

Petrografía de la unidad Ortoneis en el sector de Babega, Macizo De Santander

Jaime Andrés Cortés Chacón

Daniela Mendoza Marín

Trabajo de Grado para Optar el título de Geólogos

Director

Carlos Alberto García Ramírez

Geólogo PhD

Universidad Industrial de Santander
Facultad de Ingenierías Físicoquímicas

Escuela de Geología

Bucaramanga

2018

Dedicatoria

A mi familia en especial a mis padres; Mary y Jaime, por su tiempo, comprensión y apoyo.

A mi hermana Eliana por su alegría.

*A nuestro director de tesis, Carlos Alberto García, por su valioso tiempo, guía, sabiduría y
dedicación.*

A mi compañera Daniela por su sacrificio y compromiso.

A mis amigos, que contribuyeron a este trabajo con su conocimiento, tiempo y apoyo.

Jaime Andrés Cortés Chacón

Dedicatoria

A Dios, por darme toda la salud, sabiduría, claridad, paciencia y fortaleza para poder realizar este proyecto.

A mis papás, por ser la razón de que esto sea posible, por brindarme todo su amor y apoyo siempre, esto es por y para ustedes.

A mi hermano, por enseñarme todos los días que la constancia, disciplina y entrega a los demás, junto con la fe, son las virtudes más poderosas del mundo.

A mi tía Elsita, por todos sus sabios consejos llenos de amor, y por inspirarme cada día a estudiar más, a instruirme y a cumplir mis sueños.

A toda mi familia, tíos y primos, por todo su apoyo; ya que fueron indispensables para este logro.

A mis amigos, por llenarme de tanto amor, sonrisas y energías positivas, me siento el ser más afortunado por tenerlos en mi vida.

A mi compañero Jaime, por su paciencia, compromiso y constante apoyo.

A nuestro director de tesis, Carlos Alberto García Ramírez, por sus consejos, dedicación, paciencia y enseñanzas durante el desarrollo de este proyecto.

Daniela Mendoza Marín

Agradecimientos

Primeramente, agradecemos a nuestro director Carlos Alberto García Ramírez por su compromiso, tiempo, conocimiento y amistad. Sin él nada de esto hubiera sucedido.

Además, agradecemos al grupo GIGBA por el préstamo de sus instalaciones, a la escuela de geología en especial al personal de secretaria, a Cesar Llenera y a Luis Fernando Garrido; por su tiempo y colaboración.

A todos los docentes de la Escuela de Geología, un profundo agradecimiento por el crecimiento personal y académico.

Tabla de Contenido

Introducción	13
1. Marco geológico regional	16
2. Antecedentes	18
3. Metodología	21
4. Resultados	23
4.1. Franja sur – oeste (SW).....	23
4.2. Franja noroeste (NW).....	29
4.3. Franja sur (S).....	32
5. Discusión de resultados.....	35
6. Conclusiones	38
7. Recomendaciones.....	39
Referencias Bibliográficas	40

Lista de Tablas

Tabla 1. Abreviaturas minerales	23
Tabla 2. Composición mineralógica por franja de Ortoneis en la localidad de Babega.....	26
Tabla 3. Estructuras tectónicas por franja de Ortoneis en la localidad de Babega.	28
Tabla 4. Litotipo y composición del protolito en cada franja de Ortoneis	35

Lista de Figuras

Figura 1. Ubicación de la zona de estudio	15
Figura 2. Diques diabásicos cortando el Ortoneis de la franja SW	24
Figura 3. Neis hornbléndico milonitizado (SB – 157).....	27
Figura 4. Contacto intrusivo entre Ortoneis de la franja NW y Esquistos del Silgara.	29
Figura 5. Triangulo QAPF. Se grafican las rocas del Ortoneis de las franjas de interés	30
Figura 6. Ortoneises de la franja NW	31
Figura 7. Rocas pertenecientes a los Esquistos del Silgara	32
Figura 8. Ortoneises de la franja Sur	34
Figura 9. Rocas pertenecientes al Neis de Bucaramanga	35

Lista de apéndices

(Los apéndices están adjuntos en el CD y puede visualizarlos en base de datos de la biblioteca UIS)

Apéndice A. Mapa geológico de la zona

Apéndice B. Descripción petrográfica

Apéndice C. Catálogo de muestras

Apéndice D. Composición mineral de cada roca

Apéndice E. Conteo mineral

RESUMEN

TÍTULO: PETROGRAFÍA DE LA UNIDAD ORTONEIS EN EL SECTOR DE BABEGA, MACIZO DE SANTANDER*

AUTORES: CORTÉS CHACÓN, JAIME ANDRÉS; MENDOZA MARÍN, DANIELA**

PALABRAS CLAVE: ORTONEIS, BABEGA, METAMORFISMO REGIONAL, METAMORFISMO DINÁMICO, PROTOLITO

DESCRIPCIÓN:

Las rocas pertenecientes al Ortoneis, aflorantes en el corregimiento de Babega, municipio de Silos, Norte de Santander; se pueden dividir en tres (3) franjas según sus características composicionales y texturales. La franja suroeste (SW) está compuesta por neises hornbléndicos milonitizados de grano medio, cuyo protolito es de composición diorítica. Además, esta franja posee bloques de esquistos moscovíticos de grano fino pertenecientes a los Esquistos del Silgará, los cuales fueron transportados por la falla de Angosturas. Los ortoneises de esta franja son cortados, en algunos sectores, por diques diabásicos y sienograníticos; y pequeñas apófisis del Granito de Durania de grano grueso y composición granodiorítica a tonalítica. La franja noroeste (NW) constituye neises cataclásticos de grano medio a grueso y composición cuarzofeldespática a pelítica; cuyo protolito varía entre granitoides ricos en cuarzo a sienogranitos. Los ortoneises de esta franja poseen bloques de esquistos con granate y esquistos moscovíticos pertenecientes a los Esquistos del Silgará, los cuales fueron transportados por las fallas satélite pertenecientes a la falla de Babega. La franja sur (S) está conformada por neises biotíticos de grano medio a grueso cuyo protolito varía entre granodiorita a cuarzomonzonita. Esta franja posee bloques de neises metamáficos y metapelíticos pertenecientes al Neis de Bucaramanga. Estos bloques fueron transportados por acción de la falla del río Caraba y la falla de Babega.

El pico metamórfico alcanzado para la unidad Ortoneis en el sector de Babega es de facies anfibolita, zona de la cianita – almandino y se encuentra asociado a un evento de metamorfismo regional conocido como orogenia Famatiniana. Todas las franjas del Ortoneis fueron afectadas por un metamorfismo dinámico sobrepuesto al metamorfismo regional, evidenciado en los diferentes grados de recristalización y en las diferentes estructuras tectónicas reportadas para esta zona.

* Trabajo de grado

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

Ramírez, Geólogo PhD

ABSTRACT

TITLE: PETROGRAPHY OF THE ORTONEIS UNIT IN THE BABEGA SECTOR, SANTANDER MASSIF*

AUTHORS: CORTÉS CHACÓN, JAIME ANDRÉS; MENDOZA MARÍN, DANIELA**

KEYWORDS: ORTONEIS, BABEGA, REGIONAL METAMORPHISM, DINAMIC METAMORPHISM, PROTOLITH

DESCRIPTION:

The rocks belonging to the Ortoneis, outcropping in Babega, municipality of Silos, Norte de Santander; can be divided into three (3) fringes according to their compositional and textural features. The southwestern fringe (SW) is composed of medium-grain milonitized hornblende gneisses, whose protolith has a dioritic composition. In addition, this fringe has fine-grained muscovite schists blocks belonging to the Esquistos del Silgará, which were transported by the Angosturas fault. The orthogneisses of this fringe are cut, in some areas, by diabasic and sienogranitic dikes; and small apophyses of coarse grain and granodioritic to tonalitic composition of the Granito de Durania. The northwestern fringe (NW) constitutes cataclastic gneisses of medium to coarse grain and quartz-feldspathic to pelitic composition; whose protolith varies between granitoids rich in quartz and sienogranites. The orthogneisses of this fringe have blocks of schists with garnet and muscovite schists belonging to the Esquistos del Silgará which were transported by satellite faults belonging to the Babega fault. The southern fringe (S) is composed by biotite gneisses of medium to coarse grain whose protolith varies between granodiorite and quartzmonzonite. This fringe has blocks of metamorphic and metapelitic gneisses belonging to the Neis de Bucaramanga. These blocks were transported by the Caraba river fault and the Babega fault.

