Formaciones Tambor, Rosa Blanca y Tibu-Merces, además de depósitos del Cuaternario, todas estas unidades fueron identificadas en campo de acuerdo a la demarcación de estaciones y recolección de muestras debidamente descritas y clasificadas de manera macroscópica.*

*A continuación se describe cada una de las unidades encontradas en orden cronológico, desde la más antigua a la más joven.*

**6.1.1. Esquistos del Silgara.** Los Esquistos del Silgara es la unidad predominante en el área de estudio con un área de exposición aproximada de 40 km<sup>2</sup>. (Ver mapa)

Esta unidad se encuentra constituida a por rocas metamórficas de, de protolito sedimentario, de composición psamita, pelítica, semi-pelítica y carbonatada-

---

<sup>55</sup> WARD, D et al. Geología de los Cuadrángulos H-12, Bucaramanga y H-13, Pamplona, Departamento de Santander. Boletín Geológico [En línea]. 1973 Vol. 21 (1-3). pp. 1-132.

calcosilicatada. Estas rocas son consideradas de edad Neo Proterosoica (Toniano) en cuanto a su protolito (*Mantilla et.al 2015 Manuscrito*) pero de edad Ordovícica temprano en cuanto al metamorfismo (*Ward et al., 1973*<sup>56</sup>; *García y Ríos, 1999*<sup>57</sup>; *Castellanos et al., 2004*<sup>58</sup>; *Van Der Lelij, (2015)*<sup>59</sup> y componen junto con el Neis de Bucaramanga y el Ortoneis el basamento cristalino del Macizo de Santander.

Esta unidad se encuentra compuesta principalmente de intercalaciones de esquistos, cuarcitas y con algunos niveles potentes de mármol (ver Anexo B). Se localiza en los sectores suroccidental, central y oriental. (Ver Figura mapa)

Los Esquistos del Silgara se encuentran en contacto neto concordante con los cuerpos de Ortoneis presentes. hacia el suroccidente del Municipio de Silos esto lo podemos observar sobre la vía que comunica del municipio con la vereda Las Tapias (Figura 5) hacia la zona central sobre la vía que comunica del municipio de Silos con la inspección de Babega sobre el sector de Santa Helena, y hacia la zona oriental en cercanías a la Inspección del Babega sobre la vereda EL Palomar parte alta (Figura 6), además presenta contacto discordante con un bloque aislado de rocas sedimentarias (Fm. Tibu-Mercedes) consistentes en intercalaciones de cuarzoarenitas y lodolitas ubicadas en la franja central del área; y contacto fallado y discordante con un segundo bloque alargado en dirección N-S de la misma unidad sedimentaria, localizado al suroeste del primero (ver mapa).

---

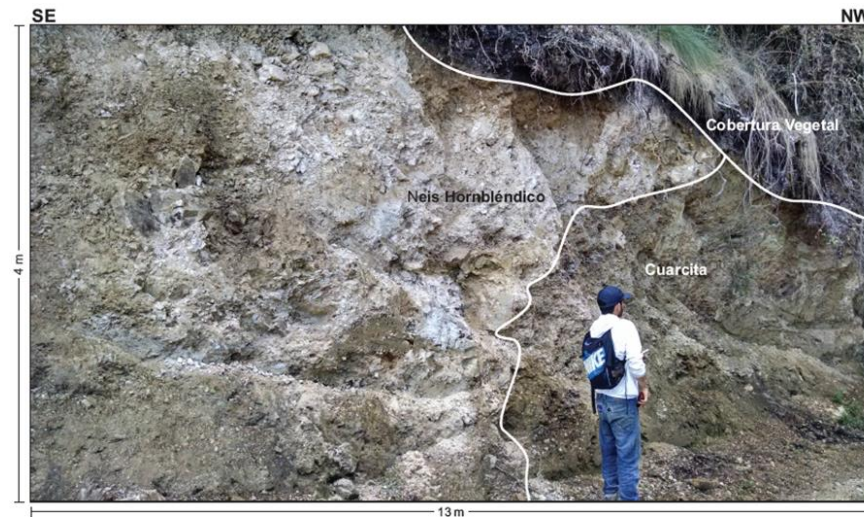
<sup>56</sup> WARD, D et al. Op cit. pp. 1-132.

<sup>57</sup> GARCÍA RAMIREZ, Carlos Alberto; RÍOS REYES, Carlos Alberto and CASTELLANOS, Oscar. Medium-pressure metamorphism in the Central Santander Massif, Eastern Cordillera, Colombian Andes. *Boletín de Geología* [online] 2005. Vol. 27 N° 2 [cited: 6 april 2014] p. 43 – 68.

<sup>58</sup> CASTELLANOS, Oscar Mauricio; RÍOS, Carlos Alberto and TAKASU, Akira. 2004. 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, Universidad Industrial de Santander*, Vol. 26(42): 9-18.

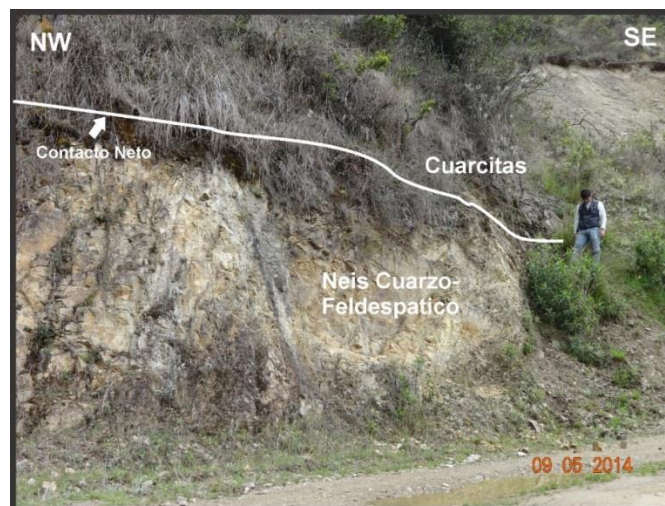
<sup>59</sup> VAN DER LELIJ, Roelant. et al. Palaeozoic to Early Jurassic history of the northwestern corner of Gondwana, and implications for the evolution of the Iapetus, Rheic and Pacific Oceans. *Gondwana Research* [online] February, 2015. [cited: April 1 2015] Available from: ELSEVIER: SCIENCE DIRECT [Biblioteca UIS].

**Figura 5. Contacto entre cuarcitas de los Esquistos del Silgara y neis horbléndico perteneciente al Ortoneis..**



*Fuente: Tomado del grupo 1 de campo 2 Escuela de Geología, primer semestre del año 2015*

**Figura 6. Contacto neto entre cuarcitas de los Esquistos del Silgara y un neis horbléndico perteneciente al Ortoeneis, sobre la vereda El Palomar parte alta.**

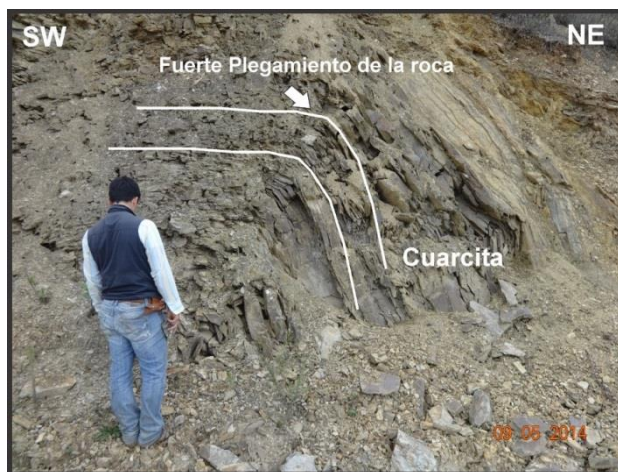


*Fuente: Tomado de: grupo 6 de campo 2 Escuela de Geología, primer semestre del año 2014.*

En la zona central se observa en contacto neto con rocas sedimentarias de edad Devonico Inferior (Fm Floresta) hacia la zona sur sobre el sector conocido como Loma Grande encontramos que estas rocas se encuentran en contacto fallado con esta misma formación sedimentaria además de encontrarse en contacto fallado a su vez con formaciones de edades, Jurásico (Fm. Girón) y Cretácico (Fm. Rosa Blanca). Ya hacia la zona oriental se observa un contacto fallado con unas rocas sedimentarias de edad Cretácica (Fm. Aguardiente) y algunos depósitos Cuaternarios presentes.

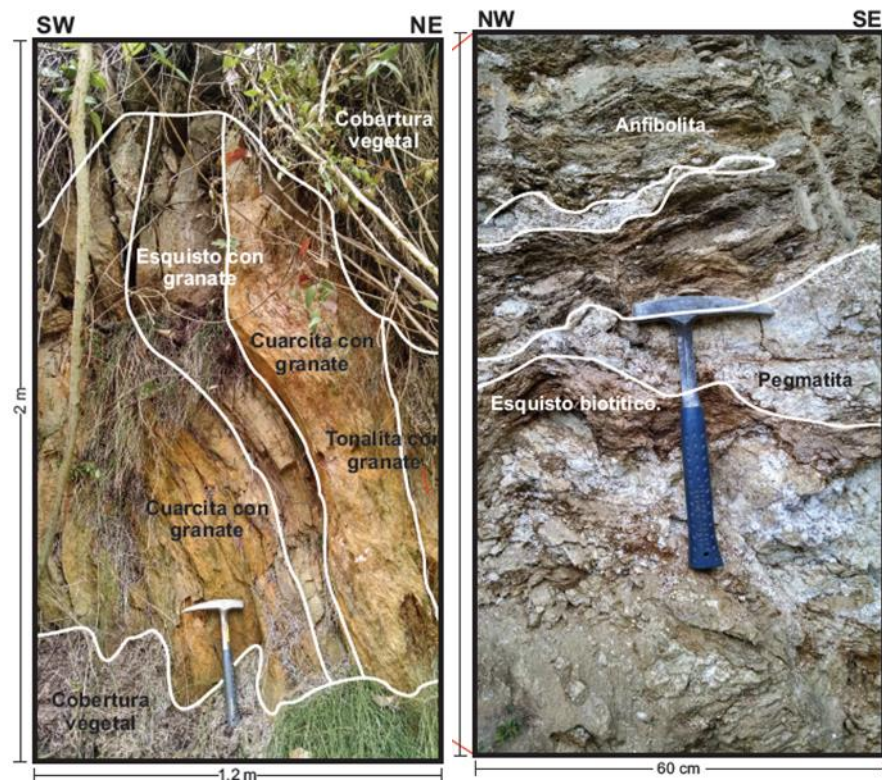
Estructuralmente, Los Esquistos del Silgara se encuentran afectados por numerosas fallas, algunas de tipo regional como lo son la falla de Socota o la falla de la Quebrada de Cherqueta( Falla de Mutiscua) y otras fallas de tipo local como lo son la falla del Chorro el Anenal entre otras las cuales generan deformaciones de tipo cataclástico a milonítico en las rocas cercanas al plano de falla, así como plegamientos y deformaciones (ver Figura 7). Los drenajes asociados a esta unidad son principalmente el Río Caraba, la Quebrada de Vichaga, quebradas Honda, La Estancia, Cherquetá, Los Grillos, el chorro El Avenal entre otros.

**Figura 7. Deformación ductil dentro de un paquete de cuarcitas perteneciente a los Esquistos del Silgara.**



Ahora bien los Esquistos del Silgara se encuentran intruidos por tonalita, dioritas (Cuarzo-Monsonita de Santa Barbara), de tamaño de grano medio a grueso y composición mineral de cuarzo( Figura 8), plagioclasa, moscovita, y en ocasiones biotita y feldespato potásico, encontrados de manera aleatoria alrededor de toda la zona de estudio, aunque predominantemente en el sector suroccidental sobre la vía que comunica desde el municipio con la vereda las Tapias; además se encontraron sobre esta misma zona venas de pegmatita de composición granítica con cuarzo, plagioclasa, feldespato potásico y moscovita. (Figura 8).

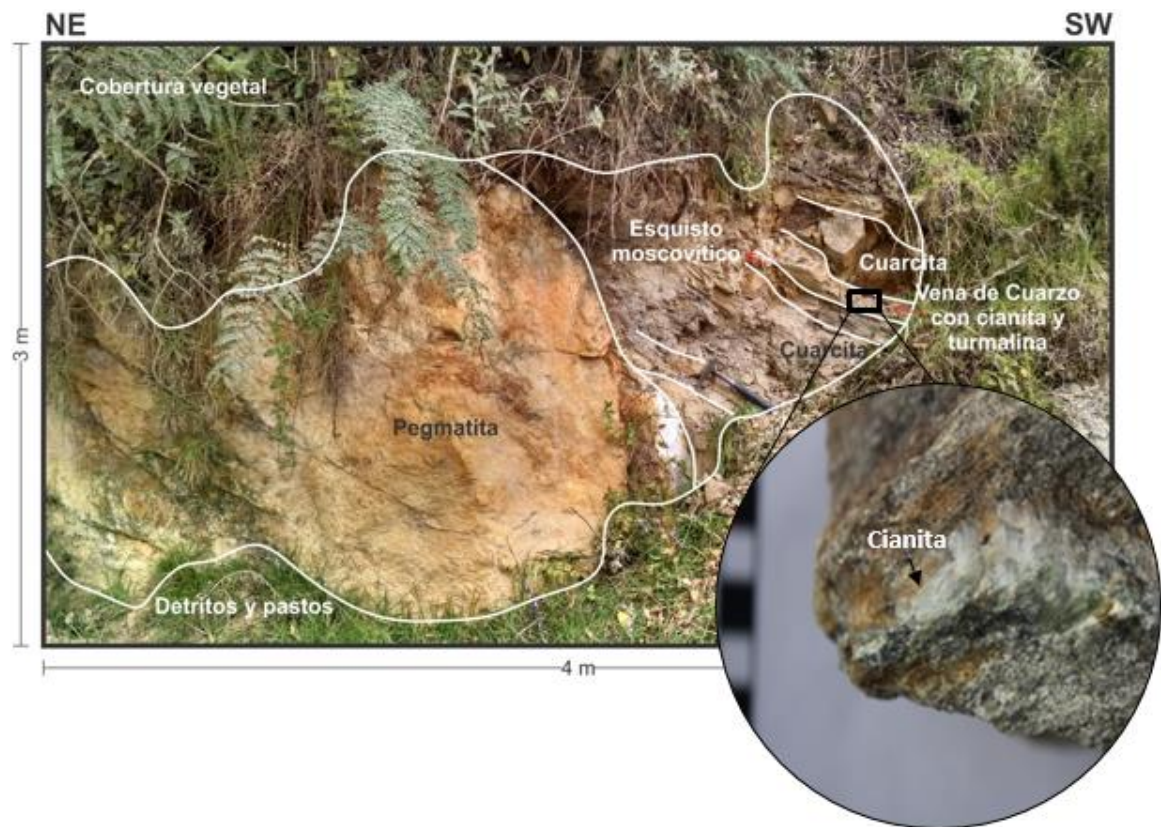
**Figura 8. Izquierda: Niveles verticalizados de esquisto y cuarcita con granate cortado por una tonalita con granate en la dirección de la foliación, Derecha: Nivel de esquisto biotítico cortado por venas pegmatíticas,**



Fuente: Tomado de: Grupo 1 de campo 2 Escuela de Geología, primer semestre del año 2015.

También se encontraron venas de cuarzo de espesores variables, las cuales cortan los Esquistos del Silgara en la dirección de la foliación principal o perpendicular a ésta (Figura 9). Las venas de cuarzo presentan una distribución aleatoria pues no se encuentran solo en un sector, sin embargo, se encuentra un afloramiento representativo (G1-31) sobre la vía Silos-Las Tapias, donde éstas contienen en ocasiones minerales como turmalina y cianita, esto se da producto de la interacción del fluido con la roca encajante la cual pudo tener dentro de su composición estos minerales que fueron removilizados durante la trayectoria de este a través de la roca, dando como resultado estas venas de cuarzo con cianita.

