

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

**GEOLOGÍA DE LAS UNIDADES ÍGNEAS Y SEDIMENTARIAS DE
SIQUISIQUE-PUENTE LIMÓN, ESTADO LARA**

Presentado ante la Ilustre
Universidad Central de Venezuela
para optar al Título de Ingeniero Geólogo
por los Brs. Pedro E. Muñoz P.
e Hildemaro A. Rodríguez S.

Caracas, Mayo de 2009

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

**GEOLOGÍA DE LAS UNIDADES ÍGNEAS Y SEDIMENTARIAS DE
SIQUISIQUE-PUENTE LIMÓN, ESTADO LARA**

TUTOR: Dr. Franco Urbani

Presentado ante la Ilustre
Universidad Central de Venezuela
para optar al Título de Ingeniero Geólogo
por los Brs. Pedro E. Muñoz P.
e Hildemaro A. Rodríguez S.

Caracas, Mayo de 2009

MUÑOZ P. Pedro E., RODRÍGUEZ S. Hildemaro A.

**GEOLOGÍA DE LAS UNIDADES ÍGNEAS Y SEDIMENTARIAS DE SIQUISIQUE-
PUENTE LIMÓN, ESTADO LARA**

Tutor: Dr. Franco URBANI. Tesis, Caracas UCV. Facultad de Ingeniería. Escuela de Geología, Minas y Geofísica. 2009, 206 p.

Palabras claves: Asociación Ígnea Siquisique, Ofiolita, Petrografía, Formación La Luna.

Resumen: La zona de estudio se encuentra al norte del estado Lara y se divide en dos, una ubicada al norte de Siquisique y otra al suroeste de Puente El Limón. El levantamiento geológico de los diferentes cuerpos ígneos y sedimentarios permitió establecer unidades geológicas, los contactos entre ellas y el modelo evolutivo. Se realizó el análisis petrográfico de las muestras, haciendo énfasis en las de origen ígneo. Finalmente se elaboraron dos mapas geológicos a escala 1:10.000, que revisan y complementan la información geológica que existía de la zona.

Entre los distintos tipos de rocas ígneas encontradas se tiene lherzolita, peridotita piroxénica, hornblendita, norita hornblendo-piroxénica, gabronorita, gabro, troctolita, toba piroxénica, basalto y diabasa. Estas rocas han sufrido metamorfismo de bajo grado que las ha llevado a la facies de la prehnita-pumpellita, acompañado además de procesos metasomáticos, que ha producido la serpentización del olivino presente, e hidrotermales, que ha derivado en la alta prehnitización de muchos de los tipos litológicos. El proceso tectónico por el cual se encuentran emplazadas en el continente, ha generado en muchas de estas rocas, textura protocataclástica. Dicho proceso es consecuencia de la interacción entre las placas tectónicas del Caribe y Suramérica y ha generado en todo el norte del país un sistema de napas. En cuanto al origen de las unidades ígneas, existen dos tendencias; una las ubica como parte de una secuencia ofiolítica generada por la apertura del Mar de Tethys como parte de la corteza oceánica proto-Caribe, en el Cretácico, y otra que propone su afinidad con una secuencia característica de plumas mantelares, que genera la gran provincia ígnea del Caribe (CLIP) con corteza oceánica muy engrosada, igualmente en el Cretácico.

La unidad volcanosedimentaria se encuentra compuesta entre otras cosas por conglomerados de diferentes tipos, lodolita, basalto y lavas almohadilladas. Esta unidad a su vez, tras haber sido sometida al proceso de emplazamiento, generó otra unidad de aspecto brechado y esquistoso, la Unidad Tectónica Brechada.

Las calizas encontradas en la zona, clasificadas anteriormente como “facies La Luna”, a pesar de no presentar ciertas características típicas de la Formación La Luna de los Andes y Perijá, la asociación fosilífera que en ella se encuentra, permite determinar que efectivamente estas calizas pertenecen a dicha formación. Esta formación, junto a las unidades ígneas descritas conforman las Napas de Lara.

La Formación Matatere se trata de una secuencia “flysch” depositada en el Paleoceno – Eoceno y es por encima de ésta que cabalgan las Napas de Lara.

Después del emplazamiento de la estas Napas, y como consecuencia de un proceso extensivo, se genera una cuenca donde se depositan de forma discordante las formaciones Castillo y Capadare.

El estudio de las rocas de la región permitió establecer el marco tectónico y estructural bajo el cual se emplazaron las napas, generando la configuración actual de la zona de estudio, siendo posible construir una serie de cortes geológicos y establecer el modelo evolutivo que explica la geodinámica de la región.

AGRADECIMIENTOS

Queremos agradecer a la Universidad Central de Venezuela y a la Escuela de Geología, minas y Geofísica, por habernos dado la posibilidad de crecer como personas, no sólo intelectualmente, pues los años en ella nos han dado una perspectiva de la vida mucho más humana. Realizar este trabajo fue una muy importante experiencia, por lo que también queremos agradecer a la Fundación Venezolana de Investigaciones Sismológicas (FUNVISIS) y al proyecto GEODINOS, por darnos la oportunidad de desarrollarlo. Especialmente agradecemos al Profesor Franco Urbani, por brindarnos la oportunidad de trabajar junto a él, quién como tutor nos prestó toda la ayuda y el apoyo necesario, así como su experiencia y, por sobre todo, paciencia.

Pedro Muñoz

Principalmente quiero agradecer a mis padres, Judith (la gorda) y Pedro (padre), por ser mis mentores, mis ejemplos a seguir, mis héroes. Por darme apoyo constante, por darme su cariño, por siempre darme buenos consejos, ustedes me han enseñado que con amor y honestidad todo se puede lograr, los amo. A mi hermana Sayo, gracias por siempre estar ahí, por tu paciencia y tu cariño, a mi hermano José, por darme apoyo a tu manera jaja, a mi viejita bella, Alicia (Lita), a pesar de los años sigues siendo bella, a mi sobrino Julio, el mejor regalo que ha llegado a nuestro hogar, a mi tía Ana, mi prima Analee, y a todos mis tíos y primos.

A Mafe, eres mi mejor amiga, mi grandiosa compañera, me has enseñado a luchar por las cosas, a nunca rendirme, gracias por hacerme reír, por hacerme feliz, por hacerme querer cosas que antes veía imposible, te amo pequeña.

A la familia Santana: Livia, Sra. Otilia, Sr. José Luis, José Daniel (Duende) y Luis Gabriel (Puppy), gracias por su constante apoyo a través de los años, siempre serán mi familia.

A Hildemaro, mi compañero de toda la carrera, hermano, socio, que más se puede pedir jaja, gracias por todo, eres mi hermano del alma.

A Naudy, por convertirse en nuestro padre adoptivo en Barquisimeto.

A la familia Cordero, gracias por su hospitalidad, por recibirnos en su casa, estamos eternamente agradecidos. A Chumingo y Hassam, grandes amigos que dejamos en Siquisique.

A la Sra. Francis, a Gabriela, Wilhelm y al Sr. Hildemaro, por abrirme las puertas de su casa y tratarme como uno más de su familia.

A mis grandes amigos Fernando (Desgrachado), Arturo (Wini) y Carelys (Súper). A Johana (Yolis), Graziana, Manuel, Richard, María Elena (Manela), David Mendi, José Arreaza (Señor en Jefe), Sra. Mirian, José Luis. A mis amigos de siempre: Pacheco, Ramón y Cesar. A los Profesores: Enzo Caraballo, Sebastian Grande, Lenin Gonzales, Rafael Falcón, Ruthman. Al profesor Ricardo Alezones, por ser un excelente profesor y una gran persona.

Al Centro excursionista universitario (CEU), por enseñarme a disfrutar de la naturaleza de una forma responsable y ecológica, por mostrarme los maravillosos paisajes venezolanos, y por darme todas las herramientas para realizar la actividad del montañismo.

*"No es más quién más alto llega, sino aquel que
influenciado por la belleza que le envuelve,
más intensamente siente"*

(Maurice Herzog)

Hildemaro Rodríguez

Éste ha sido un muy largo camino que he recorrido con el mayor de los gustos, especialmente por las personas que me han acompañado en él. Hoy estoy más cerca de la meta que nunca y es por eso que no puedo dejar pasar la oportunidad de agradecerles.

Madre, ha donde he llegado hasta ahora ha sido principalmente gracias a ti y a tu crianza, porque eres mi mayor apoyo y la persona que más admiro. Hermana, has sido la mejor amiga que me ha acompañado en este y en todos los caminos que he transitado y sé que cuento contigo para todos los que emprenda de aquí en adelante. Padre, tú has construido una parte importante de lo que soy hoy en día y de lo que pueda llegar a ser. Ustedes tres me han moldeado y si llego a ser sólo una parte de lo que son ustedes, mi mayor logro estará cumplido.

Pedro, hermano, eres mi Mano derecha, alguien que me inspira mejorar y, por sobre todas las cosas, me ayuda a hacerlo. He crecido como persona al lado tuyo y espero contar contigo siempre. Ésta no será la última meta que logremos en conjunto.

Hernán, Viejo, es un honor tenerte como mi mejor amigo; personas como tú son muy escasas. Tu presencia ha sido realmente determinante y mi gratitud es perpetua e infinita hacia ti. Mi amistad y mi fe en ti es algo que puedes dar por sentado. Cuenta conmigo.

Carelys, me alegra haberte conseguido, pero especialmente me alegra que te hayas quedado. Eres realmente única. Quédate siempre, Súper.

Prof. Ricardo, su ayuda y apoyo ha sido muy valiosa, no sólo en este trabajo, sino en la toda la carrera, como profesor y amigo. Enzo y Richard, toda su ayuda ha sido invaluable; Graziana y Johanna; Fernando y Arturo; Manuel; David, Prof. Lenin, Prof. Rutman; valoro mucho la ayuda que nos prestaron en la realización de este trabajo.

Familia Muñoz, una de las mejores cosas ha sido entrar en su familia, gracias por hacerme parte de ustedes. Sr. Naudy, gracias por adoptarnos en Barquisimeto.

Emiliano, Petra, Familia Cordero, gracias por recibarnos tan incondicionalmente, quedamos eternamente agradecidos. Chumingo, Hassam, gente de Las Tinajitas, gente de Siquisique, ustedes realmente saben cómo hacer sentir a los de afuera como en su casa.

Jessika (Hermanita), Wilhelm (Cuñao), María Fernanda, José Arreaza (Señor en Jefe), Joao, José Leonardo, Rosmar, Livia, Johana, Woodwarde, Claudia, Walter, Alí, Alfredo, Andrés, Prof. Sebastián Grande; ustedes siempre estuvieron pendientes y nos ayudaron en lo que necesitamos de ustedes, igualmente gracias.

En general, quiero agradecer a todas aquellas personas o entidades que de alguna u otra manera ayudaron en la realización de este trabajo, facilitándonos herramientas o con su sencillo pero invaluable apoyo.

“La gratitud en silencio no sirve a nadie”

(G. B. Stern)

ÍNDICE

| | |
|--|-----------|
| 1. INTRODUCCIÓN | 1 |
| 1.1. GENERALIDADES..... | 1 |
| 1.2. OBJETIVOS | 1 |
| 1.2.1. Objetivos generales | 1 |
| 1.2.2. Objetivos específicos..... | 1 |
| 1.3. LOCALIZACIÓN Y EXTENSIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO | 2 |
| 1.4. METODOLOGÍA..... | 4 |
| 2. GEOGRAFÍA FÍSICA | 6 |
| 2.1. FISIOGRAFÍA Y RELIEVE..... | 6 |
| 2.3. CLIMA..... | 9 |
| 2.4. VEGETACIÓN | 9 |
| 2.5. GEOMORFOLOGÍA..... | 9 |
| 3. GEOLOGÍA REGIONAL | 12 |
| 3.1. TRABAJOS PREVIOS | 12 |
| 3.2. SÚPER-ASOCIACIÓN RÍO TOCUYO..... | 18 |
| 3.2.1. Asociación ígnea Siquisique..... | 18 |
| 3.2.2. Asociación Volcanosedimentaria Los Algodones..... | 20 |
| 3.3. UNIDADES SEDIMENTARIAS..... | 22 |
| 3.3.1. Formación Matatere..... | 22 |
| 3.3.2. Formación Castillo | 24 |
| 3.3.3. Formación Capadare..... | 25 |
| 3.3.4. Unidades cuaternarias..... | 27 |
| 4. GEOLOGÍA LOCAL | 28 |
| 4.1. GENERALIDADES..... | 28 |

| | |
|---|------------|
| 4.2. SÚPER ASOCIACIÓN RÍO TOCUYO | 30 |
| 4.2.1. Asociación Ígnea Siquisique | 30 |
| 4.2.2. Asociación Volcanosedimentaria Los Algodones | 78 |
| 4.3. UNIDADES SEDIMENTARIAS | 94 |
| 4.4.1. Formación Matatere..... | 94 |
| 4.3.2. Formación Castillo | 105 |
| 4.4.3. Formación Capadare..... | 108 |
| 4.3.4. Unidades cuaternarias..... | 111 |
| 4.4. GEOLOGÍA ESTRUCTURAL LOCAL..... | 112 |
| 4.2.1. Fallas de corrimiento | 112 |
| 4.2.2. Fallas de ángulo alto..... | 112 |
| 4.2.4. Pliegues | 116 |
| 5. DISCUSIONES E INTERPRETACIONES | 117 |
| 5.1. PETROLÓGICAS | 117 |
| 5.1.1. Asociación Ígnea Siquisique | 117 |
| 5.1.2. Asociación Volcanosedimentaria Los Algodones..... | 121 |
| 5.1.3. Unidades Sedimentarias | 122 |
| 5.2. ESTRUCTURALES | 124 |
| 5.3. MODELO EVOLUTIVO..... | 128 |
| 6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES..... | 132 |
| 7. BIBLIOGRAFÍA | 136 |
| 8. ANEXOS..... | 139 |
| 8.1. APÉNDICE DE OBSERVACIONES DE CAMPO..... | 140 |
| 8.2. APÉNDICE PETROGRÁFICO..... | 175 |
| 8.3. TABLAS DE RESULTADOS PETROGRÁFICOS | |
| 8.3.1. Tabla de petrografía de rocas ígneas | |
| 8.3.2. Tabla de petrografía de calizas | |
| 8.3.3. Tabla de petrografía de areniscas | |

8.3.4. Tabla de petrografía de conglomerados

8.4. MAPAS GEOLÓGICOS

8.4.1. Mapa geológico de la zona de Guacamuco – Las Tinajitas,
Siquisique, estado Lara (Escala 1:10.000)

8.4.2. Mapa de la zona de Puente Limón, estado Lara (Escala 1:10.000)

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 1. Ubicación de la zona de estudio (rectángulos azules) | 3 |
| Figura 2. Ubicación de la zona de estudio en el modelo digital de elevación. Tomado de GARRITY <i>et al.</i> (2004). | 6 |
| Figura 3. Red de drenajes de la zona de estudio al norte de Siquisique. | 8 |
| Figura 4. Red de drenajes de la zona de estudio al suroeste de El Limón. | 8 |
| Figura 5. División de unidades geomorfológicas de la zona al norte de Siquisique. a) Vista general, b) Unidad de montañas, c) Unidad de valles. Tomado de Google Earth TM | 11 |
| Figura 6. Secuencia volcanosedimentaria del Cretácico reconstruida en Los Algodones. Tomado de STEPHAN (1982 en BELLIZZIA 1985). | 14 |
| Figura 7. Extensión de la Asociación Ígnea Siquisique. | 32 |
| Figura 8. Muestras de lherzolita graficadas en el triángulo de clasificación de rocas ultramáficas. | 34 |
| Figura 9. a) Plagioclasa intersticial. Muestra La 630 Cr; b) Piroxeno intersticial entre cristales de olivino. Muestra La 538 Br. Ambas fotografías se encuentran bajo nícoles cruzados (NX) y se observa textura cúmulo. | 35 |
| Figura 10. Zona donde se encontraría el posible protolito de esta peridotita piroxénica, graficada en el triángulo de clasificación de rocas ultramáficas. El protolito resulta una dunita. | 36 |
| Figura 11. a y b) Clorita intersticial entro cristales de olivino, presenta bordes de reacción y textura cúmulo. Nícoles cruzados (NX) y paralelos (NP), respectivamente. Muestra La 566 B; c) Cristal de serpentina, se observa textura tipo malla. NX. Muestra La 566 A; d) Magnetita circunscrita a la serpentina. NP. Muestra La 566 A. | 37 |
| Figura 12. Afloramiento de hornblendita, punto La 633, Quebrada Canillón. | 38 |
| Figura 13. Hornblendita protocataclástica, muestra La 633 B. a) Cristal de anfíbol con el típico clivaje a 120°, NP. B) Cristales de anfíboles fracturados, NX. | 39 |
| Figura 14. Zona de hornblendita, donde se encontraría el posible protolito de esta hornblendita protocataclástica, graficada en el triángulo de clasificación de rocas ultramáficas. | 40 |

| | |
|--|----|
| Figura 15. Muestra de norita hornblendo piroxénica graficada en el triángulo de clasificación de rocas gabroides correspondiente. | 41 |
| Figura 16. Cristales de hornblenda euhedral, rodeado de prehnita. a) Nícoles cruzados; b) Nícoles paralelos. | 42 |
| Figura 17. Muestras de gabronorita graficadas en los correspondientes triángulos de clasificación de rocas gabroides. | 43 |
| Figura 18. Gabronorita. a) Cristal fracturado de piroxeno, se observa el típico clivaje a 90°. Muestra La 500 A, NX; b) Cristal de hematita, se observa también serpentina y plagioclasa. Muestra La 500 A, NX. | 44 |
| Figura 19. Afloramiento de gabro en Quebrada La Torta. La 515. | 45 |
| Figura 20. Contacto abrupto entre dique de basalto intrusionando en gabro. | 45 |
| Figura 21. Afloramiento de gabro en Quebrada Canillón. La 635. | 46 |
| Figura 22 Muestras de gabro olivinífero graficadas en los correspondientes triángulos de clasificación de rocas gabroides. a) Rocas gabroides con olivino y sin hornblenda, b) Rocas gabroides sin olivino y sin hornblenda, se aplica para esclarecer la incertidumbre | 47 |
| Figura 23. Muestra de gabro olivinífero. a) Cristal de plagioclasa en donde se observa maclado tipo carlsbad y periclina. Muestra La 533 r, NX; b) Cristal de olivino rodeado por cristales de piroxeno. Muestra La 533 r, NX; c) Cristal de olivino, se observa magnetita circunscrita en el olivino. Muestra La 533 r, NP; d) Cristal de serpentina. Muestra La 518 A, NX. | 49 |
| Figura 24. Muestras de gabro olivinífero protocataclástico graficadas en los correspondientes triángulos de clasificación de rocas gabroides. | 50 |
| Figura 25. Gabro olivinífero protocataclástico. a) Plagioclasa alterada a minerales de arcilla con pequeño cristal de clinopiroxeno. Muestra La 605 C, NX; b) Cristales de serpentina y piroxeno, alrededor plagioclasa. Muestra La 502 A, NX, c) Plagioclasa con maclado tipo albita, rodeada de antigorita. Muestra La 637 A, NX, d) Antigorita con pequeños cristales de prehnita. Muestra La 635, NX. | 52 |
| Figura 26. Muestras de gabro piroxénico graficadas en los correspondientes triángulos de clasificación de rocas gabroides. a) Rocas gabroides con olivino y sin hornblenda, b) Rocas | |

| | |
|---|----|
| gabroides sin olivino y sin hornblenda, se aplica para esclarecer la incertidumbre entre los nombres gabro/norita. | 53 |
| Figura 27. Gabro piroxénico, muestra La 615 r. a) Cristal de clinopiroxeno con leve deformación, rodeado de plagioclasa alterada, NX; b) Veta de prehnita y cristal de antigorita, NX. | 54 |
| Figura 28. Muestras de gabro protocataclástico graficadas en el triángulo de clasificación de rocas gabroides sin olivino y sin hornblenda. | 55 |
| Figura 29. Gabro protocataclástico. a) Cristal de plagioclasa con maclado tipo periclina. Muestra La 633 A, NX; b) Cristal de clinopiroxeno fracturado y con bordes corroídos. Muestra La 500 B, NX; c) Textura protocataclástica, se observa cristales de tamaño variado de prehnita. Muestra La 596 A, NX; d) Textura protocataclástica, se observa clorita y prehnita en forma caótica. Muestra La 640, NX. | 57 |
| Figura 30. Muestras de microgabro protocataclástico graficadas en el triángulo de clasificación de rocas gabroides sin olivino y sin hornblenda. | 58 |
| Figura 31. Microgabro protocataclástico. a) Pequeños cristales de piroxeno. Muestra La 596 B, NX; b) Cristales de hornblenda y plagioclasa alterada. Muestra La 515 C, NX. | 59 |
| Figura 32. Muestras del gabro prehnítico olivinífero protocataclástico graficada en sus correspondientes triángulos de clasificación de rocas gabroides con olivino y sin hornblenda. | 60 |
| Figura 33. Gabro prehnítico olivinífero protocataclástico. a y b) Cristales de serpentina, se observan fracturas radiales en la periferia, NX. | 61 |
| Figura 34. Muestras de gabro prehnítico protocataclástico graficadas en el triángulo de clasificación de rocas plutónicas y pórfidos hipoabisales. | 62 |
| Figura 35. Gabro prehnítico protocataclástico. Cristal de clinopiroxeno alterado y fracturado rodeado de cristales de prehnita. Muestra La 603 C; a) Nícoles cruzados, b) Nícoles paralelos. | 63 |
| Figura 36. Muestras de troctolita protocataclástica graficadas en su correspondiente triángulo de clasificación de rocas gabroides con olivino y sin hornblenda. | 64 |