The metamorphic peak reached for the Ortoneis unit in the sector of Babega is amphibolite facies, zone of the kyanite - almandine and it is associated with a regional metamorphism event known as Famatinian orogeny. All the fringes of the Ortoneis were affected by a dynamic metamorphism superimposed to the regional metamorphism, it is evidenced in the different degrees of recrystallization and different tectonic structures reported for this zone.

* Bachelor thesis

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

Ramírez, PhD geologist

Introducción

El Macizo de Santander, donde se localiza el área del presente estudio (Figura 1), se encuentra ubicado sobre el flanco occidental de la Cordillera Oriental de Colombia y hace parte de la margen suroeste del bloque triangular de Maracaibo. Su límite oriental está definido por el sistema de fallas Pamplona-Cubogón-Mercedes. (García et al., 2005); y su límite occidental desde la ciudad de Bucaramanga, en dirección norte, es el sistema de fallas Bucaramanga – Santa Marta (SMBF) (Van der Lelij, 2013). Las rocas del basamento metamórfico del Macizo de Santander pueden ser divididas en tres unidades, las cuales son de base a tope: Neis de Bucaramanga, Esquistos del Silgará (Formación Silgará en el sentido de Ward, et al., 1973) y la unidad Ortoneis (Ward et al., 1974). Este trabajo se enfoca en el estudio de la unidad Ortoneis en la zona de Babega, Norte de Santander, que en conjunto con el protolito de los Esquistos del Silgará fueron metamorfizados durante el Ordovícico Temprano relacionado con la orogenia Quetame – Caparonensis, Caledoniana o Famatiniana (Lelij, 2015; Mantilla et al., 2016). El protolito del Ortoneis intruyó de forma sintectónica rocas de los Esquistos del Silgará durante el Ordovícico Temprano (Ward et al., 1973; Restrepo, 1995; Van Der Lelij et al., 2015; García et al., 2017).

La cartografía geológica existente no permite reconocer con precisión las diferentes características litológicas y estructurales del Ortoneis. En este trabajo de grado se realizó una caracterización petrográfica que permitió identificar las principales variaciones composicionales y texturales del Ortoneis en la localidad de Babega. Esta caracterización permitió identificar las principales zonas de interés para intensificar posteriores estudios; y así mismo esclarecer la extensión geográfica de cada una de las apófisis del Ortoneis con su respectiva composición. También se determinó su grado de metamorfismo en base a las asociaciones mineralógicas reportadas en este trabajo y su grado aproximado de deformación según las estructuras tectónicas encontradas. El Ortoneis en la zona de estudio, no es homogéneo y está conformado por neises hornbléndicos, neises biotíticos, neises moscovíticos y neises cuarzofeldespáticos. Estas rocas fueron afectadas por un metamorfismo regional facies anfibolita y la mayoría de los diferentes tipos de ortoneises se encuentran afectados por un metamorfismo dinámico sobreimpuesto, generando cataclasitas y milonitas. Esto es observado en las diferentes estructuras tectónicas que se generaron bajo la influencia de la falla de Babega sobre las rocas de la zona.

1. Marco geológico local

En la zona de estudio afloran rocas de las unidades Neis de Bucaramanga, Esquistos del Silgará, Ortoneis y Granito de Durania (Figura 1).

El Neis de Bucaramanga está constituido por paraneises de composición metamáfica (neises hornbléndicos) y metapelítica (neises biotíticos con granate). Son de grano fino y textura lepidogranoblástica. El pico metamórfico para esta unidad se alcanzó en facies anfibolita, zona de la sillimanita – almandino – ortoclasa.

Los Esquistos del Silgará se constituyen de rocas metapelíticas (esquistos moscovíticos y esquistos con granate y estaurolita) y metacarbonatadas (mármoles impuros). Texturalmente son de grano fino con textura granolepidoblástica en metapelitas; y textura granoblástica en metacarbonatadas. El pico metamórfico se encuentra en facies anfibolita, zona de la estaurolita – almandino; pero se encuentran bloques tectónicamente aislados de grado metamórfico en Facies Esquistos Verdes.

La unidad Ortoneis se encuentra en contacto intrusivo y fallado? con los Esquistos del Silgará; está constituida litológicamente por rocas metapelíticas, metamáficas y metacuarzofeldespáticas (neises hornbléndicos, neises biotíticos, neises moscovíticos y neises cuarzofeldespáticos) con metamorfismo dinámico sobreimpuesto a la foliación regional. Texturalmente son de grano medio a grueso, textura lepidogranoblástica y pico metamórfico en facies anfibolita, zona de la cianita – almandino.

El Granito de Durania aflora a manera de pequeñas apófisis intruyendo al Ortoneis. Está conformado por rocas de composición granodiorítica a tonalítica, grano medio a grueso, textura porfídica y varias texturas de intercrecimiento (pertitas, antipertitas, mirmequitas y graficas)

La franja Silos – Babega, conformada por rocas metamórficas e ígneas son afectadas por la falla de Babega (Ward *et al.*, 1973; Arenas C. A., 2015; Casadiegos L., 2017) la cual es de tipo rotacional en dirección noreste, uniéndose a la falla de Socotá. Esta falla se encuentra afectando principalmente la unidad Ortoneis y su trazo pasa por la inspección de Babega del cual recibe el nombre, cortando depósitos de coluvión (Ward *et al.*, 1973). Corresponde a una estructura principal a la cual se encuentran asociadas otras estructuras secundarias como lo son las fallas Chorro el Avenal, falla Vereda de Doña Angela, falla de Angosturas y falla del Rio Caraba (Arenas C. A., 2015).

2. Antecedentes

El Macizo de Santander es una sección de la Cordillera Oriental de Colombia que ha sido objeto de estudios detallados estratigráficos, petrográficos, geoquímicos, tectónicos y geocronológicos; como los trabajos de Goldsmith, *et al.*, 1971, Ward, *et al.*, 1973, Clavijo, J., 1994, Restrepo-Pace, 1995, Royero J.M. y Clavijo J., 2001, García *et al.*, 2005, Restrepo-Pace y Cediell., 2010, Mantilla, *et al.*, 2012, Van der Lelij, 2013, Arenas C.A., 2015, Rey V., 2015, Jiménez, C., 2016; García *et al.*, 2017 y Sánchez y Suarez, 2018.

El primer trabajo cartográfico a escala regional realizado por Ward, *et al.*, (1973) en la franja Silos – Babega delimita y describe las unidades Neis de Bucaramanga, Formación Silgará, Ortoneis, Formación Floresta, Granito de Durania, Grupo Uribante, Formación Capacho y Formación La Luna, también describe las estructuras mayores como la falla de Babega y falla de Angosturas.

Arenas C.A., 2015 definió y caracterizó petrográficamente las litologías aflorantes en la franja Silos-Babega, con el fin de generar un mapa geológico más detallado de la zona (1:25.000). Describió unidades que van desde el Paleozoico hasta depósitos del Cuaternario, las cuales son: Esquistos del Silgará, Ortoneis, Metasedimentitas de Silos, Granito de Durania, Formación Floresta, Formación Tibú y Mercedes, Formación Rosablanca, Formación La Luna, Formación Capacho y depósitos Cuaternarios. Estableció que el metamorfismo predominante es de tipo regional con un pico metamórfico en facies anfibolita en la zona de la cianita – almandino, además de presentar metamorfismo dinámico sobreimpuesto.

Rey V., 2015 estableció las condiciones de formación, relación y metamorfismo de los diferentes cuerpos de Ortoneis en el Macizo de Santander. Para el sector de Berlín-Rancheadero-

Silos, describió que la roca tiene una estructura neisica con una foliación bien desarrollada en dirección NW, y está en contacto neto e intrusivo con los Esquistos del Silgará en el área de Silos. Petrográficamente caracterizó metabasitas, metapelitas y rocas cuarzofeldespáticas. Respecto a la geoquímica, Rey V. (2015) estableció que el protolito del Ortoneis corresponde a un magma ácido, calco-alcalino, rico en potasio, con afinidad peralumínica, y determinó un ambiente de formación de margen continental activa. A partir de las paragénesis minerales encontradas, definió que las rocas del Ortoneis sufrieron un metamorfismo regional en condiciones de facies anfíbolita, zonas de la estaurólita-cianita y sillimanita. Las relaciones de campo, las características geoquímicas y las condiciones P-T de metamorfismo descritas, indican que el protolito del Ortoneis se emplazó al tiempo del pico metamórfico alcanzado por los Esquistos del Silgará durante el evento Famatiniano principal y que posiblemente algunos cuerpos de Ortoneis se emplazaron durante el Ordovícico Tardío-Silúrico Inferior en el evento Famatiniano Menor.