**Figura 9. Vena de cuarzo con cianita y turmalina cortando niveles de esquistos moscovíticos y cuarcita en la dirección de la foliación. Afloramiento G1-31**



Fuente: Tomado de: Grupo 1 de campo 2 Escuela de Geología, primer semestre del año 2015.

A hora bien, litológicamente dentro de los Esquistos del Silgara se encontraron variaciones composicionales (Figura 9). Dentro del grupo de las psamitas encontramos curcita, cuarcita muscovítica y Cuarcita muscovítica con cianita, mineralógicamente estas rocas se encuentran compuestas por Cuarzo +Biotita+Muscovita±Granate±cianita además de minerales accesorios como zircón y minerales opacos. El cuarzo en estas rocas se presenta como individuos heteroblasticos entre xenoblásticos a subidioblasticos los cuales se encuentran formando bandas poliminerlaes con la muscovita y en algunos casos con la biotita, la biotita se encuentra como individuos heterobalsticos subidioblasticos, en algunos se evidencia un habito fibroso, la muscovita presenta un habito laminar y se encuentra dispuesta en la dirección de foliación principal, el granate se presenta como pequeños relictos y la cianita se encuentra como individuos heteroblasticos subidioblasticos, y en algunos individuos se observa una textura esqueletal. Texturalmente estas rocas presentan una textura Granoblastica como principal y en algunos casos lepidogranoblastica. (Figura 10) a subes se determinó para este tipo de rocas una facie de metamorfismo Anfibolita. (Anexo 2)

**Figura 10. Triangulo de clasificación**

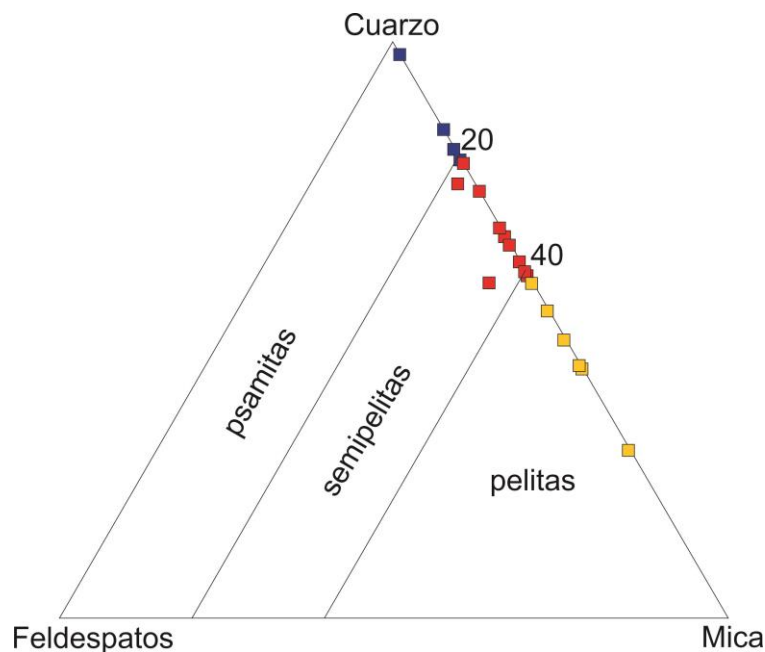
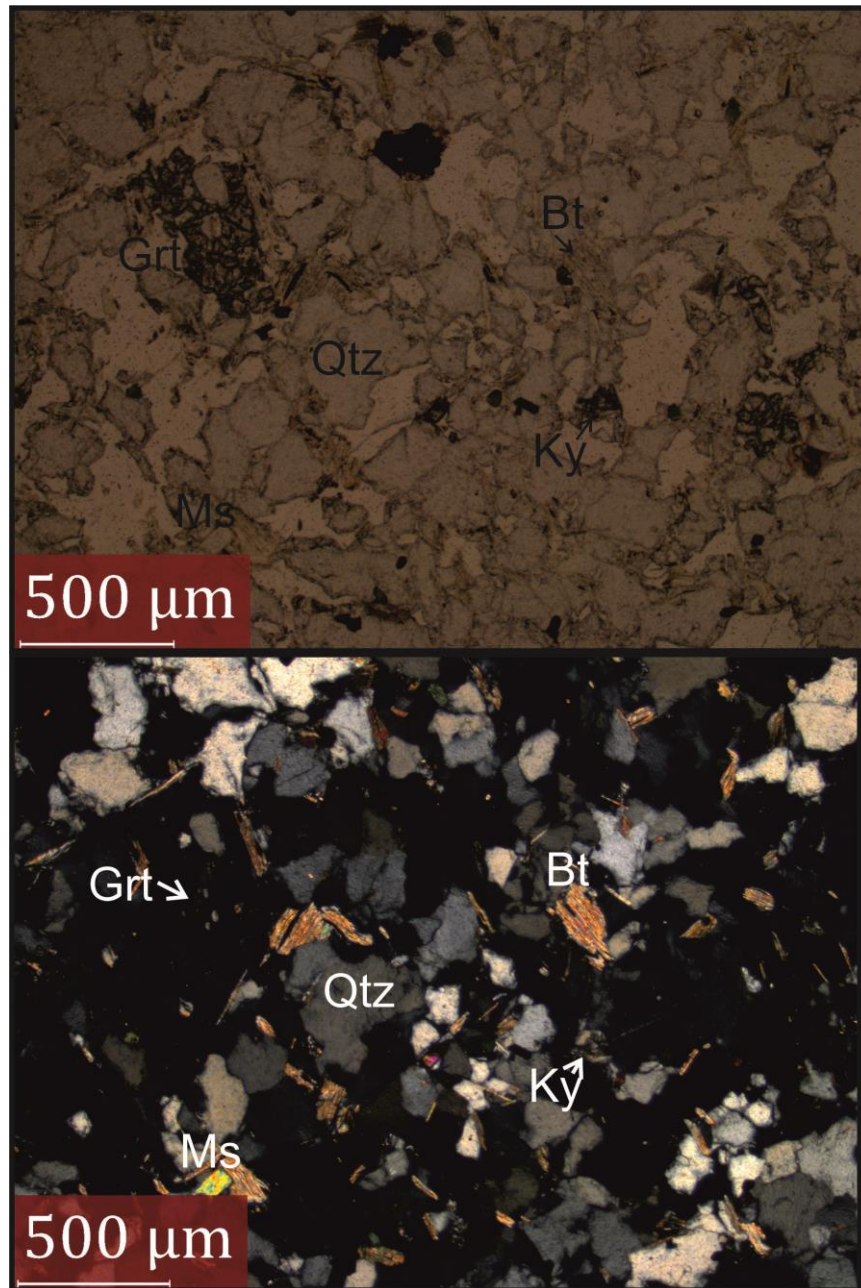
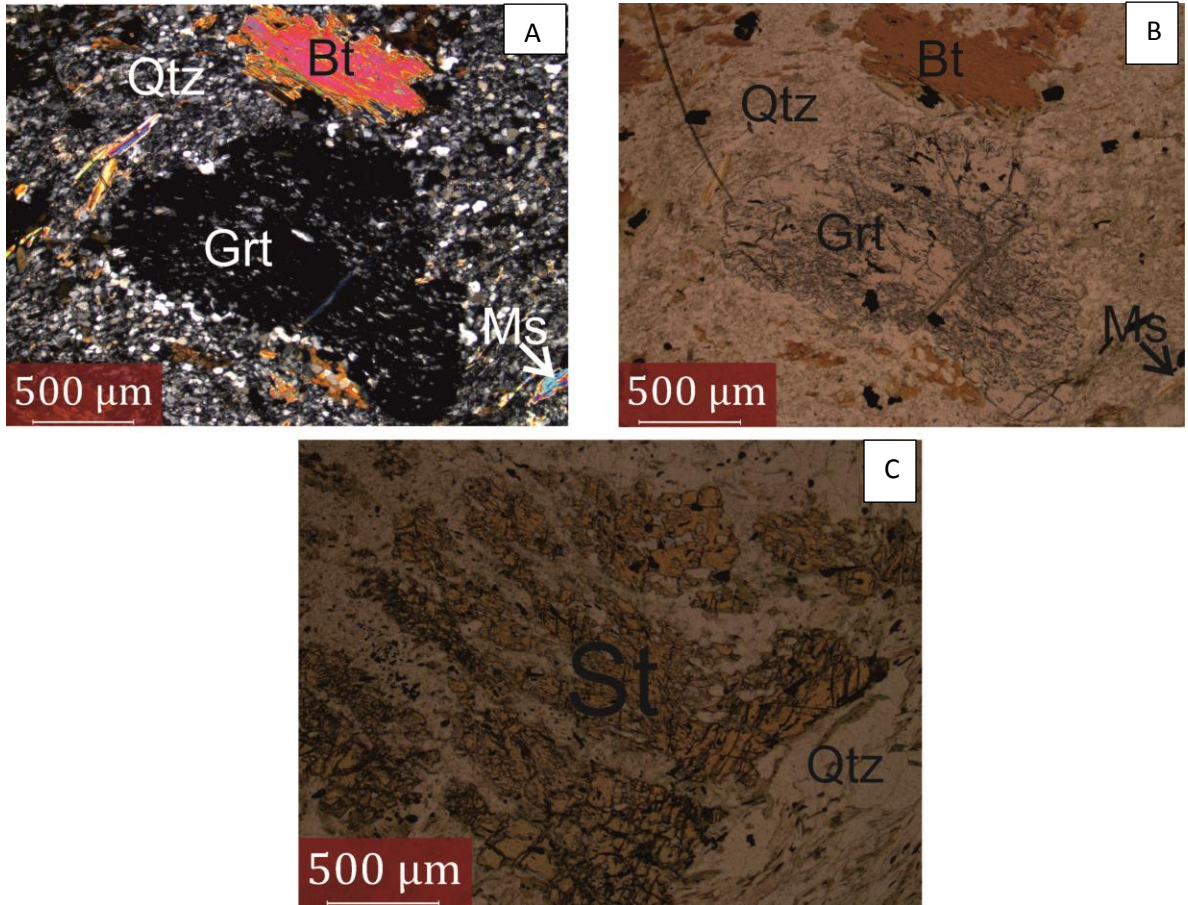


Figura 11. Microfotografía de una cuarcita moscovítica con cianita. Imagen superior: fotografía en nicoles paralelos, Imagen inferior: fotografía en nicoles cruzados, se observa una textura de tipo Granoblástica principalmente, además se observa dentro del granate pequeños cristales de cuarzo (textura Poiquiloblastica)



para las rocas Pelíticas encontramos esquistos cuarzo-micáceo con granate, esquistos cuarzo-micáceo con estaurolita, esquisto cuarzo-micáceo con granate y estaurolita y esquisto cuarzo micáceo con granate, estaurolita y cianita, estas rocas recibieron este nombre ya que el contenido de cuarzo como se puede ver (Anexo 2) el contenido de cuarzo es menor a la sumatoria de los demás minerales presente en la roca como lo son moscovita ,biotita, granate entre otros ahora bien mineralógicamente estas rocas se encuentran compuestas por Cuarzo+Muscovita+Biotita+Granate+Estaurolita±Cianita, donde el cuarzo y las micas( muscovita y biotita) son los minerales principales y el granate, estaurolita y cianita son minerales mayores (Anexo 2). En estas rocas se pudo observar dos generaciones de cuarzo, en donde el cuarzo 1 se encuentra asociado a porfidoblastos de estaurolita y granate y se encuentra mostrando una foliación anterior a la foliación principal, el cuarzo dos ya se presenta como individuos heteroblasticos xenoblásticos-subidioblasticos, en algunos casos formando bandas poliminerlaes en dirección de la foliación principal junto con la muscovita, y la biotita la cual presenta una alteración a clorita. A su vez se determinó para este tipo de rocas Pelíticas una facie Anfibolita, con zona de la Cianita-Almandino como la de mayor grado de metamorfismo. Texturalmente la textura predominante es lepidogranoblástica, y localmente se desarrollan las texturas porfidoblástica en matriz lepidogranoblástica y poiquiloblástica.( ver Figura 12)

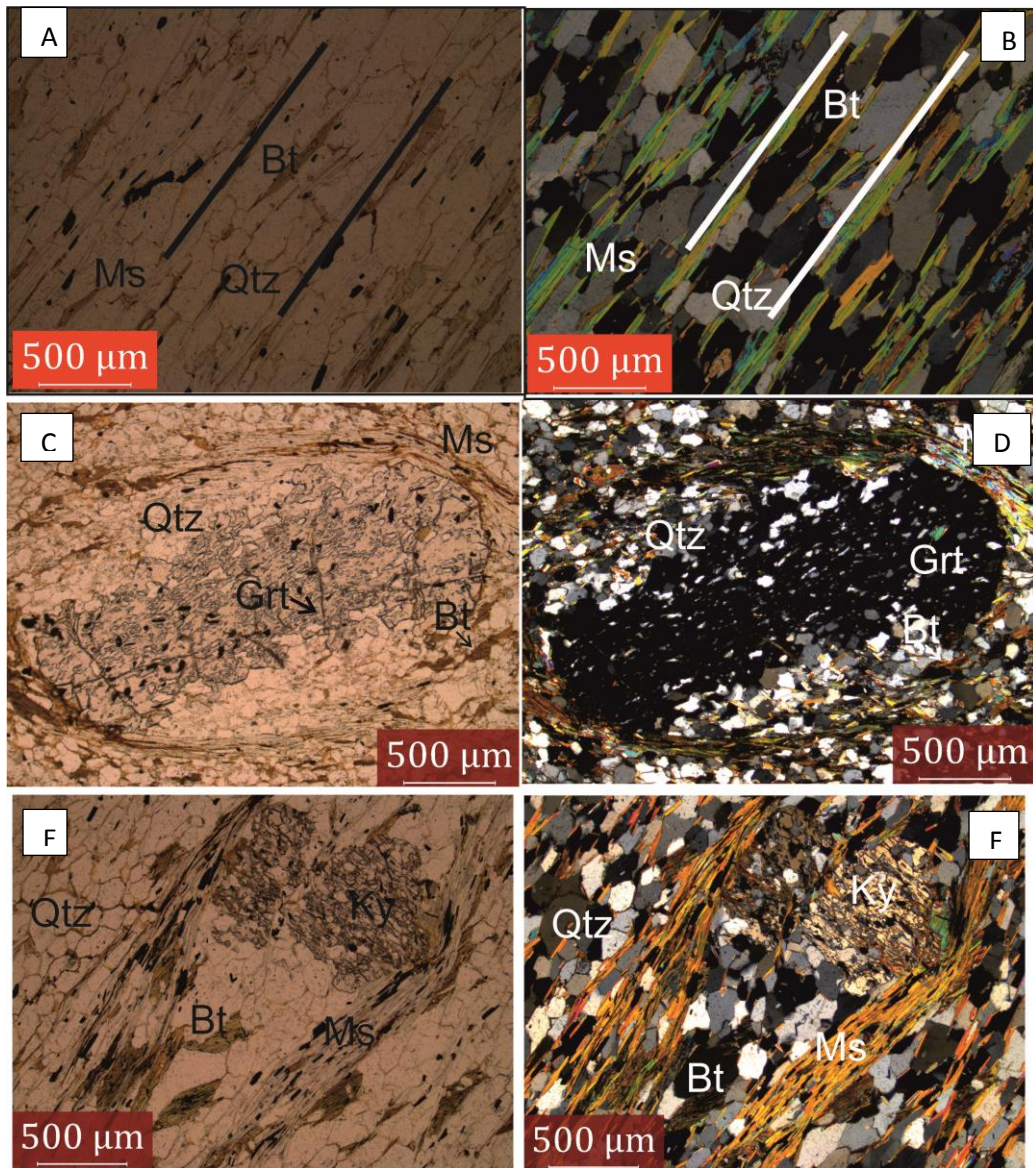
Figura 12. Microfotografías de rocas pelíticas. A, B, C) textura porfidoblastica en matriz granoblástica, A Y B) se observan pórfidoblastos de biotita y granate, el granate presenta una matriz de tipo poiquiloblastica (inclusiones de cuarzo). C) mineral indicador (Estauroлита), este mineral presenta una textura esquelética.