- Figura 37. Troctolita protocataclástica. a) Cristal de olivino y las fracturas generadas por su proceso de serpentinización. Muestra La 564 Ar, NX; b) Cristal de olivino, se observa magnetita circunscrita a él, con fracturas radiales en la plagioclasa periférica. Muestra La 564 Ar, NP; c) Cristal de serpentina con su típica apariencia reticular, rodeada de plagioclasa alterada. Muestra La 538 A, NX; d) Antigorita intersticial entre cristales de plagioclasa formando textura mesocúmulo. Muestra La 627 Br, NX. 66
- Figura 38. Afloramiento de la Unidad Volcánica e Hipoabisal. Los diferentes tipos litológicos de esta unidad se encuentran frecuentemente mezclados entre sí. 67
- Figura 39. Vista del accidente topográfico conocido en la región como "Volcán de Moroturito". Las rocas volcánicas meteorizadas que afloran en esta zona presentan un color rojizo. 67
- Figura 40. Muestra de basalto graficada en el triángulo de clasificación para rocas gabroides y pórfidos hipoabisales..... 68
- Figura 41. a) Plagioclasas en forma de "astilla" formando textura afieltrada, NX; b) Clorita y plagioclasa, se observa el nivel de carbonatización en la muestra, NX..... 69
- Figura 42. La esquina roja muestra el lugar en el que se ubican todas las muestras del tipo litológico Basalto en el triángulo de clasificación de rocas volcánicas. 71
- Figura 43. a) Textura afieltrada, La 570 bajo nícoles cruzados; b) clorita relleno de vacuola, La 607 B bajo nícoles paralelos; c) calcita relleno de vacuola, La 509 B bajo nícoles cruzados; d) cristal de hematita, La 593 A bajo nícoles cruzados. 73
- Figura 44. a) Afloramiento de toba con xenolitos de gabro, Quebrada La Palomas; b) Afloramiento de toba, Quebrada El Muerto..... 74
- Figura 45. Área donde se ubica la muestra La 518 Cr y el rango de tamaño de los cristales que posee. El nombre resultante sería "toba gruesa piroxénica"..... 75
- Figura 46. a) Pórfido de piroxeno fracturado, NX; b) Cristales de piroxeno embebidos en la matriz fina bandeada, NP. 76
- Figura 47. Área donde se ubican las muestras La 530 y La 596 A, así como el rango de tamaño de los cristales que poseen. El nombre resultante sería "toba fina piroxénica"..... 77

| | |
|---|----|
| Figura 48. Matriz fina no identificable. a) Muestra La 530; b) Muestra La 596 A. Ambas bajo nícoles cruzados | 78 |
| Figura 49. Extensión de la Asociación Volcanosedimentaria Los Algodones. | 79 |
| Figura 50. Conglomerado de la Unidad Volcanosedimentaria. La 547..... | 81 |
| Figura 51. Conglomerado holocuarcífero de la Unidad Volcanosedimentaria. La 611. | 81 |
| Figura 52. Lodolita. a) Vista general de la sección La 546 r, se observa la recrystalización, casi total, a cemento carbonático; b) Fragmento de bivalvo. Ambas bajo nícoles cruzados. | 82 |
| Figura 53. Ortoconglomerado petromíctico polimíctico. a) Fragmento de caliza de la Formación La luna, NX. b) Fragmento de esquisto cuarzo micáceo, NX. | 83 |
| Figura 54. Formación La Luna en su aspecto más característico. La 542. | 83 |
| Figura 55. Formación La Luna en su aspecto caótico-brechado. La 572. | 84 |
| Figura 56. Área de afloramiento de la Formación La Luna que, al meteorizar (Dentro del círculo), se nota su color blancuzco. Tomado de Google Earth TM | 84 |
| Figura 57. Concreción con fósil de amonites..... | 85 |
| Figura 58. Lodolita. a) Vista general de la sección La 560, se observan estilolitas, NP; b) Fósiles de radiolarios, NP..... | 86 |
| Figura 59. Caliza lodosa. a) Vista general de la muestra La 601, NP; b) Fósil de radiolario, NP. 87 | |
| Figura 60. Waca lítica bajo nícoles cruzados..... | 88 |
| Figura 61. Triángulo de clasificación de areniscas con las muestras de este tipo litológico (La 504 Br y La 529 r) graficadas. | 89 |
| Figura 62. Muestras de metatonalita graficadas en triángulo de clasificación de rocas gabroides.90 | |
| Figura 63. a) Clorita producto de alteración de anfíbol, en el zoom se nota el clivaje remanente. Nícoles cruzados, NX; b) Clorita producto de alteración de biotita, aún conserva parte de las características de ésta, como el hábito. También se observa la carbonatización de la roca, NX. | 91 |
| Figura 64. Circón en Metatonalita, NX. La 543. | 92 |

| | |
|---|-----|
| Figura 65. Pequeños cristales de rutilo en Metatonalita, NX. La 550 A. | 92 |
| Figura 66. Lodolita. a) Vista general de la sección La 561 B, NX; b) Fósil de <i>Globo truncana</i> , NX..... | 93 |
| Figura 67. Pelets en caliza lodosa. La 571 r, NX..... | 93 |
| Figura 68. Extensión de la Formación Matatere. | 95 |
| Figura 69. Formación Matatere con su típica secuencia flysch. Presenta pliegues tipo <i>slump</i> | 96 |
| Figura 70. Fotomicrografía de fragmento de roca volcánica. Muestra La 510, NX..... | 97 |
| Figura 71. Triángulo de clasificación de areniscas con la muestra de este tipo litológico (La 510 Br) graficada. | 98 |
| Figura 72. Granos de cuarzo subangulares. Muestra La 574, NX. | 99 |
| Figura 73. Triángulo de clasificación de areniscas con la muestra de este tipo litológico (La 574 Br) graficada. | 99 |
| Figura 74. Granos de plagioclasas maclados, se observan micas con leve deformación. Muestra La 501, NX..... | 100 |
| Figura 75. Triángulo de clasificación de areniscas con la muestra de este tipo litológico (La 501 Br) graficada. | 101 |
| Figura 76. Fragmentos de chert y cuarzo subredondeados. Muestra La 612 C, NX. | 102 |
| Figura 77. Triángulo de clasificación de areniscas con la muestra de este tipo litológico (La 612 C) graficada..... | 103 |
| Figura 78. Plagioclasa maclada, cuarzo y chert en contacto grano – matriz. Muestra La 540 Br, NX..... | 103 |
| Figura 79. Triángulo de clasificación de areniscas con la muestra de este tipo litológico (La 540) graficada..... | 104 |
| Figura 80. Ortoconglomerado petromíctico polimíctico. a) Conglomerado en donde se muestra un clasto de tamaño bloque de un fragmento de sedimentaria. b) Conglomerado con clasto tamaño bloque de gabro. | 105 |
| Figura 81. Extensión de la Formación Castillo..... | 106 |

| | |
|---|-----|
| Figura 82. Fragmento de caliza de la Formación La Luna en conglomerado de la Formación Castillo, NX. | 107 |
| Figura 83. Extensión de la Formación Capadare. | 109 |
| Figura 84. Foraminífero y fragmento de bivalvo en caliza lodosa de la Formación Capadare, NX. | 110 |
| Figura 85. Imagen satelital tomada de Google Earth TM . En rojo se marca la falla principal..... | 113 |
| Figura 86. Contacto de falla entre la unidad de gabro y la Formación La Luna. La 534. | 114 |
| Figura 87. Plano de falla entre unidad de gabro. La 520. | 114 |
| Figura 88 Figura 4. 1. Contacto de falla entre la Formación Matatere y la Formación La Luna. La 601..... | 115 |
| Figura 89. Plano de falla en arenisca de Matatere. La 595. | 115 |
| Figura 90. Imagen satelital tomada de Google Earth TM . En amarillo se marca las trazas de los limbos del pliegue sinclinal; en negro, el eje del pliegue. Se encuentra al noroeste de la zona. | 116 |
| Figura 91. Muestra La 564 Ar, en donde se observa el fracturamiento radial, consecuencia del aumento de volumen por la serpentización del olivino, NP. | 119 |
| Figura 92. Comparación entre el diagrama de WAGER, BROWN & WADSWORTH (1960) y la muestra La 627 Br, observándose la textura mesocumulada, NX. | 119 |
| Figura 93. Comparación entre el diagrama de WAGER <i>et al</i> (1960) y la muestra La 538 Br, observándose la textura heterocumulada, NX..... | 121 |
| Figura 94. Ortoconglomerado petromíctico polimíctico en donde se señala clasto de roca gabroide..... | 123 |
| Figura 95. Corte geológico A-A' de la zona de Guacamuco – Las Tinajitas, Siquisique, estado Lara. | 125 |
| Figura 96. Corte geológico B-B' de la zona de Guacamuco – Las Tinajitas, Siquisique, estado Lara. | 126 |
| Figura 97. Corte geológico D-D' de la zona de Puente Limón, estado Lara. | 127 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|--|----|
| Tabla 1. Unidades geológicas encontradas en la zona de estudio..... | 17 |
| Tabla 2. Esquema de las unidades aflorantes en la zona de estudio. | 29 |
| Tabla 3. Abreviatura de los minerales que conforman las diferentes unidades aflorantes en la zona de estudio. Tomado de URBANI & GRANDE (2005). | 30 |
| Tabla 4. Tipos litológicos de la Asociación Ígnea Siquisique. | 33 |
| Tabla 5. Composición mineralógica de la lherzolita..... | 34 |
| Tabla 6. Composición mineralógica de la peridotita piroxénica. | 36 |
| Tabla 7. Composición mineralógica de la Hornblendita protocataclástica..... | 38 |
| Tabla 8. Composición mineralógica de la norita hornblendo piroxénica. | 40 |
| Tabla 9. Composición mineralógica de la Gabronorita. | 42 |
| Tabla 10. Composición mineralógica del gabro olivinífero. | 46 |
| Tabla 11. Composición mineralógica del gabro olivinífero protocataclástico. | 50 |
| Tabla 12. Composición mineralógica del gabro piroxénico. | 53 |
| Tabla 13. Composición mineralógica del gabro protocataclástico. | 55 |
| Tabla 14. Composición mineralógica del microgabro protocataclástico..... | 58 |
| Tabla 15. Composición mineralógica del gabro prehnítico olivinífero protocataclástico. | 59 |
| Tabla 16. Composición mineralógica del gabro prehnítico protocataclástico..... | 61 |
| Tabla 17. Composición mineralógica de la Troctolita protocataclástica..... | 63 |
| Tabla 18. Composición mineralógica de la Diabasa..... | 68 |
| Tabla 19. Mineralogía del Basalto..... | 70 |
| Tabla 20. Composición mineralógica de la Toba gruesa piroxénica..... | 74 |
| Tabla 21. Composición mineralógica de la Toba fina piroxénica..... | 76 |
| Tabla 22. Tipos litológicos de la Asociación Volcanosedimentaria Los Algodones..... | 80 |
| Tabla 23. Composición mineralógica de la Metatonalita. | 89 |

| | |
|--|-----|
| Tabla 24. Tipos litológicos de la Formación Matatere. | 96 |
| Tabla 25. Tipo litológico de la Formación Castillo. | 106 |
| Tabla 26. Tipo litológico de la Formación Capadare..... | 110 |
| Tabla 27. Esquema resumen de las unidades aflorantes en la zona de estudio y sus rocas asociadas. | 133 |

1. INTRODUCCIÓN

1.1. GENERALIDADES

La región de Siquisique se encuentra al noroeste de Barquisimeto en el estado Lara, encontrándose la misma bajo el dominio de un clima árido y con vegetación mayormente xerófila. La hidrografía de la zona es significativamente escasa, observándose un sistema de drenaje intermitente según la época del año que pertenece a la cuenca del Río Tocuyo, siendo este último el principal drenaje de la región.

La región se encuentra en el sistema montañoso Falcón-Lara-Yaracuy, el cual se compone por una serie de sierras de poca elevación y de orientación aproximada este – oeste.

1.2. OBJETIVOS

1.2.1. Objetivos generales

El objetivo principal de este trabajo consiste en la realización del levantamiento geológico de los diferentes cuerpos ígneos y sedimentarios asociados que afloran en una región comprendida en el estado Lara, específicamente al norte de la población de Siquisique y al suroeste de Puente El Limón, en la carretera Lara – Falcón.

1.2.2. Objetivos específicos

- Establecer las unidades geológicas y los contactos que entre ellas existen dentro de la zona de estudio.
- Reforzar la definición de las unidades litológicas a través del análisis petrográfico de muestras recolectadas en campo.
- Proponer un modelo para explicar la evolución geodinámica de estas rocas.
- Elaborar dos mapas geológico-estructurales a escala 1:10.000, donde se presentarán una serie de unidades ígneas y sedimentarias.

Es importante señalar que el presente trabajo, constituye una de las partes que conforman una de las tareas del sub-proyecto B3 (Petrografía y Geología) del proyecto Geodinámica Reciente

del Límite Norte de la Placa Sudamericana (GEODINOS) coordinado por la Fundación Venezolana de Investigaciones Sismológicas (FUNVISIS).

1.3. LOCALIZACIÓN Y EXTENSIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

La zona de estudio posee una extensión de aproximadamente 132 Km². Se encuentra en el estado Lara, cerca de las localidades de Siquisique y El Limón, respectivamente. Tal zona se encuentra en dos secciones, una occidental, correspondiente a la localidad de Siquisique, específicamente entre las coordenadas 10°36'47'' y 10°41'05'' de latitud norte, y 69°37'30'' y 69°43'20'' de longitud oeste, contando con un área aproximada de 90 km²; y una sección oriental, cercana a la localidad de El Limón, específicamente entre las coordenadas 10°39'30'' y 10°42'30'' de latitud norte, y 69°18'40'' y 69°22'30'' de longitud oeste, con un área aproximada de 42 km². Estas secciones se pueden apreciar en las figuras 1 y 2.

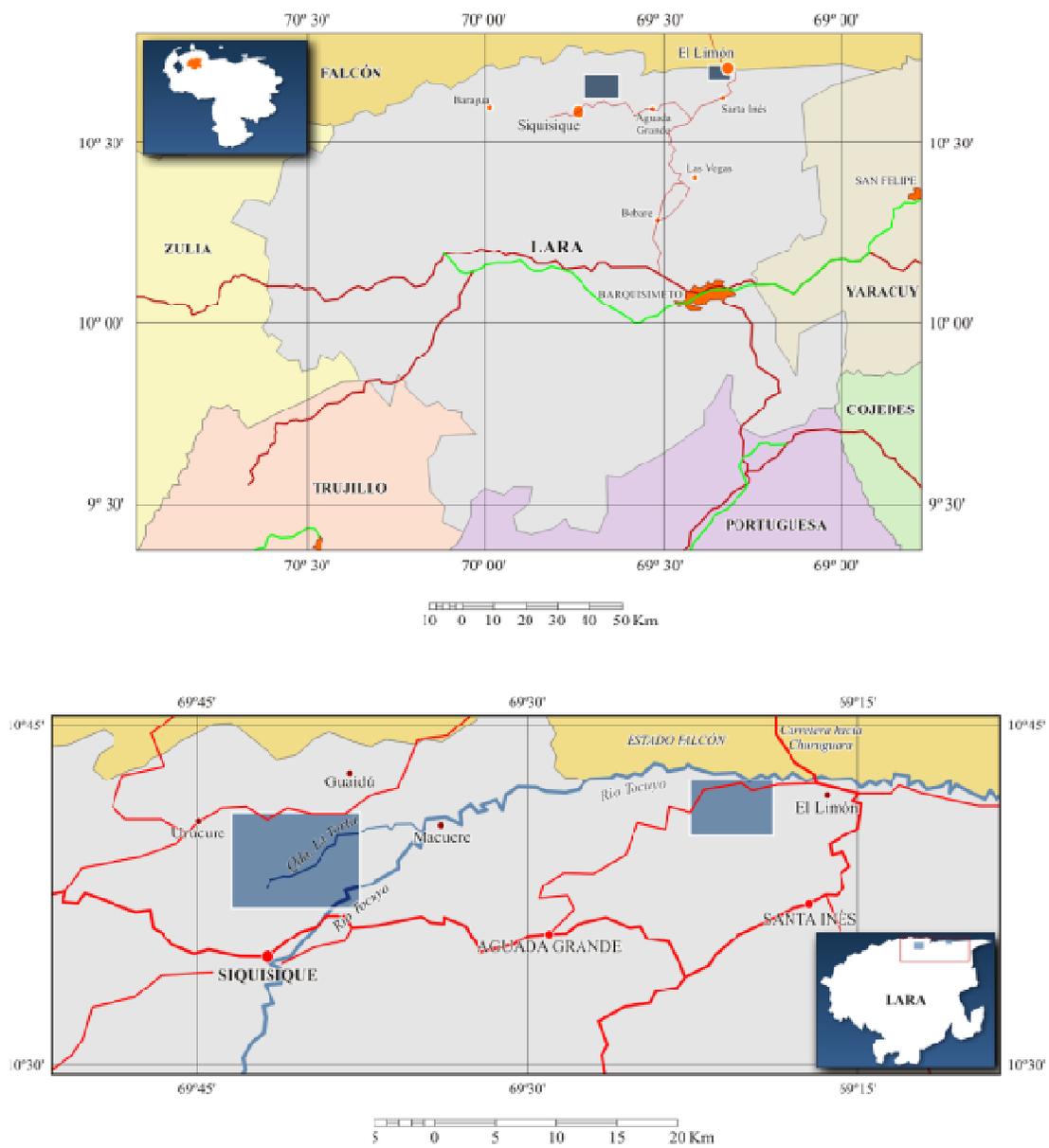


Figura 1. Ubicación de la zona de estudio (rectángulos azules)

1.4. METODOLOGÍA

Inicialmente se visitó el Instituto Geográfico Simón Bolívar para la adquisición de los mapas topográficos a escala 1:25.000 de la zona de Siquisique en el estado Lara (Hojas 6248 II SO “Cuenca media del Río Tocuyo”, 6247 I NO “Río Abajo”). Igualmente se adquirieron las hojas correspondientes a la sección ubicada en las cercanías de la población de El Limón en el estado Lara (Hojas 6348 III SO “Cuenca este del Río Tocuyo”, 6348 III SE “Cuenca este del Río Tocuyo”, 6347 IV NO “Cuenca media del Río Tocuyo” y 6347 IV NE “Cuenca media del Río Tocuyo”).

Se recopilaron una serie de cortes y mapas geológicos, así como informes de trabajos previos en la zona de estudio, entre los cuales se encuentran:

“Geological report of the Siquisique region” (RENZ 1949)

“Geological map of Los Algodones and Las Tinajitas areas” (CIA. SHELL DE VENEZUELA, 1965)

“Igneous rocks of the Siquisique area” (CORONEL & KIEWIET DE JONGE 1957)

“Sistema montañoso del Caribe. Una cordillera alóctona en la parte norte de América del Sur” (BELLIZZIA 1985).

“Evolution geodynamique du domine Caraibe Andes et chaine caraibe sur la transversale de Barquisimeto” (STEPHAN 1985).

“Revisión de las unidades de rocas ígneas y metamórficas de la Cordillera de la Costa, Venezuela” (URBANI 2001).

De los mapas geológicos recopilados es importante señalar que los diversos autores citados tienen una interpretación geológica de la zona significativamente diferente entre ellos. A partir de los trabajos previos, se realizó una descripción de las diferentes unidades geológicas cartografiadas en la zona. Los autores citados establecieron diferentes unidades, incluso diferente número de éstas, sin embargo las descripciones de algunas son equivalentes entre sí.

Al haberse terminado la compilación de la información geológica obtenida, se realizaron varias salidas de campo, durante las cuales se levantó geológicamente la zona de interés.

El trabajo de campo inicialmente estuvo enfocado en el levantamiento geológico de la zona, sin embargo también fue revisada, complementada y/o validada la información de otros autores en las zonas donde existían discrepancias entre ellos, para posteriormente corroborar la información existente en las zonas donde los autores coincidían.

Durante esta etapa se tomaron los datos necesarios para cartografiar posteriormente contactos, unidades geológicas, fallas entre otros datos de interés geológico; igualmente se recolectaron muestras representativas de cada unidad geológica estudiada para su posterior análisis petrográfico en oficina.

Las hojas topográficas que inicialmente se encontraban en escala 1:25.000, fueron ampliadas hasta llevarlas a escala 1:10.000 y se procedió a la digitalización de las mismas; posteriormente se llevó la información geológica obtenida del trabajo de campo, completando algunas zonas con la información de los trabajos previos.

Se realizó el análisis petrográfico de las muestras recolectadas durante las salidas de campo. En este análisis se procedió a clasificar cada tipo litológico utilizando para esto, diversos sistemas de clasificación, a saber:

- Rocas ígneas: STRECKEINSEN (1979)
- Areniscas: FOLK (1968)
- Carbonatos: DUNHAM (1962)
- Conglomerados: PETTIJOHN (1975)

La información obtenida de estos análisis, fue igualmente vaciada en los mapas compilados. Finalmente se generaron dos mapas a escala 1:10.000 con toda la información obtenida durante el Trabajo Especial de Grado.

2. GEOGRAFÍA FÍSICA

2.1. FISIOGRAFÍA Y RELIEVE

El área de estudio, localizada específicamente al norte de la población de Siquisique y al oeste del Puente Limón en la carretera Lara – Falcón (Fig. 2), se caracteriza por tener una topografía de relieves moderados, representada por cerros de altura media, del orden de los 1.000 m s.n.m. Estos tienen una dirección general, suroeste – noreste, paralela a las sierras de Baragua y San Luis.

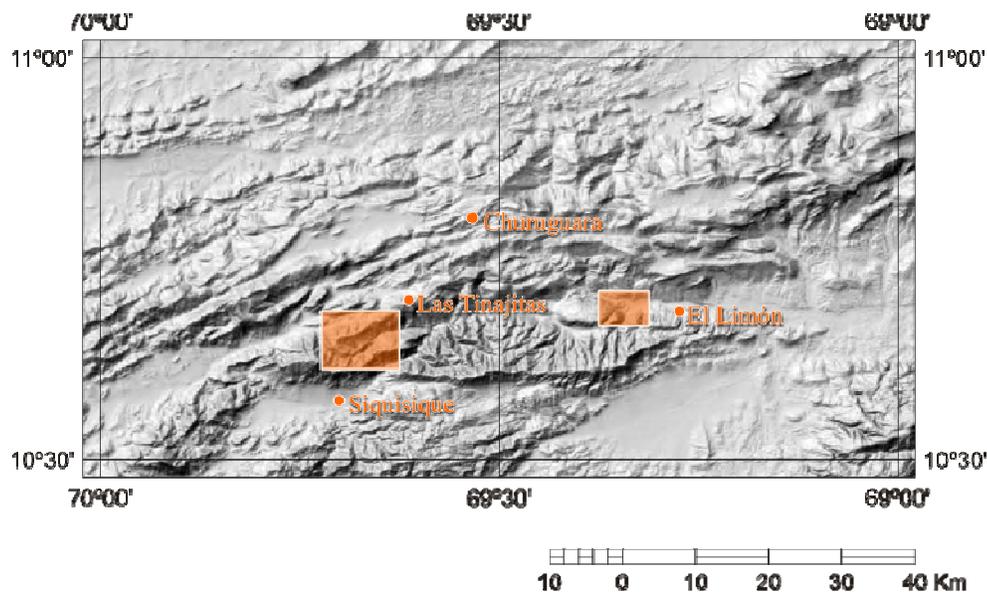


Figura 2. Ubicación de la zona de estudio en el modelo digital de elevación. Tomado de GARRITY *et al.* (2004).

Entre los accidentes orográficos más importantes, se encuentran:

- Cerro Guacamuco (1.365 m s.n.m.), cuya orientación es suroeste – noreste; presenta una geometría irregular, siguiendo una trayectoria sinuosa; la línea de cresta tiende a ser angosta y sinuosa; las laderas son simétricas, siendo la ladera norte la que presenta mayor número de estribaciones.
- Cerro Quiriquere (900 m s.n.m.), presenta un relieve poco escarpado, de geometría irregular, la línea de cresta es redondeada y poco sinuosa, las laderas son asimétricas, presentando mayor inclinación hacia el sur y sus vertientes son disectadas por numerosas quebradas.

- Cerro Tinajitas (900 m s.n.m.), posee una orientación suroeste – noreste, su línea de cresta es ancha e irregular, de laderas asimétricas, con mayor declive hacia el sur.

Hacia la zona de Puente Limón, el relieve se caracteriza por un conjunto de colinas con orientación este – oeste, con alturas que rondan los 500 m. Son de geometría irregular, con laderas asimétricas. Estas colinas tienen su terminación al norte en el valle del río Tocuyo.

2.2. DRENAJE

El drenaje de la zona se caracteriza por tener un patrón dendrítico, constituido principalmente por la Quebrada La Torta (Fig. 3), en este tramo el sentido general del flujo del drenaje es suroeste – noreste, desembocando hacia el este en el Río Tocuyo. Esta quebrada presenta un patrón de meandro, y en toda su extensión desembocan numerosos tributarios de ambos márgenes.

Dichos tributarios provienen de las laderas de los cerros circundantes a la quebrada La Torta, no tienen flujo de agua permanente, sólo en épocas de lluvia, presentándose crecidas violentas y en cortos periodos de tiempo. Se encuentran otras quebradas cuyas cabeceras se encuentran al noroeste de la zona de estudio y drenan hacia una cuenca diferente hacia el norte. Estas poseen un patrón dendrítico e igualmente tienen un flujo de agua intermitente.

En la zona hacia puente Limón, consiste de pequeñas quebradas, con patrón dendrítico, que descienden con flujo leve de agua, hacia la cuenca del río Tocuyo (Fig. 4).

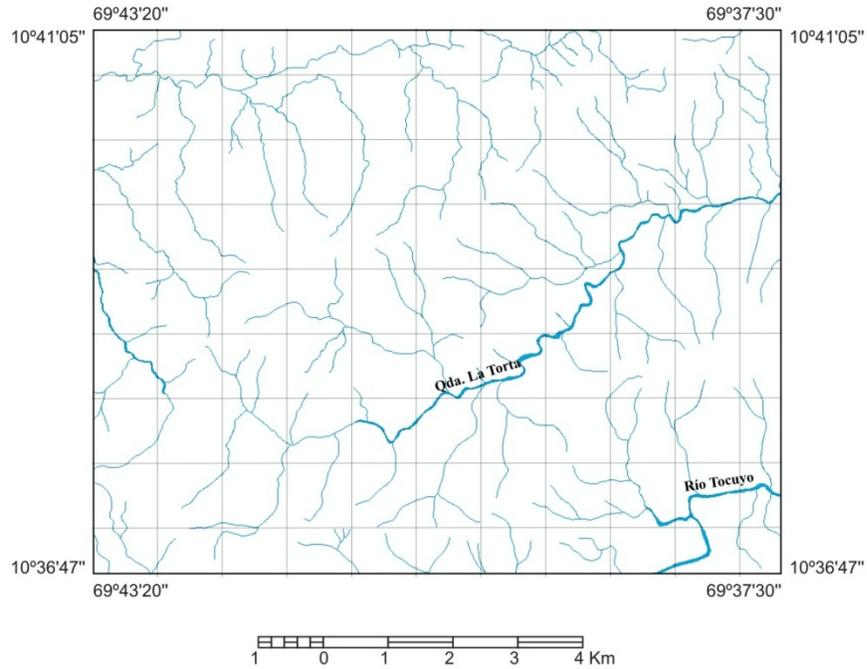


Figura 3. Red de drenajes de la zona de estudio al norte de Siquisique.