Castellanos O., et al, 2016 reportaron por primera vez la ocurrencia de cloritoide en las rocas metapelíticas de los Esquistos del Silgará en el Macizo de Santander. El cloritoide se encontró como un porfidoblásto en una matriz de moscovita, clorita, cuarzo, ilmenita y grafito como minerales mayores. Se determinó que el metamorfismo es de tipo Barroviense, facies anfíbolita, zona de la estaurólita-cianita, desarrollado en condiciones de mediana presión y temperatura. El contexto litológico indicaría un evento térmico casi isobárico superpuesto al metamorfismo Barroviense causado por el emplazamiento de pequeños granitoide. El metamorfismo de mediana presión podría ser el resultado de una perturbación térmica relacionada con intrusiones graníticas calcoalcalinas, en las profundidades de la corteza media a superior. Casadiegos L., 2017 identificó los litotipos que conforman la unidad Esquistos del Silgará en el sector de Silos, estableció las características petrográficas de los distintos litotipos, y determinó las condiciones de presión y

temperatura del metamorfismo. Definió para los Esquistos del Silgará composiciones pelíticas, semipelíticas, cuarcíticas y carbonatadas. Caracterizó el metamorfismo de esta zona en serie de facies Barroviense, con pico metamórfico en la facies anfibolita, zona de la cianita-estauroлита, además de tener un metamorfismo dinámico sobreimpuesto.

Castellanos M.P., 2017, estudió las Metasedimentitas de Silos, con el fin de definir su grado de metamorfismo, posición estratigráfica y correlación con las unidades formales adyacentes. Identificó que litológicamente, la unidad informal Metasedimentitas de Silos, se compone de rocas pelíticas, semipelíticas, pelíticas calcáreas y metacarbonatadas. En cuanto al metamorfismo, determinó que es de tipo regional prógrado con pico metamórfico alcanzado en la parte baja de la facies esquistos verdes, zona de la biotita/zona del cloritoide. El protolito son rocas sedimentarias de tipo shale procedente de una fuente de arco ácida, y su depositación ocurrió en un ambiente de margen continental activo, durante el Ordovícico Medio y el pre-Devónico. Además, definió que las características de metamorfismo, petrográficas y ocurrencia de las Metasedimentitas de Silos no se correlacionan con las unidades de bajo grado de metamorfismo del Macizo de Santander.

Estudios petrográficos en las localidades de Babega (Silos) y la vía Silos – Berlín; muestran que el Ortoneis consta de neises pelíticos, máficos y neises cuarzo-feldespáticos, predominando la composición pelítica en todos los sectores. Esporádicamente, se encuentran cuerpos de anfibolita en forma de lentes o diques concordantes con la dirección de la foliación principal del Ortoneis. Las características mineralógicas y geoquímicas indican que son rocas de composición granodiorítica y granítica emplazadas en ambientes de arco continental activo. El emplazamiento del Ortoneis fue sintectónico y ocurrió durante el pico metamórfico de los Esquistos del Silgará, en facies de anfibolita (García *et al.*, 2017). Las edades obtenidas en este estudio de 479 ± 10 Ma y 471 ± 11 Ma (U/Pb en circones), son concordantes con edades de Ortoneis de la parte central del

Macizo de Santander. Estos conjuntos de edades indican que las rocas del Ortoneis representan la Orogenia Famatiniana y se emplazaron durante el Ordovícico Temprano (García *et al.*, 2017).

Sánchez A., y Suárez T., 2018, estudiaron las unidades metamórficas aflorantes al sur de Babega, con el fin de establecer sus características petrográficas y condiciones de metamorfismo. Establecieron que son rocas de alto grado metamórfico que corresponden a diferentes eventos de metamorfismo regional. Reportaron la presencia de sillimanita en las unidades Neis de Bucaramanga y Esquistos del Silgará; la cual permitió establecer las condiciones máximas de presión y temperatura que afectaron estas rocas. En cuanto a su composición, definieron que la unidad Esquistos del Silgará está conformada por metapelitas; el Neis de Bucaramanga por rocas metamáficas, metapelitas y cuarzofeldespáticas; y la unidad Ortoneis por metapelitas.

3. Metodología

Este trabajo se desarrolló durante tres fases de pre-campo, trabajo de campo y post-campo. En la primera fase se llevó a cabo la recopilación de información bibliográfica de estudios geológicos de la zona, como libros, artículos científicos, proyectos, trabajos de grado... etc. La información recopilada se analizó para programar el trabajo de campo. En esta etapa se analizaron los mapas de campo elaborados en la asignatura CAMPO II, en los semestres 1 - 2009, 1 - 2014, 1 - 2015, 2 - 2015 y 2 - 2016; realizados en la zona de estudio del presente trabajo.

Durante la segunda fase se exploró el área de interés, en donde se reconocieron sus vías de acceso, y se ejecutó un reconocimiento litológico, geomorfológico y estructural. Se muestreó la zona donde los datos eran incompletos en conjunto con sus respectivos datos geológicos. Los puntos en donde se realizaron estaciones, recolección de muestras y toma de datos estructurales, fueron ubicados en el mapa del área para llevar un control cartográfico de la zona.

En la fase de laboratorio se realizó la descripción de 28 secciones delgadas, utilizando el microscopio de luz transmitida marca LEICA, modelo DM750P; instalado en el laboratorio del GIGBA (Grupo de Investigación de Geología Básica y Aplicada), sede Guatiguará. Las imágenes adquiridas por este instrumento se procesaron en el software de fotografía digital MC120HD, adjunto al microscopio LEICA DM750P. Se realizó el análisis de muestras de mano, en donde se clasificaron las muestras macroscópicamente, determinando su aspecto general, mineralogía y estructura, igualmente se efectuó el análisis de secciones delgadas, en el cual se describieron de forma detallada los minerales presentes en la roca según sus propiedades ópticas, y se establecieron las paragénesis minerales; facies y zona metamórficas respectivas; y sus microestructuras basándose en Passchier y Trouw (2005). El estudio petrográfico de las rocas metamórficas se realizó con base en el Manual de Prácticas de Petrología Metamórfica de García Ramírez C.A. (2007); y el estudio de las rocas ígneas se realizó siguiendo la metodología planteada por Mantilla L. C. (2003). A las rocas metamórficas pertenecientes al Ortoneis y a las rocas ígneas de la zona, se les realizó un conteo promedio de 375 puntos por sección delgada para determinar su contenido mineral y determinar el tipo de roca. Finalmente, se compiló la información obtenida en el análisis petrográfico y de campo. Los datos adquiridos sirvieron para dar un resultado acorde a los objetivos planteados. En el informe final se organizaron los resultados obtenidos en etapas anteriores para la elaboración de diagramas, tablas y catálogos de descripciones.

Nota: Las abreviaturas minerales utilizadas en este trabajo son basados en Whitney & Evans (2010); y se presentan a continuación:

Tabla 1. *Abreviaturas minerales*

Mineral	Abreviatura	Mineral	Abreviatura	Mineral	Abreviatura
Cuarzo	Qz	Estaurolita	St	Esfena	Spn
Feldespató potásico	Kfs	Granate	Grt	Apatito	Ap
Plagioclasa	Pl	Sillimanita	Sil	Circón	Zrn
Moscovita	Ms	Epidota	Ep	Turmalina	Tur
Hornblenda	Hbl	Actinolita	Act	Opaco	Opq
Biotita	Bt	Rutilo	Rt	Sericita	Ser
Clorita	Chl	Óxidos	Ox	Calcita	Cal

4. Resultados

La zona de estudio se dividió en 3 franjas de interés, respecto al corregimiento de Babega: Franja Sur – Oeste (SW), franja Norte – Oeste (NW) y franja Sur (S) las cuales se describen a continuación (Figura 1).

4.1. Franja sur – oeste (SW)

Se presenta de forma alargada en sentido norte – sur y se localiza a 6 kilómetros del corregimiento de Babega. Los ortoneises de esta franja son neises hornbléndicos milonitizados en contacto fallado con los Esquistos del Silgará al este; y fallado con la Formación Tambor al oeste y pequeños bloques de los Esquistos del Silgará. Al suroeste, en contacto fallado con el Ortoneis Cuarzomonzonítico-Granodiorítico y con la Formación Girón.