Finalmente para las rocas Semipelíticas encontramos Esquisto micaseo-cuarzoso ,Esquisto micaceo-cuarzoso con Granate y Estauroлита, Esquisto micaceo-cuarzoso con cianita, Esquisto micaceo-cuarzoso con Estauroлита, Esquisto micaceo-cuarzoso con cianita y estauroлита, Esquisto Muscovítico-cuarzoso con granate y Esquisto muscovítico-cuarzoso con cianita, mineralógicamente estas rocas se encuentran compuestas por

Cuarzo+Muscovita+Biotita±Granate±Estauroлита±Cianita±Plagioclasa donde el cuarzo y las micas( muscovita y biotita) son los minerales principales y el granate, estauroлита y cianita son minerales mayores y la plagioclasa se encuentra como mineral menor (Anexo B). En estas rocas el cuarzo se presenta como individuos heteroblasticos subidioblasticos a su vez se observó la presencia de una generación de cuarzo 1 la cual se encuentra como inclusiones dentro de porfidoblastos de estauroлита y granate, estos porfidoblastos al igual que los de cianita se encuentra que son heteroblasticos subidioblasticos. A su vez se determinó para este tipo de rocas Semipeliticas una facie de metamorfismo Anfibolita, con zona de la Cianita-Almandino como la de mayor grado de metamorfismo. Texturalmente la textura predominante es granoblástica , y localmente se desarrollan las texturas porfidoblástica en matriz lepidogranoblástica (Anexo A).( Figura 13).

Figura 13. Microfotografías de rocas semipelíticas. A y B) Textura lepidoblastica, con foliación marcada. C Y D) Textura porfidoblastica con matrix granoblástica, y textura poiquiloblastica (Granate), se evidencia dentro del granate presencia de inclusiones de cuarzo el cual se encuentra orientado. E Y F) textura porfidoblastica en matriz lepidogranoblastica, presencia de mineral indicador(cianita), este mineral presenta una textura esqueletal producto de la disolución.



Los Mármoles los cuales se clasificaron como mármoles impuros, presenta una variación en su coloración entre mármol, gris, blanco, y pequeñas apariciones de mármol rosado..

**6.1.2. Ortoneis.** Esta unidad se encuentra constituida a nivel general por rocas metamórficas de estructura neisica, de protolito igneo, de la cual se encontraron 3 variedades composicionales que son: neises pelíticos (neis biotítico), neises Maficos (neis hornblendico y anfibolita) y neises cuarzo-feldespaticos. (Anexo 2)

La distribución general del Ortoneis se indica en la figura (ver mapa). Dentro de la zona de estudio el Ortoneis se encuentra distribuido principalmente en dos secciones. La primera se encuentra hacia la parte occidental y noroccidental del municipio de Silos, esta es una faja que se extiende desde el río Caraba en la parte inferior hasta el río La Plata en la parte superior, pasando por la quebrada la Estancia, la vereda Pachacual, la vía que comunica desde Silos hasta las Tapias y la loma el Cielo. La segunda sección se encuentra dividida en dos pequeños cuerpos el primero de estos se encuentra ubicado hacia la parte suroriental del municipio de Silos, sobre la parte nororiental de la cuchilla de Socota, al NE del sector conocido como el Palomar parte alta donde nace la quebrada de los Grillos, el Chorro el Avenal, así como hacia la parte noroccidental del caserío los Rincón, también se encuentra presente este cuerpo hacia la vereda doña Ángela y en la parte noroccidental de la inspección de Babega. El otro cuerpo se extiende casi en dirección norte-sur desde el río Caraba hasta la carretera que comunica al municipio de Silos con la inspección de Babega, sobre el sector conocido como Santa Helena.

Dentro de esta primera sección encontramos hacia la parte de la Loma el Cielo, y parte de la ladera occidental de la loma El Hato un predominio de un neis biotítico con lentes de anfibolita, encontrándose en contacto discordante con los depósitos Cuaternarios de tipo Fluvio-Glacial ya sobre la vía que comunica al municipio de

Silos con las Tapias se observa la presencia de intercalaciones entre los tres tipos composicionales de neis junto con los cuerpos anfibolíticos que conforman el Ortoneis. En algunos sectores sobre la vía a las Tapias el Ortoneis se encuentra cortado por pegmatitas con un tamaño de grano muy grueso compuestos principalmente por cuarzo y plagioclasa y unos cuerpos masivos no estratificados de origen ígneo de composición diorítica y tonalítica, estos cuerpos al ser de tamaños muy pequeños no son cartografiables por lo cual dentro del mapa no se hace referencia de estos cuerpos. Los cuerpos de Ortoneis se presentan como intercalaciones, lo cual nos habla no de una diversidad de cuerpos si no de un solo cuerpo el cual en algunas partes se encuentra más enriquecido de algunos elementos lo cual genera que se presente una diferenciación, y prueba de que estos cuerpos pertenecen a un solo cuerpo mayor que es el Ortoneis son las direcciones de foliación que estos cuerpos manejan pues presentan la misma dirección los unos con los otros.

Sobre esta misma sección uno, en cercanías a la quebrada la Estancia, aflora un neis de Biotítico con presencia de magnetita y contiene cuerpos pegmatíticos asociados a niveles de cuarcita y anfibolita que se repiten en las inmediaciones de la quebrada.

Ahora bien en la sección dos encontramos hacia la Cuchilla de Socotá una predominancia de neis cuarzofeldespático con lentes de cuarcitas micáceas distribuidas irregularmente y algunos cuerpos de neis horblendico. El Ortoneis en esta zona presenta una diferenciación metamórfica en la composición que va de Cuarzofeldespático a Mafico. A nivel general se encuentran algunas intrusiones de diques graníticos y pegmatíticos, así como de cuerpos de cuarcita distribuidos localmente.

Ya hacia el sector conocido como el palomar parte alta donde nace la Quebrada de los Grillos y el Chorro el Avenal se observa un predominio de neis cuarzo –

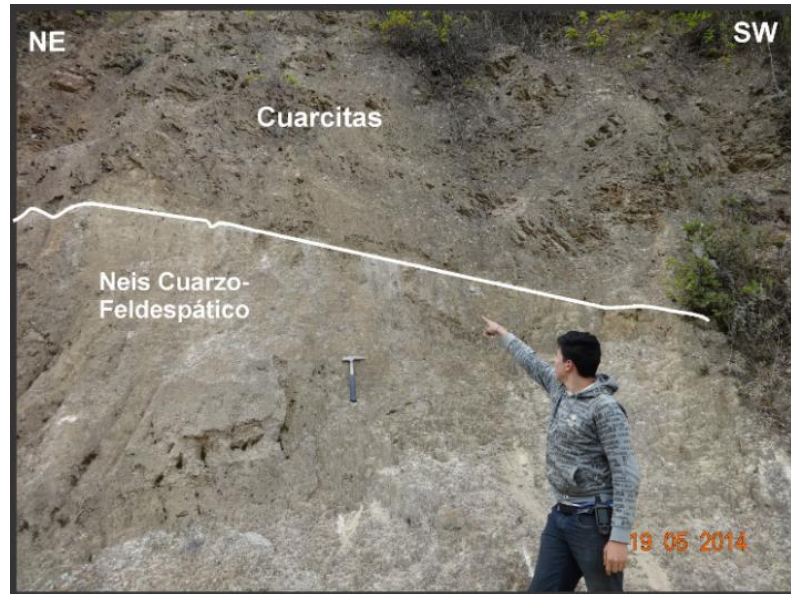
feldespático el cual presentan un color predominantemente blanco – grisáceo con bandas que denotan el bandeamiento composicional entre el cuarzo y la plagioclasa en los que predomina el tamaño de grano medio a grueso con minerales como cuarzo, plagioclasa, caolín (producto de la alteración de la plagioclasa), biotita, magnetita y pirolusita con un dato de foliación N20W/29SW al W de la quebrada y N70E/20SE al E, lo que muestra el fuerte control estructural que hay en esta zona. En la quebrada los grillos aparecen unas franjas de tectónicas de unos 20m de espesor.

Por su parte el neis hornblendico el cual también se encuentra sobre el Palomar parte alta y sobre la Cuchilla de Socota, presenta coloraciones blancas con bandas de coloración marrón verdosa dada por la hornblenda con un tamaño de grano medio a grueso el cual se encontraba con baja compactación facilitando la disgregación de sus cristales todo esto producto de la alta meteorización. El neis hornblendico que aflora en la Cuchilla de Socotá se encuentra en contacto con rocas sedimentarias, esquistos y cuarcitas; y en algunos sectores se encuentra milonitizado producto de fallas satelitales.

Los contactos de las diferentes secciones del Ortoneis son en su gran mayoría contactos concordantes con la foliación de la roca encajante (Formación Esquistos del Silgara) o en otros casos son contactos intrusivos. En la sección uno, sobre la vía que comunica al sector conocido como las Tapias desde el Municipio de Silos se observa un contacto neto en el cual las foliaciones de estas dos unidades son concordantes, así como sobre el rio caraba, del mismo modo ocurre en la sección dos donde podemos ver hacia la vereda el Palomar parte alta como el contacto entre la Formación Silgara y el Ortoneis es concordante. (Figura 14 y Figura 15) en esta misma sección hacia el sector de la Cuchilla de Socota se observa un contacto intrusivo donde podemos encontrar pequeños xenolitos de cuarcitas pertenecientes a los Esquistos del Silgara. ( Figura 14) El Ortoneis , al

igual que Los Esquistos del Silgara se encuentran siendo intruidos de forma discordante por cuerpos ígneos los cuales varían su composición. (Figura 13)

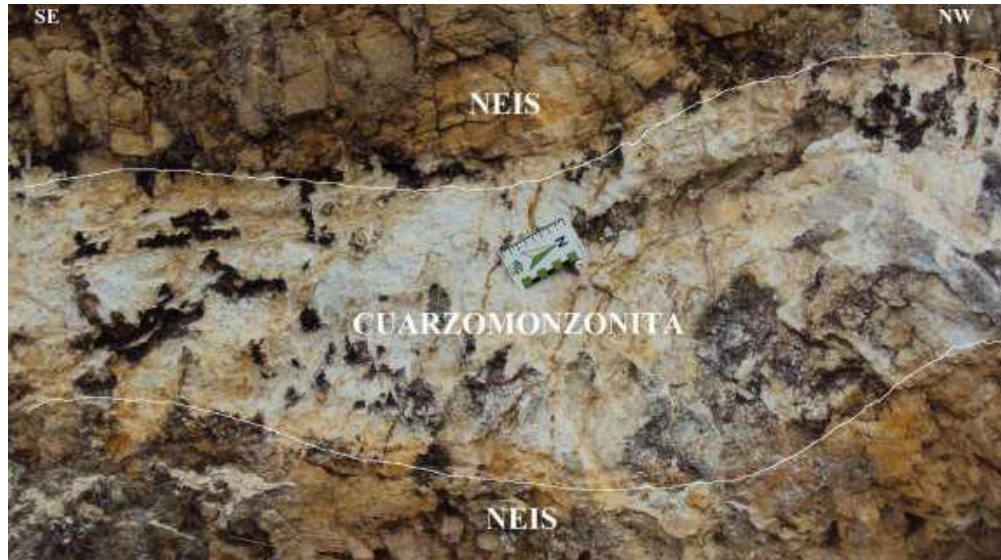
**Figura 14. Contacto Neto entre Cuarcitas y Neis Cuarzo-Feldespático.**



**Figura 15. Contacto concordante y neto entre los Esquistos del Silgara( roca encajante) y el Ortoneis.**



**Figura 16. Neis cuarzo feldespático intruído por una cuarzomonzonita.**

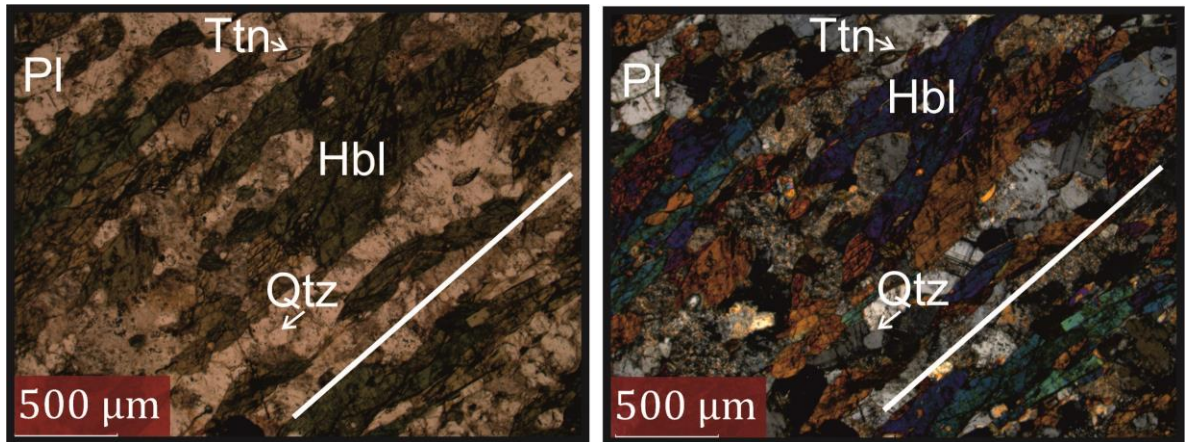


**Figura 17. Xenolitos de cuarcita dentro de una matriz de ortoneis**



A hora bien, litológicamente dentro del Ortoneis se encontraron variaciones composicionales (Anexo 2). Dentro del grupo de las rocas Maficas encontramos neis horblendico y anfibolitas, mineralogicamente estas rocas se encuentran compuestas por Horblenda+ Plagioclasa ±Biotita± cuarzo± Muscovita± Feldespato Potásico Y como minerales accesorios epidota y zircón.(ver anexo descripciones).la horblenda en estas rocas se presenta como individuos heteroblasticos, subidioblasticos los cuales se encuentran en contacto neto con la plagioclasa y esfena, estos individuos se encuentran indicando una dirección de foliación principal además algunos individuos presentan unas pequeñas inclusiones de cuarzo y cristales de plagioclasa.(Figura 18) además de esto se determinó una facie de metamorfismo Anfibolita y en una zona de Andalucita-Almandino según la clasificación de Facies de Metamorfismo Regional <sup>60</sup>(Garcia 2007).

**Figura 18. Microfotografías de una anfibolita. Se puede observar como la horblenda junto con la plagioclasa y esfena están orientadas indicando una dirección de foliación preferencial.**

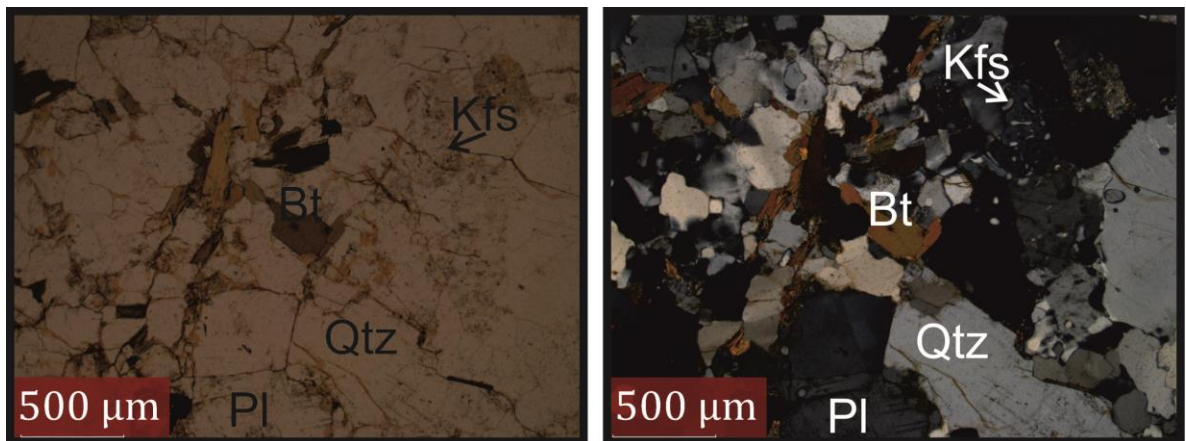


<sup>60</sup> GARCÍA, Carlos Alberto; RÍOS, Carlos Alberto y CASTELLANOS, Oscar Mauricio. Medium-pressure metamorphism in the central Santander Massif, Eastern Cordillera, Colombian Andes. En: Boletín de Geología. Julio-Diciembre, 2005, vol.27, no.2, p. 43-68.