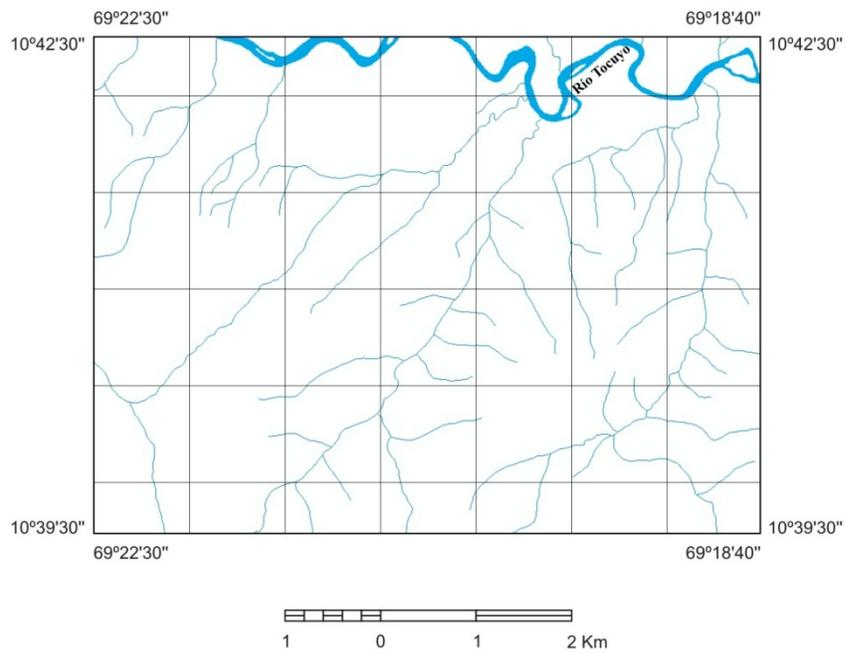


Figura 4. Red de drenajes de la zona de estudio al suroeste de El Limón.

2.3. CLIMA

La zona de estudio posee un clima Semiárido, que se caracteriza por tener un déficit hídrico durante la mayor parte del año, teniendo pluviosidad muy baja y precipitaciones que varían entre 340 a 1.000 mm anuales (COPLANARH 1975).

2.4. VEGETACIÓN

En la zona más occidental, la vegetación es de tipo xerófita. Sobre las rocas cretácicas la vegetación es moderada, encontrándose cactus (*Opuntia caribaea*) y cujíes (*Mimosa cabrera*), mientras que sobre las rocas terciarias la vegetación es más abundante, encontrándose cardones de lefaria (*Lemaireocereus deficiens*) y tunas (*Opuntia ficus-indica*, *Opuntia caribaea*), entre otras (CORONEL 1957).

Hacia la zona más oriental, la vegetación es más del tipo Bosque húmedo tropical.

2.5. GEOMORFOLOGÍA

La zona de estudio presenta diferentes tipos litológicos, los cuales han sufrido los mismos agentes climáticos, dando como consecuencia relieves variados, además es una zona de gran complejidad geológica y fisiográfica, por encontrarse entre dos sistemas montañosos de importancia, como lo son la Cordillera de la Costa y la Cordillera de los Andes de Mérida.

La característica principal de esta zona es la presencia de rocas ígneas, sobrecorridas sobre rocas sedimentarias

En ambas zonas se pueden diferenciar dos unidades geomorfológicas principales (Fig. 5), la de mayor extensión corresponde a la unidad de montañas, mientras que la de menor extensión a la de valles.

Unidad de montañas

Esta unidad presenta diferentes expresiones topográficas que responden, principalmente, al efecto de la erosión diferencial sobre los diversos tipos litológicos que ésta abarca.

En primer lugar se tiene un relieve abrupto, asociado principalmente a las rocas terciarias de la Formación Matatere, la cual, en esta zona, se caracteriza por formar colinas escarpadas, con

crestas y estribaciones angulares y un color de meteorización marrón oscuro. Así mismo presenta numerosas cárcavas consecuencia de las aguas de escorrentía.

Luego se tiene un relieve asociado principalmente a las rocas terciarias de las formaciones Capadare y Castillo, las cuales generan un tipo de relieve mucho más suave, de colinas redondeadas y laderas con pendientes menos escarpadas. Estas rocas se descomponen en cantos tamaño grava y bloques, y meteorizan a colores ocres, en el caso de la Formación Capadare, y rojizos, en el caso de la Formación Castillo.

Finalmente se tiene el relieve asociado a las rocas cretácicas de la unidad ígnea, la Formación La Luna y las unidades volcanosedimentaria y tectónica brechada, las cuales han sufrido procesos de sobrecorrimiento y cizallamiento, presentando un relieve de colinas medianamente abruptas. Estas rocas se encuentran cortadas por la falla principal de la zona, lo cual ha generado ensilladuras de fallas y zonas brechadas.

Unidad de valles

Esta unidad presenta, en la zona al norte de Siquisique, dos tipos diferentes de valles, uno angosto, a lo largo del eje de la Quebrada La Torta y otro más amplio, al norte de la zona de estudio, hacia la localidad de Urucure. El valle más angosto se encuentra cortando principalmente las rocas de las formaciones Matatere y Capadare. A lo largo de este valle se observan sedimentos cuaternarios formando diversas terrazas y conos aluviales. Por otro lado, el valle más amplio corresponde con un pliegue sinforme de la Formación Capadare, evidenciado éste por las trazas que se encuentran en las laderas de las montañas contiguas.

En la zona cercana a El Limón, la unidad de valle se extiende a lo largo del eje del Río Tocuyo, tratándose de un valle angosto que corta las rocas de las formaciones Churuguara y Capadare.

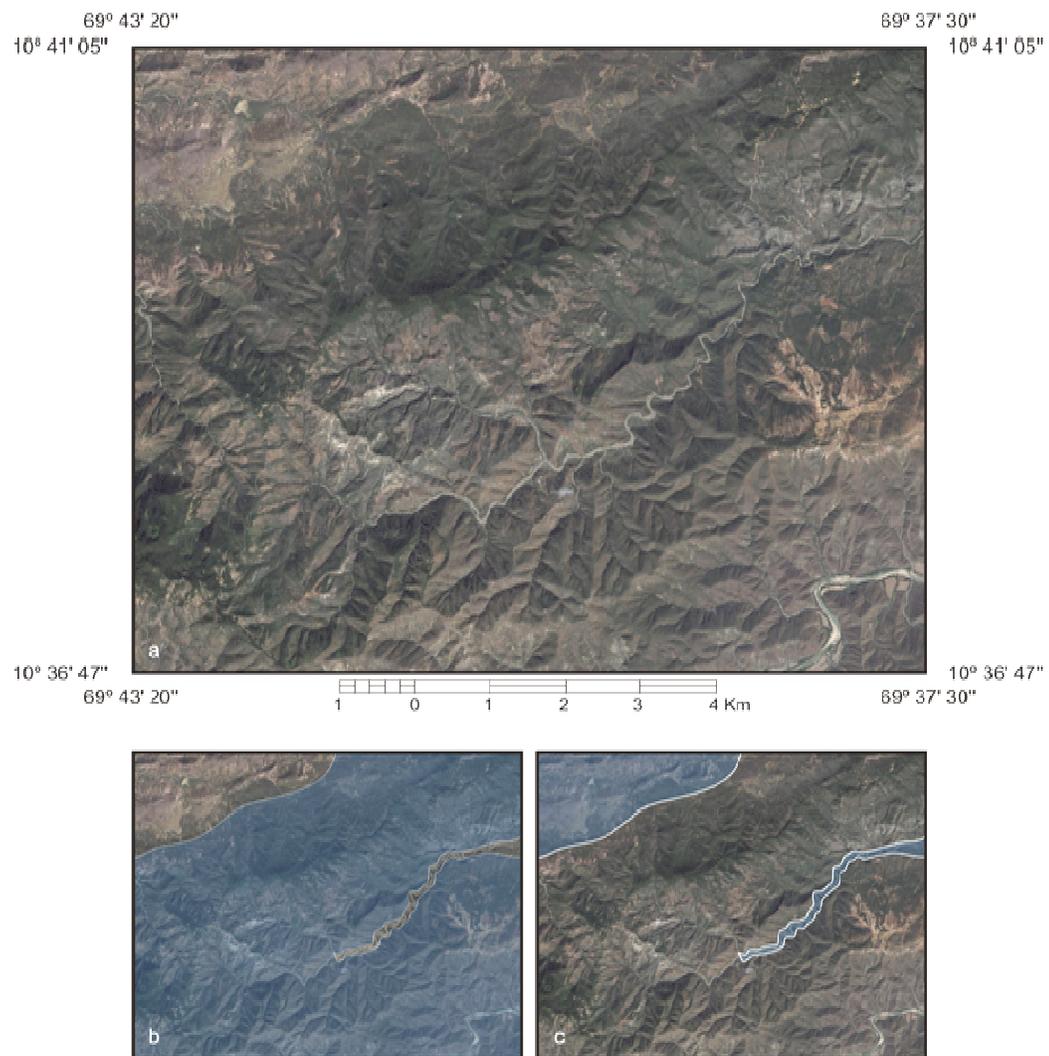


Figura 5. División de unidades geomorfológicas de la zona al norte de Siquisique. a) Vista general, b) Unidad de montañas, c) Unidad de valles. Tomado de Google Earth TM.

3. GEOLOGÍA REGIONAL

3.1. TRABAJOS PREVIOS

Uno de los primeros trabajos realizados en la zona es el del geólogo suizo Dr. Louis Kehrer - Erni de la empresa Caribbean Petroleum Corp. en 1929. Realiza un reconocimiento geológico del norte de Lara. En el texto de su informe fechado en diciembre 1930 (KEHRER 1930), reconoce las rocas ígneas en la zona de Los Algodones. Por presuntas relaciones de campo indica que las rocas ígneas son post-cretácicas.

En 1948 el geólogo suizo Dr. Otto Renz, quien labora para la Venezuelan Oil Transport, subsidiaria del grupo Shell, realiza el levantamiento geológico a escala 1:40.000 de la región comprendida entre Río Tocuyo y Siquisique (RENZ 1949), incluyendo la zona de Yurí y Chorrerón. Cartografía las rocas ígneas y sus rocas cretácicas que corresponden a la actual Formación La Luna y considera que las ígneas son pre-cretácicas.

Con el fin esclarecer la polémica existente acerca de la edad de las rocas intrusivas (gabro y diabasa) de la región de Siquisique – Río Tocuyo, Kiewiet de Jonge realiza un nuevo trabajo de cartografía geológica (KIEWIET DE JONGE 1950) cuya zona de estudio incluye el área de este trabajo. Su trabajo no se considera concluyente, inclinándose más hacia lo propuesto por KEHRER (1930), quien ubicaba a estos cuerpos intrusivos en una edad post cretácica, sin embargo algunos de sus análisis petrográficos apoyaban la idea de RENZ (1949) de que se trataba de rocas intrusivas pre-cretácicas. Algunas de estas evidencias a favor de la idea de una intrusión anterior al Cretácico es haber conseguido fragmentos de diabasa retrabajada en detritos pertenecientes a La Luna.

En continuación a lo anterior, CORONEL & KIEWIET DE JONGE (1957) y CIA. SHELL DE VENEZUELA (1965) realizaron un nuevo estudio. En su informe sobre las rocas ígneas del área de Siquisique, reportan dos tipos diferentes de rocas ígneas. Las intrusivas, cuya composición es de intermedia a ultramáfica, entre las cuales mencionan gabro, hornblendita, norita y diorita; y las extrusivas, de composición máfica, entre las que señalan diabasa y andesita, mostrando localmente estructura de lava almohadillada. Concluyen que las rocas ígneas en cuestión son de edad Cretácico Tardío – Paleoceno, basándose en la ausencia de evidencias de una transgresión cretácica sobre el gabro, específicamente la falta de restos ígneos en sedimentos del Cretácico

Temprano. Además reportan la presencia de guijarros de rocas cretácicas y de chert incrustados en las volcánicas e insinúan que el evento volcánico que les dio origen pudo extenderse hasta el Paleoceno. En este trabajo, proponen que las volcánicas son consecuencia de extrusiones submarinas, sin embargo no descartan la posibilidad de que algunas sean de origen intrusivo como diques.

Dentro de las campañas de geología de superficie de la empresa Creole Petroleum Corporation, la zona de Parapara - Paragüito fue cubierta por las cuadrillas de Ch. C. JEFFERSON JR. (1960). Cartografían a la Formación Misoa / Trujillo (actual Formación Matatere) y dentro de ella cuerpos de la Formación La Luna, también señalan las rocas ígneas tanto de Los Algodones como de Yuri - Tinajitas – Macuere (B.R. NATERA 1957, Mapa geológico Creole, hoja C-5).

BELLIZZIA (1972) propone la inclusión de la unidad ofiolítica desmembrada de Siquisique, que junto a la Asociación Los Algodones conforman la Unidad de Yumare, dentro de la faja Caucagua – El Tinaco. BELLIZZIA & RODRÍGUEZ (1976) proponen designar a esta franja como Napa Caucagua – El Tinaco – Yumare – Siquisique. Posterior a esto, BECK *et al.* (1976) y STEPHAN (1980) designan a la misma secuencia como Napa Tinaco – Tinaquillo. Finalmente, STEPHAN (1981) la designa nuevamente como Napa Caucagua – El Tinaco – Yumare – Siquisique.

STEPHAN (1982) propone una columna idealizada de la secuencia volcanosedimentaria del cretácico (Fig. 6), reconstruida en la localidad de Los Algodones.

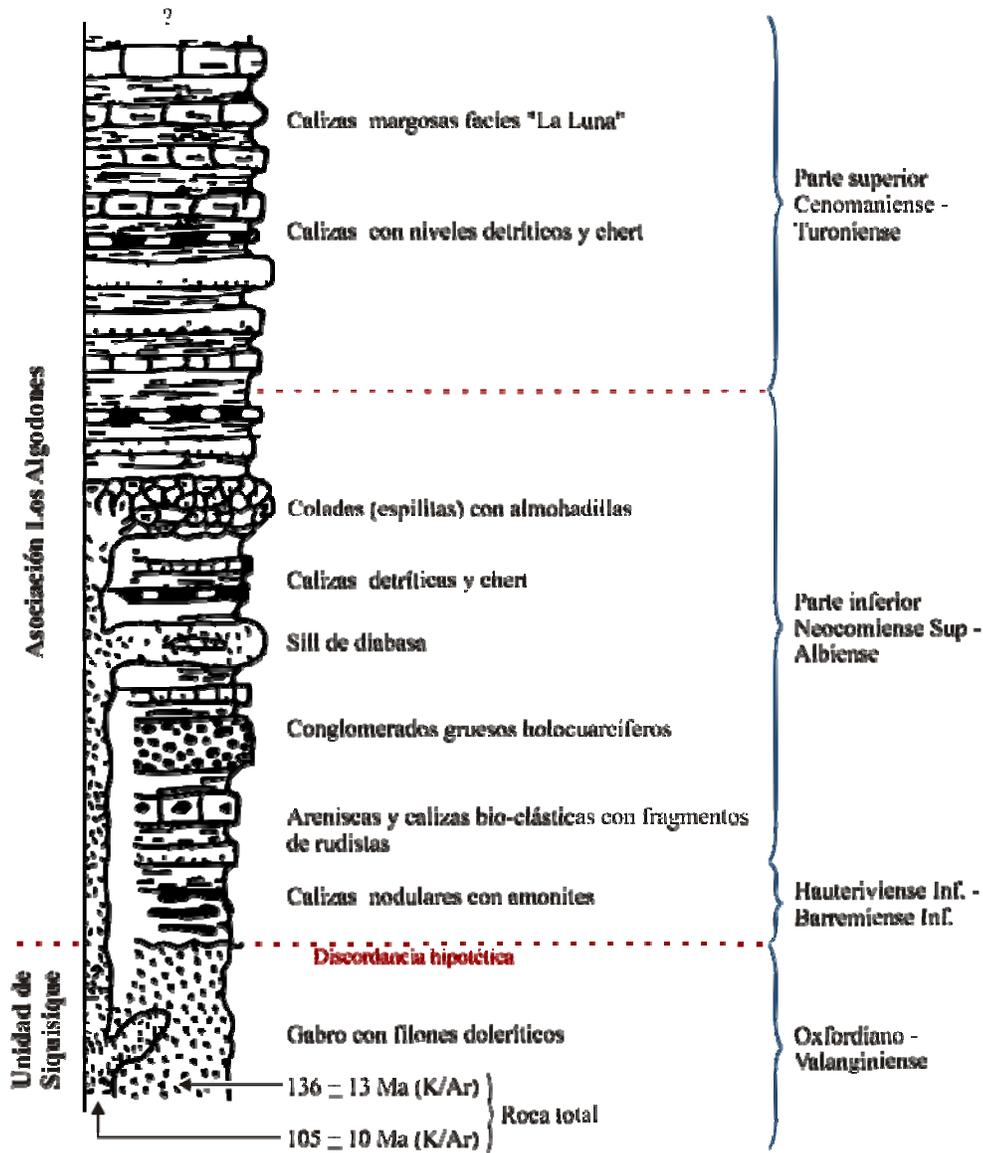


Figura 6. Secuencia volcanosedimentaria del Cretácico reconstruida en Los Algodones.

Tomado de STEPHAN (1982 en BELLIZZIA 1985).

STEPHAN (1985) hace una división de los cuerpos ígneos de la región en dos unidades diferentes, una unidad ofiolítica desmembrada (Jurásico - Cretácico) y una unidad volcanosedimentaria (Cretácico Temprano a Tardío) y las limita al Sur por la Falla de los Algodones. La unidad volcanosedimentaria es descrita como una cobertera discordante al macizo gabroide, señalando así dos episodios magmáticos, uno correspondiente al gabro en el Jurásico Tardío y Cretácico Temprano; mientras que el otro corresponde a la diabasa y el basalto en el Cretácico, específicamente Albiense-Cenomaniense. Este autor agrupa en dos asociaciones a los

afloramientos de la Napa Caucagua-El Tinaco-Yumare-Siquisique, y las ofiolitas jurásicas desmembradas de Siquisique. A la primera la llama “Unidad de Yumare”, constituida por un zócalo pre-mesozoico y una cobertura volcanosedimentaria cretácica y que aflora en la región de Yumare y de Los Algodones. A la segunda la denomina “Unidad Ofiolítica desmembrada de Siquisique” que aflora en el valle del Río Tocuyo y sus afluentes. La unidad de Yumare, en la localidad homónima, según señala este autor, se encuentra constituida por anortosita, granulita básica y gneis cuarzo-feldespático-biotítico. Además de la cobertera sedimentaria aflorante hacia el macizo San Quintín, la cual fue descrita por BELLIZZIA & RODRÍGUEZ (1976) y recientemente por LOZANO & MUSSARI (2007), existe una cobertera sedimentaria cretácica hacia Los Algodones, aflorando de manera dispersa entre Churuguara y Siquisique.

BARTOK *et al.* (1985) se basan en la asociación fosilífera, principalmente molúscos (amonites), encontrada tanto en los sedimentos como en los intersticios de las lavas almohadilladas de la asociación ofiolítica de Siquisique, así como en el carácter cosmopolita de la misma, la cual incluye *?Stephanoceras (Skirroceras) cf. macrum* (Quenstedt), *?Emileia ex gr. multiformis* (Gottsche) *et quenstedti* Westermann y *?Parkisonia* sp. Las muestras estudiadas por estos autores representan las de mayor edad registradas en la zona, asignándole una edad más antigua que la propuesta por STEPHAN (1980) y correspondiente al Jurásico Medio (Bajociense). Estos sedimentos fueron depositados durante la separación de Norte y Suramérica. Esta asociación fosilífera es significativamente similar con las de la Guajira colombiana y la Península de Paraguaná, las cuales son de edad jurásica; además de presentar similitud con asociaciones del Monte de Jura (Europa central) y de los Andes peruanos, chilenos y argentinos. Las similitudes con estos lugares descartan que los sedimentos de la suite ofiolítica de Siquisique sean de edad Jurásico Tardío, mucho menos Cretácico. Existen incluso, fragmentos de amonites con ciertas similitudes a *Parkisonia* (Bajociense – Batoniense); sin embargo estos fragmentos se encuentran mal preservados, siendo imposible clasificarlos con certeza como tales. Por otro lado, no se descarta la posibilidad de que se tratase más bien de una especie nueva con afinidad a la *Parkisonia* europea, puesto que en el área circundante al Océano Pacífico no se conoce la existencia de este género. Esto implicaría que, de confirmarse la afinidad entre estos fósiles, la cuenca en la que se depositaron los sedimentos de la suite ofiolítica de Siquisique tiene conexión tanto con el mar de Tethys como con el Océano Pacífico, indicando además que durante el Jurásico Medio existía una especie de “corredor” que unía a ambos.

Un estudio más reciente (KERR *et al.* 2008) señalan la posibilidad de que la unidad ígnea no corresponda a una ofiolita en el sentido de fragmento de corteza oceánica normal, sino más bien corresponda a una ofiolita donde las rocas máficas se formaron a partir de una pluma mantelar de la meseta (*Plateau*) oceánica del Caribe, de edad Cretácico (90-95 Ma), específicamente entre el Cenomaniense y el Coniaciense, apoyándose en evidencias geoquímicas y de dataciones geocronológicas de Ar-Ar, las cuales son más confiables que las previas de $^{40}\text{K}/^{40}\text{Ar}$.

A continuación se presenta una compilación de las unidades propuestas y descritas en los trabajos previos detallados anteriormente (Tabla 1).

| Unidades | | Siglas | Época | Rocas Asociadas | |
|------------------------------------|---|----------------------------------|------------------------------------|--|---|
| Unidades sedimentarias | | | | | |
| Terrazas Aluviales | | Q2-t | Holoceno | Aluviones | |
| Formación Capadare | | N1-Sm-Cp | Mioceno Medio | Caliza | |
| Formación Castillo | | E3N1-Sc-Ct | Oligoceno - Mioceno Temprano | Conglomerado y arenisca | |
| Formación Matatere | | E1E2-St-Mt | Paleoceno - Eoceno Medio | Arenisca y lutita | |
| SÚPER-ASOCIACIÓN RÍO TOCUYO | Asociación Volcanosedimentaria Los Algodones | Formación La Luna | K2-Sm-Lu | Cretácico Tardío | Caliza y lutita. Concreciones ocasionales y Chert |
| | | Unidad Volcanosedimentaria | K2-VCc-Al | Cretácico Temprano | Conglomerado holocuarífero, Lava almohadillada, caliza tipo Formación Apón, entre otras cosas |
| | | Unidad Tectónica Brechada | K2E2-Mcat-Al | Elementos del Cretácico Temprano emplazados en tiempos post- Eoceno | Se describe como la "suela de corrimiento" de la Unidad Volcanosedimentaria |
| | Unidades ígneas | | | | |
| | Asociación Ígnea Siquisique | Unidad Volcánica e Hipoabisal | K2-iVm-Si - K2-iHi-Si | Cretácico Tardío | Basalto, Diabasa |
| | | Unidad Plutónica | K2-iP-Si | Cretácico Tardío | Gabro |

Tabla 1. Unidades geológicas encontradas en la zona de estudio.

3.2. SÚPER-ASOCIACIÓN RÍO TOCUYO

Esta unidad se encuentra conformada por dos asociaciones que afloran en la zona de estudio. Una de estas es de naturaleza ígnea (Siquisique) y la otra volcanosedimentaria (Los Algodones), ambas del Cretácico.

3.2.1. Asociación ígnea Siquisique

La unidad se encuentra representada por dos tipos litológicos, la Unidad de Volcánicas, que incluye tanto al basalto como a la diabasa y la Unidad de las Plutónicas, que incluye al gabro, eventualmente intrusionado por el basalto de la unidad anterior.

STEPHAN (1982), después de una serie de opiniones dispares respecto a la edad de estas rocas, logra hacer una división de esta asociación en dos unidades, asignándole a una de estas, la conformada por rocas plutónicas, edad Cretácico Temprano, mientras que a la otra, la conformada por rocas hipoabisales y volcánicas, edad Cretácico, específicamente Albiense – Cenomaniense.

No se ha determinado una localidad tipo como tal, pero todas las descripciones previas se refieren a la zona de Los Algodones, por lo tanto ésta debe considerarse como la localidad tipo. Sin embargo existen algunas quebradas en donde se pueden apreciar muy buenos afloramientos en buen estado, como lo es el caso de las quebradas Las Lajas y La Mocha, ambas afluentes de la Quebrada La Torta, que proponemos como secciones de referencia.

Esta unidad se observa también al oeste y al norte de Siquisique, en la zona de Los Algodones, la cuenca de la quebrada La Torta, en los alrededores de la población de Las Tinajitas y en las cercanías de Puente Limón (carretera Barquisimeto - Churuguara).