El protolito del Ortoneis en esta sección es de composición diorítica y se encuentra milonitizado; esto último evidenciado por la reorientación de todos los minerales, seguido de procesos como recristalización dinámica y recristalización estática del cuarzo. Posee estructuras de deformación intracristalina e intergranular y microfracturamiento mineral (Figura 3). La composición mineralógica de este Ortoneis es hornblenda débilmente cloritizada, cuarzo, epidota y plagioclasa como minerales mayores; los opacos son minerales menores. Biotita esta como

accesorio mientras que moscovita, apatito y circón aparecen incluidos en cuarzo y plagioclasa (Tabla 2). Estos neises metamáficos son de grano medio y textura granonematoblástica. La asociación del pico metamórfico es $Hbl + Pl \pm Bt \pm Qz$, indicando que estas rocas alcanzaron las facies anfibolita, zona de la andalucita – almandino.

Hacia el oeste de esta franja de ortoneises, debido a la acción de la falla de Angosturas es común encontrar bloques de esquistos moscovíticos de grano fino, compuestos principalmente de $Qz + Ms + Bt \pm Chl$ de la unidad Esquistos del Silgará. En algunos sectores de esta franja los ortoneises son cortados discordantemente por diques sienograníticos y diabásicos (Figura 2). Estos diques son de grano fino, textura porfídica y presentan evidencias de deformación. Igualmente, los ortoneises son cortados por pequeñas apófisis del Granito de Durania de composición granodiorítica a tonalítica, grano medio a grueso, textura porfídica y varias texturas de intercrecimiento (pertitas, mirmequitas, antipertitas, gráficas).

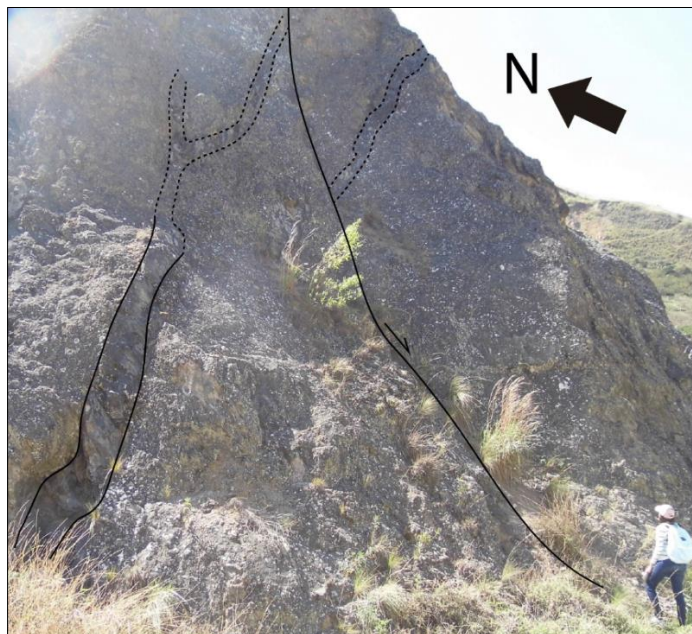


Figura 2. Diques diabásicos cortando el Ortoneis de la franja SW. Los diques de la zona son cortados por fallas.

Los ortoneises y las litologías asociadas de esta franja evidencian deformación milonítica y procesos de recuperación como rotación de subgranos (SGR), estructuras de deformación intracristalina en cuarzo y feldespatos; estructuras de deformación intergranular en micas, cuarzo y feldespatos y microcataclasis en feldespatos (Tabla 3).

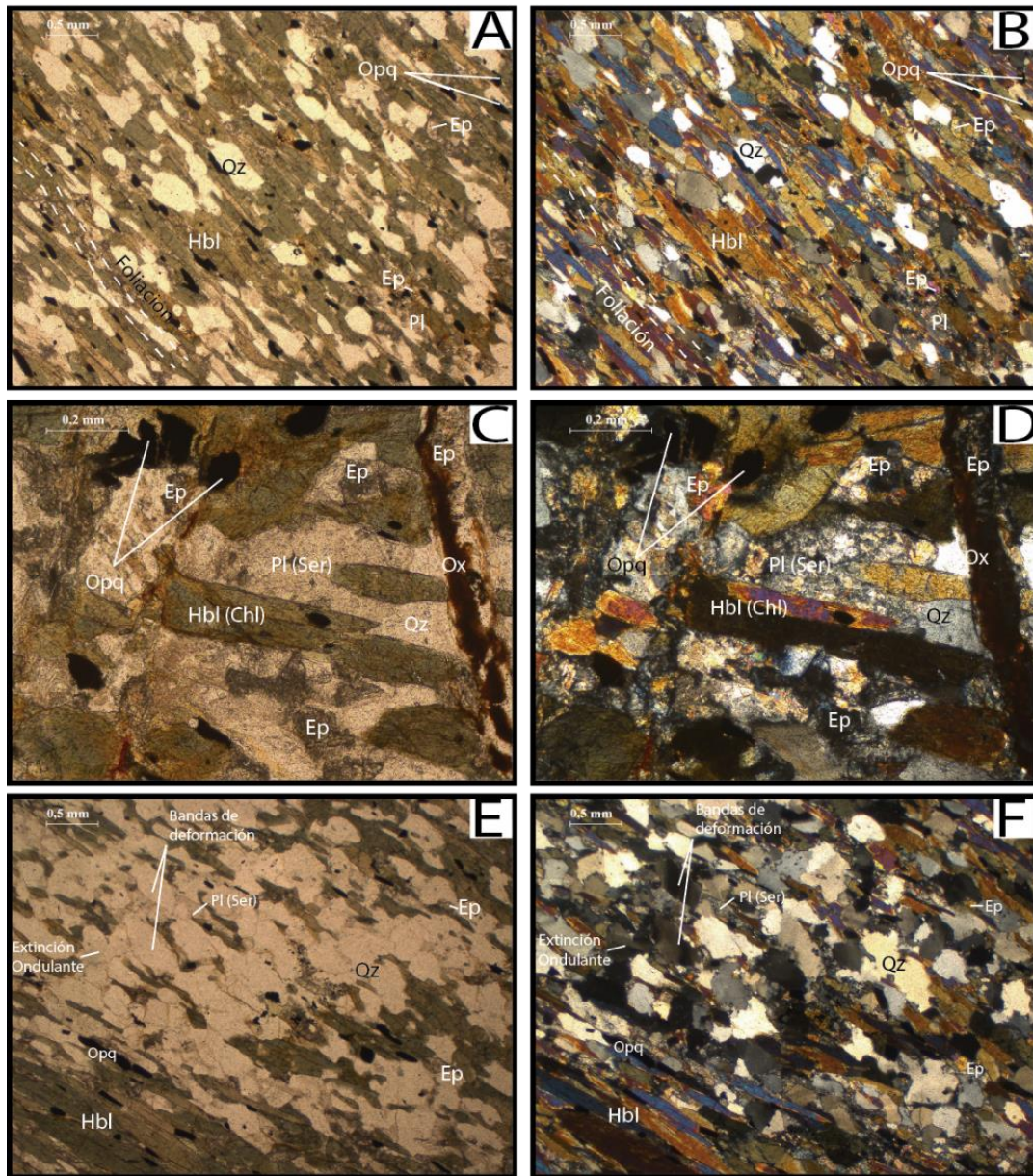


Figura 3. Neis hornbléndico milonitizado (SB – 157). A y B. Milonitización evidenciada en cristales de hornblenda, plagioclasa, cuarzo y opacos. C y D. Venas de óxidos y epidota cortando la foliación principal. E y F. Microlitones de cuarzo con extinción ondulante, bandas de deformación y lamelas de deformación; se identifica GBM? (migración de borde de grano) en agregados de cuarzo. A-C-E en nicoles paralelos y B-D-F en nicoles cruzados.

Tabla 3.

Estructuras tectónicas reportadas en cada franja del Ortoneis de la localidad de Babega.