Para las rocas pelíticas encontramos neis biotítico (Anexo 2) y sobre el sector de la vía que comunica desde el municipio de Silos con las Tapias encontramos también neises biotíticos pero con unos porfidoblastos de magnetita. Mineralógicamente estas rocas se encuentran compuestas por Cuarzo+Biotita+Muscovita+Plagioclasa+Feldespato Potásico. En estas rocas el cuarzo se presenta como Individuos heteroblásticos, idioblásticos a subidioblásticos en algunos individuos se presentan inclusiones de circón. Se encuentra en contacto neto con la biotita, hornblenda, feldespato potásico y plagioclasa la cual se presenta como Individuos heteroblásticos, subidioblásticos. Algunas plagioclasas se están sericitizando parcialmente hacia el centro y los bordes, predominando la alteración hacia los bordes. (Anexo 1).

Se determinó una paragénesis mineral la cual según la clasificación para Facies de Metamorfismo Regional <sup>61</sup>(García 2007). Tenemos que las rocas pelíticas del Ortoneis presentan una facie metamórfica Anfibolita. (Figura 19

**Figura 19. microfotografías de un neis pelítico. En la imagen de la derecha se puede observar una textura mirmequitica.**



---

<sup>61</sup> Ibid

Finalmente para las rocas de tipo Cuarzo-Feldespáticas encontramos neises cuarzo-feldespáticos (ver tablas de composiciones). Mineralógicamente estas rocas se encuentran compuestas por Plagioclasa+Muscovita+Cuarzo+Biotita.

En estas rocas el cuarzo se presenta como Individuos heteroblasticos, subidioblasticos, los cuales presentan bordes irregulares, se encuentra en contacto con la plagioclasa la cual presenta su macla polisintética característica, moscovita y biotita. Algunos de los individuos de cuarzo presentan lamelas de deformación. Además las micas (biotita y muscovita ) se encuentran orientadas indicando una dirección preferente en la roca (Anexo 1) se determinó una paragénesis mineral la cual según la clasificación para Facies de Metamorfismo Regional <sup>62</sup>(Garcia 2007). Tenemos que las rocas pelíticas del Ortoneis presentan una facie metamórfica Anfibolita.

En términos generales el Ortoneis exhibe una variación considerable de texturas y de composición por ejemplo en las texturas encontramos que para el neis de composición mafica presenta unas texturas nematoblasticas y nematogranoblasticas para el de composición pelitica tenemos unas textura lepidogranoblastica y para el de composición cuarzo feldespática tenemos unas textura granoblástica y en algunas partes texturas pertiticas y mirmequiticas ( ver imágenes secciones), además para el sector de Silos las rocas se reconocen principalmente por su carácter no estratificado y su estructura neisica marcada, además tienen generalmente foliaciones definidas aunque en algunos sectores puedan estas llegar a ser un poco menos marcadas (ver imagen foliaciones ortoneis).

**6.1.3. Metacalizas.** Las Metamorfitas de bajo grado afloran al SE del municipio de Silos (Norte de Santander). Estas rocas subrayasen los Esquistos del Silgará y el Ortoneis y están cubiertas por rocas Devónicas de la Formación Floresta.

---

<sup>62</sup> Ibid

A nivel general estas rocas presentan una coloración Grisácea oscura a negra en algunos casos con variaciones en el tamaño de los cristales que van desde finos a gruesos, pero que no logran alcanzar el tamaño suficiente como para considerarse un mármol completamente formado a pesar de tener un grado de compactación bastante alto. Composicionalmente presenta en su gran mayoría cristales de calcita junto con venas de calcita que son la constante en estas rocas además de presentar en la mayoría de ocasiones una estructura masiva aunque se apreciaba una apariencia foliada en algunos ejemplares.

Las rocas de bajo grado de metamorfismo encontradas en el área de estudio se dividen composicionalmente en dos grupos principales Marmoles impuros y rocas silíceo-carbonatadas.

En la *tabla 2*, se presenta la composición mineralógica (en %) de las Metacalizas. Estos datos se graficaron en el diagrama clasificadorio de rocas metacarbonatadas de la SCMR (Rosen,Desmond,Fettes 2004)<sup>63</sup>(Figura 20:) En este diagrama se puede apreciar que las rocas de bajo grado de metamorfismo en la zona de estudio corresponden a Marmoles impuros y rocas silíceo-carbonatadas.

**Tabla 2. Composición mineralógica de las Metacalizas aflorantes en el municipio de Silos.**

Tipo de Roca	Litotipo	N° de Muestra	Composición Mineral								
			Cal	Qtz	Pl	Dol	Ms	Ep	Bt	Tr	oxid
Carbonatada	Marmol impuro	SB-69	65	27			3			5	
Carbonatada	Marmol impuro	SB-96	69	22			1				8
Carbonatada	Marmol impuro	SB-107	87	11			2				
Carbonatada	siliceo-carbonatadas	SB-118	49	28			8		12	3	
Carbonatada	Marmol impuro	G2-22-1	79	9	11		1				
Carbonatada	Marmol	PCM-31	95	5							

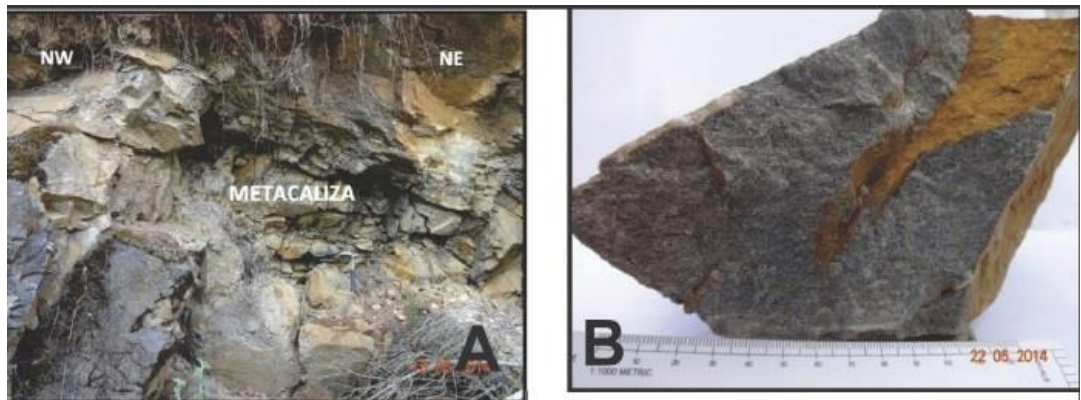
**Figura 20. Triangulo de clasificación de rocas carbonatadas**



Ahora bien las Metamorfitas de bajo grado corresponden a metacalizas (Mármol impuro) y rocas calcosilicatadas. Se identificaron dos cuerpos de estas litologías en los sectores Cerro Concaceres y Loma Grande (ver mapa).

**Cerro Concaceres.** Las Metasedimentitas forman un cuerpo de 1,7 km de largo por 900 m de ancho. Estas rocas se encuentran en contacto neto con los Esquistos del Silgara y en contacto fallado con el Ortoneis. Las rocas en este sector son de composición carbonatica, presentan una coloración gris clara, la foliación es débil a ausente y son fuertemente compactadas. Figura 15

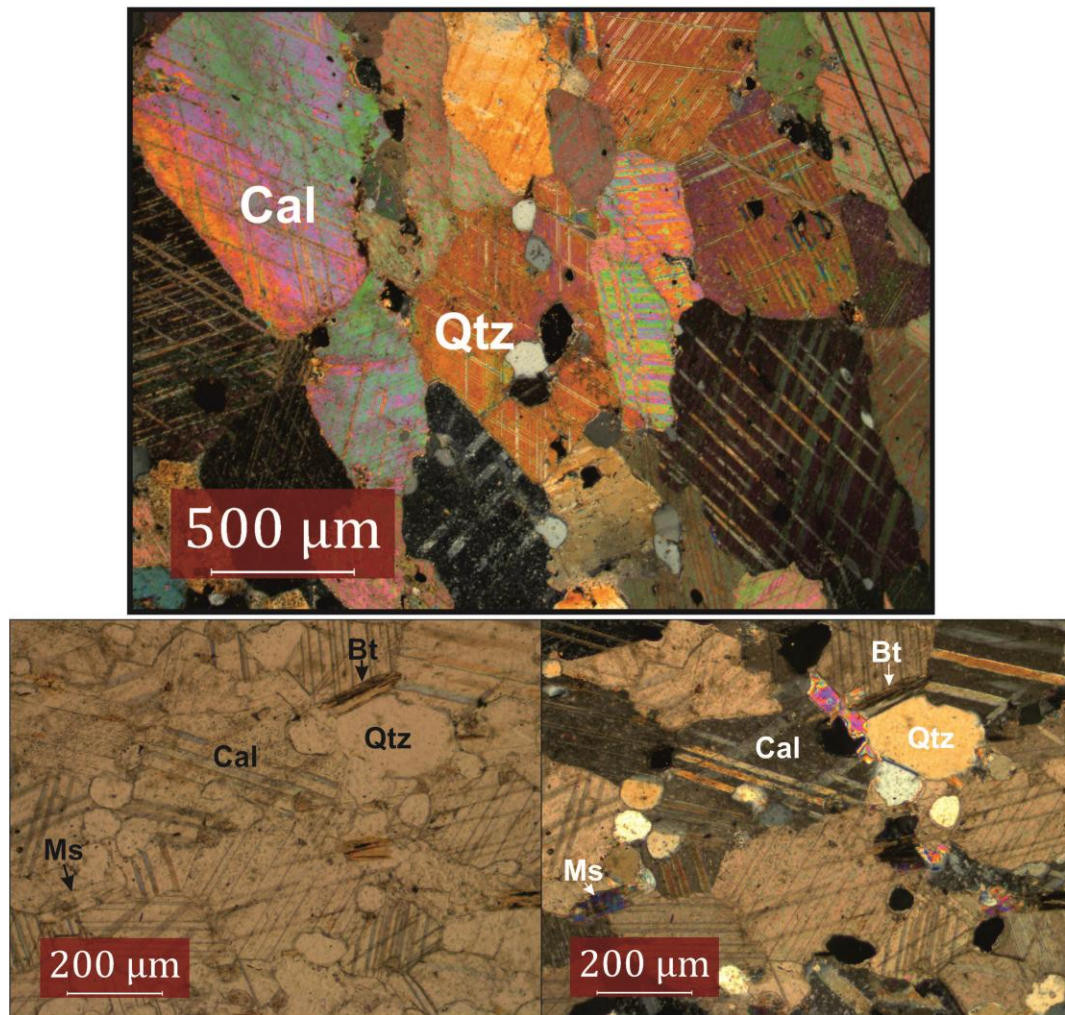
**Figura 21.** en la figura A se observa un afloramiento ubicado sobre el sector del Cerro Concaseres, y en la figura B se observa una Metacaliza con cristales de tamaño fino a medio.



Las rocas carbonatadas presentes en este sector son de composición carbonatica (Marmol Impuro) las cuales se encuentran compuestas por calcita, como mineral principal, cuarzo como mineral mayor al igual que la plagioclasa y como mineral accesorio tremolita y moscovita y la textura que predomina en estas rocas es granoblástica. Se midieron también los tamaños de grano de las metacalizas y las rocas calcosilicatadas, y se compararon con el tamaño de grano de mármoles pertenecientes a los Esquistos del Silgara los cuales afloran en el sector de Caraba Pequeño al SW del municipio de Silos (ver mapa). El tamaño de grano en

metacalizas es en promedio 0.27mm, mientras que en las rocas calcosilicatadas es 0.25mm. En los mármoles de de los Esquistos del Silgará, el tamaño de grano es 0.91mm. (ver Figura 22).

**Figura 22. Microfotografía de rocas calcosilicatadas. Correlacion entre una metacaliza (imágenes inferior) y un mármol (imagen superior) perteneciente a los Esquistos del Silgara.**



**Loma Grande.** Se localiza más al SE de Silos sobre la vía que conduce al Enterradero y en la margen derecha de la Quebrada Vichaga. Consiste en

metacalizas de coloración oscura, masivas a débilmente foliadas de composiciones carbonatadas (mármol impuro) y rocas calco-silicatadas, las cuales presentan una alta compactación con claras evidencias de recristalización.(ver Figura 16)

**Figura 23. Afloramiento de metacaliza, en la vía que conduce de Silos a la vereda El Alizal, sobre el sector conocido como Loma el Padre área norcentral de la zona de estudio al sur del rio caraba.**



Fuente: Tomado de grupo 2 de campo 2 Escuela de Geología, primer semestre del año 2015.

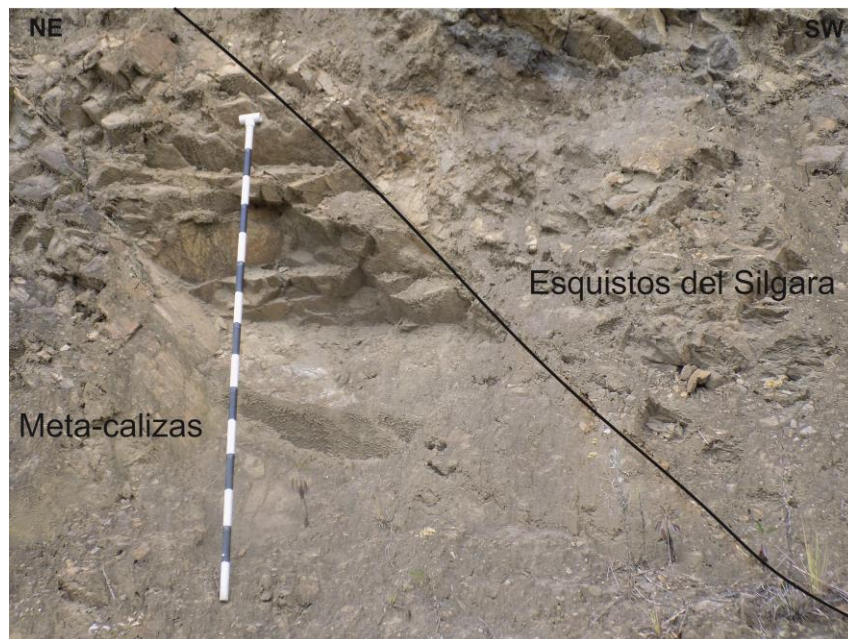
Mineralogicamente las Metacalizas en este sector presentan composicionalmente dos tipos que son rocas carbonatadas (mármol impuro) y rocas calcosilicatadas,

Las rocas carbonatadas constan de calcita como mineral principal, cuarzo como mineral mayor al igual que la plagioclasa, y muscovita como mineral accesorio.(Anexo 3) Estas rocas son de grano fino y desarrollan una textura granoblástica.

Las rocas calcosilicatadas constan de calcita como mineral principal, cuarzo como mineral mayor al igual que la plagioclasa, biotita y muscovita y como mineral accesorio tremolita.(Anexo 3) Estas rocas son de grano fino y desarrollan una textura granoblástica.