Unidad Plutónica

STEPHAN (1982) señala que la composición de los gabros es homogénea y que los afloramientos frescos no son comunes. Al microscopio se observa que generalmente se encuentran alterados a pumpellita, clorita, epidoto y calcita. Por la composición mineralógica, estos gabros pueden ser clasificados como troctolitas con textura de cúmulo, formados principalmente por plagioclasa y por diópsido y espinela en menor proporción, presentes como megacristales formando intercúmulos. Existen además otras variedades de gabro, relativamente ricos en sílice. En la periferia de los clinopiroxenos se identificó también un anfíbol de origen

primario, hastingsita magnesio-titanífera-cromífera. Estos cuerpos gabroides se encuentran en contacto netamente tectónico con las volcanosedimentarias definidas más adelante.

Unidad Volcánica e Hipoabisal

Éstas se encuentran en contacto de falla tanto con los cuerpos de gabro como con la secuencia volcanosedimentaria, a diferencia de que en esta última se presenta además en forma de sills. Este tipo litológico se encuentra menos alterado que el de gabro, sin embargo se encuentran espilitizado.

STEPHAN (1982) distingue tres tipos de diabasa, unas relativamente brechada y con textura de pseudo-almohadillas, hacia el oeste, las cuales poseen reliquias recristalizadas de rocas carbonáticas; otra hacia el sur, presentada en forma de diques y que se encuentra atravesando la masa gabroide; finalmente una brecha explosiva con fragmentos de diabasa, roca toleítica y eventuales clastos carbonáticos, el diámetro de estos fragmentos pueden alcanzar hasta los 3 m.

Según las dataciones realizadas por el método $^{40}\text{K}/^{40}\text{Ar}$ (STEPHAN 1982), se distinguieron dos episodios magmáticos, un primero hace 136 ± 15 Ma (Valanginiense - Hauteriviense), correspondiente a la cristalización del gabro y un segundo episodio hace 105 ± 10 Ma (Albiense - Cenomaniense), correspondiente a las lavas.

STEPHAN (1982) cita el método de la microsonda de electrones, utilizado por D. Girard y el cual, por medio del estudio del clinopiroxeno presente, es este caso augita, permitió ubicar esta roca en el campo del basalto anorogénico, no alcalino, intraplacas, del tipo continental u oceánico. Esto concuerda con los resultados obtenidos a partir de elementos trazas de LOUBET *et al.* (1985) quienes ubican a esta roca en el campo de la toleita oceánica, a pesar de que la posición de STEPHAN (1982) y BELLIZZIA (1984) consideran este magmatismo como continental, al igual que las lavas asociadas a la napa de Caucagua – El Tinaco – Yumare – Siquisique.

Posteriormente, GIUNTA (2000), basado en nuevos datos obtenidos de análisis tanto petrológicos como geoquímicos, afirman la afinidad del basalto de la zona con basaltos de dorsales centro-oceánicas (MORB, por sus siglas en inglés). Los rasgos químicos junto a un característico orden de cristalización, en donde las plagioclasas cristalizan antes que los clinopiroxenos, tanto en rocas intrusivas como extrusivas, sugieren la similitud con los basaltos

de dorsales centro-oceánicas y con los de mesetas oceánicas. Los olistolitos de basalto de Siquisique muestran una clara afinidad petrológica con los MORB, pudiéndose considerar equivalentes a los de la Unidad de Loma de Hierro, tal como lo propone BELLIZZIA (1986).

MARTÍNEZ & VALLETTA (2008) encontraron olistolitos de diabasa perteneciente a esta unidad, dentro de la Formación Matatere, como consecuencia de las napas generadas por el paso de la placa Caribe por el borde norte de Suramérica, generando altos topográficos que proveyeron sedimentos a la cuenca antepaís en donde se depositó Matatere (STEPHAN 1982).

Recientemente, KERR *et al.* (2008), por medio de datación geocronológica Ar-Ar a los gabros y diabasas, determinó una edad cretácica (90-95 Ma) para estos episodios magmáticos, lo que corresponde a los pisos Cenomaniense y Coniaciense, con afinidad de basalto de meseta (plateau) oceánica.

3.2.2. Asociación Volcanosedimentaria Los Algodones

Se encuentra representada por tres tipos litológicos, una unidad estructural o “suela de corrimiento”, una volcanosedimentaria y la Formación La Luna.

Estas rocas fueron atribuidas por STEPHAN (1985) a la Unidad de Yumare, en donde LOZANO & MUSSARI (2007) la cartografían en contacto de falla con las ígneas; además, se encuentran afloramientos aislados en la zona de Los Algodones y en toda la región comprendida entre Siquisique y Churuguara, especialmente a lo largo del río Tocuyo y sus tributarios en el margen norte, como lo es el caso de la quebrada La Torta.

STEPHAN (1982) definió una franja de roca cizallada, correspondiente a la “suela de corrimiento” de la unidad volcanosedimentaria que le sigue. Esta suela presenta un aspecto triturado y esquistoso y está caracterizada por pelitas cizalladas con abundantes olistolitos de chert negro finamente laminados, lava maciza almohadillada, arenisca micácea – feldespática y dos tipos de conglomerado, uno compuesto por cuarzo y chert y otro compuesto únicamente por cuarzo lechoso (conglomerado holocuarcífero). Esta unidad se encuentra en contacto tectónico tanto con la Formación Matatere, al sureste, como con las volcanosedimentarias que afloran en el Cerro Regal, al noroeste. Este autor señala que es posible que esta secuencia represente una fase

tectónica de la unidad volcanosedimentaria inferior o un evento tectónico-sedimentario que provocó una resedimentación de dicha unidad durante la fase de corrimiento.

El contacto tectónico que esta unidad presenta con la Formación Matatere, ha causado que en esta última se encuentran olistolitos de diabasa, pertenecientes a la unidad volcanosedimentaria, además de los de la unidad volcánica e hipoabisal de la Asociación Ígnea Siquisique (MARTÍNEZ & VALLETTA 2008).

Por encima de la suela de corrimiento se encuentra la unidad volcanosedimentaria (STEPHAN, 1982), constituida por caliza, chert, arenisca micácea, coladas basálticas almohadilladas con estructura micro-dolerítica y cuya plagioclasa se encuentra muy albitizada, sills de diabasa, filita, detritos carbonáticos, caliza micrítica con globigerinas, radiolarios, conglomerado con fragmentos de ftanita, granito, gneis, esquisto micáceo, riolita y riodacita, conglomerado holocuarcífero y conglomerado de cuarzo y chert.

La fauna hallada en esta unidad fue estudiada, identificándose dos grupos distintos separados crono-estratigráficamente (THIELUOY 1982), uno correspondiente al Barremiense Temprano, el cual contiene *Pedioceras caquesense*, *Pedioceras* cf. *apollinaria*, "*Falloticerias*" cf. *fallociosum*, *Paraspiticerias depressum*, y *Crioceratites* sp. y el otro correspondiente al Hauteriviense Temprano, en el que se encontraron *Olcostephanus* sp. ind. juv. *Rogersites* ? sp., *Acantholissonia* sp., "*Pseudofabrella*" cf. *colombiana*.

Suprayacente a esta unidad, se encuentra la Formación La Luna, compuesta por caliza y lutita calcárea, generalmente fétida debido al alto contenido de materia orgánica en ella. Estas rocas se encuentran estratificadas y laminadas en capas que van desde 1 a 50 cm, son densas y de color gris oscuro a negro. Con frecuencia se observan vetas, nódulos y delgadas capas de ftanita negra. A pesar de que algunas características típicas de la Formación son el olor a petróleo y las concreciones, que a veces alcanza hasta los 80 cm de diámetro, en la región de estudio se presenta comúnmente sin estas características típicas, aunque eventualmente se consiguen pequeñas cavidades con petróleo seco, algunas concreciones y, a veces, con olor a materia orgánica descompuesta.

En esta secuencia se han hallado amonites típicos de esta formación de edad Cenomaniense-Turonense-Coniacense. Además, se observan niveles ricos en foraminíferos de los géneros *Hedbergella* y *Rotalipora* en menor proporción. Existen zonas en la cual se observan abundantes radiolarios.

3.3. UNIDADES SEDIMENTARIAS

En el área de estudio, suprayacente a la Súper-Asociación descrita anteriormente, se encuentra una serie de cuatro unidades sedimentarias, a saber: las formaciones Matatere, Capadare, Castillo y sedimentos cuaternarios.

3.3.1. Formación Matatere

El nombre de esta formación fue propuesto por BELLIZZIA & RODRÍGUEZ (1966, 1967), asignándosele a una secuencia turbidítica, en la cual además se observaban algunos niveles de peñones, sedimentos del terciario en facies “flysch” y parte de la Formación Morán.

A pesar de que la Formación recibe su nombre de la Quebrada Matatere, no es en ésta en donde se encuentra su localidad tipo, encontrándose los afloramientos más representativos en ciertas quebradas que drenan las serranías de Matatere y Parupano, al norte del estado Lara.

La Formación Matatere se describe como una secuencia turbidítica de gran espesor, aproximadamente 3 km, depositada en gran parte debido a corrientes de turbidez, bajo condiciones sedimentarias semejantes a las facies “flysch” europeas. La presencia de olistostromos de rocas metamórficas y volcánicas en esta formación, sugiere levantamiento epirogénico de las áreas limítrofes del surco de Barquisimeto, en donde abundan grandes espesores de turbiditas asociadas a fenómenos de deslizamiento submarino por efectos gravitatorios. A pesar de que la lutita de esta formación es poco fosilífera, se identificaron *Cribrostomoides trinitatensis*, *Cyclammina elegans*, *Glomospira* sp. y *Haplophragweides excavata*, atribuyéndole una edad Paleoceno – Eoceno.

En esta secuencia turbidítica, la arenisca por lo general se encuentra en capas delgadas, alcanzando sólo a veces espesores mayores a dos metros y ocupando entre el 25% y el 35% del volumen de la secuencia. Esta roca es de color gris verdoso o marrón y su meteorización presenta la típica apariencia “sal y pimienta”.

La arenisca es de grano medio, escogimiento pobre y composición impura y variable, lo que la lleva desde lítica hasta feldespática, encontrándose entre otras cosas, cuarzo, feldespato y fragmentos líticos. Entre estos fragmentos se consigue caliza, filita, esquisto, cuarcita, lutita, gneis, así como rocas volcánicas que, a pesar de hallarse con menos frecuencia, la proporción de las mismas aumenta hacia el norte, por lo cual se encuentra un porcentaje muy alto en la región sur de Siquisique, por lo que las rocas en cuestión pasan a ser, de areniscas feldespáticas a grauvacas (STEPHAN 1982). Este autor utiliza el término “Formación Matatere III” para referirse a una unidad psammo-pelítica y conglomerática hallada hacia el norte, cerca de las “ofiolitas” de Siquisique, sobrecorrida tanto por éstas como por la unidad de Yumare. Esta unidad corresponde más con una típica secuencia flysch arenácea en donde se observa una alternancia rítmica de subgrauvaca y lutita, intercaladas con brechas y microbrechas sedimentarias. La fauna encontrada en los olistolitos y en las capas de caliza de esta unidad, que incluye *Fabiania* sp., *Amphistegina lopeztrigoi*, *Discocyclina* sp. y *Sphaerogypsina* sp., permiten una datación Eoceno Temprano – Eoceno Medio.

La granulometría, igualmente variable, produce algunos niveles de arenisca conglomerática, incluso conglomerados líticos. La matriz, que por lo general es arcillosa y a veces calcárea, conforma entre el 10% y el 25% de volumen de la roca. Como es característico en las secuencias turbidíticas, en la arenisca se pueden observar huellas de base, perdigones de arcilla, láminas y escamas de filitas y lutitas.

La lutita de esta secuencia turbidítica se encuentran irregularmente estratificadas y suelen ser limolíticas o arenáceas; debido a su sistema de fracturas y “clivaje”, la fragmentación de éstas se produce de forma astillosa. En estado fresco son negras y meteorizan a marrón o a colores verdosos.

En la Formación Matatere se puede conseguir bloques de las formaciones Barquisimeto y La Luna, además de arenisca, rocas graníticas y gnéicas y en la región de Siquisique se pueden conseguir incluso bloques de rocas volcánicas máficas. Los tamaños de estos bloques varían desde peñones hasta bloques de gran tamaño y su abundancia es igualmente variable, encontrándose varios horizontes de bloques.

3.3.2. Formación Castillo

WHEELER (1960) fue quién introdujo por primera vez el nombre y la descripción de esta formación. La localidad tipo es el cerro Castillo, a 27 km al sur de Dabajuro, en el distrito Buchivacoa, estado Falcón; sin embargo el mismo autor menciona otra sección que aflora en cerro Frío, 5 km al este de cerro Castillo. WHEELER (1960) caracteriza esta formación por una secuencia litológica altamente variable, tanto lateral como verticalmente, así como por la presencia de gruesas capas de arenisca y conglomerado, especialmente hacia el tope.

Hacia la base de la Formación se observa la presencia de limolita y lutita, de color gris, compactas y masivas. La lutita es físil, de color marrón oscuro, carbonácea, con delgadas capas de carbón. La arenisca es de grano medio a grueso, presenta estratificación cruzada y forma capas de uno a cuarenta metros de espesor.

La arenisca de la parte superior es similar a la de la parte inferior, sin embargo en ella se encuentran lentes de conglomerado con guijarros de cuarzo blanco, cuarzo ahumado y de arenisca carbonática, cementado por lo general por óxidos de hierro. La limolita y lutita de la parte superior de la Formación Castillo son arenosas, localmente carbonáceas, de color variable entre gris, amarillo, rojo y púrpura.

Estas características varían ligeramente hacia el centro de la cuenca, en donde los espesores y la granulometría de la arenisca disminuyen, volviéndose escasas las capas que superan los dos metros de espesor, haciéndose éstas de grano más fino y de colores más oscuros. En cuanto a la lutita, los colores de la misma se hacen igualmente más oscuros, son localmente limosas, carbonáceas y ocasionalmente se encuentran intercalaciones de lignito y de calizas arenosas de color oscuro con espesores de hasta un metro.

La Formación Castillo tiene espesores variables a lo largo de su extensión (WHEELER 1960). Hacia el noroeste presenta los menores espesores, disminuyendo hasta acunarse totalmente y alcanzando su máximo espesor en el área de cerro Frío, en donde llega a medir más de 1.477 m.

Este autor indica la presencia de una alta cantidad de macroforaminíferos, foraminíferos béticos y moluscos fósiles del Oligoceno en la sección tipo de la formación y hacia el borde sur de la cuenca, señala nuevamente altas cantidades de fósiles del Mioceno Temprano.

La edad y el ambiente sedimentario de esta formación fue establecida en base a la microflora presente (LORENTE 1986), en la cual fue identificada la zona de *Magnastriatites cicatricosporites dorogensis*, de edad Oligoceno, en base al contenido de esporomorfos en los niveles inferiores y la zona de *Verrutricolporites*, de edad Mioceno Temprano, en los niveles superiores de la formación. LORENTE (1986) identifica además dos conjuntos de palinomorfos, diferenciados por la riqueza en especies y ejemplares.

3.3.3. Formación Capadare

WIEDENMAYER (1924) utilizó por primera vez el nombre Serie Capadare para referirse a una compleja secuencia de unidades litoestratigráficas con edad Mioceno – Plioceno, hallada en Falcón oriental y en donde incluye además la Caliza de Capadare. El autor la describió como una caliza arrecifal de colores claros que forman farallones abruptos.

LIDDLE (1928) reconoce el rango formacional de esta serie, introduciendo el nombre de Formación Capadare, en donde igualmente se incluye la Caliza de Capadare, sin embargo en las dos primeras ediciones del Léxico Estratigráfico de Venezuela siguió con el rango inferior de Caliza de Capadare. A pesar de esto, diversos autores que han trabajado en la zona, han preferido utilizar el rango formacional.

SENN (1935) trabajó en los cerros Agua Linda, Riecito y Misión. En su trabajo reporta que la Formación Capadare presenta un espesor de 135 m. Igualmente señala que el fósil más común es *Amphistegina* sp., un foraminífero que se encuentra a partir de la parte media de la formación en adelante. Le asigna a esta formación una edad de Mioceno Medio.

Esta unidad fue correlacionada con el Miembro Huso de la Formación Pozón del Grupo Agua Salada (RENN 1948), el cual está situado en la zona de *Robulus senni*, por lo que le asigna una edad de Mioceno Medio, específicamente Helvetiense. Este autor, basado en consideraciones geológicas regionales de la cuenca de Falcón, indicó que el ambiente de depositación de las facies carbonáticas de esta formación corresponde a mar somero.

BELLIZZIA & RODRÍGUEZ (1976) justifican emplear el término “Formación” dadas sus características litológicas cartografiadas. El CIEN (1987) reconoce su rango formacional debido a su continuo uso, su importancia económica y su carácter litológico y geomorfológico

cartografiable, hallándose su localidad tipo en el cerro Capadare en el estado Falcón y asignándosele secciones de referencia en los cerros Chichiriviche, Mirímir, Jacura y Guaidima.

En el camino que va desde Camachima a El Cayude, en el cerro Capadare, LORENTE (1978) describe una secuencia que empieza con un intervalo de biocalcirudita porosa con fragmentos de conchas; seguida de biocalcirudita con fragmentos de madrigueras tipo *Thalassinoides* y equinoides, cantidad que disminuye en el siguiente intervalo; sobre éste se encuentra un intervalo de calcarenita porosa y luego uno de caliza formada por fragmentos y conchas completas de bivalvos; siguen varios intervalos de calizas bioclásticas porosas con ocasionales intervalos donde abundan *Thalassinoides* y otros donde predominan conchas de bivalvos; finalmente se encuentra una capa formada por conchas de ostreidos. Los colores de esta secuencia son tonalidades de mostaza, meteorizando a colores claros, blanquecinos o crema. Esta secuencia presentaba un espesor de 190 metros.

Posteriormente fueron publicadas dos columnas estratigráficas incompletas de la Formación Capadare (GONZÁLEZ DE JUANA *et al.* 1980) en donde se señalan yacimientos de fosfato en la parte media y superior de la Formación, lo que le da importancia económica a la misma. A pesar de que la Formación Capadare se encuentra generalmente expuesta a la erosión y no la recubre ninguna otra unidad estratigráfica, GONZÁLEZ DE JUANA *et al.* (1980) mencionan un contacto superior concordante y transicional diacrónico con la Formación Ojo de Agua.

DÍAZ DE GAMERO (1985) la describe como una caliza de color claro, compuesta principalmente por algas, con foraminíferos y fragmentos bioclásticos diversos, horizontes localizados en donde abundan equinoides irregulares del tipo *Clypeaster*. El espesor señalado por este autor es variable, encontrándose entre 150 y 300 m y señala un contacto transicional de lutitas moderadamente carbonáticas a muy carbonáticas y calizas en varias localidades al este del río Hueque. Esta autora le asigna a la Formación Capadare una edad de Mioceno medio, al igual que autores previos e indica que fue el resultado de desarrollos carbonáticos aislados, sin influencia de la costa ni del continente, en mar abierto, de aguas claras, moderada energía, buena oxigenación y de clima tropical.

LAMUS *et al.* (1989) estudiaron una sección en el cerro Chichiriviche. Los tres primeros metros de la base de esta sección, están compuestos por una secuencia de arena limosa, cuarzosa y

micácea, intercalada con delgadas capas y lentes de caliza. Por encima de esta secuencia se encuentran 35 m de una caliza dolomítica, de color blanquecino, grano muy fino, densa, compacta y mal estratificada. Le sigue un paquete de 62 m de espesor de caliza arrecifal, de color crema, densa, brechoide, de textura sacaroidea que hacia el tope se hace muy fosilífera y en donde, localmente, se encuentra reemplazamiento fosfático. A continuación se encuentra una roca fosfática de 38 m de espesor promedio, de colores variables entre violeta y marrón parduzco, cuarzosa y conglomerática hacia la base y fosilífera hacia el tope, seguida por una roca similar, más arenosa, de color marrón claro a pardo amarillento, que finaliza la secuencia que, según los autores, posee un espesor de 144 m.

Estos últimos niveles fosfáticos concuerdan con los yacimientos señalados en las columnas publicadas por GONZÁLEZ DE JUANA *et al.* (1980) y mencionadas anteriormente. Al igual que SENN (1935), Lamus menciona la presencia de *Amphistegina* sp. en la parte media y superior de la Formación.

La Formación Capadare aflora como bancos carbonáticos y complejos arrecifales originando un relieve cárstico, característico de las masas carbonáticas. Estos afloramientos se encuentran separados en los distritos Acosta y Silva del estado Falcón, así como al norte de la población de Siquisique.

3.3.4. Unidades cuaternarias

En la zona de estudio, especialmente a lo largo de la quebrada La Torta, se encuentra una cubierta sedimentaria compuesta por sedimentos granulares sueltos, que comprenden al aluvión reciente, aluvión antiguo, terrazas y depósitos piemontinos (BELLIZZIA & RODRÍGUEZ 1976).

El aluvión reciente, en el cual se consiguen sedimentos tamaño grava, arena, limo y arcilla, se extiende en las zonas topográficamente bajas y que por ende son inundables, que ocupan las partes centrales a lo largo de los valles. El aluvión antiguo tiene composición litológica similar y cubre la mayor parte del área de los valles. Los depósitos de terraza, observados a los lados del eje de las quebradas, consisten en gravas gruesas mal escogidas con cantidades variables de arena, limo y arcilla, eventual y ligeramente estratificadas. Los depósitos piemontinos (peñones, gravas, arenas, limos, arcillas, ocasionalmente con débil estratificación) se distribuyen irregularmente en las laderas de las colinas.

4. GEOLOGÍA LOCAL

4.1. GENERALIDADES

En el área de estudio afloran principalmente rocas ígneas y sedimentarias, encontrándose ocasionalmente rocas metamórficas. Las unidades a las que pertenecen estos afloramientos se encuentran en gran parte cubiertas por depósitos cuaternarios. La disposición de estas rocas y depósitos sedimentarios se describe a continuación.

Los cuerpos ígneos se encuentran emplazados como una banda con orientación aproximada SW-NE, en la sierra ubicada al norte de la Quebrada La Torta. Estos cuerpos se encuentran rodeados e interdigitados por cuerpos de rocas sedimentarias, tales como las formaciones Capadare, Castillo, Matatere y La Luna. Se tratan, de manera general, de basalto, diabasa y gabro, predominando éste.

La Formación La Luna se encuentra aflorando en lentes y *klippes* a lo largo de la zona de estudio e igualmente en forma de banda con orientación pseudoparalela a la de los cuerpos ígneos. Esta formación se presenta de dos maneras, una de aspecto lajoso, perfectamente laminada y otra de aspecto brechado.

La Formación Matatere se encuentra alrededor de la mayoría de los cuerpos ígneos y algunos de la Formación La Luna, dominando la zona sur del área de estudio. Se presenta como la típica secuencia flysch monótona, sin embargo, eventualmente se consiguen ciertas excepciones, como capas de carbón, areniscas diferentes a las de la secuencia flysch.

La Formación Castillo es, de las sedimentarias, la formación menos frecuente en la zona. Se encuentra aflorando en un pequeño cuerpo en la región septentrional del área de interés y en una banda cuya orientación es igualmente SO-NE, ubicada en el cuadrante noroeste del área en estudio.

El levantamiento de la zona de interés se hizo principalmente recorriendo el sistema de drenaje de la misma, por lo que a lo largo de la Quebrada La Torta, y en los primeros metros de las quebradas que desembocan en ella, se encontraron depósitos sedimentarios, a entender, aluvión y terrazas aluviales.

La tabla 2 es un esquema en donde se muestran de forma jerárquica, todas las unidades que serán descritas más adelante.

| Unidades | | Siglas | Época | Rocas Asociadas | |
|------------------------------------|---|----------------------------------|------------------------------------|--|---|
| Unidades sedimentarias | | | | | |
| Terrazas Aluviales | | Q2-t | Holoceno | Aluviones | |
| Formación Capadare | | N1-Sm-Cp | Mioceno Medio | Caliza | |
| Formación Castillo | | E3N1-Sc-Ct | Oligoceno - Mioceno Temprano | Conglomerado y arenisca | |
| Formación Matatere | | E1E2-St-Mt | Paleoceno - Eoceno Medio | Arenisca y lutita | |
| SÚPER-ASOCIACIÓN RÍO TOCUYO | Asociación Volcanosedimentaria Los Algodones | Formación La Luna | K2-Sm-Lu | Cretácico Tardío | Caliza y lutita. Concreciones ocasionales y Chert |
| | | Unidad Volcanosedimentaria | K2-VCc-Al | Cretácico Temprano | Conglomerado holocuarífero, Lava almohadillada, caliza tipo Formación Apón, entre otras cosas |
| | | Unidad Tectónica Brechada | K2E2-Mcat-Al | Elementos del Cretácico Temprano emplazados en tiempos post- Eoceno | Se describe como la "suela de corrimiento" de la Unidad Volcanosedimentaria |
| | Unidades ígneas | | | | |
| | Asociación Ígnea Siquisique | Unidad Volcánica e Hipoabisal | K2-iVm-Si - K2-iHi-Si | Cretácico Tardío | Basalto, Diabasa |
| | | Unidad Plutónica | K2-iP-Si | Cretácico Tardío | Gabro |

Tabla 2. Esquema de las unidades aflorantes en la zona de estudio.