CUERPO O ZONA	CÓDIGO DE MUESTRA	UNIDAD	TIPO DE ROCA	LITOTIPO	ESTRUCTURAS														
					DEFORMACIÓN INTRACRISTALINA						DEFORMACIÓN INTERGRANULAR			MICROCA TACLASIS		R. DINAMICA			R. ESTÁTICA
					E. Ondulante	Band. de deform.	Lamelas deform.	Machas deform.	RMLM	micropl.	Sigmoides	Somb. Pres.	M. G. Fishing	Microfrac.	Bulging	SGR	GBM	P. triple	
Ortoneis Diorítico a Tonalítico	SW SB - 157	Ortoneis	Metamafica	Neis hornbléndico	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
	SB - 130		Metapelite	Neis moscovítico	x		x		x								x		x
	SB - 133		Metacuarzofeldespática	Neis cataclásico	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x				
	DJ - 01		Metacuarzofeldespática	Neis cataclásico	x				x										
	NW SB - 74	Ortoneis	Metacuarzofeldespática	Neis cataclásico	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	SB - 75a		Metacuarzofeldespática	Neis cataclásico	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
SB - 75b		Metacuarzofeldespática	Neis cataclásico	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
Ortoneis Cuarzomonzónico a Granodiorítico	S SB - 140	Ortoneis	Metapelite	Neis biofítico	x				x										
	SB - 139		Metapelite	Neis biofítico	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x

Nota: En color rojo oscuro se muestra el Ortoneis Diorítico – Tonalítico y en rojo claro el Ortoneis Cuarzomonzónico – Granodiorítico (en el sentido de Ward et al., 1973). Recristalización dinámica y estática: Bulging, rotación de subgrano (SGR) y migración de borde de grano (GBM). Deformación intracrystalina: recristalización por migración de límites de macla (RMLM). Deformación intergranular: Mica-grain fishing o mica “fish” (M-G Fishing).

4.2. Franja noroeste (NW)

Se presenta de forma semi - alargada en dirección norte – sur y se localiza a 2 kilómetros de Babega. Los ortoneises de esta franja son neises cataclásticos de composición cuarzofeldespática en contacto intrusivo y fallado? con los Esquistos del Silgará al oeste (Figura 4), norte y sur; e inconforme con la formación La Luna y la Formación Tibú y Mercedes al este. Esta franja es la más tectonizada debido a que es cortada por las fallas Chorro el Avenal, falla Vereda de Doña Angela, entre otras.



Figura 4. Contacto intrusivo entre el Ortoneis de la franja NW y cuarcitas de los Esquistos del Silgará.

El protolito del Ortoneis en esta sección varía entre Granitoides ricos en cuarzo a Sienogranitos (Figura 5). Las rocas de esta franja presentan deformación cataclástica, evidenciado en estructuras de recristalización dinámica, deformación intracristalina e intergranular y microcataclisis en cuarzo y feldespatos (Figura 6). El Ortoneis está caracterizado por neises cuarzofeldespáticos y neises moscovíticos: En los neises cuarzofeldespáticos predominan las composiciones ricas en

cuarzo, con feldespato potásico y plagioclasa como minerales mayores; y en los neises moscovíticos predomina la presencia de cuarzo, plagioclasa, moscovita como mayores y biotita como mineral menor. Como minerales accesorios los neises moscovíticos y cuarzofeldespáticos contienen apatito, circón, esfena y minerales opacos incluyendo cuarzo y feldespatos (Tabla 2). Estas rocas son de grano fino a medio, con textura lepidogranoblástica y las asociaciones minerales del pico metamórfico son $Pl + Kfs \pm Qz \pm Bt$; indicando que las rocas metacuarzofeldespáticas alcanzaron la facies anfibolita, zona de la cianita – almandino. El Ortoneis de la franja NW es cortado por micro venas de sericita y ocasionalmente de óxidos.

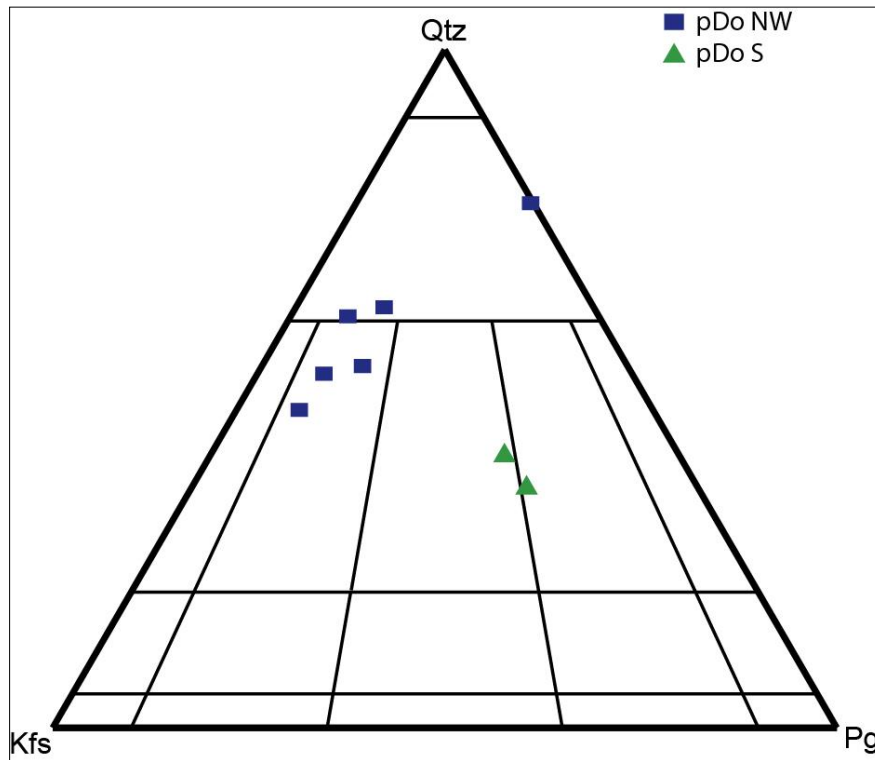


Figura 5. Triángulo QAPF para rocas plutónicas de Streckeisen. Se grafican las rocas del Ortoneis de las franjas de interés respecto al corregimiento de Babega: En color azul la franja noroeste y en verde la franja Sur.