Estas metacalizas están en contacto fallado con los Esquistos del Silgara.(ver imagen)

**Figura 24. Contacto fallado entre las Metacalizas y los Esquistos del Silgara sobre la via que conduce de Silos a la vereda El Alizal, sobre el sector conocido como Loma el Padre área norcentral de la zona de estudio al sur del rio caraba.**



Este cuerpo de Loma Grande, se determinó por primera vez en el presente estudio.

Las relaciones de campo de estas metasedimentitas muestran que por lo general están en contacto fallado con los Esquistos del Silgará y la Formación Floresta.

Considerando que las relaciones de campo de estas metasedimentitas no muestran una continuidad litológica con los Esquistos del Silgará y la Formación Floresta, podría tratarse de una unidad diferente, y posiblemente similar a rocas de bajo grado de metamorfismo aflorantes en los sectores de Mogotes, Guaca, Mutiscua, Berlín.

**6.1.4. Granito de durarúa.** Esta unidad aflora en la parte noreste de la inspección de Babega y está compuesta por cuerpos ígneos afaníticos de estructura masiva pertenecientes a un mismo pulso magmático con variaciones en la composición. Se presentan Pegmatitas Graníticas compuestas de Cuarzo, Plagioclasa, Moscovita y Piroxenos mostrando un aumento considerable en el tamaño de los cristales. Granitoides ricos en Cuarzo de coloraciones blancas y cristales bien definidos en donde los minerales máficos en su mayoría se componen de Biotita y Anfíboles. Finalmente se presentan Granitos Moscovíticos en donde se evidencia una disminución en el tamaño de los cristales y adicional a ella la cantidad de feldespatos potásicos aumenta.

Esta unidad según *Ward et al., (1973)*<sup>64</sup>, se define como un granito blanco moscovítico, el cual forma plutones pequeños e intrusiones, dispuestos a lo largo de una franja de dirección Norte-Sur. Así mismo, señala que las litologías ígneas de ésta unidad, presentan una textura equigranular de grano grueso a medio, y se compone fundamentalmente de cantidades aproximadamente iguales de cuarzo, microclina y plagioclasa (albita y oligoclasa sódica).

Investigaciones hechas por *Van der Lelij (2013)*<sup>65</sup>, relacionan la edad del Granito de Durania con el desarrollo de cuencas coetáneas, presentes en los Andes de Mérida (La Formación Horno). Este autor pone casi que en el mismo periodo

---

<sup>64</sup> WARD, D et al. Geología de los Cuadrángulos H-12, Bucaramanga y H-13, Pamplona, Departamento de Santander. Boletín Geológico [En línea]. 1973 Vol. 21 (1-3). pp. 1-132.

<sup>65</sup> VAN DER LELIJ, Roelant. et al. Palaeozoic to Early Jurassic history of the northwestern corner of Gondwana, and implications for the evolution of the Iapetus, Rheic and Pacific Oceans. Gondwana Research [online] February, 2015. [cited: April 1 2015] Available from: ELSEVIER: SCIENCE DIRECT [Biblioteca UIS].

geológico (Silúrico), el granito de Durania con la Formación de la Granodiorita del Tarra y señala que a partir del Ordovícico Tardío (con posterioridad a los 452 Ma), tanto en Macizo de Santander como en los Andes de Mérida, se formaron numerosos cuerpos graníticos de carácter peraluminico.

**6.1.5. Formación Floresta.** La Formación Floresta está constituida por Metaareniscas de grano fino de tonalidades amarillentas grisáceas, constituidas principalmente por cristales de cuarzo, moscovita y en menor proporción plagioclasas, biotita y hornblenda. La roca presenta una leve recrystalización desarrollando planos de foliación incipiente en dirección S77°W/34°NW.

Por otra parte, la roca parece organizarse en capas no muy espesas, (sin embargo dicha estratificación no pudo ser monitoreada eficazmente en la zona), aflorando al Oeste de la zona de estudio, reposando discordantemente sobre los Esquistos del Silgara y hacia el Este en contacto normal con la Formación Diamante. (Figura 25)

La formación Floresta se encuentra en proceso de redefinición según Forero et al (1991) la edad del miembro Floresta que aflora en esta zona es de Edad Ordovícico Silúrico y es correlacionable con lo que <sup>66</sup>Ward et,al (1973) denomina Floresta metamorizado. La redefinición está asociada a la falta de evidencias de metamorfismo regional en las capas del Devónico ya que el ultimo evento metamórfico en los andes colombianos ocurrió a finales del Silúrico durante la Orogenia Caledoniana mucho antes de la depositación de las capas del Devónico inferior.(POT de silos)

---

<sup>66</sup> WARD, D et al. Op cit. pp. 1-132.

**Figura 25. Afloramiento de Meta-areniscas de la Formación Floresta en contacto con filitas de la Unidad Esquistos del Sigara sobre la parte alta de la Loma Grande.**



Fuente: Tomado de: grupo 3 de campo 2 Escuela de Geología Universidad Industrial de Santander primer semestre del año 2015.

**6.1.6. Formación Diamante.** La unidad está constituida por calizas masivas dispuestas en capas potentes, de tonalidades gris oscuro con cristales de calcita de tamaño de grano medio. Localmente la unidad presenta recristalización y una foliación pobremente desarrollada en dirección  $S74^{\circ}W/49^{\circ}NW$  (fig xxx)

**Figura 26. Fotografía a escala de afloramiento, mostrando la foliación de la metacaliza  $S74^{\circ}W/49^{\circ}NW$  y su leve recristalización.**



Fuente: Tomado de: grupo 3 de campo 2 Escuela de Geología Universidad Industrial de Santander primer semestre del año 2015.

La unidad se distribuye especialmente en la parte central y oeste de la zona de estudio, con geo-formas predominantemente inclinadas, fuertemente disectadas con vegetación frondosa. Sus laderas van desde inclinadas a escarpadas. En cuanto a sus límites, hacia el oeste, se encuentra en contacto normal con la Formación Floresta y fallado con Esquistos del Silgara y hacia el este, nuevamente en contacto fallado con la Formación Girón.

**6.1.7. Formación Girón.** Esta unidad se encuentra constituida por *conglomerados* que varían entre *areniscas conglomeráticas* y *ligeramente conglomeráticas*, de tonalidades rojizas a vinotinto cuya composición es cuarzo, feldespato potásico, plagioclasas, moscovita y fragmentos líticos. Esta litología se encuentra estratificada en capas potentes (ver fig), presenta un plano de estratificación S52°E/40°SW.

**Figura 27. Fotografía de afloramiento de la Formación Girón. Areniscas conglomeráticas dispuestas en paquetes potentes. El plano de estratificación es S52°E/40°SW.**

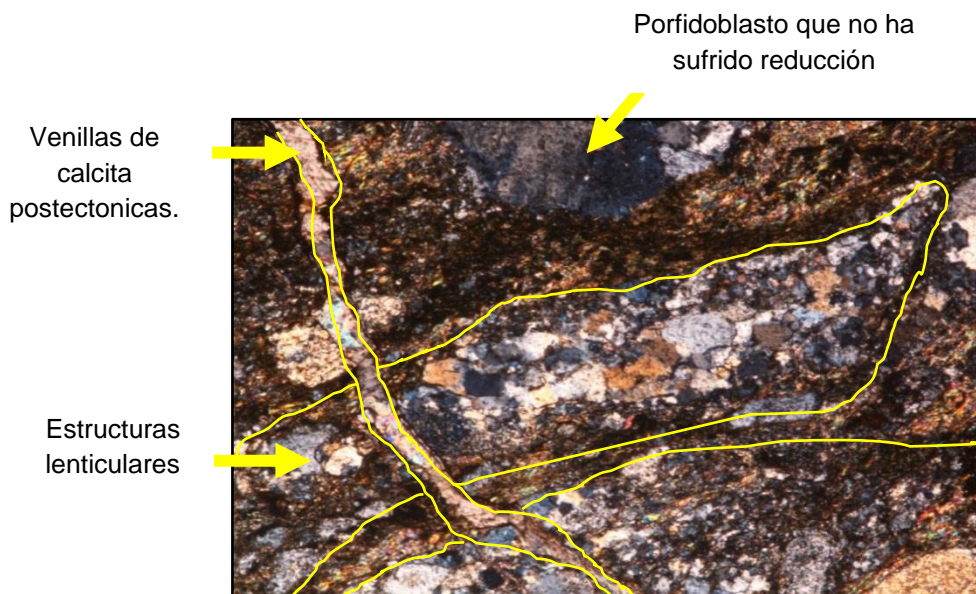


Fuente: Tomado de: grupo 3 de campo 2 Escuela de Geología Universidad Industrial de Santander primer semestre del año 2015.

La unidad está distribuida hacia la parte Central y Este del área de estudio, en un faja de norte a sur, limitando al Este en contacto fallado con metacalizas de la formación Diamante y al oeste en contacto normal con rocas sedimentarias pertenecientes a la Formación Rosa Blanca. La fracción aflorante al sureste de la zona de estudio reposa discordantemente en rocas metamórficas.

Adyacente a la Quebrada el Avenal, sobre la ladera Oeste de la Loma El Rayo la roca se encuentra fuertemente deformada, desarrollando una estructura cataclástica.(ver figura). Se destaca una deformación frágil con una considerable reducción en el tamaño de grano, sin embargo, también se presenta recristalización de agregados minerales, y una deformación dúctil de los mismos en forma de lentes.

**Figura 28. Microfotografía, de la roca G3-31-05. La roca está fuertemente deformada por metamorfismo dinámico. Se muestra (1) la amplia reducción del tamaño de grano, agregados en forma de lentes y (2) vena de calcita post-tectónica**

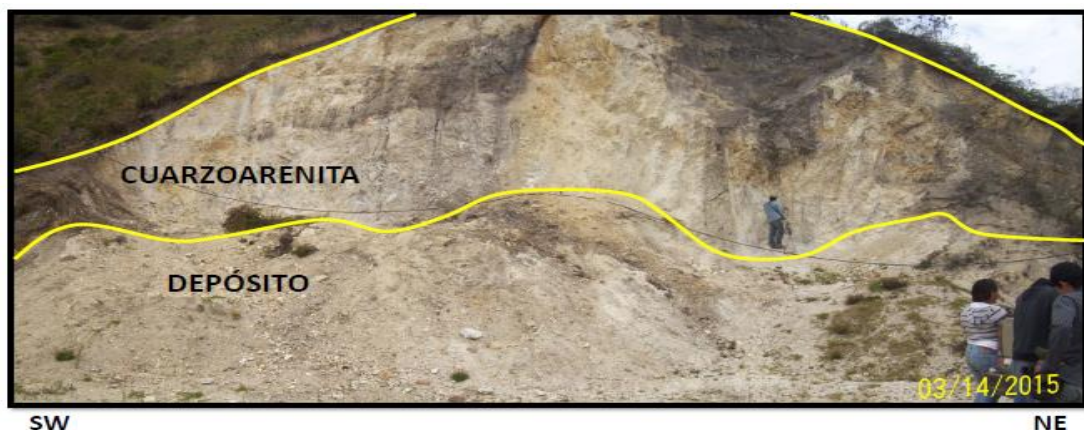


Fuente: Tomado de: grupo 3 de campo 2 Escuela de Geología Universidad Industrial de Santander primer semestre del año 2015.

**6.1.8. Formación Tibu-Mercedes.** Rocas Sedimentarias las cuales se encuentran ubicadas sobre la parte central en el flanco NW de la cuchilla Socotá. Se encuentra en contacto neto con las Metacalizas de la cuchilla Concáceres al NW, con las cuarcitas de la formación Esquistos del Silgara al W en los sectores de Cherquetá y Santa Helena y al E con la cuchilla Socotá; este contacto con la cuchilla de socota es un contacto fallado. (ver falla de socota). Estas rocas presentan una coloración blanca amarillenta a negro, en el caso de las liditas, las rocas estaban compuestas principalmente por cuarzo, plagioclasa y micas con cristales que van de tamaño de grano medio a grueso poco calibradas, el grado de compactación es medio con granos sub angulares a redondeados. Se clasificaron como cuarzoarenitas y liditas.

**6.1.9. Formación Los Santos.** La unidad corresponde a *cuarzo-arenitas*, de tonalidades amarillentas, grisáceas y blanca amarillentas, constituidas por cuarzo, plagioclasas y moscovita, con granos tamaño arena fino a medio, mal seleccionados sub-redondeados, con cemento silíceo. Dispuestas en capas potentes.

**Figura 29. Formación los Santos. Cuarzo-areniscas dispuestas en capas potentes.**



Fuente: Tomado de: grupo 3 de campo 2 Escuela de Geología Universidad Industrial de Santander primer semestre del año 2015.

Esta unidad se encuentra ubicada al Oeste del área de estudio en contacto fallado por el este con el Ortoneis y al oeste en contacto neto con rocas sedimentarias de la Formación Rosa Blanca.(ver mapa)

**6.1.10. Formación Rosa Blanca.** Esta Unidad se encuentra constituida por *calizas* de tonalidades grisáceas oscuras, con fragmentos de conchas recristalizados y venillas de calcita que disectan de manera aleatoria la estructura masiva de la roca. En algunos sectores se observa capas delgadas de lodolitas fisiles y localmente plegadas de composición similar. La unidad se dispone en capas no muy potentes.

En cuanto a su distribución esta unidad se encuentra en el área de estudio dispuesta a modo de una faja que disecta de N-S, en contacto normal con la Fm Los Santos y fallado con la Fm Tibu-Mercedes. (ver mapa)

## **6.2. GEOLOGÍA ESTRUCTURAL**

El Macizo de Santander se encuentra estrechamente controlado por las fallas de Bucaramanga-Santa Marta, la cual presenta una extensión de nivel regional bastante importante y el sistema de fallas de Chitagá localizada hacia el flanco oriental del Macizo de Santander.

La región de Silos se encuentra afectada por numerosas fallas tanto de tipo regional como de tipo local. En la zona de estudio se pudieron observar fallas tanto de tipo regional (falla de angosturas, Mutiscua) y fallas de tipo más local, estas fallas afectan las unidades metamórficas y sedimentarias.

A continuación se describen estas fallas.

**6.2.1. Falla de la Cuchilla de Socotá.** Esta es una de las dos fallas de mayor extensión, la cual nos divide el área en sentido norte sur, esta falla se encuentra ubicada sobre el sector de Santa Helena en la parte más norte sobre el flanco NW de la Cuchilla de Socotá. Esta falla presenta su trazo sobre el costado NW de la Cuchilla de Socotá.

Debido a la ausencia de evidencias litológicas y microestructurales, la cinemática de la falla se infirió a partir de las relaciones de campo de las litologías afectadas. Esta falla pone en contacto lodolitas y areniscas de la Formación Tibu-Mercedes con cuarcitas de los Esquistos del Silgará. Este contacto muestra como la unidad metamórfica más antigua se encuentra suprayaciendo la unidad sedimentaria más joven, lo cual nos podría estar indicando una falla de tipo inversa.

**6.2.2. Falla De Cherquetá O Falla de Angosturas.** La falla de Cherquetá aflora hacia la parte E del cerro Concáceres junto con la falla de Socotá, estas dos se intersectan hacia la parte central del área de estudio en sentido N-S, pero esta se ubica más hacia la parte W de la Inspección de Babega. Debido a la falta de datos estructurales, para poder darle una cinemática se tomaron en cuenta principalmente los componentes geomorfológicos que se nos presentaban en la zona y las litologías que se encontraron.