Las unidades que afloran en la zona de estudio presentan diferentes tipos litológicos, compuestos a su vez por los minerales cuya abreviatura se presenta en la tabla 3.

| Mineral | Abreviatura | Mineral | Abreviatura |
|---------------|-------------|-------------------|-------------|
| Anfíbol | Amp | Feldespatos K | Kfs |
| Antigorita | Atg | Muscovita | Ms |
| Biotita | Bt | Olivino | Ol |
| Chert | | Ortopiroxeno | Opx |
| Circón | Zrn | Ortosa | Or |
| Clinopiroxeno | Cpx | Plagioclasa | Pl |
| Clorita | Chl | Prehnita | Prh |
| Cuarzo | Qtz | Sericita | |
| Diópsido | Di | Serpentina | Srp |
| Enstatita | En | Titanita (Esfena) | Ttn |
| Epidoto | Ep | | |

Tabla 3. Abreviaturas de los minerales que conforman las diferentes unidades aflorantes en la zona de estudio y que se utilizaron en las tablas petrográficas. Tomado de URBANI & GRANDE (2005).

4.2. SÚPER ASOCIACIÓN RÍO TOCUYO

Esta unidad se encuentra conformada por dos asociaciones, las cuales se encuentran sobrecorridas por encima de las formaciones sedimentarias del Terciario, detalladas más adelante. Este cabalgamiento, asociado frecuentemente a la napa de Caucagua – El Tinaco – Yumare – Siquisique (STEPHAN 1985), ha dejado *klippes* debido a la erosión del material emplazado.

4.2.1. Asociación Ígnea Siquisique

Extensión

En la zona al norte de Siquisique, esta asociación se extiende en forma de lengua, más gruesa hacia la esquina N-E y adelgazándose hacia el centro del área de estudio. Se encuentran además dos cuerpos de menor extensión próximos al extremo más angosto del cuerpo mayor. En la zona cercana a la población de El Limón, se encuentra en tres cuerpos diferentes, uno grande en forma de “triángulo” hacia el centro de la zona y dos de pequeños, uno al suroeste y otro al noreste del cuerpo de mayor extensión (Fig. 7).

Los afloramientos pertenecientes a esta asociación se encuentran, en su mayoría, en la margen norte de la quebrada La Torta, específicamente en las quebradas Las Lajas, La Mocha, El Muerto,

en las localidades de Brisas de Urdaneta y en las carreteras que conducen hacia Las Tinajitas y Cogoyal. Hacia la zona de Puente Limón, en la Carretera Lara – Falcón, estas rocas se pueden observar en las quebradas Las Mamas y Canillón.

La extensión de esta unidad es de aproximadamente 7,73 km², lo que representa cerca del 7% de la zona de estudio.

Contactos

La Asociación Ígnea Siquisique se encuentra en contacto de falla con el resto de las unidades aflorantes en la zona de estudio. En la zona al norte de Siquisique, el cuerpo de mayor extensión se encuentra limitada al norte por las formaciones La Luna y Capadare, al oeste y al sur por la Formación Matatere y localmente por una pequeña cuña de la Formación La Luna y un cuerpo de la Formación Capadare. Por otro lado, en la zona cercana a El Limón, el cuerpo de mayor extensión se encuentra limitado por las formaciones Capadare (al norte) y Matatere (al sur), el cuerpo pequeño al suroeste se encuentra limitado por la Formación Matatere al norte y sur, mientras que al este y oeste se encuentra en contacto con la Formación Capadare; finalmente el cuerpo pequeño al este de la zona se encuentra limitado principalmente por la Formación Capadare, a excepción de un pequeño tramo al sur en el cual se encuentra en contacto con la Formación La Luna.

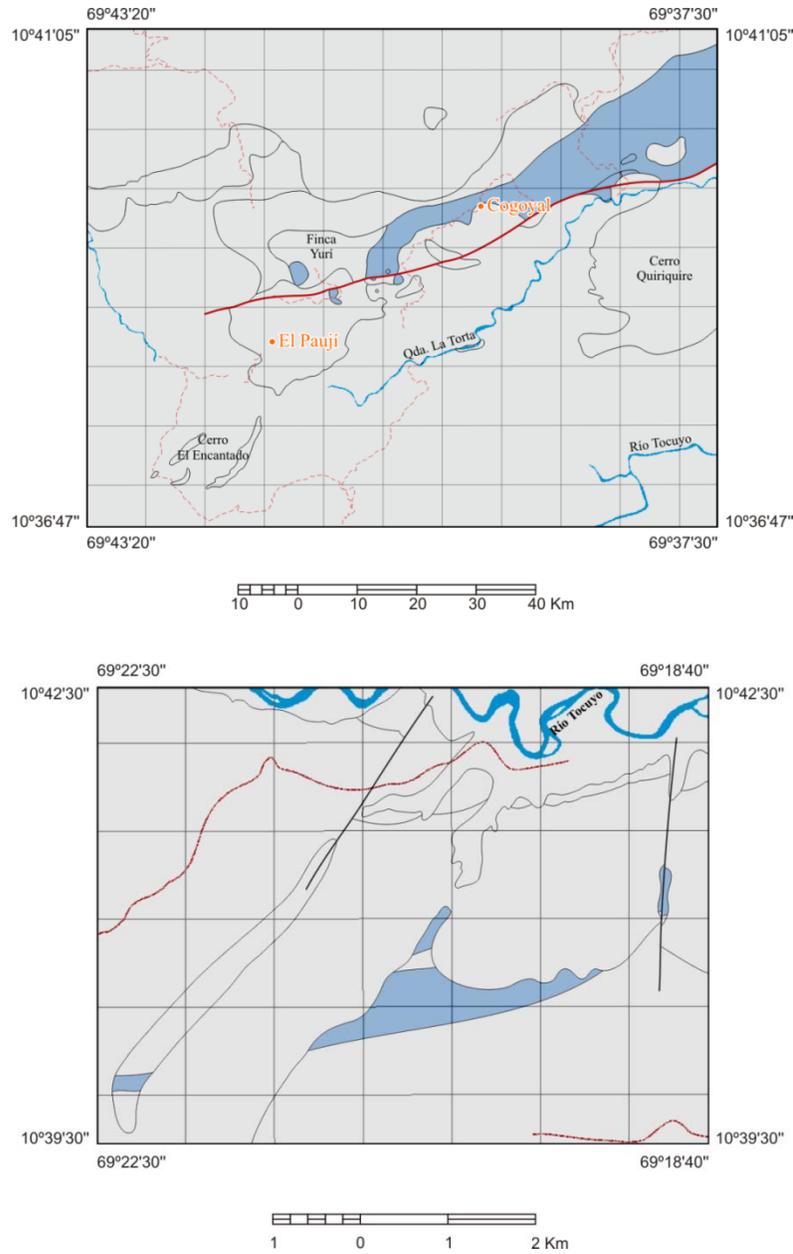


Figura 7. Extensión de la Asociación Ígnea Siquisique (en azul).

Tipos litológicos

Esta asociación se describe partiendo de las observaciones realizadas en los afloramientos, muestras de mano y secciones finas, mediante la cual se reconocieron 11 tipos litológicos separados en dos grupos principales, los de origen plutónico y los de origen volcánico e hipoabisal (Tabla 4).

| Tipo litológico | | Muestra con análisis petrográfico | |
|-------------------------------|--------------------------------|--|---|
| Unidad Volcánica e Hipoabisal | Toba | Toba fina piroxénica | La 530, La 596 A |
| | | Toba gruesa piroxénica | La 518 Cr |
| | Basalto | | La 509 A, La 509 B, La 570, La 593 A, La 593 D, La 597, La 607 A, La 607 B, La 624 Ar, La 629 A, La 640 B |
| | Diabasa | | La 502 B, La 513 |
| Unidad Plutónica | Troctolita protocataclástica | | La 538 A, La 564 Ar, La 627 Br |
| | Gabro | Gabro prehnítico protocataclástico | La 512 A, La 613 |
| | | Gabro prehnítico olivinífero protocataclástico | La 630 Br |
| | | Microgabro protocataclástico | La 515 C, La 596 B |
| | | Gabro protocataclástico | La 500 B, La 596 A, La 633 A, La 640 A |
| | | Gabro Piroxénico | La 615 r, La 630 Ar |
| | | Gabro olivinífero protocataclástico | La 502 A, La 603 A, La 605 C, La 635, La 637 A |
| | | Gabro olivinífero | La 518 A, La 533 r |
| | Gabronorita | | La 500 A, La 514 |
| | Norita hornblendo piroxénica | | La 515 D |
| | Hornblendita protocataclástica | | La 503 Ar, La 503 Br, La 633 B |
| | Peridotita piroxénica | | La 566 A, La 566 B |
| | Lherzolita | | La 538 Br, La 630 Cr |

Tabla 4. Tipos litológicos de la Asociación Ígnea Siquisique.

4.2.1.1. Unidad Plutónica

Lherzolita

A continuación se presenta la mineralogía de este tipo litológico (Tabla 5) y en la figura 8 se muestra el triángulo utilizado para su clasificación, tomando en cuenta los minerales de alteración para el recálculo de los parámetros Ol, Opx y Cpx.

| Muestra | Pl | Opx | Cpx | OI | Srp | Chl | Prh | Op |
|-----------|----|-----|-----|----|-----|-----|-----|-----|
| La 538 Br | 5 | 4 | 6 | 40 | 15 | 2 | 15 | 13 |
| La 630 Cr | 3 | 0 | 10 | 0 | 63 | 5 | 15 | 4 |
| Promedio | 4 | 2 | 8 | 20 | 39 | 3,5 | 15 | 8,5 |
| Máximo | 5 | 4 | 10 | 40 | 63 | 5 | 15 | 13 |
| Mínimo | 3 | 0 | 6 | 0 | 15 | 2 | 15 | 4 |

Tabla 5. Composición mineralógica de la lherzolita.

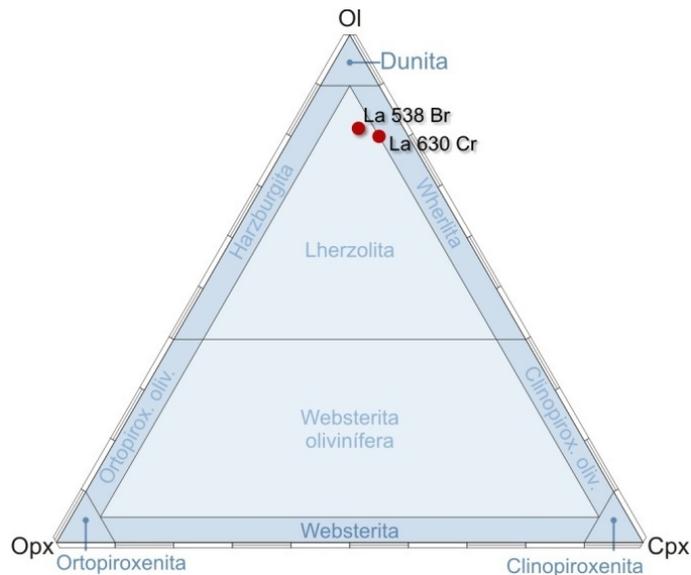


Figura 8. Muestras de lherzolita graficadas en el triángulo de clasificación de rocas ultramáficas.

Plagioclasa: se encuentra alterando a minerales de arcilla, son pocos los cristales apreciados y se encuentra en intersticios, resultado de una fase tardía de cristalización (Fig. 9 a).

Ortopiroxeno (enstatita): incolora en nícoles paralelos y su color de interferencia es gris de primer orden bajo nícoles cruzados (Fig. 9 b). En algunos casos se encuentra en contacto con la *augita*.

Clinopiroxeno (augita): neutra bajo nícoles paralelos y, bajo nícoles cruzados, presenta colores de interferencia fuertes del segundo orden (Fig. 9 b). En algunos casos se encuentra en contacto con la *enstatita*.

Olivino: se presenta como cristales anhedrales con tamaños que varían entre 1, 5 a 4 mm. Es incoloro bajo nicoles paralelos y presenta colores de interferencia fuertes. Circunscrita al olivino se observa magnetita y serpentina.

Serpentina: se encuentra como cristales producto de alteración del olivino, se observa textura tipo malla (mesh). Es incolora bajo nicoles cruzados y presenta colores de interferencia azul de primer orden.

Clorita: se presenta como agregados muy finos y es producto de alteración del piroxeno. Es incolora bajo nicoles paralelos y presenta color de interferencia azul oscuro.

Prehnita: se presenta en tamaños y colores de interferencia variados.

El mineral *opaco* es la *magnetita*, de color negro y se encuentra circunscrita en el olivino.

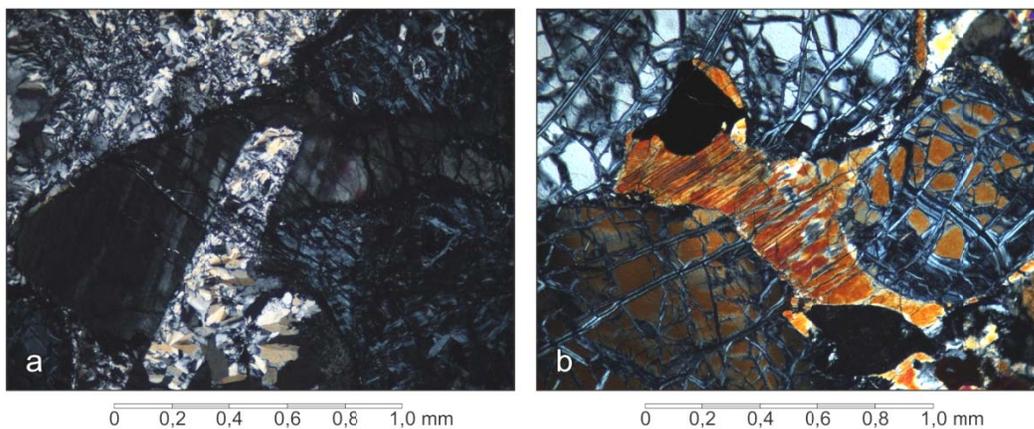


Figura 9. a) Plagioclasa intersticial. Muestra La 630 Cr; b) Piroxeno intersticial entre cristales de olivino. Muestra La 538 Br. Ambas fotografías se encuentran bajo nicoles cruzados (NX) y se observa textura de cúmulo.

Peridotita piroxénica

Esta roca se caracteriza en campo por su tonalidad oscura, siendo clasificada como melanogabro. Las muestras fueron obtenidas de un afloramiento ubicado en la intersección de una quebrada con la carretera hacia Cogoyal. Este afloramiento tiene un aspecto masivo, presenta un color meteorizado negro - morado y se encuentra parcialmente cubierto.

En la tabla 6 se presenta la mineralogía de este tipo litológico y en la figura 10 se muestra el triángulo de clasificación utilizado para determinar el posible protolito de esta roca.

| Muestra | Srp | Chl | Op |
|----------|-----|-----|----|
| La 566 A | 83 | 15 | 2 |
| La 566 B | 80 | 10 | 10 |
| Promedio | 82 | 13 | 6 |
| Máximo | 83 | 15 | 10 |
| Mínimo | 80 | 10 | 2 |

Tabla 6. Composición mineralógica de la peridotita piroxénica.

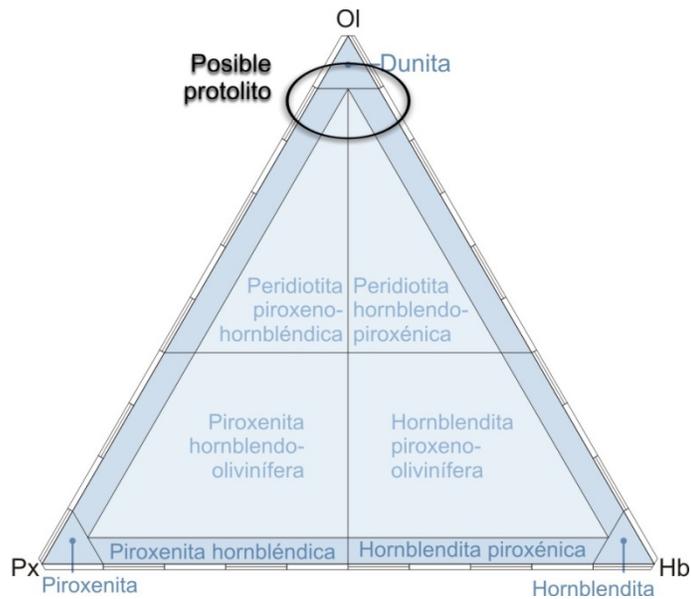


Figura 10. Zona donde se encontraría el posible protolito de esta peridotita piroxénica, graficada en el triángulo de clasificación de rocas ultramáficas. El protolito resulta una dunita.

Es posible que la composición original de esta roca tenga más del 90% de olivino. Éste, al encontrarse ya alterado a serpentina y acompañado de una clorita resultado de la alteración de piroxenos, hornblenda o incluso ser secundaria, permitiría la identificación del protolito como dunita.

Serpentina: es producto de alteración del olivino. Los cristales tienen un tamaño promedio de 2 mm y presentan características reliquias del olivino como lo es el hábito, se observa textura tipo malla (mesh). Es incoloro bajo nícoles cruzados y presenta colores de interferencia azul y amarillo.

Clorita: se encuentra intersticial y es producto de alteración del piroxeno, resultado de una fase tardía de cristalización (Figs. 11 a y b). Es incolora bajo nícoles paralelos y presenta color de interferencia azul oscuro.

Entre los minerales *opacos* se observan, *magnetita* que se encuentra circunscrita en la serpentina y es de color negro (Figs. 11 c y d). El *Leucoxeno* que es de color blanco.

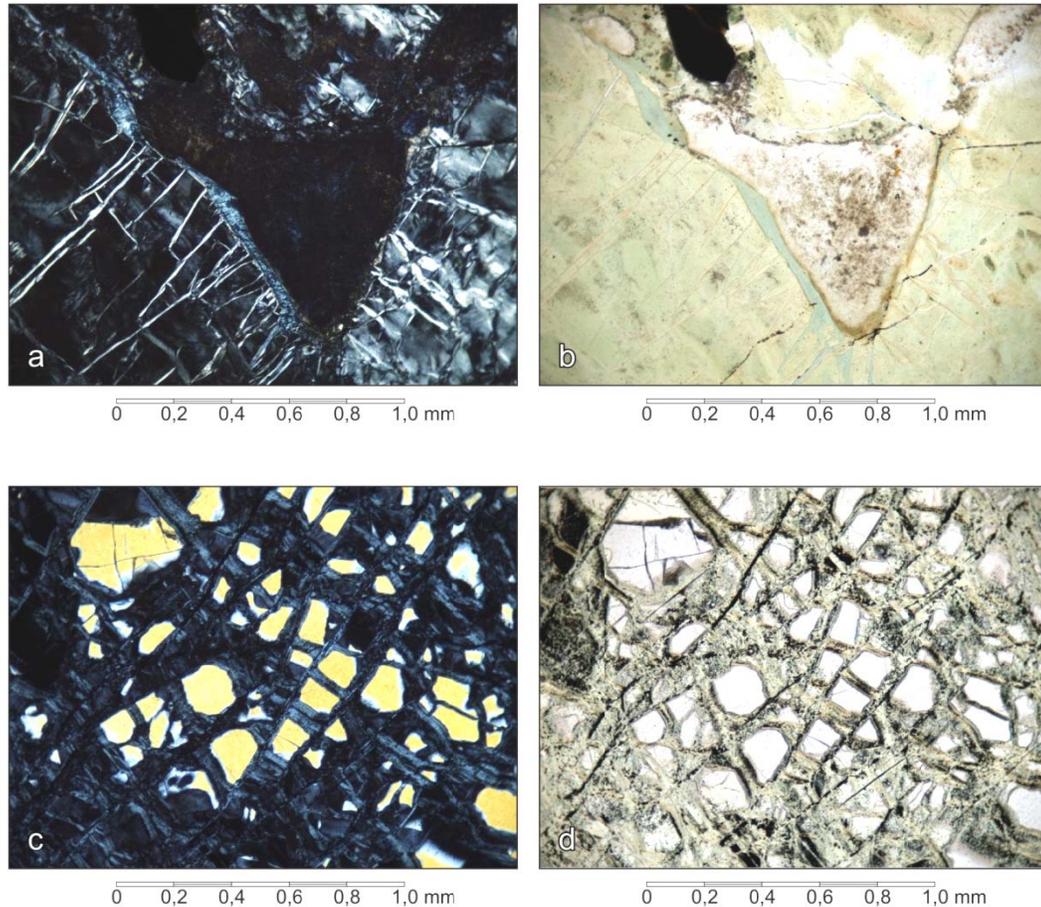


Figura 11. a y b) Clorita intersticial entre cristales de olivino, presenta bordes de reacción y textura cúmulo. Nícoles cruzados (NX) y paralelos (NP), respectivamente. Muestra La 566 B; c) Cristal de serpentina, se observa textura tipo malla. NX. Muestra La 566 A; d) Magnetita circunscrita a la serpentina. NP. Muestra La 566 A.

Hornblendita protocataclástica

Este tipo litológico en campo se presenta como rocas de colores negro y verde oscuro. El único afloramiento de esta roca se encuentra en la zona de Puente Limón, específicamente en la

Quebrada Canillón (Figs. 12 a y b). En la carretera hacia la localidad de Las Tinajitas, se encuentra como cantos rodados.



Figura 12. Afloramiento de hornblendita, punto La 633, Quebrada Canillón.

A continuación se presenta la mineralogía de este tipo litológico (Tabla 7).

| Muestra | Qtz | Cpx | Amp | Atg | Chl | Prh | Ep |
|-----------|-----|-----|-----|-----|-----|------|-----|
| La 503 Ar | 10 | 0 | 85 | 0 | 0 | 5 | 0 |
| La 503 Br | 5 | 0 | 74 | 0 | 20 | 0 | 1 |
| La 633 B | 0 | 5 | 60 | 5 | 0 | 30 | 0 |
| Promedio | 5 | 1,7 | 73 | 1,7 | 6,7 | 11,7 | 0,3 |
| Máximo | 10 | 5 | 85 | 5 | 20 | 30 | 1 |
| Mínimo | 0 | 0 | 60 | 0 | 0 | 0 | 0 |

Tabla 7. Composición mineralógica de la Hornblendita protocataclástica.

Clinopiroxeno (augita): bajo nícoles paralelos es incolora y su color de interferencia es anaranjado. Se presenta como pequeños cristales subhedrales.

Anfíbol (hornblenda y antofilita): La *hornblenda* es de color verde claro con pleocroísmo débil que va de verde claro a marrón claro, bajo nícoles cruzados exhibe colores variados, desde grises hasta anaranjados. La *antofilita* es incolora bajo nícoles paralelos y sus colores de interferencia van desde grises hasta anaranjado de segundo orden. Se observan cristales de tamaños muy variados, ubicándose en un rango entre 0,1 a 3,5 mm (Figs. 13 a y b).

Antigorita: de hábito fibroso y es producto de alteración del piroxeno.

Clorita: se presenta como pequeños agregados que se encuentran rellenando las fracturas, considerándose como secundarios.

Cuarzo: se encuentra en vetas y fracturas, se considera como secundario.

Prehnita: se presenta generalmente como pequeños cristales disgregados en la sección, a excepción de la muestra La 633 B, en donde es más abundante, se considera como secundario.

Epidoto: pequeños cristales incoloros y con colores de interferencia del segundo orden.

Este tipo litológico presenta estructuras no foliadas protocataclásticas, por esta razón se le agrega la palabra protocataclástica como sufijo.

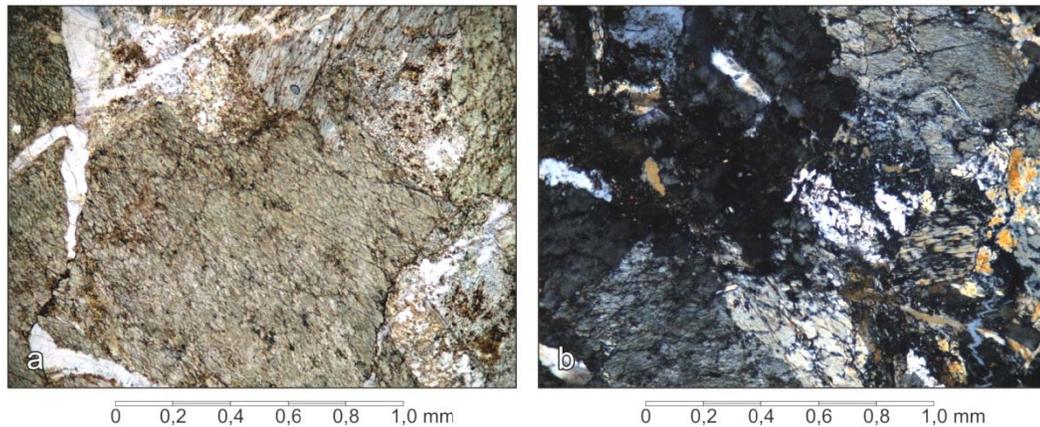


Figura 13. Hornblendita protocataclástica, muestra La 633 B. a) Cristal de anfíbol con el típico clivaje a 120°, NP. B) Cristales de anfíboles fracturados, NX.