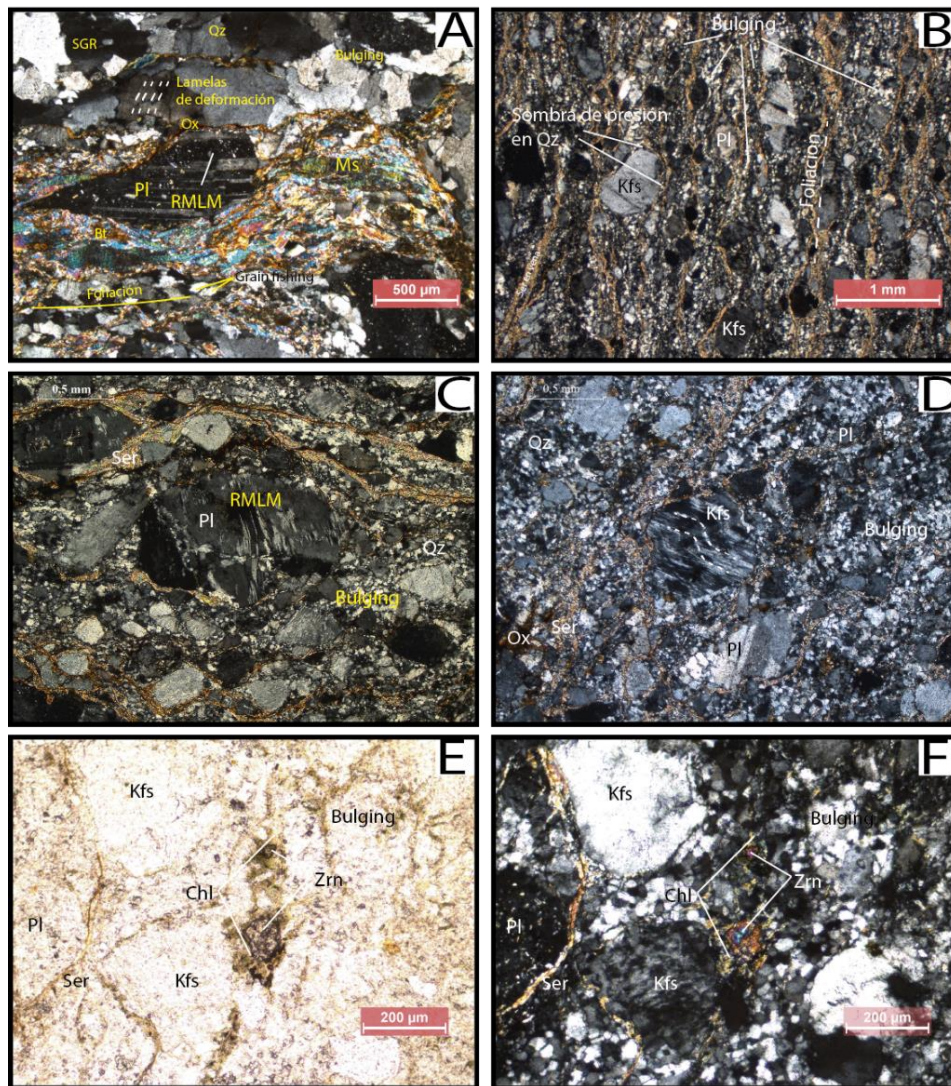


Figura 6. Ortoneises de la franja NW; es evidente el bulging, la cataclasis y la rotación de porfidoblastos en todas las muestras. A. Porfidoblásto sintectónico de plagioclasa con RMLM; rodeado de moscovita y biotita microplegada. También se observa SGR y lamelas de deformación. (Muestra SB – 130). B. Vista general de los Neises Cataclásticos de la franja NW. Es notable la presencia de venas de sericita paralelos a la foliación principal (Muestra DJ-01). C y D. Maclas de formación fracturadas y microplegada (Muestras SB – 133 y SB - 75b respectivamente). E y F. Circones como mineral accesorio común en las rocas de esta franja NW (Muestra SB – 75a). A-B-C-D-F en nicoles cruzados y E en nicoles paralelos.

Debido a la acción de las fallas satélite pertenecientes a la falla de Babega, es común encontrar bloques transportados pertenecientes a los Esquistos del Silgará. Estos bloques constituyen esquistos con granate y estaurolita ($St + Bt + Grt + Qz \pm Ms$), esquistos moscovíticos ($Qz + Ms + Bt \pm Pl$) y mármoles impuros ($Qz + Cal + Ms$) (Figura 7).

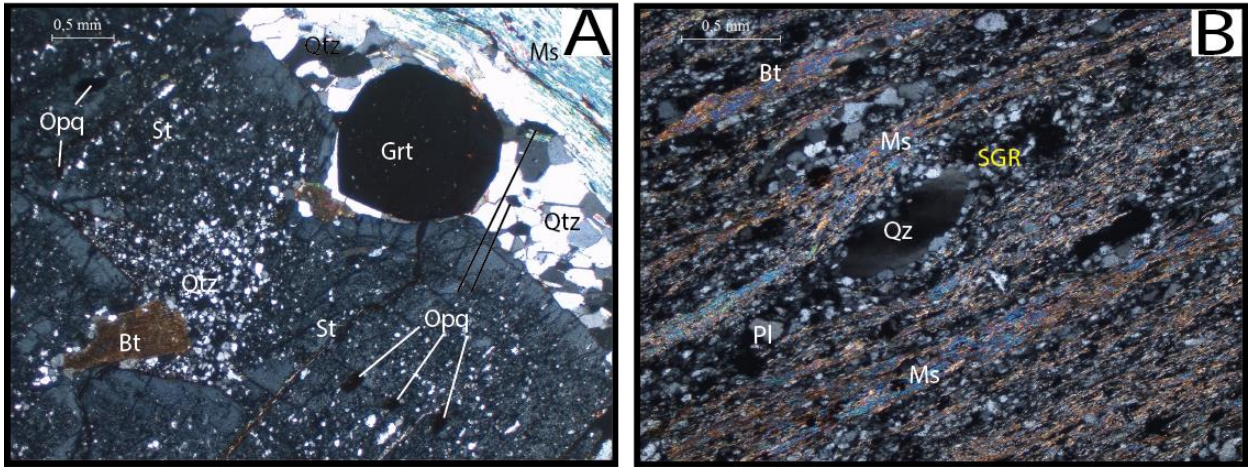


Figura 7. Rocas pertenecientes a los Esquistos del Silgará. A. Porfidoblastos de granate y estaurolita. La estaurolita posee inclusiones de biotita, cuarzo y moscovita (Muestras SB – 10) B. Esquisto moscovítico con SGR (Muestras SB – 132). A y B en nicoles cruzados.

Las rocas del Ortoneis y los Esquistos del Silgará presentan recristalización dinámica y estática, deformación intracristalina e intergranular y microcataclisis en cuarzo y feldespatos principalmente.

4.3. Franja Sur (S)

Se presenta de forma tabular ligeramente alargada en dirección noreste – suroeste y se localiza a 2.5 kilómetros del corregimiento de Babega. Los ortoneises de esta franja son neises biotíticos en contacto fallado con el Neis de Bucaramanga al sureste; y en contacto fallado con los Esquistos del Silgará y la Formación Girón al noroeste y sur respectivamente.

El protolito de este ortoneis es de composición variante entre Granodiorita – Cuarzomonzonita (Figura 5). Posee estructuras de recrystalización dinámica y estática en cuarzo; y deformación intracrystalina en cuarzo y feldespatos e intergranular en feldespatos (Tabla 3 y Figura 8A). La composición mineralógica de este ortoneis es cuarzo, feldespatos y biotita como minerales mayores y como accesorios se encuentran circones, rutilo, epidota, esfena y minerales opacos, incluyendo cuarzo, feldespatos y clorita (Tabla 2). Estos neises biotíticos son de grano medio, textura lepidogranoblástica y asociación mineral Kfs + Pl + Qz + Bt, con pico metamórfico en facies anfíbolita, zona de la cianita – almandino. Algunos neises presentan micro venillas de calcita, débil sericitización y cloritización (Figura 8)

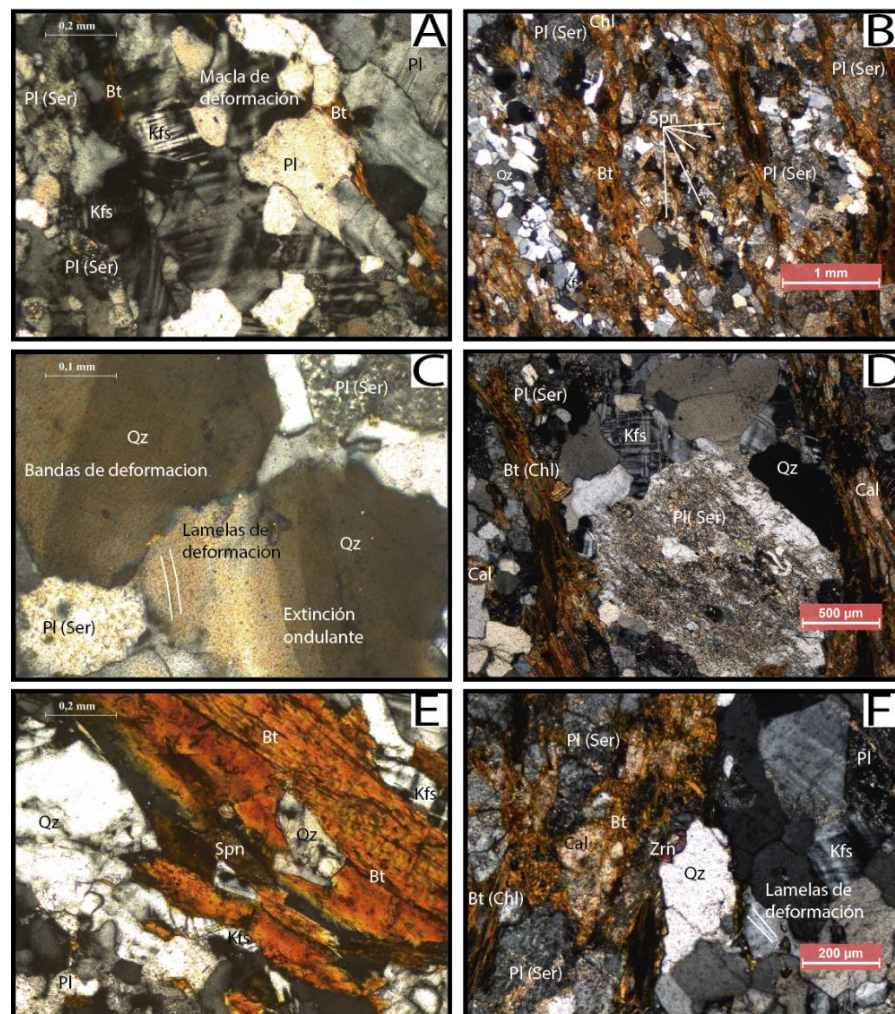


Figura 8. Ortoneises de la franja Sur. A. Maclas de deformación en cuarzo y feldespato potásico. B. Visión general de los neises biotíticos de esta franja con orientación marcada por biotita y calcita. C. Comparación entre bandas de deformación y extinción ondulante. Nótese que la extinción ondulante es progresiva en una dirección mientras que las bandas son de cambio abrupto y multidireccional. D. Sericitización y cloritización en plagioclasa y biotita respectivamente. El grado de ambas alteraciones es leve. E y F. Esfena y circón como minerales accesorios más comunes en estas metapelitas. A-C-E y B-D-F pertenecen a muestra SB – 140 y SB – 139 respectivamente. A-B-C-D-E-F en nicoles cruzados.