**Figura 30. Trazo de la falla de de Cherqueta sobre la quebrada**



Gracias a esto se determinó que la Falla de Cherquetá se presenta como una falla inversa con un componente de rumbo, la cual pone en contacto la Formación Tibu-Mercedes con los Esquistos del Silgará. Esta falla fue correlacionada con la Falla de Angosturas, cartografiada en el mapa geológico H-13 (Ward, et al., 1973)<sup>67</sup>. Según estos autores el desplazamiento de esta falla es aproximadamente 1200 m. al oeste con rumbo norte sur, la cual atraviesa el municipio a través de la Cuchilla Concáceres al este del municipio y se extiende hacia el sur en forma paralela a la falla de Socotá (Ward, et al., 1973)<sup>68</sup>

**6.2.3. Falla Quebrada la Honda o Falla de Mutiscua.** Esta estructura presenta una orientación NE-SW y se encuentra alineada con la quebrada la Honda o la Alejija (Figura xxx). Se extiende atravesando el río Cáraba, afectado al Ortoneis.

<sup>67</sup> WARD, D et al. Geología de los Cuadrángulos H-12, Bucaramanga y H-13, Pamplona, Departamento de Santander. Boletín Geológico [En línea]. 1973 Vol. 21 (1-3). pp. 1-132.

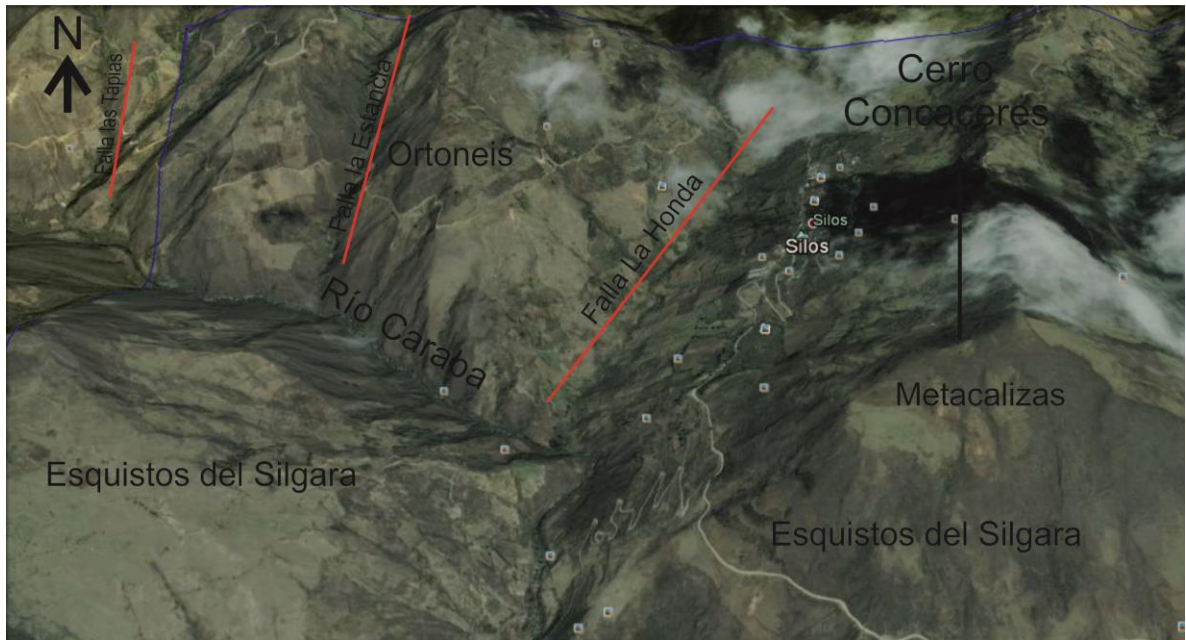
<sup>68</sup> Ibid

No se lograron establecer y observar indicadores cinemáticos que permitan determinar el sentido del movimiento de esta falla, sin embargo, en el sector de Cáraba Grande, las rocas del Ortoneis que afloran en las cercanías del trazo de la falla presenta microplegamientos. Esta deformación es producida en ambientes tectónicos donde actúan esfuerzos compresivos, lo que podría interpretarse como una falla de posible cinemática inversa. Esta falla al parecer es la continuidad de la Falla de Mutiscua.

**6.2.4. Falla Quebrada la Estancia.** Corresponde a una falla de extensión local que ocurre paralela a la quebrada La Estancia, con dirección NNE-SSE, en la región noroccidental de la zona de trabajo (Figura 30). Afecta predominantemente el ortoneis biotítico, y hacia su extremo Sur, a los Esquistos del Silgara. Esta falla es la causante del fuerte fracturamiento de las rocas aledañas a su trazo, donde se presentan distancia entre fracturas de tan sólo algunos centímetros. Sin embargo, no se encontraron indicadores cinemáticos que permitieran definir su movimiento.

**6.2.5. Falla las Tapias.** Corresponde a una falla local con dirección NNE-SSE, ubicada en el extremo NW de la zona de trabajo, y semiparalela a la Falla la Estancia (Figura 31). Se encuentra alineada a un drenaje permanente el cual tiene un trazo bastante corto, y genera un fuerte fracturamiento en las rocas del Ortoneis cercanas a su trazo. Debido a la ausencia de indicadores cinemáticos no fue posible determinar su cinemática.

**Figura 31. Falla Quebrada la Honda. Fallas Quebrada la Estancia y Falla las Tapias ubicadas al noroccidente de la zona de estudio. Imagen lansat**



Fuente: tomada de Google Earth (4/09/2013).

**6.2.6. Falla de Bábeга** Esta Falla se encuentra ubicada sobre la Quebrada Miracielo, esta falla según *Ward et. al. 1973*<sup>69</sup> Es de tipo rotacional la cual recorre la zona con dirección nordeste y termina contra la falla de Socotá, esta falla se encuentra afectando la unidad Ortoneis y su trazo pasa por la Inspección de Bábeга del cual recibe el nombre (ver figura 32), cortando depósitos de tipo coluviión, Esta falla genera un alto riesgo para el centro poblado de la inspección de Bábeга. La Falla de Babega es una estructura principal a la cual se encuentran asociadas otras estructuras secundarias como lo son las Fallas Chorro el Avenal, Falla de la Vereda Doña Ángela entre otras.

**6.2.7. Falla el chorro el Avenal.** Esta falla se encuentra ubicada hacia la parte este de la zona de trabajo sobre la Vereda el Palomar, la cual limita con los Rincón. Esta falla hace parte de un sistema de fallas de nivel local. Esta falla se

<sup>69</sup> WARD, D et al. Op. Cit. pp. 1-132.

infiere como de rumbo, ante la ausencia de indicadores cinemáticos. Esta falla se encuentra afectando a los Esquistos del Silgara. La mayor evidencia de la presencia de la falla en esta zona son las rocas milonitizadas en las estaciones (SB-78,SB-79).

**Figura 32. Cuarcita milonitizada.**



**6.2.8. Falla Vereda Doña Angela.** Esta falla se encuentra ubicada hacia la parte NE del Municipio de Silos y hacia la parte NW de la Inspeccion de Babega, sobre la vereda Doña Ángela. Esta falla se encuentra direccionando una quebrada llamada el Ojo de Agua y se encuentra afectando al Ortoneis.

La cinemática de esta falla no fue posible establecerla en campo. La evidencia de la falla se definió por la presencia de rocas cataclásticas.

**Figura 33. Rocas metamórficas (neis) afectadas por una superposición de eventos de tipo tectónico.**



**6.2.9. Falla Nororiental.** Ubicada en el extremo NE de la zona de estudio, con dirección NNW-SSE. Su trazo está alineado con un drenaje corto y recto, y afecta rocas de la unidad Esquistos del Silgara y Ortoneis. Se extiende fuera del límite oriental del área, y presenta una estría de falla que permite definirla como una falla de movimiento normal.

**6.2.10. Falla Ojo de Agua.** Está ubicada al este de la zona de estudio y tiene una dirección W-E. Afecta rocas de la unidad Esquistos del Silgara y Ortoneis, es semiparalela a la Falla Nororiental, de la cual está a una distancia aproximadamente de 600 m (Figura 33). Su trazo se presenta alineado con un drenaje recto y corto, y no presenta indicadores cinemáticos que permitan definir su movimiento.

**Figura 34. Trazo de las fallas paralelas Y semiparalelas entre sí las cuales son resultado de la Falla de Babega, alineadas con drenajes cortos y rectilíneos. Imagen lansat**



Fuente: Tomada de Google Earth (4/09/2013).

**6.2.11. Falla Quebrada Vichaga.** Se localiza sobre la Quebrada Vichagá orientada en dirección NE-SW, esta falla pone en contacto rocas metamórficas pertenecientes a los Esquistos del Silgara con rocas metamórficas de bajo grado como lo son las metacalizas ubicadas en Loma Grande. Según las evidencias geomorfológicas esta falla es de tipo inversa de bajo ángulo (Falla de cabalgamiento).

**6.2.12. Falla la Botica.** Se encuentra localizada sobre la quebrada la Botica con orientación NW-SE, plegando rocas metamórficas perteneciente a los Esquistos de Silgara y rocas sedimentarias de la Fm Floresta

**6.2.13. Falla Loma el Rayo.** Se localiza en la parte central de la zona de estudio orientada de Norte a Sur, disectando la Loma El Rayo. Esta falla pone en contacto litologías de la Formación Diamante y Formación Girón. Se identificó a partir de la presencia de cataclasitas localizadas a lo largo del contacto de las unidades mencionadas anteriormente.

**6.2.14. Falla El Rayo.** Se localiza en la parte central de la Loma el Rayo, paralela a la Falla Loma el Rayo, colocando en contacto litologías sedimentarias de edad Jurásica (Fm Girón) con unidades sedimentarias del Cretácico (Fm Rosa Blanca).

**6.2.15. Falla Hacienda el Hatico.** se encuentra ubicada sobre el flanco Este de la Loma el Rayo, esta falla presenta una dirección N-S. A partir de las observaciones en campo se determinó que esta falla se encuentra colocando en contacto rocas del Ortoneis con unidades sedimentarias Cretácicas, por lo cual se infiere que su cinemática debe ser inversa.

**6.2.16. Falla del Río Caraba.** Esta estructura es una de las de mayor relevancia dentro de la zona de estudio dada su extensión y su expresión geomorfológica en el terreno. Tiene un desplazamiento lateral sinistral y su dirección general es N 40°-60° E. Esta falla debe su nombre al Río Caraba, y ejerce un fuerte control estructural sobre su cauce. Esta falla se determinó a partir de evidencias geomorfológicas como lo son la presencia de facetas triangulares (figura, 34), la presencia de conos o lóbulos coluviales y de solifluxión.

**6.2.17. Sistema de Fallas NW-SE.** Estas fallas se caracterizan por ser paralelas entre sí (figura 35), además de cortar de forma perpendicular la Falla del Río Caraba. El rumbo aproximado de este sistema de fallas es N 40°-50° W. Su expresión geomorfológica corresponde a lineamientos con los drenajes asociados. Este grupo de fallas se encuentra afectando los Esquistos del Silgara así como al Ortoneis.

**Figura 35. Evidencia de la Falla del Río Caraba, Y de color rojo se muestran el sistema de fallas NW-SE.**



Fuente: Modificado de Google Earth (4/09/2013) Imagen lansat.

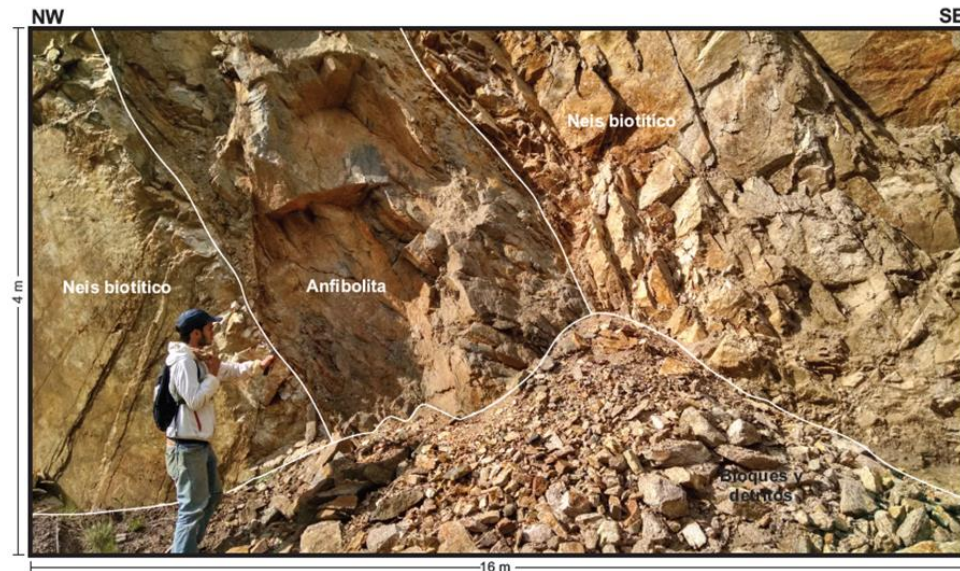
**6.2.2. Foliaciones.** Las foliaciones de las rocas de las unidades Esquistos del Silgara y Ortoneis se presentan muy variables en algunos sectores debido a plegamientos y otro tipo de deformaciones.

La foliación del Ortoneis y los Esquistos del Silgara son aproximadamente concordantes indicando condiciones del pico metamórfico muy cercanas entre estas unidades. Para otras regiones del Macizo de Santander se ha definido un emplazamiento sintectónico del protolito ígneo del neis (REFRENCIAR AUTORES).

En el sector sobre la vía a las Tapias en la estación CA-25 se tomaron datos de foliación los cuales nos dieron una dirección preferencial N30°W-N34°W tanto al Ortoneis como a un cuerpo de anfibolita(ver figura xxx), según esto se puede decir que los cuerpos de Anfibolita sufrieron un emplazamiento y un metamorfismo sin

tectónico junto con el Ortoneis pues presentan la misma dirección de foliación prácticamente por lo cual se puede sustentar que estos cuerpos de Anfibolita se asocien al Ortoneis y no se tomen como una unidad diferente.