La composición mineralógica de esta roca, en donde predomina la hornblenda, permite establecer un posible protolito, siendo éste, una hornblendita. En la figura 14 se muestra el triángulo utilizado para identificar dicho protolito.

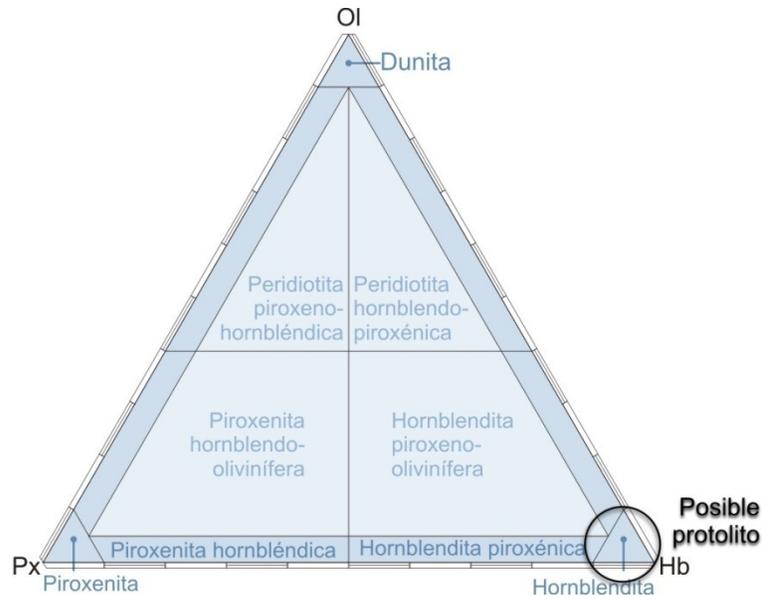


Figura 14. Zona de hornblendita, donde se encontraría el posible protolito de esta hornblendita protocataclástica, graficada en el triángulo de clasificación de rocas ultramáficas.

Norita hornblendo piroxénica

Este tipo litológico se encuentra muy meteorizado y está representado por la muestra La 515 D tomada en la Quebrada Las Lajas. En campo es descrita como gabro, sin embargo después del análisis petrográfico, se determino que su composición la ubica en el rango de las Noritas.

A continuación se presenta la mineralogía de este tipo litológico (Tabla 8) y el triángulo de clasificación correspondiente (Fig. 15)

| Muestra | Pl | Opx | Amp | Prh | Opa |
|----------|----|-----|-----|-----|-----|
| La 515 D | 49 | 9 | 37 | 4 | 1 |

Tabla 8. Composición mineralógica de la norita hornblendo piroxénica.

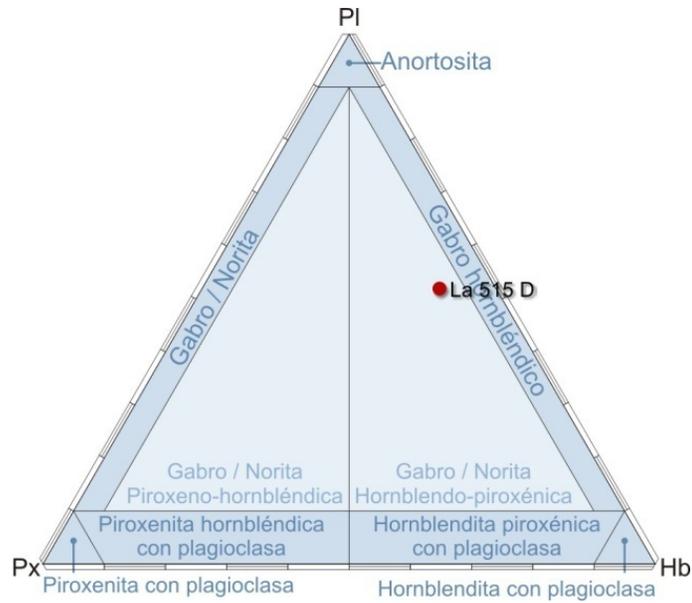


Figura 15. Muestra de norita hornblendo piroxénica graficada en el triángulo de clasificación de rocas gabroides correspondiente.

La muestra se presenta como una roca hipocristalina de granularidad fanerítica, la fábrica de la misma es inequigranular porfidítica.

Plagioclasa (labradorita): se encuentra altamente alterada a sericita, presentando un aspecto terroso oscuro, sin embargo algunos cristales presentan el típico maclado Carlsbad lo que permitió su correcta identificación.

Ortopiroxeno (enstatita): se presenta en cristales subhedrales incoloros bajo nícoles paralelos y, bajo nícoles cruzados, presenta amarillos de primer orden.

Clianoanfíbol (hornblenda): Los colores de interferencia son moderados, estando estos entre amarillo y naranja de primer orden; bajo nícoles paralelos es incoloro y se presenta en forma subhedral (Figs. 16 a y b).

Prehnita: se encuentra muy esparcida y es poco común, encontrándose como vetas o agregados cristalinos. Por lo general presentan un hábito tabular alargado y son cristales que no presentan orientación alguna.

El mineral opaco encontrado en la sección es *magnetita*, que bajo luz reflejada presenta un color negro.

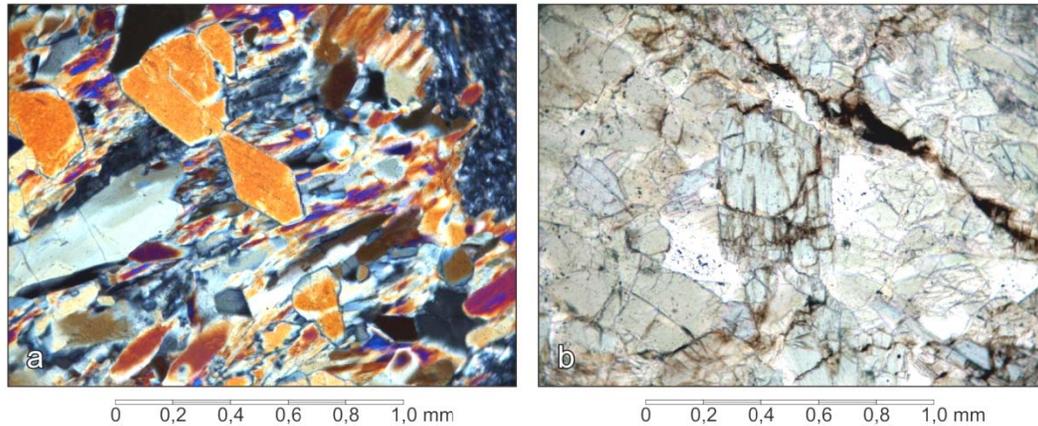


Figura 16. Muestra La 515 D. Cristales de hornblenda euhedral, rodeados de prehnita. a) Nícoles cruzados; b) Nícoles paralelos.

Gabronorita

En campo las características visuales de este tipo litológico son similares a las de un gabro, por tal razón se clasificó en el campo como gabro o diabasa. Sus afloramientos se encuentran en las quebradas Las Lajas y La Torta.

A continuación se presenta la mineralogía de este tipo litológico (Tabla 9) y en la figura 17, el triángulo de clasificación en el cual se encuentran las muestras graficadas.

| Muestra | Qtz | Pl | Kfs | Opx | Cpx | Amp | Srp | Chl | Ser | Prh | Op |
|----------|-----|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|----|
| La 500 A | 4 | 50 | 4 | 5 | 10 | 0 | 15 | 6 | 0 | 4 | 2 |
| La 514 | 0 | 16 | 0 | 32 | 41 | 1 | 0 | 0 | 10 | 0 | Tz |
| Promedio | 2 | 33 | 2 | 19 | 26 | 0,5 | 7,5 | 3 | 5 | 2 | 1 |
| Máximo | 4 | 50 | 4 | 32 | 41 | 1 | 15 | 6 | 10 | 4 | 2 |
| Mínimo | 0 | 16 | 0 | 5 | 10 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

Tabla 9. Composición mineralógica de la gabronorita.

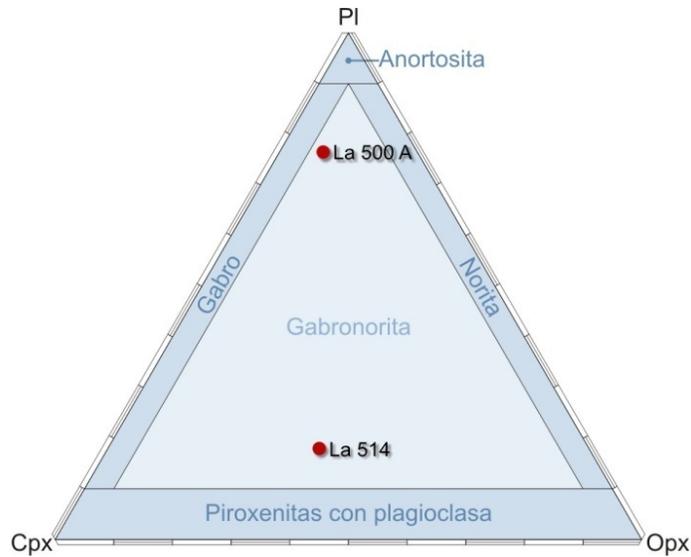


Figura 17. Muestras de gabronorita graficadas en los correspondientes triángulos de clasificación de rocas gabroides.

Plagioclasa (labradorita): se encuentra alterando a sericita, los cristales se encuentran fracturados. En algunos cristales se puede observar maclado polisintético.

Ortopiroxeno (enstatita): Se encuentra alterado a *clorita* y los cristales ligeramente alineados. Presenta color de interferencia castaño amarillento (Fig. 18 a).

Clinopiroxeno (diópsido): al igual que el ortopiroxeno, se encuentra alterado a *clorita* y los cristales están igualmente con una ligera alineación. Su color de interferencia también es castaño amarillento (Fig. 18 a).

Serpentina: producto de alteración del olivino. Es incoloro bajo nícoles cruzados y presenta colores de interferencia gris amarillento.

Clorita: se presenta como producto de alteración del *piroxeno*, es de color verde bajo nícoles paralelos y de color de interferencia azul oscuro.

Sericita: producto de alteración de la plagioclasa.

Prehnita: se encuentra generalmente en vetas. Presenta sus típicos colores de interferencia altos y un hábito alargado con cristales dispuestos aleatoriamente.

Cuarzo: se encuentra en vetas.

Feldespato: se encuentra en vetas, siempre distinta a la veta de cuarzo.

Entre los minerales **opacos** se observan *hematita*, es de color rojo oscuro, y se presenta en pequeños cristales anhedrales (Fig. 18 b).

Este tipo litológico presenta estructuras no foliadas protocataclásticas, por esta razón se le agrega la palabra protocataclástica como sufijo, quedando de la siguiente manera: Gabronorita protocataclástica.

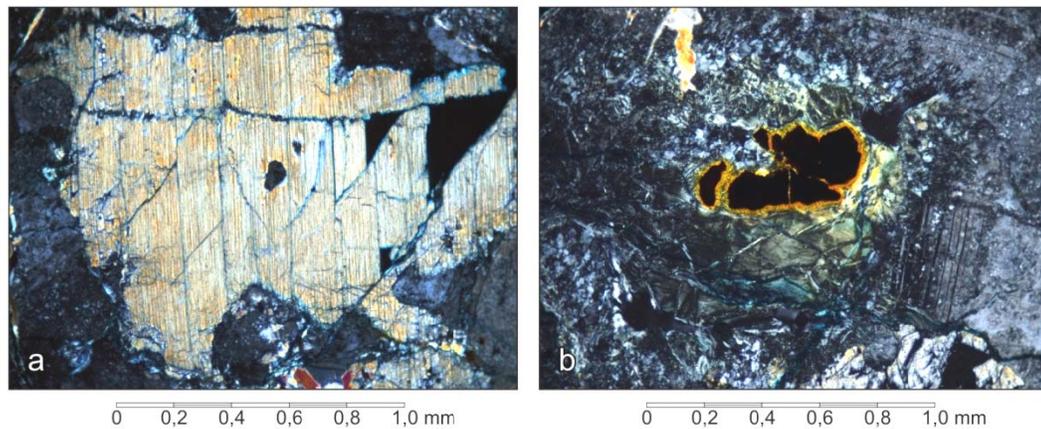


Figura 18. Gabronorita. a) Cristal fracturado de piroxeno. Muestra La 500 A, NX; b) Cristal de hematita, se observa también serpentina y plagioclasa. Muestra La 500 A, NX.

Gabro

La totalidad de los afloramientos de gabro, en la zona norte de Siquisique, se encuentran al norte de la Quebrada La Torta (Fig. 19), en la cual sólo se encuentra un afloramiento en su margen izquierdo, específicamente al oeste de la Quebrada Las Lajas.



Figura 19. Afloramiento de gabro en Quebrada La Torta. La 515.

En la zona al norte de Siquisique los afloramientos de gabro, por lo general, se encuentran muy meteorizados, siendo los gabros más frescos aquellos encontrados como cantos rodados.

Existen afloramientos en los cuales se puede observar al gabro asociado con la diabasa y el basalto; ejemplo de esto se observa en la quebrada La Mocha y El Muerto, en donde se observan diques de basalto cortando al gabro cuyos contactos son abruptos (Fig. 20). En otras zonas se encuentra el gabro, la diabasa y el basalto en forma mezclada como en la Quebrada Las Lajas.



Figura 20. Contacto abrupto entre dique de basalto intrusionando en gabro.

Hacia la zona de Puente Limón (Fig. 21), el gabro se encuentra significativamente más alterado, debido al clima húmedo de la región, característica que se hizo notable durante el análisis petrográfico.



Figura 21. Afloramiento de gabro en Quebrada Canillón. La 635.

Los afloramientos de gabro generalmente meteorizan a colores gris verdosos, sin embargo los colores frescos dependen de la variedad de gabro en particular. Los diferentes tipos de gabro que se pueden observar en las zonas de estudio son, de mayor a menor porcentaje de índice de color, gabro olivinífero, gabro olivinífero protocataclástico, gabro piroxénico, gabro protocataclástico, microgabro protocataclástico, gabro prehnítico olivinífero protocataclástico y gabro prehnítico protocataclástico. Estas variedades de gabro se describen a continuación.

Petrografía de gabro olivinífero

A continuación se presenta la mineralogía de este tipo litológico (Tabla 10) y los triángulos de clasificación utilizados para el mismo (Fig. 22).

| Muestra | Pl | Cpx | Ol | Srp | Chl | Ttn | Prh | Ep | Op |
|----------|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| La 518 A | 55 | 13 | 0 | 10 | 17 | 0 | Tz | 5 | 0 |
| La 533 r | 35 | 36 | 15 | 5 | 0 | 2 | 0 | 0 | 7 |
| Promedio | 45 | 25 | 7,5 | 7,5 | 8,5 | 1 | 0 | 2,5 | 3,5 |
| Máximo | 55 | 36 | 15 | 10 | 17 | 2 | 0 | 5 | 7 |
| Mínimo | 35 | 13 | 0 | 5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

Tabla 10. Composición mineralógica del gabro olivinífero.

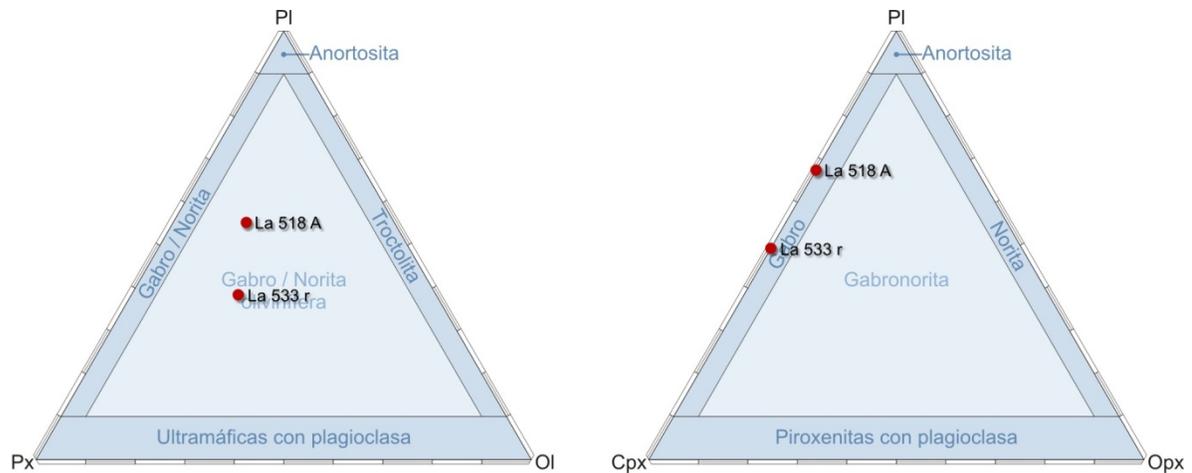


Figura 22 Muestras de gabro olivinífero graficadas en los correspondientes triángulos de clasificación de rocas gabroides. a) Rocas gabroides con olivino y sin hornblenda, b) Rocas gabroides sin olivino y sin hornblenda, se aplica para esclarecer la incertidumbre

Plagioclasa (andesina): el nivel de alteración varía, siendo mayor en la muestra extraída de afloramiento (La 518 A), en la cual se encuentran alterando a minerales de arcilla y a epidoto, y menor en el canto rodado (La 533 r). Es posible observar maclas tipo carlsbad y periclina (Fig. 23 a) y, a veces, los cristales se muestran ligeramente plegados.

Clinopiroxeno (diópsido): en la sección menos alterada, este mineral se presenta incoloro bajo nícoles paralelos, mientras que bajo nícoles cruzados presenta colores de interferencia que alcanzan finales del segundo orden. En la muestra más alterada el color bajo nícoles paralelos es verde-castaño, mientras que en nícoles cruzados presenta colores que alcanzan el inicio del segundo orden. En una de las muestras se encuentra alterando a clorita, por lo que no es posible su identificación.

Olivino: incoloro bajo nícoles paralelos y, bajo nícoles cruzados, alcanza colores mediados del tercer orden. Algunos cristales presentan alteración a serpentina hacia el borde de los mismos. Circunscrita al olivino se observa magnetita (Figs. 23 b y c).

Serpentina: se encuentra como producto de alteración del *olivino* (Fig. 23 d), y esta circunscrita en éste.

Clorita: se encuentra como producto de alteración del *piroxeno*. Bajo nícoles paralelos, este mineral presenta un color verde claro y, bajo nícoles cruzados, su color de interferencia es azul oscuro. Los cristales de este mineral son los de mayor tamaño en la sección.

Titanita: se encuentra como pequeños agregados granulares, de colores pasteles tanto en nícoles paralelos como en cruzados.

Prehnita: se encuentra en cantidades trazas, es incolora bajo nícoles paralelos y, bajo nícoles cruzados, presenta colores de interferencia variados, hasta segundo orden.

Epidoto: se presenta en agregados finos que constituyen una especie de matriz, es poco común.

Opaco (magnetita): bajo luz reflejada es de color negro y se encuentra circunscrita al olivino.

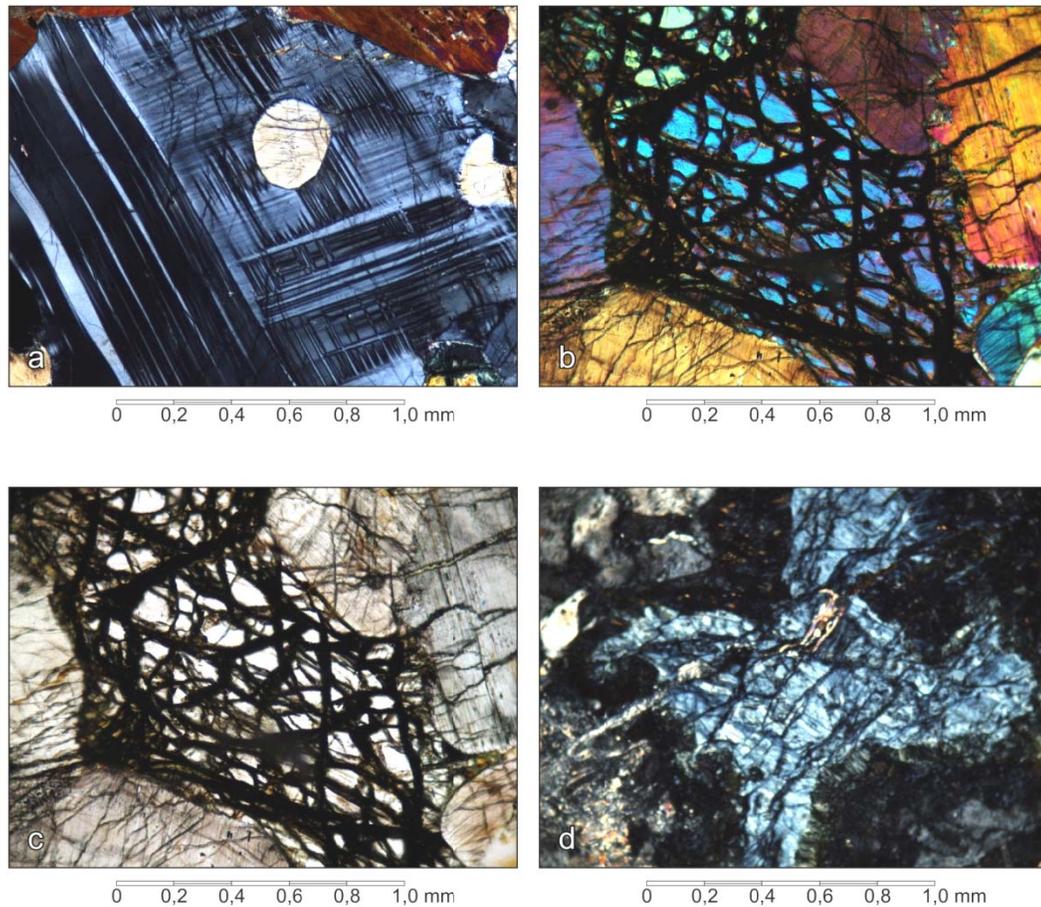


Figura 23. Muestra de gabro olivinífero. a) Cristal de plagioclasa en donde se observa maclado tipo Carlsbad y periclina. Muestra La 533 r, NX; b) Cristal de olivino rodeado por cristales de piroxeno. Muestra La 533 r, NX; c) Cristal de olivino, se observa magnetita circunscrita en el olivino. Muestra La 533 r, NP; d) Cristal de serpentina. Muestra La 518 A, NX.

Petrografía de gabro olivinífero protocataclástico

La tabla 11 y la figura 24 muestran la mineralogía de este tipo litológico y los triángulos de clasificación utilizados para el mismo respectivamente.

| Muestra | Qtz | Pl | Cpx | Srp | Atg | Chl | Prh | Ca | Op |
|----------|-----|----|------|-----|------|-----|-----|-----|-----|
| La 502 A | 0 | 58 | 15 | 20 | 0 | 5 | 0 | 0 | 2 |
| La 603 A | 8 | 42 | 20 | 0 | 15 | 0 | 10 | 0 | 5 |
| La 605 C | 0 | 56 | 18 | 0 | 12 | 5 | 8 | 0 | 1 |
| La 635 | 0 | 42 | 20 | 0 | 12 | 5 | 18 | 0 | 3 |
| La 637 A | 2 | 55 | 0 | 0 | 15 | 10 | 0 | 13 | 5 |
| Promedio | 2 | 51 | 14,6 | 4 | 10,8 | 5 | 7,2 | 2,6 | 3,2 |
| Máximo | 8 | 58 | 20 | 20 | 15 | 10 | 18 | 13 | 5 |
| Mínimo | 0 | 42 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |

Tabla 11. Composición mineralógica del gabro olivinífero protocataclástico.