Hacia el norte de esta franja de Ortoneis, debido a la acción de la falla del río Caraba y la falla de Babega es común encontrar bloques de composición metamáfica y metapelítica pertenecientes al Neis de Bucaramanga. En los neises de composición metamáfica hay neises hornbléndicos de grano muy fino a fino ($Hbl + Pl \pm Bt \pm Qz$) (Figura 9A) y en los neises de composición metapelítica hay neises biotíticos de grano fino a medio ($Sil + Qz + Kfs + Bt + Grt \pm Pl$) (Figura 9B).

Las rocas metapelíticas del Ortoneis y el Neis de Bucaramanga presentan estructuras de recristalización estática y dinámica en cuarzo, de deformación intracristalina e intergranular en cuarzo y feldespatos; y microcataclasis en feldespatos. Por otra parte, las rocas metamáficas del neis de Bucaramanga solo presentan microcataclasis en hornblenda.

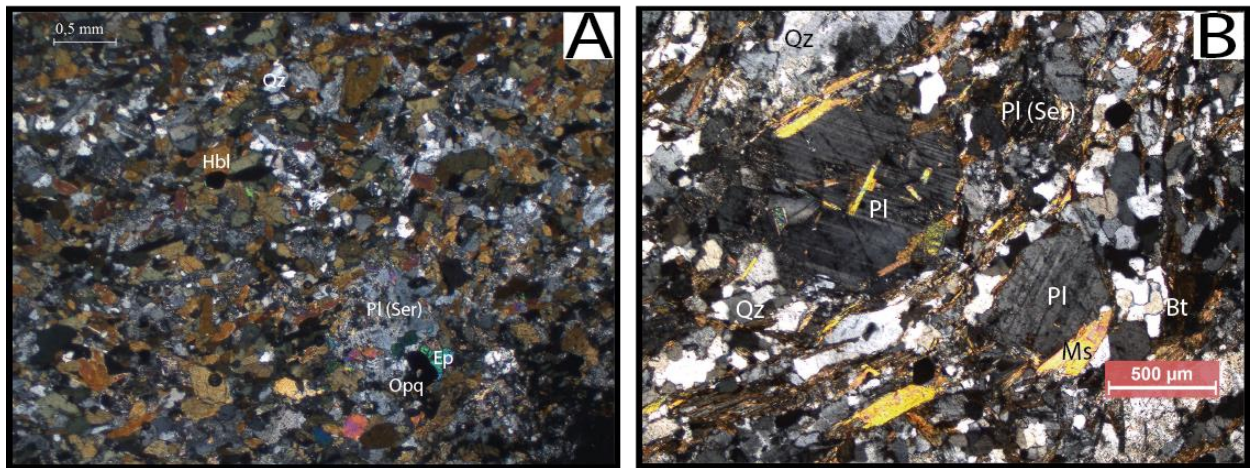


Figura 9. Rocas pertenecientes al Neis de Bucaramanga. A. Neis hornbléndico de grano fino con epidota, plagioclasa, cuarzo y hornblenda (Muestras SB – 14). B. Neis biotítico de grano medio con moscovita, plagioclasa y biotita. Note que la plagioclasa posee RMLM (muestra SB – 141). A y B en nicoles cruzados.

5. Discusión de resultados

Las rocas pertenecientes a la unidad Ortoneis en el sector de Babega afloran en 3 franjas identificadas así: La franja suroeste (SW); la franja noroeste (NW) y franja sur (S). Las características litológicas se resumen en la siguiente tabla:

Tabla 4

Litotipo y composición del protolito en cada franja de Ortoneis en el sector de Babega

FRANJA	COMPOSICIÓN DEL PROTOLITO	LITOTIPO
SUROESTE (SW)	Diorítico	Neises hornbléndicos
NOROESTE (NW)	Granitoides ricos en cuarzo a sienogranitos	Neises cuarzofeldespáticos y neises moscovíticos
SUR (S)	Granodiorítico a cuarzomonzonítico	Neises biotíticos

Los litotipos definidos en este trabajo son similares a los reportados por Arenas C.A., (2015), Rey V., (2015) y García *et al.* (2017) en zonas aledañas a los sectores estudiados y coinciden en la franja sur (S) con los neises biotíticos reportados por Sánchez y Suárez (2018).

En las franjas NW y SW Ward *et al.* (1973) definieron una variedad tonalítica en los ortoneises, la cual no fue establecida en este trabajo; y granodioríticas a cuarzomonzónicas para la franja Sur. Estas variaciones composicionales en el Ortoneis han sido atribuidas a diferente grado de diferenciación magmática, evidenciado mediante el contenido de elementos de las tierras raras (REE). De acuerdo con lo anterior, los neises biotíticos de la franja Sur y cuarzofeldespáticos de la franja NW serían altamente diferenciados y las rocas metamáficas de la franja SW serían poco diferenciadas (Rey V., 2015).

El metamorfismo predominante que afectó las rocas de las diferentes franjas del Ortoneis es de tipo regional cuyo pico metamórfico se alcanzó en condiciones de facies anfibolita, zona de la cianita – almandino. Evidencias de un metamorfismo dinámico sobreimpuesto al regional están relacionadas con microestructuras y estructuras de deformación observadas en las rocas. Este metamorfismo dinámico está asociado a la actividad de las fallas de Babega, Rio Caraba y Angosturas.

En relación con las condiciones de metamorfismo del Ortoneis se presenta una alta coincidencia con los estudios desarrollados por Arenas C.A. (2015), Rey V. (2015), García *et al.* (2017); exceptuando Jiménez C. (2016) y Sánchez y Suarez (2018) quienes identificaron sillimanita en los ortoneises, lo cual indicaría que algunos ortoneises del Macizo de Santander fueron metamorfizados en la parte superior de la facies anfibolita, zona de la sillimanita.

Las condiciones de metamorfismo de las rocas del Ortoneis son similares con las de los Esquistos del Silgará, hecho evidenciado también por la concordancia de la dirección de

foliaciones de estas dos unidades en las zonas de contacto. Pequeñas diferencias se observan en sectores donde el contacto es fallado (franja SW y franja NW), presentando bloques aislados de los Esquistos del Silgará con menor grado de metamorfismo los cuales han sido desplazados de su posición original por acción de las fallas Angosturas y Aguasblancas.

Las estructuras de deformación asociadas al metamorfismo dinámico coinciden con las descritas por Arenas C.A., 2015; Casadiegos L., 2017; Sánchez y Suarez, 2018, y consisten en (1) procesos de deformación intracrystalina como extinción ondulante en cuarzo y feldespatos (poco común), bandas de deformación, lamelas de deformación y maclas de deformación en cuarzo y feldespatos, recristalización por migración de límites de macla en plagioclasa y feldespato potásico (raro); y microplegamientos en cuarzo y micas, y maclas tipo kink en micas. (2) Procesos de deformación intergranular como los sigmoides en porfidoblastos de feldespatos y agregados de cuarzo, sombras de presión en cuarzo y deformación tipo “fish” en micas y granos de cuarzo o feldespatos. (3) Microfracturamiento en cuarzo, hornblenda, granate, feldespatos, apatito, circón, esfena y opacos. Los procesos de recuperación (principalmente en cuarzo y feldespatos) ocurridos con posterioridad a los eventos deformativos son: recristalización bulging, rotación de subgranos, migración de borde de grano y recristalización estática. Estos procesos deformativos presentan algunas diferencias en las franjas estudiadas. La franja SW presenta evidencias de deformación dúctil (milonización); la franja NW presenta deformación frágil evidenciada por microcataclasis con formación de cataclasitas; y en la franja Sur predomina la deformación intracrystalina en cuarzo y feldespatos; y deformación tipo “fish”.