**Figura 36. Dique de anfibolita en la unidad Ortoneis (neis biotítico). Foliaciones concordantes. Afloramiento G1-69.**



Fuente: Tomado de: Informe de campo del Grupo 1 de campo 2 primer semestre del año 2015 (Inédito)

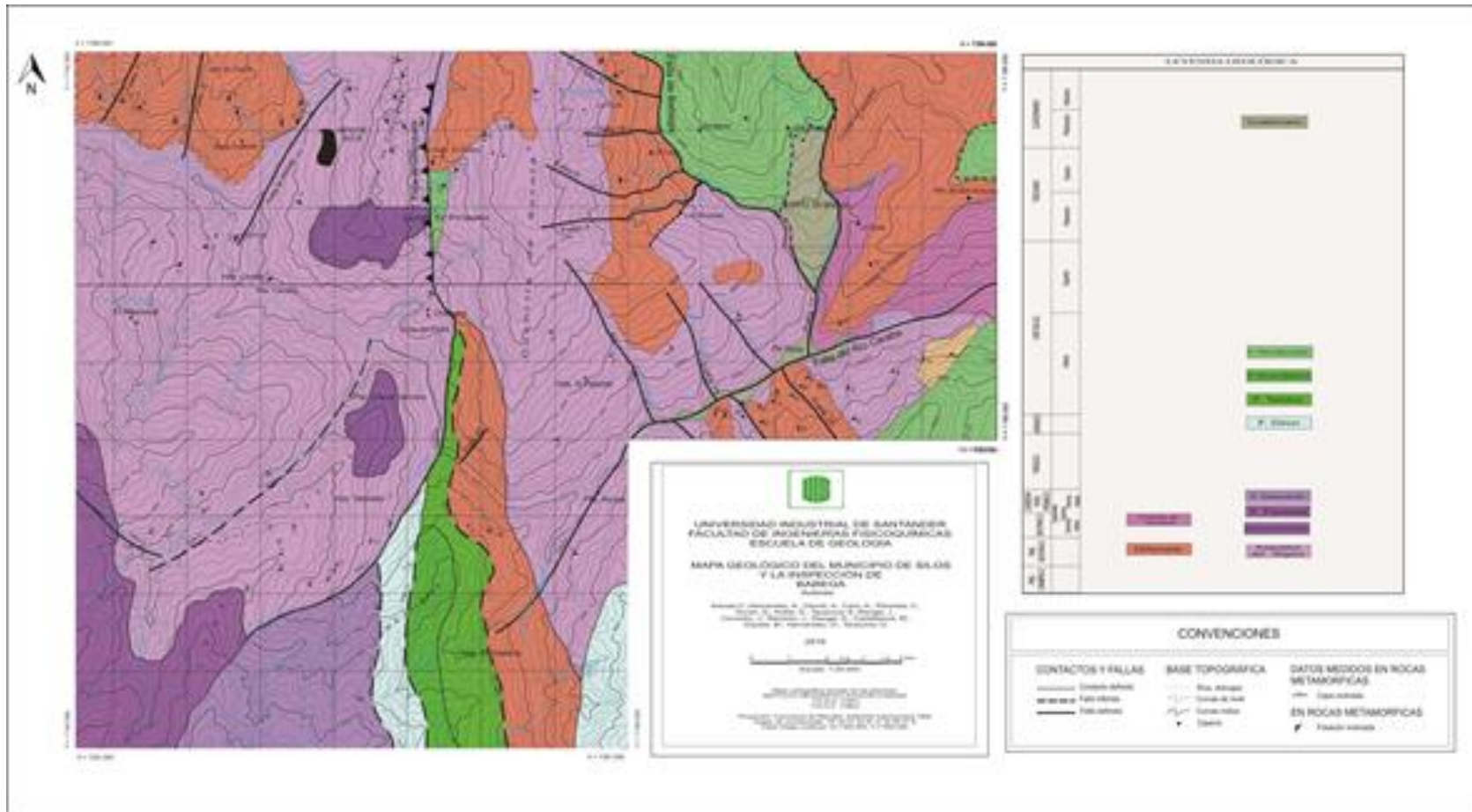
Otro patrón que se encontró hacia el sector de Caraba Grande, fueron las intercalaciones de esquistos y cuarcitas las cuales presentan un patrón de foliaciones con dirección N55°W-N62°W. Ya para el sector de Caraba Pequeño el patrón principal de las direcciones de foliación en los esquistos y cuarcitas es N44°E-N48° lo cual nos habla de un cambio o variación producto de fallas como la Falla la Honda o Falla de Mutiscua.

según lo mencionado anteriormente para el sector de Caraba se podría concluir que aunque las direcciones de foliación varían dependiendo del sector, cumplen un patrón común Norte-Sur, de lo cual se puede inferir que uno de los esfuerzos

principales ocurrió en dirección más o menos E-W si se tiene en cuenta que las foliaciones se forman en dirección perpendicular al esfuerzo principal, sin embargo se necesitan muchos más datos para llevar a cabo una síntesis más regional, debido a que otros eventos pueden cambiar las condiciones de la zona.

Debido a lo mencionado anteriormente se puede concluir que el área de estudio presenta diferentes estructuras tanto mayores como menores, que afectan las rocas aflorantes y que evidencian procesos tectónicos que han tenido lugar en la región. Además se puede evidenciar el fuerte control que estas estructuras generan sobre los diferentes afluentes y como estas generan a su vez un control morfológico en la zona. De la misma forma se puede concluir a partir de las evidencias de campo (foliaciones) que los Esquistos del Silgara y el Ortoneis presentan un emplazamiento sintectónico.

### 6.3. Mapa Geológico del Municipio de Silos



## 7. METAMORFISMO

El área de estudio fue afectada por un metamorfismo predominantemente regional de tipo Barroviense producto de procesos orogénicos, que generó la formación de una intercalación de cuarcitas psmiticas, esquistos pelíticos , semipelíticos y mármoles (Esquistos del Silgara) de neises pelíticos, maficos y cuarzofeldespaticos (Ortoneis) y metasedimentitas (Metacalizas) las cuales estan presentes en el Cerro Concaceres y la Loma el Padre. Sobre la zona de estudio también se determinó un metamorfismo de tipo dinámico asociado a la actividad tectónica en la zona.

### 7.1. METAMORFISMO REGIONAL

El metamorfismo regional presente en el área de estudio es de grado medio, alcanzando la zona de la cianita-almandino de la facies anfibolita, la cual corresponde al pico metamórfico. Otras paragénesis definidas indican las zonas de la andalucita-almandino en la facies anfibolita. De acuerdo con (Ríos *et al.*, 2003; García and Ríos, 2004).<sup>7071</sup> Las temperaturas para estas zonas de metamorfismo en rocas pelíticas y semipelíticas varían entre los 500-600°C. A continuación se describe la zonación metamórfica presente en las diferentes unidades del área de estudio:

Esquistos del Silgara:

Zona andalucita-almandino

---

<sup>70</sup> RÍOS REYES, Carlos Alberto; GARCÍA RAMIREZ, Carlos Alberto; TAKASU, A. Tectono-metamorphic evolution of the Silgara´ Formation Metamorphic rocks in the southwestern Santander Massif, Colombian Andes. Journal of South American Earth Sciences [Online] 2003. pp 1-22.

<sup>71</sup> GARCÍA RAMIREZ, Carlos Alberto; RÍOS REYES, Carlos Alberto and CASTELLANOS, Oscar. Medium-pressure metamorphism in the Central Santander Massif, Eastern Cordillera, Colombian Andes. Boletín de Geología [online] 2005. Vol. 27 N° 2 [cited: 6 april 2014] p. 43 – 68.

Las rocas pertenecientes a esta zona, se localizan en el sector de la aguandina-arrayal, en el flanco E del Cerro Concaceres y sobre la vía Silos-Babega en el sector de la Quebrada de Cherqueta y presentan las siguientes paragénesis:

En rocas Pelíticas

Estauroлита+Granate+Muscovita+Cuarzo±Biotita.

Estauroлита+Muscovita+Cuarzo±Biotita.

Rocas semipelíticas

Estauroлита+Granate+Muscovita+Cuarzo±Biotita.

Estauroлита+Muscovita+Cuarzo±Biotita.

La paragénesis inicial (*figura xxx*) Estauroлита+Granate+Muscovita+Cuarzo±Biotita para la zona de la andalucita-almandino en rocas pelíticas está probablemente por encima de los 440°C según Spear (1993)<sup>72</sup>.

La primera aparición del granate puede ocurrir según Spear (1993)<sup>73</sup> a temperaturas entre 440 y 470°C.

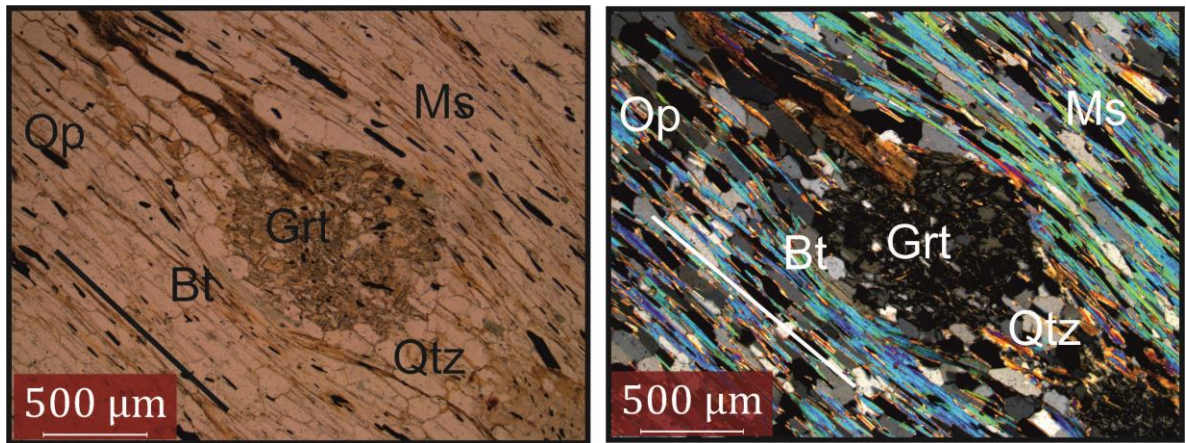
Se pudo observar que dentro de estas rocas la aparición del granate se encuentra ligada a la ausencia de muscovita así como la presencia de estauroлита se encuentra ligada a la ausencia de biotita.(Anexo B)

---

<sup>72</sup> SPEAR, F. The Metamorphism of pelites. En: Metamorphic Phase Equilibria and Pressure-Temperature-Time Paths. Washington: Mineralogical Society of America, 1993. p. 337-391.

<sup>73</sup> Ibid

**Figura 37. microfotografía rocas semipelíticas. Textura porfidoblastica en matriz lepidoblastica.**



Zona cianita-almandino

Las rocas pertenecientes a esta zona, se localizan en el sector de la aguandina-arrayal, y hacia el sector de la laguna y presentan las siguientes paragénesis:

En rocas psamíticas:

Cuarzo+Cianita+Biotita+Muscovita±Granate

En rocas pelíticas:

Cuarzo+Cianita+Biotita+Muscovita+Estauroлита±Granate

En rocas semipelíticas:

Cuarzo+Cianita+Muscovita.

Cuarzo+Cianita+Biotita+Muscovita.

Cuarzo+Cianita+Estauroлита+Biotita+Muscovita.

La paragénesis inicial Cuarzo+Cianita+Estauroлита+Biotita+Muscovita.

Para la zona de la cianita-almandino está probablemente por encima de los 550°C según García and Ríos, 2004<sup>74</sup>.

Ortoneis

Zona andalucita-almandino

Las rocas pertenecientes a esta zona, se localizan hacia el sector de las Tapias, la vereda Doña Angela y hacia el sector de la Laguna presentan las siguientes paragénesis:

En rocas cuarzo feldespaticas

Plagioclasa+Muscovita+Cuarzo+Biotita

En rocas maficas

Horblenda+Plagioclasa±Biotita±cuarzo

En rocas peliticas

Cuarzo+Biotita+Muscovita+Plagioclasa.

*La paragénesis inicial* Cuarzo+Biotita+Muscovita+Plagioclasa. Para estas rocas peliticas debe está por encima de los 500°C.

Metasedimentitas

Las rocas pertenecientes a cada una de estas zonas se encuentran localizadas en los sectores del Cerro Concaceres y la Loma el Padre.

Zona Phrenita-Pumpellyta

Cal+Qtz±Ms

---

<sup>74</sup> GARCÍA RAMIREZ, Carlos Alberto; RÍOS REYES, Carlos Alberto And CASTELLANOS, Oscar. Medium-Pressure Metamorphism In The Central Santander Massif, Eastern Cordillera, Colombian Andes. Boletín De Geología [Online] 2005. Vol. 27 N° 2 [Cited: 6 April 2014] P. 43 – 68.

Zona clorita

Cal+Qtz±Tr±Ms

Zona biotita

Cal+Qtz±Tr±Bt

Según estas paragénesis se pudo identificar un aumento de metamorfismo hacia el sector Sur para este tipo de rocas pues hacia el sector de la Loma el Padre se pudo apreciar la aparición de biotita en las rocas. (Anexo 3)

## 7.2. METAMORFISMO DINAMICO

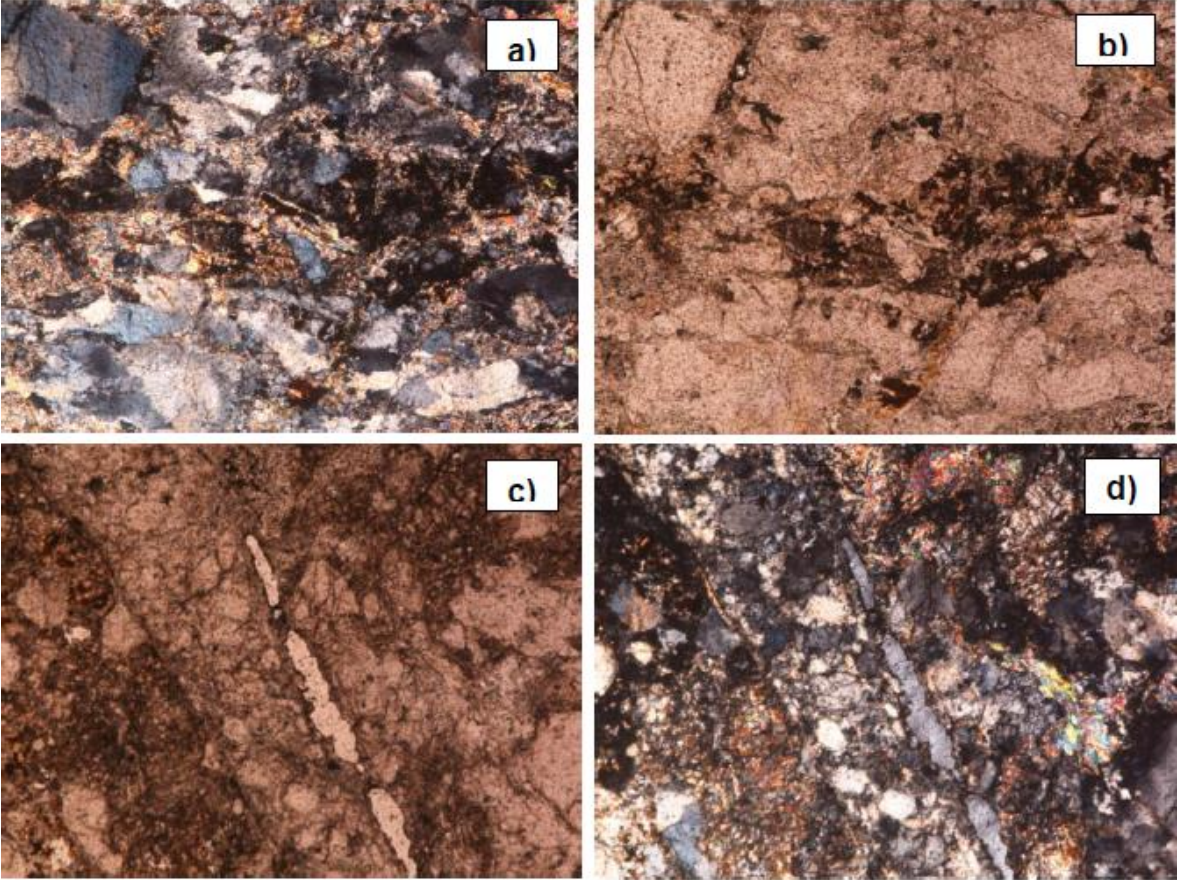
El metamorfismo dinámico en la zona de estudio es evidenciado por el plegamiento de los afloramientos, rocas milonitizadas y afectadas por cataclasitas.

Este segundo evento metamórfico que se ha presentado en el área de interés, producto de la tectonia. Este se puede evidenciar en la estructura de las rocas, la cual se hace más incipiente a medida que se acerca a la zona de falla, y en el grado de diaclasamiento. Este es un tipo de metamorfismo de poco alcance comparado con el metamorfismo regional, y es el causante de los microplegamientos y crenulaciones en las rocas, siendo por lo tanto, el evento que generó en algunos casos una foliación sobreimpuesta a la foliación del metamorfismo regional. Las cataclasitas encontradas en el área son evidencia de deformación frágil, formadas posiblemente a profundidades inferiores a los 10 Km, presiones litostáticas por debajo de 3 Kbares y temperaturas menores a 300°C (Trouw *et al.*, 2010)<sup>75</sup>.(Figura 31)

---

<sup>75</sup> TROUW, Rudolph; PASSCHIER, Cees and WIERSMA, Dirk. Atlas of mylonites and related microstructures. Berlín: Springer-Verlag, 2010. 305p.