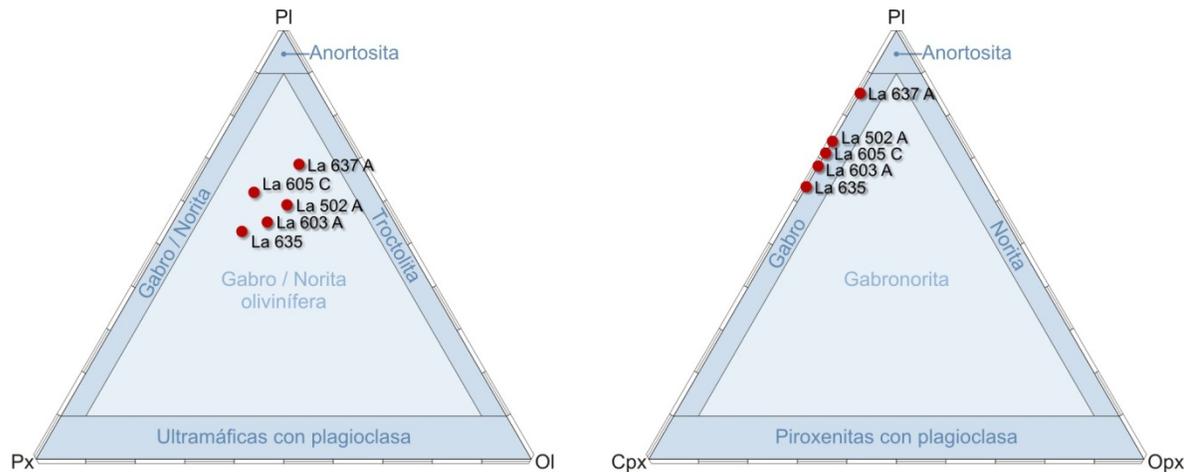


Figura 24. Muestras de gabro olivinífero protocataclástico graficadas en los correspondientes triángulos de clasificación de rocas gabroides.

Plagioclasa (labradorita): por lo general se encuentra muy alterada a minerales de arcilla (Fig. 25 a), en algunos cristales se puede observar maclado polisintético.

Clinopiroxeno: se encuentra alterando a clorita y presenta fracturas. Dependiendo de su grado de alteración se observan diferentes colores de interferencia, variando de amarillo anaranjado de segundo orden a verde azulado cuando altera a clorita. Bajo nicoles paralelos presenta un color verde – castaño.

Serpentina: se encuentran dos variedades de ésta, en la muestra La 502 A se presenta como producto de alteración del *olivino* (Fig. 25 b), sin embargo se observan características reliquias

del este último, como lo es, por ejemplo, el hábito. En el resto de las muestras pertenecientes a este tipo litológico, se presenta en su variedad antigorita, con su característico hábito fibroso e igualmente como producto de alteración del olivino (Figs. 25 c y d). En algunos casos se encuentra intersticial entre las plagioclasas. El color de interferencia es azul verdoso y bajo nícoles paralelos es verde claro.

Clorita: se presenta como alteración del *piroxeno*, en algunos casos se observan características reliquias como el clivaje. Es de color verde claro bajo nícoles paralelos y colores de interferencia azul oscuro.

Calcita: se encuentra en vetas.

Prehnita: es inequigranular, presenta colores de interferencia de segundo orden.

Entre los minerales opacos se observa *leucoxeno*, *magnetita*, *limonita* y *hematita*, los cuales son de color blanco, negro, amarillo y rojo respectivamente.

Este tipo litológico presenta estructuras no foliadas protocataclásticas, por esta razón se le agrega la palabra protocataclástica como sufijo, quedando se la siguiente manera: Gabro olivinífero protocataclástico.

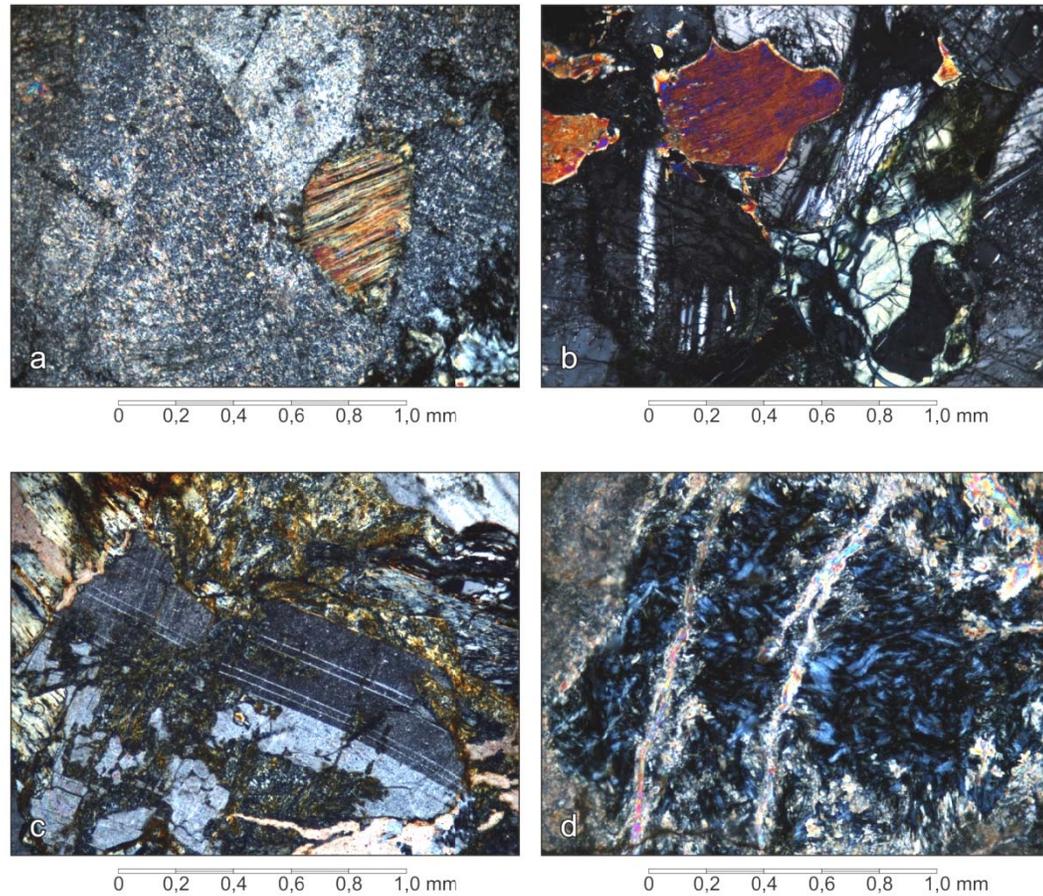


Figura 25. Gabro olivinífero protocataclástico. a) Plagioclasa alterada a minerales de arcilla con pequeño cristal de clinopiroxeno. Muestra La 605 C, NX; b) Cristales de serpentina y piroxeno, alrededor plagioclasa. Muestra La 502 A, NX, c) Plagioclasa con maclado tipo albita, rodeada de antigorita. Muestra La 637 A, NX, d) Antigorita con pequeños cristales de prehnita. Muestra La 635, NX.

Petrografía de gabro piroxénico

A continuación se presenta la mineralogía de este tipo litológico (Tabla 12) y los triángulos de clasificación utilizados para el mismo (Fig. 26).

| Muestra | Qtz | Pl | Cpx | Atg | Chl | Prh | Ep |
|-----------|-----|----|-----|-----|-----|-----|----|
| La 615 R | 0 | 50 | 30 | 3 | 0 | 12 | 5 |
| La 630 Ar | 5 | 45 | 15 | 0 | 10 | 20 | 5 |
| Promedio | 2,5 | 48 | 23 | 1,5 | 5 | 16 | 5 |
| Máximo | 5 | 50 | 30 | 3 | 10 | 20 | 5 |
| Mínimo | 0 | 45 | 15 | 0 | 0 | 12 | 5 |

Tabla 12. Composición mineralógica del gabro piroxénico.

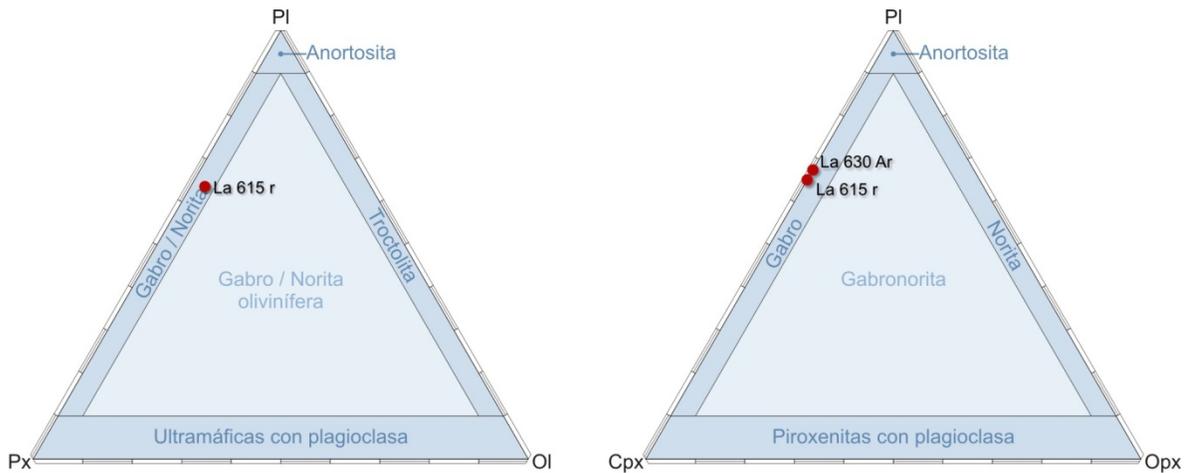


Figura 26. Muestras de gabro piroxénico graficadas en los correspondientes triángulos de clasificación de rocas gabroides. a) Rocas gabroides con olivino y sin hornblenda, b) Rocas gabroides sin olivino y sin hornblenda, se aplica para esclarecer la incertidumbre entre los nombres gabro/norita.

Plagioclasa (labradorita): en algunos casos está alterando a minerales de arcilla y, eventualmente, a epidoto, impidiendo su plena identificación. Presenta maclado polisintético y bajo nícoles paralelos se observa de color castaño debido a la alteración.

Clinopiroxeno: en la muestra La 615 r se identifica como *diópsido*, se encuentran alterados y fracturados, incluso algunos cristales están plegados (Fig. 27 a). En la muestra La 630 Ar se encuentra de igual manera alterado y plegado, pero se hace imposible reconocer su tipo.

Antigorita: se presenta con hábito fibroso (Fig. 27 b) y es producto de alteración del *clinopiroxeno*.

Cuarzo: se encuentra en vetas.

Epidoto: pequeños cristales anhedrales de 0,025 mm de tamaño promedio.

Clorita: se presenta como posible producto de alteración del *clinopiroxeno*, bajo nícoles paralelo presenta un color verde y su color de interferencia es un verde – amarillento.

Prehnita: se encuentra generalmente en vetas, es inequigranular y su color de interferencia varía hacia los bordes de los cristales, presentando los colores de segundo orden.

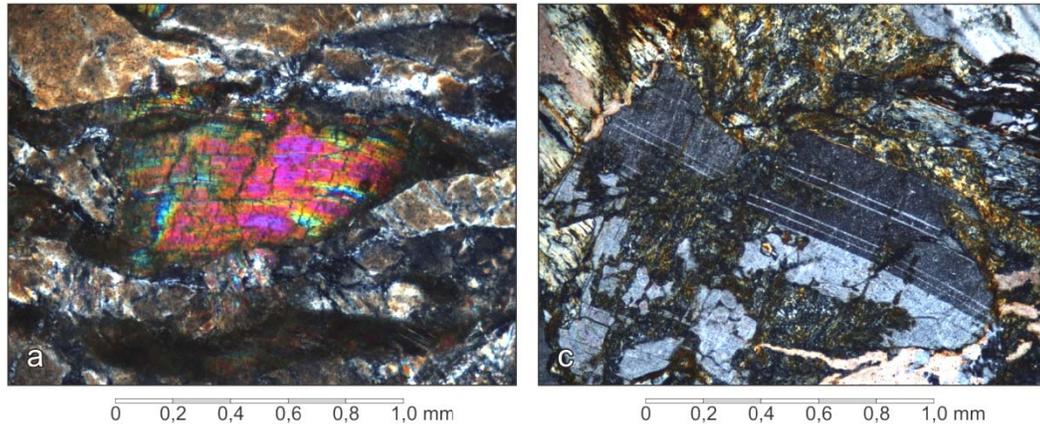


Figura 27. Gabro piroxénico, muestra La 615 r. a) Cristal de clinopiroxeno con leve deformación, rodeado de plagioclasa alterada, NX; b) Veta de prehnita y cristal de antigorita, NX.

Petrografía de gabro protocataclástico

En la tabla 13 se presenta la mineralogía de este tipo litológico y en la figura 28, el triángulo de clasificación utilizado para este tipo litológico.

| Muestra | Pl | Cpx | Chl | Prh | Ca | Op |
|----------|----|-----|-----|-----|-----|-----|
| La 500 B | 50 | 15 | 10 | 20 | 5 | Tz |
| La 640 A | 52 | 18 | 0 | 30 | 0 | Tz |
| La 633 A | 46 | 15 | 8 | 25 | 5 | 1 |
| La 596 A | 45 | 37 | 10 | 8 | 0 | 0 |
| Promedio | 48 | 21 | 7 | 21 | 2,5 | 0,3 |
| Máximo | 52 | 37 | 10 | 30 | 5 | 1 |
| Mínimo | 45 | 15 | 0 | 8 | 0 | 0 |

Tabla 13. Composición mineralógica del gabro protocataclástico.

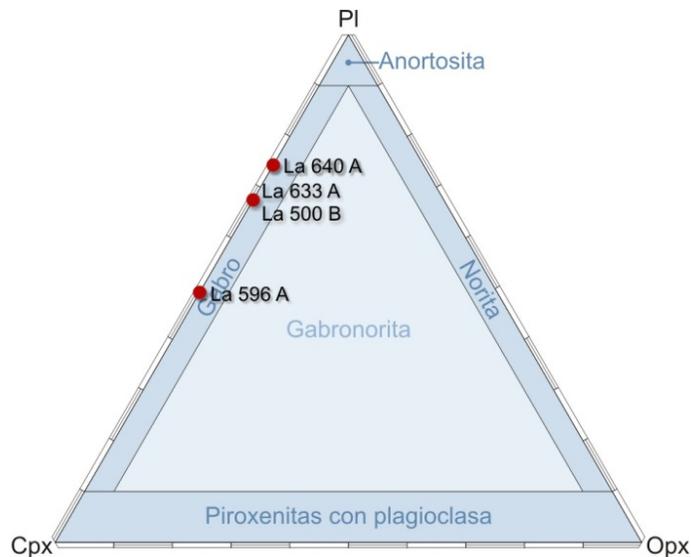


Figura 28. Muestras de gabro protocataclástico graficadas en el triángulo de clasificación de rocas gabroides sin olivino y sin hornblenda.

Plagioclasa: en estas muestras se caracterizan por estar alterando a minerales de arcilla, sin embargo en la muestra La 500 b se observan cristales que presentan maclado tipo albita, permitiendo ser clasificada como *andesina*. En la muestra La 633 A es de tipo *labradorita*, y se encuentra poco alterada. Presenta maclado tipo albita, periclina y polisintético (Fig. 29 a).

Piroxeno (*augita*): de color castaño a incoloro bajo nícoles cruzados y color de interferencia naranja. Se presentan algunos cristales fracturados. Los bordes del piroxeno se encuentran parcialmente corroídos, como resultado de su alteración a clorita (Fig. 29 b).

Clorita: se encuentra como producto de alteración del *piroxeno*, es de color verde amarillento en nícoles paralelos y presenta un pleocroísmo débil, los colores de interferencia varían de verde a azul.

Calcita: se encuentra en vetas.

Prehnita: en este tipo de gabro se encuentra en cantidades generalmente mayores al 20%, encontrándose de tamaños que van desde menos de 0, 1 mm hasta 0,2 mm. Por lo general presentan un hábito tabular alargado.

Entre los minerales opacos se observo *magnetita* que bajo luz reflejada presento un color negro y *hematita* que presento un color rojo.

Este tipo litológico presenta estructuras no foliadas protocataclásticas (Figs.29 c y d), por esta razón se le agrega la palabra protocataclástica como sufijo, quedando se la siguiente manera: Gabro protocataclástico.

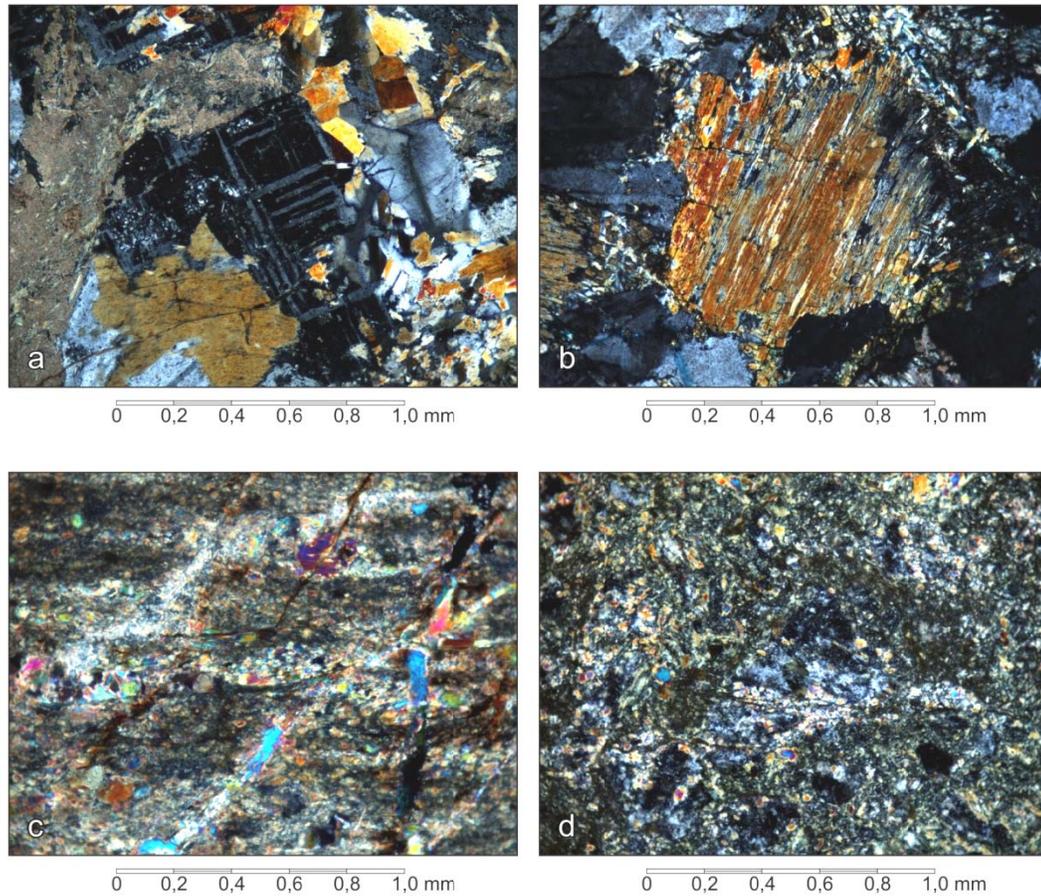


Figura 29. Gabro protocataclástico. a) Cristal de plagioclasa con maclado tipo periclina. Muestra La 633 A, NX; b) Cristal de clinopiroxeno fracturado y con bordes corroídos. Muestra La 500 B, NX; c) Textura protocataclástica, se observa cristales de tamaño variado de prehnita. Muestra La 596 A, NX; d) Textura protocataclástica, se observa clorita y prehnita en forma caótica. Muestra La 640, NX.

Petrografía de microgabro protocataclástico

En la tabla 14 se presenta la mineralogía de este tipo litológico y en la figura 30, el triángulo de clasificación utilizado para este tipo litológico.

| Muestra | Pl | Opx | Cpx | Amp | Chl | Ttn | Prh | Op |
|----------|----|-----|------|-----|-----|-----|-----|----|
| La 515 C | 40 | 0 | 0 | 30 | 5 | 10 | 15 | 0 |
| La 596 B | 60 | 5 | 35 | 0 | 0 | 0 | 0 | Tz |
| Promedio | 50 | 2,5 | 17,5 | 15 | 2,5 | 5 | 7,5 | 0 |
| Máximo | 60 | 5 | 35 | 30 | 5 | 10 | 15 | 0 |
| Mínimo | 40 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

Tabla 14. Composición mineralógica del microgabro protocataclástico.

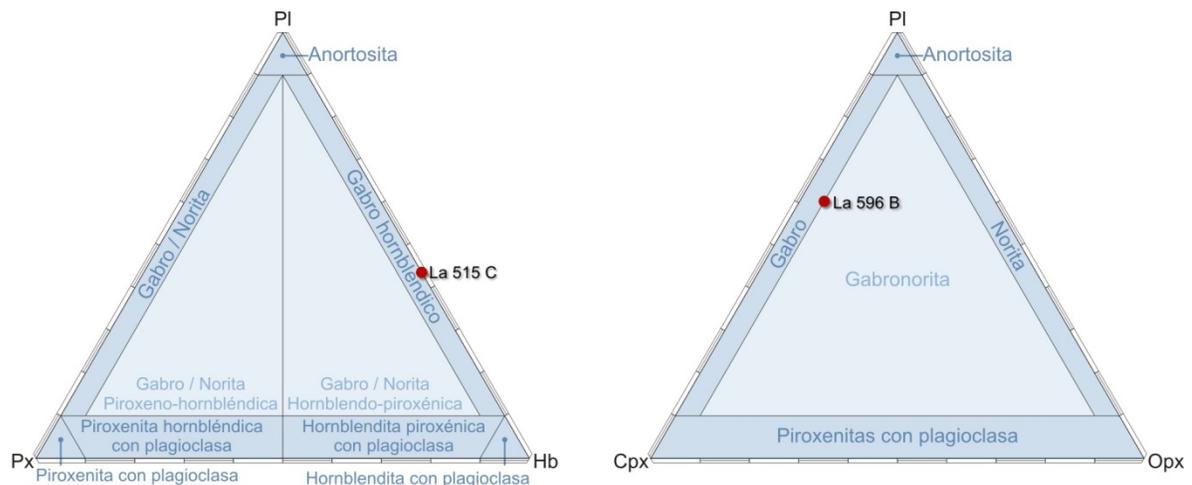


Figura 30. Muestras de microgabro protocataclástico graficadas en el triángulo de clasificación de rocas gabroides sin olivino y sin hornblenda.

Plagioclasa: se encuentra muy alterada a minerales de arcilla, sin embargo en una de las secciones se hace posible la identificación, resultando *labradorita*. Ocupan la mayor parte de las secciones.

Ortopiroxeno (*enstatita*): se encuentra únicamente en la muestra La 596 B (Fig. 31 a). La *enstatita* es incolora en nícoles paralelos y amarillo de primer orden bajo nícoles cruzados.

Clinopiroxeno (*diópsido*): se encuentra únicamente en la muestra La 596 B (Fig. 31 a). El *diópsido* es incoloro en nícoles paralelos y alcanza colores del inicio del segundo orden bajo nícoles cruzados.

Clinoanfíbol (*hornblenda*): bajo nícoles paralelos presentan un color verde oliva con pleocroísmo entre verde claro y verde oscuro, se encuentra alterando a micas (Fig. 31 b).

Clorita: se presenta como alteración de la *hornblenda*, conservando la primera ciertas características de la última, como clivaje y hábito.

Titanita: se encuentra como pequeños agregados granulares, de colores pasteles en nícoles paralelos y cruzados.

Prehnita: se encuentra distribuida uniformemente en la sección, observándose cristales de variados tamaños.

La muestra presenta cierto nivel de trituración, por lo cual se observa una ligera orientación de los cristales alargados, como los de anfíbol y piroxeno. Algunos cristales presentan contacto cóncavo-convexo, característico de haber sufrido trituración. Estas características indica la necesidad de agregarle el sufijo “protocataclástico” al nombre del tipo litológico.

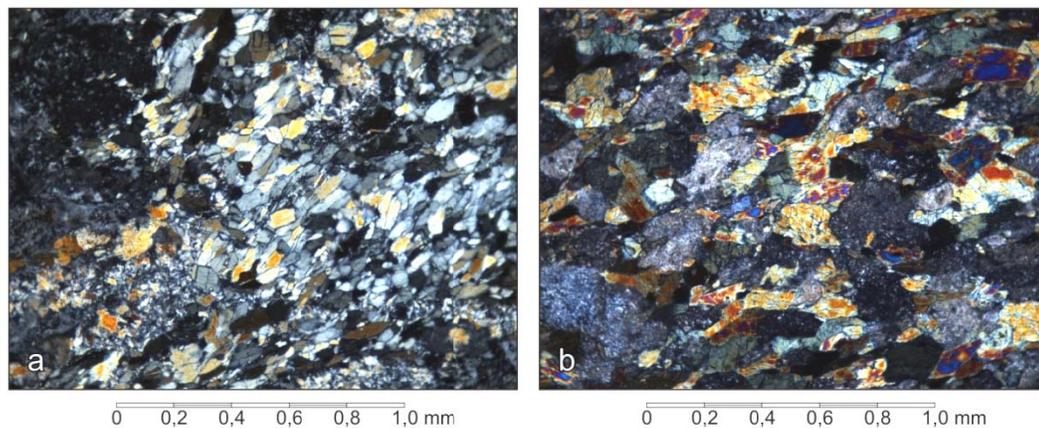


Figura 31. Microgabro protocataclástico. a) Pequeños cristales de piroxeno. Muestra La 596 B, NX; b) Cristales de hornblenda y plagioclasa alterada. Muestra La 515 C, NX.