6. Conclusiones

La unidad Ortoneis en la localidad de Babega aflora en tres franjas: La franja SW se presenta de forma alargada en sentido norte – sur y se localiza a 6 kilómetros del corregimiento de Babega; la franja NW posee una forma semi - alargada en dirección norte – sur y se encuentra a 2 kilómetros de Babega; y la franja Sur tiene forma tabular ligeramente alargada en dirección noreste – suroeste y está ubicada a 2.5 kilómetros del corregimiento de Babega.

La franja SW del Ortoneis está compuesta por neises hornbléndicos de grano medio con textura granonematoblástica; la franja NW está constituida por neises moscovíticos y neises cataclásticos de composición cuarzofeldespática, de grano medio con textura lepidogranoblástica; y la franja Sur presenta neises biotíticos de grano medio con textura lepidogranoblástica.

En la franja SW, el contacto del Ortoneis es fallado con los Esquistos del Silgará e intrusivo con el Granito de Durania. Por otra parte, en la franja NW se encuentra en contacto fallado e intrusivo con los Esquistos del Silgará, y en la franja Sur el Ortoneis está en contacto fallado con el Neis de Bucaramanga.

El pico metamórfico para la franja SW se encuentra en facies anfíbolita, zona de la andalucita – almandino y en la franja NW el pico metamórfico está en facies anfíbolita en zonas de la andalucita – almandino y cianita – almandino. Igualmente, para la franja Sur el pico metamórfico está en facies Anfíbolita, zona de la Cianita – Almandino.

Todas las franjas presentan estructuras de deformación que evidencian deformación intracrystalina e intergranular; y microcataclasis, así como procesos de recuperación como recristalización estática y recristalización dinámica,. Las franjas ordenadas de mayor a menor

grado de deformación son: La SW con presencia de milonitas, la NW con presencia de cataclasitas y la S con evidencias de recuperación, deformación intra e intercristalina y microcataclasis.

La acción de las fallas de Babega, del río Caraba, de Aguasblancas y Angosturas ponen en contacto bloques tectónicamente aislados, de condiciones metamórficas diferentes a las reportadas para el Ortoneis. Además de estar relacionadas a un metamorfismo dinámico sobreimpuesto en las rocas del Ortoneis y sus unidades adyacentes.

7. Recomendaciones

Realizar una cartografía para definir los límites de los bloques aislados que pertenecen a las unidades Esquistos del Silgará y Neis de Bucaramanga.

Ejecutar un estudio estructural para definir las características de la falla de Babega, falla del Río Caraba, falla Aguasblancas y falla de Angosturas; y su influencia en el emplazamiento del Ortoneis.

Desarrollar un estudio geocronológico para conocer la edad de los eventos de metamorfismo dinámico sobreimpuestos al metamorfismo regional.

Referencias Bibliográficas

- Arenas, C. (2015). Geología del sector de Silos-Babega, Macizo de Santander. (tesis de pregrado). Universidad Industrial de Santander. Facultad de Ingenierías Físicoquímicas. Escuela de Geología, Bucaramanga, Colombia.
- Casadiegos L. (2017). Metamorfismo de la Unidad Esquistos del Silgará del Macizo de Santander en el sector de Silos, Norte de Santander. (tesis de pregrado). Universidad Industrial de Santander. Facultad de Ingenierías Físicoquímicas. Escuela de Geología, Bucaramanga, Colombia.
- Castellanos, M. (2017). Metasedimentitas de Silos: Ocurrencia, caracterización y metamorfismo (tesis de pregrado). Universidad Industrial de Santander, Facultad de Ingenierías Físicoquímicas. Escuela de Geología, Bucaramanga, Colombia.
- Castellanos-Alarcón, Oscar; Ríos-Reyes & Carlos & García-Ramírez. (2016). Occurrence of chloritoid-bearing metapelitic rocks and their significance in the metamorphism of the Silgará Formation at the Central Santander Massif. En: Boletín de Ciencias de la Tierra. Vol. 40, (Julio,); p. 5-15.
- Clavijo, J. Mapa geológico generalizado del Departamento de Norte de Santander, Memoria Explicativa. Bucaramanga: INGEOMINAS, 1994. 47 p.
- García, C., Rey, V. & Valencia, V. (2017). Ortoneises en la Franja Silos-Babega, Macizo de Santander, Colombia: evidencias de orogenia Famatiniana en los Andes del norte. *Andean Geology*, 44 (3), 307-327.

- García, C., Ríos, C., A. & Castellanos, O. (2005). Medium- pressure, metamorphism in the Central Santander Massif, Eastern Cordillera, Colombian Andes. *Boletín de Geología*, 27, (2), 43-68, Bucaramanga.
- García, C. A. (2007). *Manual de Practicas de Petrología Metamórfica*. Bucaramanga: Ediciones Universidad Industrial de Santander. 88 p.
- Goldsmith, R., Marvin, R. & Mehnert, H. (1971). Radiometric ages in The Santander Massif, Eastern Cordillera, Colombian Andes. *Geological Survey Research*, 750 (D), D44-D49.
- Jiménez, C. (2016). *Caracterización petrológica y geoquímica de la unidad Ortoneis, Macizo de Santander, Colombia*. Tesis de investigación (Magíster En Ciencias – Geología). Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias, Departamento de Geociencias, Bogotá, Colombia.
- Mantilla L.C. (2003). *Guía de laboratorios de Petrología Ígnea*. Universidad Industrial de Santander, Facultad de Ingenierías Físicoquímicas. Escuela de Geología, Bucaramanga, Colombia.
- Mantilla, F.L.C.; Bissig, T.; Cottle, J.M. & Hart, C.J.R. (2012). Remains of early Ordovician mantle-derived magmatism in the Santander Massif (Colombian Eastern Cordillera). *Journal of South American Earth Sciences* 38: 1-12.
- Mantilla, F.L.C.; García, R.C.A. & Valencia, V.A. (2016b). Nuevas evidencias que soportan la escisión de la Formación Silgará y propuesta de un nuevo marco estratigráfico para el basamento metamórfico del Macizo de Santander (Cordillera Oriental de Colombia). *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales* 40 (155): 320-336.
- Passchier, W. & Trouw, R. (2005). *Microtectonics*. Berlin: Editorial Springer-Verlag,. 353 p.

- Restrepo, P. (1995). 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, Department of Geosciences. 199p.
- Restrepo-Pace, P. & Cediel, F. (2010). Northern South America basement tectonics and implications for paleocontinental reconstructions of the Americas. *Journal of South American Earth Sciences* (29): 764-771.
- Rey, V. (2015). Estudio de las rocas de la unidad Ortoneis en el Macizo de Santander: Consideraciones petrológicas y geoquímicas. Trabajo de grado (geólogo). Universidad Industrial de Santander, Facultad de Ingenierías Fisicoquímicas, Escuela de Geología, Bucaramanga, Colombia
- Royero, J., Y Clavijo, J. Memoria explicativa del mapa geológico generalizado departamento de Santander. Escala 1: 400.000. Memoria explicativa. INGEOMINAS, Bogotá. 2001, 92 p.
- Sánchez A., y Suárez T. (2018). Petrografía de las unidades metamórficas aflorantes al sur de Babega, Macizo de Santander (tesis de pregrado). Universidad Industrial de Santander, Facultad de Ingenierías Fisicoquímicas. Escuela de Geología, Bucaramanga, Colombia.
- Taboada, A., L. A. Rivera, A. Fuenzalida, A. Cisternas, H. Philip, H. Bijwaard, J. Olaya, & C. Rivera. (2000). Geodynamics of the northern Andes: Subductions and intracontinental deformation (Colombia), *Tectonics*, 19 (5), 787-813.
- Van Der Lelij, R. (2013). Reconstructing northwestern Gondwana with implications for the evolution of the Iapetus and Rheic Oceans: a geochronological, thermochronological and geochemical study. Thèse de doctorat. Université Genève: 248 p. Ginebra, Suiza.

- Van Der Lelij, R.; Spikings, R.; Ulianov, A.; Chiaradia, M. & Mora, A. (2015). Palaeozoic to Early Jurassic history of the northwestern corner of Gondwana, and implications for the evolution of the Iapetus, Rheic and Pacific Oceans. *Gondwana Research* 31: 271-294.
- Ward, D., Goldsmith R., Cruz, J., y Restrepo, H. (1973). Geología de los cuadrángulos H-12 Bucaramanga y H-13 Pamplona. Departamento de Santander. *Boletín Geológico*, XXI (1-3), 144p.
- Whitney, D & Evans, B. (2010). Abbreviations for names of rock-forming minerals. En: *American Mineralogist*. Vol. 95; p. 185-187.