**Figura 38. Estructura cataclástica a) nicoles cruzados, b) nicoles paralelos. Zona de cizalla en donde se observa la reducción del tamaño de grano de los cristales de cuarzo c) nicoles paralelos, d) nicoles cruzados.**



## 8. CONCLUSIONES

En el área de estudio localizada en el Municipio de Silos-Babega afloran las siguientes unidades litoestratigráficas: Esquistos del Silgará ,Ortoneis ,rocas carbonaticas las cuales Ward;et.al 1973 definió como Floresta Metamorfoseado, además se cartografiaron rocas ígneas como el Granito de Durania y rocas sedimentarias pertenecientes a las Formaciones(Fm) Diamante y Girón de edades Carbonifero-Permico y Jurásico respectivamente así como rocas de edad Cretácica como las Formaciones Tambor, Rosa Blanca y Tibu-Merces, además de depósitos del Cuaternario de tipo coluvión.

Los Esquistos del Silgará en el municipio de Silos y la inspección de Babega se componen principalmente de rocas psamíticas como Cuarcita, Cuarcita micácea y Cuarcita micácea con cianita rocas pelíticas como Esquisto cuarzo-micáceo con granate y estaurolita, Esquisto cuarzo-micáceo con estaurolita, Esquisto micáceo cuarzoso con granate, estaurolita y cianita y Esquisto cuarzo-micáceo con granate, rocas semipelíticas como Esquisto micáceo-cuarzoso con Granate y Estaurolita, Esquisto micáceo-cuarzoso con cianita, Esquisto micáceo-cuarzoso, Esquisto micáceo-cuarzoso con Estaurolita, Esquisto micáceo-cuarzoso con cianita y estaurolita, Esquisto Muscovítico-cuarzoso con granate y Esquisto muscovítico-cuarzoso con cianita y mármoles los cuales según la clasificación de rocas carbonatadas se clasificaron como mármoles impuros.

El metamorfismo predominante es regional con un metamorfismo dinámico sobreimpuesto, asociado a fallas de carácter regional y local.

El pico metamórfico se alcanzó en condiciones de la facies anfibolita en la zona de la cianita-almandino. Las condiciones de este pico metamórfico de acuerdo con

Spear (1993), ocurrió a temperaturas mayores a los 420-440°C. La paragénesis del pico metamórfico es Cuarzo+ Cianita+ Biotita+ Muscovita+ Estauroлита± Granate.

Se identificaron dos sectores al sur de Silos, donde afloran metasedimentitas: 1) Cerro Concaceres. Las metasedimentitas de bajo grado fueron cartografiadas por algunos autores bajo el nombre de Formación Floresta Metamorfoseado. 2) Metacalizas en el sector conocido como Loma Grande, al SE del Municipio de Silos por la vía que conduce a la Vereda el Enterradero, margen derecha de la Quebrada Vichaga. Este cuerpo, por primera vez es reportado en este estudio

## BIBLIOGRAFÍA

ABDEL-RAHMAN, A. Nature of biotites from alkaline, calcalkaline and peraluminous magmas. *J. petrol.*, 35(2) [online]. 1994. p. 525-541.

AMAYA FERREIRA 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 Maestría. Bogotá D.C.: Universidad Nacional de Colombia. Departamento de Geociencias, 2012. 130p.

BARBARIN B. A review of relationships between granitoid types, their origins and their geodynamic environments. *Lithos* 46 [online]. 1999. p. 605–626.

BOINET, T. et al. Age et répartition du magmatisme Prémésozoïque des Andes de Colombie = Age and distribution of the Premesozoic magmatism of the Andes of Columbia. *Comptes-rendus des séances de L'Académie des Sciences. Serie 2, Mécanique-Physique, chimie, sciences des L'univers, sciences de la terre.* [Online] 1985. Vol 300 N° 2 [citado 4 julio 2015] p. 445-450.

BOTELLO, F., MANTILLA, F.L.C., Y COLEGIAL, J.D. Edad U-Pb en zircones y contexto tectónico de formación del Granito de Durania (Macizo de Santander, Colombia). *Memorias XI Semana Técnica de Geología y I Geosciences anual meeting.* UIS. Bucaramanga.2014

BROWN G.C., THORPE R.S. and WEDD P.C. The geochemical characteristics of granitoids in contrasting arcs and commentes on magma sources. *J. Geol. Soc. Lond.*, 141. [online]. 1984. p. 411-426.

CAMPOS, N. Estudio Mineralógico y Petrográfico de las Metamorfitas al Occidente del Municipio de Mutiscua (Norte de Santander). Tesis de Pregrado. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander, 137p.

CAPITANI C. AND PETRAKAKIS K. The computation of equilibrium assemblage diagrams with Theriak/Domino software. *American Mineralogist* 95: [online]. 2010. [citado en Septiembre 16 de 2015]. [Disponible en <http://titan.minpet.unibas.ch/minpet/theriak/theruser.html>]. p.1006-1016.

CASTELLANOS A, Óscar M; RÍOS R, Carlos A. and TAKASU Akira. A new approach on the tectonometamorphic mechanisms associated with p–t paths of the barrovian-type silgará formation at the central Santander Massif, Colombian Andes. *Earth Sci. Res. J.* [online]. 2008. Vol. 12, No. 2. p. 125-155.

CASTELLANOS, O., Ríos, C., TAKASU, A. A new approach on the tectonometamorphic 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, pp.125-155. 2008

COX K.G; BELL J.D and PANKHURS R.J. *The Interpretation of igneous rocks.* George, Allen and Unwin, London, cited by ROLLINSON, Hugh. R. *Using Geochemical Data: Evaluation, Presentation, Interpretation.* London: Pearson, 1993.

DEER, W.A; HOWIE R.A and ZUSSMAN, J. *An Introduction to Rock-Forming Minerals.* 17th Edn. Longman Ltd. 1966. 528p, Cited by NYARKO et al. Estimation of Temperature, Pressure and Oxygen Fugacity of the Cal-Alkaline Basin-Type Granitoids in the Winneba Area, Ghana. *Research Journal of Environmental and Earth Sciences* 4(1). [Online]. 2012. p. 41-47.

FORERO, A. The basement of the Eastern Cordillera, Colombia. An allochthonous terrane in northwestern South America. *Journal of South American Earth Sciences*. [Online] 1990. Vol 3. No 2. P. 141 – 151.

FUHRMAN, M. L. AND D. H. LINDSLEY, Ternary-feldspar modeling and thermometry. *Am. Mineral*. 1988. 73. p. 201-215.

GARCÍA RAMIREZ, Carlos Alberto; RÍOS REYES, Carlos Alberto and CASTELLANOS, Oscar. Medium-pressure metamorphism in the Central Santander Massif, Eastern Cordillera, Colombian Andes. *Boletín de Geología* [online] 2005. Vol. 27 N° 2 [cited: 6 april 2014] p. 43 – 68.

GARCÍA, C. Ríos, C. y CASTELLANOS, O. Medium-pressure metamorphism in the central Santander Massif, Eastern Cordillera, Colombian Andes. *Boletín de Geología, Universidad Industrial de Santander*, 2005.27(2): 43-68.

GARCÍA, Carlos Alberto y CAMPOS, Nelson. Composición química y mineralogía de las biotitas metamórficas del sector central del Macizo de Santander, Colombia. *Boletín de Geología* [En línea] 2000 Vol. 22 (37), p. 18-27.

GOLDSMITH, R; MARVIN, R.F and MEHNERT, H.H. Radiometric ages in the Santander Massif, Eastern Cordillera, Colombian Andes. *Geological Survey Research*. [online]. 1971. 750-D, D44-D49.

GREEN, N.L, AND USDANSKY, S.I. Ternary-feldspar mixing relations and thermobarometry. *American Mineralogist*, 1986. 71, 1100-1108.

GUTIERREZ, Claudia. Petrografía y mineralogía de las formaciones Silgará y Ortoneis en el área de Pamplona (Norte de Santander). Tesis de Pregrado. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga, 175p.

HARRIS N.B.W: PEARCE J.A. and TINDLE A.G. Geochemical characteristics of collision-zone magmatism. In: Coward M.P. and Reis A.C. (eds.), Collision tectonics. Spec. Publ. Geol. Soc 19. [online]. 1986. p. 67-81.

HOLLAND, T and BLUNDY, J. Non-ideal interactions in calcic amphiboles and their bearing on amphibole-plagioclase thermometry. CONTRIB MINERAL PETROL 116. [online]. 1994. p. 433-47.

JANOŮŠEK, V., FARROW, C. M. & ERBAN, V. GeoChemical Data toolkit (GCDkit). GCDkit version 3.00 [online] [Praga: República Checa] June 21, 2013. [Cited: Enero 10 2015]. Disponible en Internet: <http://www.gcdkit.org/>.

LEAKE, B.E et al. Nomenclature of amphiboles. European Journal of Mineral. [Online]. 1997. p. 623-642. Cited by NYARKO et al. Estimation of Temperature, Pressure and Oxygen Fugacity of the Cal-Alkaline Basin-Type Granitoids in the Winneba Area, Ghana. Research Journal of Environmental and Earth Sciences 4(1). [Online]. 2012. p. 41-47.

MANTILLA FIGUEROA, Luis Carlos et al. Geocronología U-Pb de los cuerpos Porfíricos del Distrito Aurífero de Vetas-California (Santander, Colombia). Boletín de Geología UIS 2009. 31 (1), 31e43.

MANTILLA FIGUEROA, Luis Carlos et al. The magmatic history of the Vetas-California mining district, Santander Massif, Eastern Cordillera, Colombia. Journal of South American Earth Sciences 45. 2013. p 235-249.

MANTILLA FIGUEROA, Luis Carlos; GARCÍA RAMÍREZ, Carlos Alberto y VALENCIA, V.A. En prensa. Propuesta de escisión de la denominada 'Formación Silgará' (Macizo de Santander, Colombia), a partir de edades U-Pb en circones detríticos. Boletín de Geología [En línea] 2016.

MANTILLA, F.L.C., BISSIG, T., COTTLE, 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, 1e12.

MANTILLA, F.L.C., MENDOZA, F.H., BISSIG, T., 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 UIS* 33 (1)

MANTILLA, F.L.C.; GARCÍA, C; Valencia V.A. 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*.

MANTILLA, L., RÍOS, C., GÉLVEZ, J., MÁRQUEZ, R., ORDÓÑEZ, J., CEPEDA, S. 2003. Nuevas evidencias acerca de la presencia de una banda de cizallamiento en la Formación Silgará del sector Aratoca-Pescadero (Macizo de Santander). *Boletín de Geología*, Vol. 25, No 40.

MANTILLA, Luis Carlos et al. Remains of early Ordovician mantle-derived magmatism in the Santander Massif (Colombian Eastern Cordillera). *Journal of South American Earth Sciences* 38. [Online] 2012. P.1-12.

MCDONOUGH, W.F., SUN, S.-S. Composition of the Earth. *Chemical Geology* 120: 223-253.

MONTENEGRO, Gustavo y BARRAGAN, Mario. *Metamorfismo y Evolución Metamórfica del área comprendida entre los municipios de Vetas (Santander) y Mutiscua (Norte de Santander)*. Tesis de Pregrado. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander, 88p.

ORDOÑEZ CARMONA, Oswaldo; RESTREPO ALVAREZ, Jorge Julián; MARTINS PIMENTEL, Márcio. Geochronological and isotopic review of pre-Devonian crustal basement of the Colombian Andes. *Journal of South American Earth Sciences* 26. [Online] 2006. P.372–382.

PEARCE J.A; HARRIS N.B.W. and TINDLE A.G. Trace element discrimination diagrams for the Tectonic interpretation of granitic rocks. *J. Petrol.* 25 [online].1984. p. 956-983.

PECCERILLO R. and TAYLOR S.R. Geochemistry of Eocene calc-Alkaline volcanic rocks from the Kastamonu área, Northern Turkey. *Contributions to Mineralogy and Petrology.*, 58, 63-81. 1976,

RESTREPO PACE, P. Late Precambrian to Early Mesozoic tectonic evolution of the Colombian Andes based on new geochronological, geochemical and isotopic data. Unpublished Ph.D Thesis, University of Arizona. [Online] 1995. 195 p.

RESTREPO PACE, P.A et al. Geochronology and Nd isotopic data of Grenville-age rocks in Columbian Andes: new constraints for Late Proterozoic Early Paleozoic paleocontinental reconstructions of Americas. *Earth and Planetary Science Letters* 155. [Online] 1997. p. 427-441.

RESTREPO PACE, P.A; CEDIEL, F. Northern South America basement tectonics and implications for paleocontinental reconstructions of the Americas. *Journal of South American Earth Sciences* 29. [Online]. 2010. P.764-771.

RÍOS REYES, Carlos Alberto; GARCÍA RAMIREZ, Carlos Alberto; TAKASU, A. Tectono-metamorphic evolution of the Silgara´ Formation Metamorphic rocks in the southwestern Santander Massif, Colombian Andes. *Journal of South American Earth Sciences* [Online] 2003. pp 1-22.

ROLLINSON, Hugh. R. Using Geochemical Data: Evaluation, Presentation, Interpretation. London: Pearson, 1993.

ROYERO GUTIERREZ, Jose Maria; CLAVIJO, Jairo. Mapa geológico generalizado Departamento de Santander. Memoria explicativa, INGEOMINAS Bogotá. 2001. 92 p.

ROYERO, J. M. y CLAVIJO, J. Memoria explicativa mapa geológico generalizado Departamento de Santander. Bogotá, 2001 177 p.

SHAND, S.J. 1943. Eruptive rocks. Their genesis, composition, classification, and their relations to ore-deposits. Wiley, New York. Cited by ROLLINSON, Hugh. R. Using Geochemical Data: Evaluation, Presentation, Interpretation. London: Pearson, 1993

SIIVOLA Jaakko. SCHMID Rolf. Listado de abreviaciones minerales. Recomendado por la Subcomisión sistemática de rocas metamórficas IUGS: Versión web 01.02.07.

SPEAR, F. The Metamorphism of pelites. En: Metamorphic Phase Equilibria and Pressure-Temperature-Time Paths. Washington: Mineralogical Society of America, 1993. p. 337-391.

TROGER, W.E. Optische Bestimmung Der Gesteinsbildenden Minerale, Teil 2. Schweizerbartsche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart. 1982. pp: 822, Cited by NYARKO et al. Estimation of Temperature, Pressure and Oxygen Fugacity of the Cal-Alkaline Basin-Type Granitoids in the Winneba Area, Ghana. Research Journal of Environmental and Earth Sciences 4(1). [Online]. 2012. p. 41-47.

VAN DER LELIJ, Roelant. et al. Palaeozoic to Early Jurassic history of the northwestern corner of Gondwana, and implications for the evolution of the lapetus, Rheic and Pacific Oceans. Gondwana Research [online] February, 2015. [cited: April 1 2015] Availabe from: ELSEVIER: SCIENCE DIRECT [Biblioteca UIS].

VAN DER LELIJ, R. Reconstructing northwestern Gondwana with implications for the evolution of the lapetus and Rheic Oceans: a geochronological, thermochronological and geochemical study. Thèse de doctorat. Ginebra, Suiza. Univ. Genève, 2013. 248p.

VAN DER LELIJ, R., SPIKINGS, R., ULIANOV, A., CHIARADIA, M., AND MORA, A. 2015. Palaeozoic to Early Jurassic history of the northwestern corner of Gondwana, and implications for the evolution of the lapetus, Rheic and Pacific Oceans. Gondwana Research. doi.org/10.1016/j.gr.2015.01.011.

VAN DER LELIJ. Roelant. Reconstructing north-western Gondwana with implications for the evolution of the lapetus and Rheic Oceans: a geochronological, thermochronological and geochemical study. Thèse de doctorat : Univ. Genève. 2013

WARD et al. Boletín geológico de ingeominas. Mapa geológico cuadrángulo pamplona (H13), Colombia.1977

WARD, D et al. Geología de los Cuadrángulos H-12, Bucaramanga y H-13, Pamplona, Departamento de Santander. Boletín Geológico [En línea]. 1973 Vol. 21 (1-3). pp. 1-132.

## **ANEXOS**

(VER CARPETA ANEXA)