Petrografía del gabro prehnítico olivinífero protocataclástico

A continuación se presenta la mineralogía de este tipo litológico (Tabla 15), así como el triángulo de clasificación correspondiente (Fig. 32).

| Muestra | Pl | Cpx | Srp | Prh |
|-----------|----|-----|-----|-----|
| La 630 Br | Tz | 7 | 25 | 68 |

Tabla 15. Composición mineralógica del gabro prehnítico olivinífero protocataclástico.

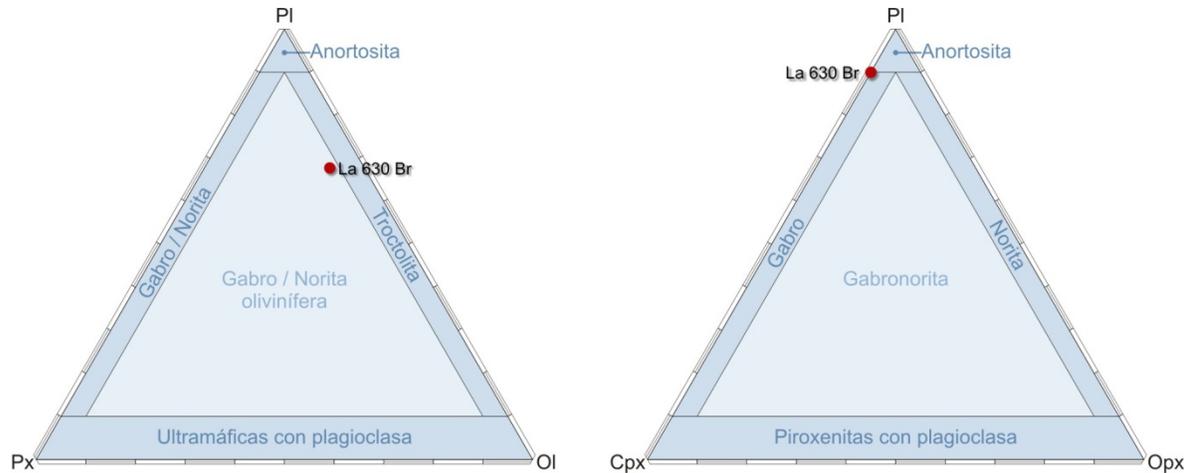


Figura 32. Muestras del gabro prehnítico olivinífero protocataclástico graficada en sus correspondientes triángulos de clasificación de rocas gabroides con olivino y sin hornblenda.

Serpentina: es producto de alteración del olivino. Es incoloro bajo nícoles cruzados y presenta colores de interferencia azul y verde de primer orden. Estos presentan fracturas radiales en su periferia, como consecuencia del aumento de volumen producto de la alteración del olivino a serpentina (Figs. 33 a y b).

Piroxeno (clinopiroxeno): pequeños cristales anhedrales de color castaño bajo nícoles paralelos y presenta colores de interferencia amarillo y azul.

Prehnita: es el mineral mayoritario en la sección, encontrándose de tamaños variados, que van desde menos de 0,1 mm hasta poco más de 0,2 mm. Presentándose como en una especie de matriz fina fracturada, con una pequeña orientación.

La ausencia de plagioclasa se interpreta como debido a su total descomposición y reemplazamiento por la prehnita.

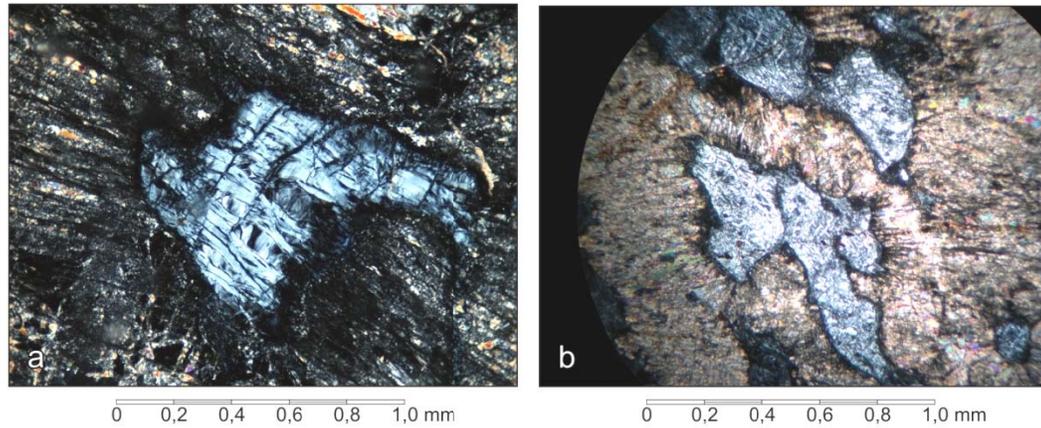


Figura 33. Gabro prehnítico olivinífero protocataclástico. a y b) Cristales de serpentina, se observan fracturas radiales en la periferia, NX.

Petrografía de gabro prehnítico protocataclástico

A continuación se presenta la mineralogía de este tipo litológico (Tabla 16) y el triángulo de clasificación utilizado para este tipo litológico (Fig. 34).

| Muestra | Qtz | Pl | Cpx | Prh | Ep | Mtz | Op |
|----------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|----|
| La 512 A | 7 | 3 | 0 | 65 | 15 | 10 | 0 |
| La 603 C | 5 | 0 | 15 | 80 | 0 | 0 | Tz |
| Promedio | 6 | 1,5 | 7,5 | 73 | 7,5 | 5 | 0 |
| Máximo | 7 | 3 | 15 | 80 | 15 | 10 | 0 |
| Mínimo | 5 | 0 | 0 | 65 | 0 | 0 | 0 |

Tabla 16. Composición mineralógica del gabro prehnítico protocataclástico.

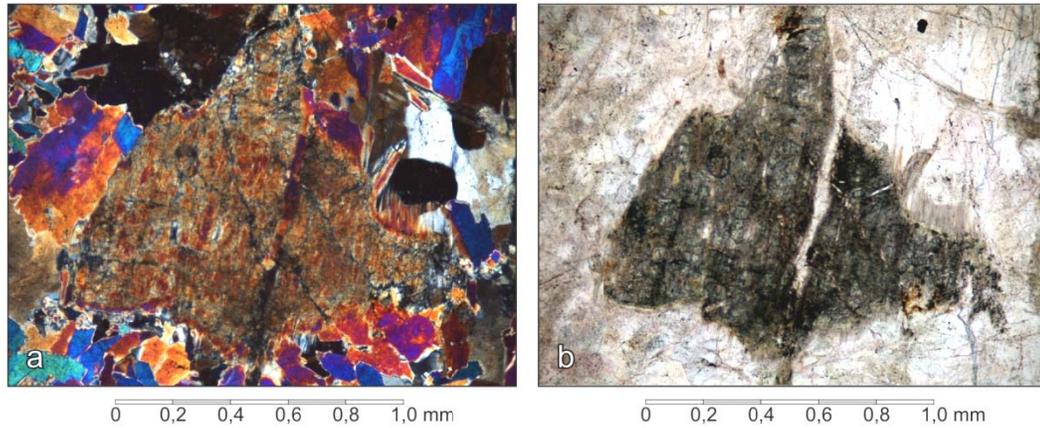


Figura 35. Gabro prehnítico protocataclástico. Cristal de clinopiroxeno alterado y fracturado rodeado de cristales de prehnita. Muestra La 603 C; a) Nícoles cruzados, b) Nícoles paralelos.

Troctolita protocataclástica

En campo, las muestras de este tipo litológico fueron tomadas de cantos rodados, a excepción de La 538 A, la cual fue extraída de afloramiento en la Quebrada Las Palomas.

Las características visuales de este tipo litológico son similares a las de un gabro, por tal razón se clasifico en campo como gabro.

A continuación se presenta la mineralogía de este tipo litológico (Tabla 17) y el triángulo utilizado para realizar su clasificación (Fig. 36), para lo cual se recalcularon los valores de los parámetros de clasificación, asumiendo la serpentina y la antigorita como alteración de olivino, la clorita como alteración del clinopiroxeno.

| Muestra | Pl | Cpx | Ol | Srp | Atg | Chl | Prh | Ca | Op |
|-----------|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|----|----|
| La 538 A | 48 | 0 | 0 | 15 | 0 | 7 | 10 | 0 | 20 |
| La 564 Ar | 53 | 5 | 10 | 12 | 0 | 0 | 5 | 0 | 15 |
| La 627 Br | 50 | 0 | 0 | 0 | 30 | 0 | 0 | 15 | 5 |
| Promedio | 50 | 1,7 | 3,3 | 9 | 10 | 2,3 | 5 | 5 | 13 |
| Máximo | 53 | 5 | 10 | 15 | 30 | 7 | 10 | 15 | 20 |
| Mínimo | 48 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 5 |

Tabla 17. Composición mineralógica de la Troctolita protocataclástica.

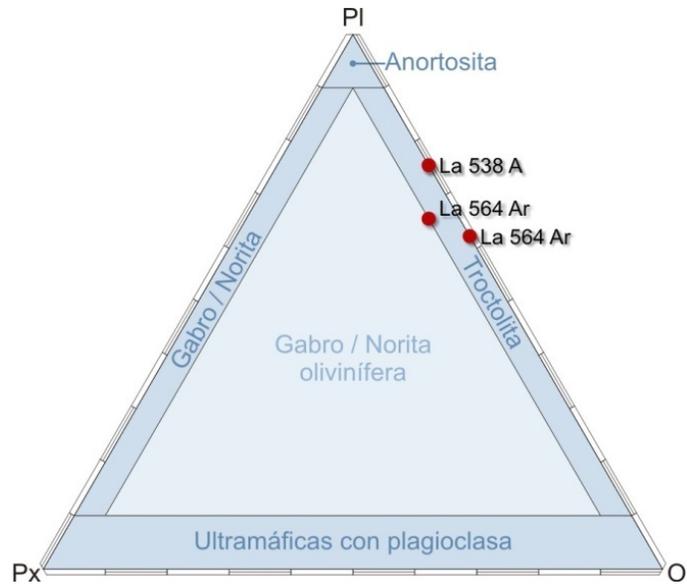


Figura 36. Muestras de troctolita protocataclástica graficadas en su correspondiente triángulo de clasificación de rocas gabroides con olivino y sin hornblenda.

Plagioclasa (labradorita): por lo general se encuentra alterando a minerales de arcilla, los cristales se encuentran fracturados. En algunos cristales se puede observar maclado polisintético.

Clinopiroxeno: se encuentra alterando posiblemente a micas. Presenta colores de interferencia castaño - amarillento.

Olivino: incoloro bajo nícoles paralelos y presenta colores de interferencia fuertes, típicos de este mineral. Circunscrita al olivino se observa magnetita y serpentina. Estos olivinos, por su proceso de serpentización, generan fracturas radiales en los minerales ubicados a su alrededor, como consecuencia del aumento de volumen producto de la alteración a serpentina (Figs. 37 a y b).

Serpentina: se encuentran dos variedades de ésta. En las muestras La 538 A y La 564 Ar se encuentra circunscrita al olivino, se observa textura tipo malla (mesh). También aparecen como cristales producto de alteración del olivino. Es incoloro bajo nícoles cruzados y presenta colores de interferencia gris amarillento (Fig. 37 c). En la muestra La 627 Br se presenta en su variedad antigorita, con su característico hábito fibroso e igualmente como producto de alteración del olivino (Figs. 37 c y d). Se encuentra tanto bordeando a la plagioclasa, como rellenando los intersticios entre los cristales de ésta (Fig. 37 d).

Clorita: se presenta como producto de alteración del *piroxeno*, es de color verde bajo nícoles paralelos y de color de interferencia azul oscuro.

Prehnita: se encuentra muy esparcida, encontrándose como vetas o agregados cristalinos. Por lo general presentan un hábito tabular alargado.

Calcita: se encuentra en vetas.

Entre los minerales **opacos** se observan *leucoxeno*, de color blanco; *magnetita*, de color negro y se encuentra principalmente circunscrita en el olivino; *limolita*, de color amarillo.

Este tipo litológico presenta estructuras no foliadas protocataclásticas, por esta razón se le agrega la palabra protocataclástica como sufijo, quedando se la siguiente manera: Troctolita protocataclástico.

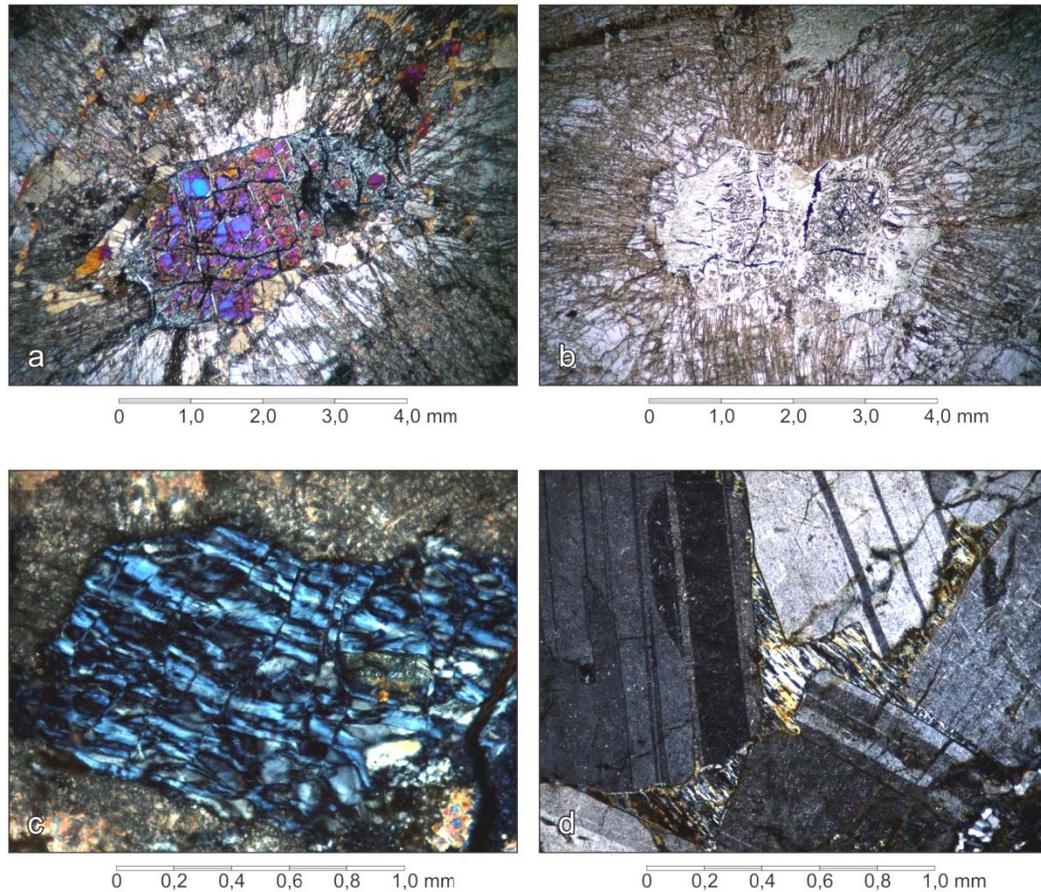


Figura 37. Troctolita protocataclástica. a) Cristal de olivino y las fracturas generadas por su proceso de serpentinización. Muestra La 564 Ar, NX; b) Cristal de olivino, se observa magnetita circunscrita a él, con fracturas radiales en la plagioclasa periférica. Muestra La 564 Ar, NP; c) Cristal de serpentina con su típica apariencia reticular, rodeada de plagioclasa alterada. Muestra La 538 A, NX; d) Antigorita intersticial entre cristales de plagioclasa formando textura mesocúmulo. Muestra La 627 Br, NX.

4.2.1.2. Unidad Volcánica e Hipoabisal

En la zona norte de Siquisique, al igual que la unidad plutónica, todos los afloramientos de esta unidad se encuentran al norte de la Quebrada La Torta. Estos afloramientos son mucho menos frecuentes que los de gabro y, por lo general, los tipos litológicos que la conforman, se encuentran mezclados entre sí (Fig. 38) y a veces, incluso, con las rocas de la Unidad Plutónica, especialmente en el área entre la Quebrada Las Lajas y la carretera hacia Las Tinajitas.

El aspecto en campo de esta unidad es, generalmente, masivo y de colores oscuros, ya sea tonos verdosos o negruzcos, como se observa en la figura 37.



Figura 38. Afloramiento de la Unidad Volcánica e Hipoabisal. Los diferentes tipos litológicos de esta unidad se encuentran frecuentemente mezclados entre sí.

Son menos frecuentes los afloramientos de esta unidad que presentan un color de meteorización más bien rojizo, entre los cuales destacan los encontrados en el “Volcán de Moroturito” el cual, a pesar de no tratarse de volcán alguno, presenta una forma cónica, característica de estos, pero a escala mucho menor, como se observa en la figura 39.



Figura 39. Vista del accidente topográfico conocido en la región como “Volcán de Moroturito”.

Las rocas volcánicas meteorizadas que afloran en esta zona presentan un color rojizo.

El “Volcán de Moroturito” realmente se trata de un accidente topográfico resultado de la erosión y meteorización de un cuerpo de roca volcánica relativamente circular.

El criterio que se utilizó en campo para la identificación de las rocas hipoabisales de esta unidad fue que presentara tamaño de grano menor a 1 mm, sin embargo fue el análisis petrográfico posterior el que permite una correcta identificación.

Diabasa

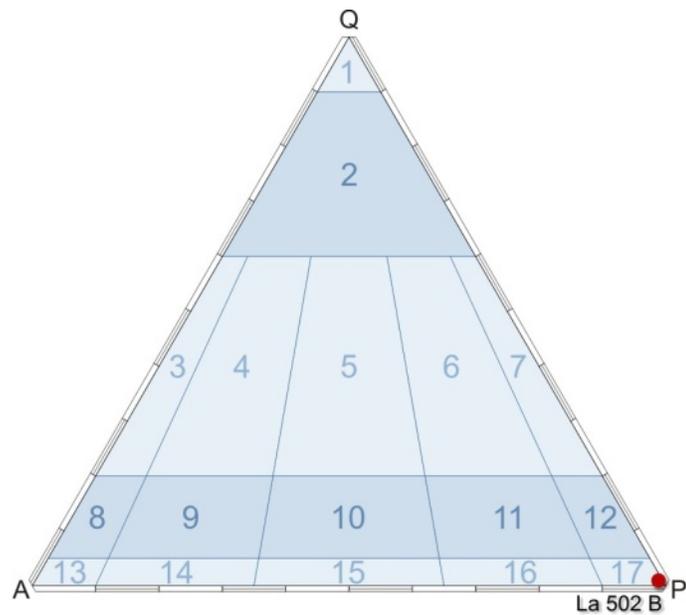
Las diabasas en campo, como se dijo anteriormente, se clasificaron por el tamaño de los cristales, sin embargo, sólo fue posible a través de el análisis petrográfico realmente clasificar las muestras de este tipo litológico.

En campo se encuentra de igual manera que el gabro muy alterado, y la única muestra de este tipo litológico se obtuvo de un afloramiento en la vía hacia Tinajitas.

A continuación se presenta la mineralogía de este tipo litológico (Tabla 18) y el triángulo donde fue graficada la muestra para su clasificación (Fig. 40)

| Muestra | Qtz | Pl | Chl | Ca |
|----------|-----|----|-----|----|
| La 502 B | 2 | 55 | 5 | 38 |

Tabla 18. Composición mineralógica de la Diabasa.



- 1.- Cuarzolita, 2.- Granitoides ricos en cuarzo, 3.- Granito feldespático alcalino, 4.- Sienogranito,
- 5.- Monzogranito, 6.- Granodiorita, 7.- Tonalita / Trondhjemita, 8.- Cuarzo-sienita feldespática alcalina,
- 9.- Cuarzo-sienita, 10.- Cuarzo-monzonita, 11.- Cuarzo-monzodiorita / Cuarzo-monzogabro,
- 12.- Cuarzo-diorita / Cuarzo-gabro, 13.- Sienita feldespática alcalina, 14.- Sienita,
- 15.- Monzonita, 16.- Monzodiorita / Monzogabro, 17.- Diorita / Gabro

Figura 40. Muestra de basalto graficada en el triángulo de clasificación para rocas gabroides y pórfidos hipoabisales.

En este caso, a pesar de que por medio del triángulo APQ (rocas gabroides y pórfidos hipoabisales) correspondería clasificarla como “gabro”, el tamaño de grano de la muestra, así como la presencia de textura ofítica, característica de la diabasa, permite su clasificación como roca hipoabisal, asignándosele el nombre de diabasa, equivalente hipoabisal del gabro.

Plagioclasa: se encuentra en forma de astillas y cristales tabulares alargados (Fig. 41 a), formando textura afieltrada. Los cristales tienen un tamaño promedio 0,4 mm.

Clorita: es producto de alteración del piroxeno, es incoloro bajo nícoles paralelos y colores de interferencia azul oscuro.

Calcita: se observa alrededor de la plagioclasa, posiblemente es producto de alteración del piroxeno (Fig. 41 b). El nivel de carbonatización en la muestra es significativamente alto.

La ausencia de piroxeno se interpreta como a su total descomposición a calcita y clorita, por tal razón se asume que tendría textura ofítica, característica de las diabasas.

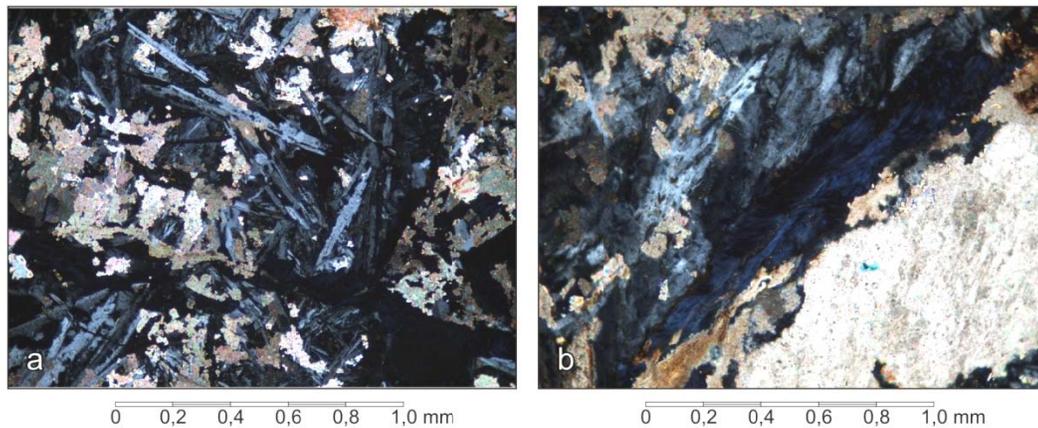


Figura 41. a) Plagioclasas en forma de “astilla” formando textura afieltrada, NX;
b) Clorita y plagioclasa, se observa el nivel de carbonatización en la muestra, NX.

Basalto

La tabla 19 muestra un resumen de la composición mineralógica, resultado del análisis petrográfico realizado a las muestras pertenecientes a esta unidad. La figura 42 muestra el triángulo de clasificación utilizado para este tipo litológico.

La mayoría de las muestras son hipocristalinas, sólo unas pocas son holocristalinas (La 607 B, La 624 Ar y La 629 A) u holohialina (La 509 B y La 607 A). Generalmente son afaníticas, a excepción de algunas pocas que son faneríticas (La 509 A, La 624 Ar y La 629 A). La granularidad de estas muestras es principalmente inequigranular, sin embargo dos de las muestras poseen una granularidad equigranular (La 593 D y La 607 A).

La textura observada en esta roca con más frecuencia es la afieltrada (Fig. 43 a), sin embargo algunas (La 593 D y La 629 A) presentan textura ofítica y una, la muestra La 509 B, presenta textura amigdaloides.

| Muestra | Qtz | Pl | Cpx | Camp | Chl | Ttn | Prh | Ep | Ca | Mtz | Op |
|-----------|-----|------|-----|------|-----|-----|-----|-----|------|-----|-----|
| La 509 A | 0 | 40 | 20 | 0 | 12 | 10 | Tz | 0 | 3 | 15 | 0 |
| La 509 B | 0 | 58 | 10 | 0 | 24 | 0 | 0 | 0 | 4 | 0 | TZ |
| La 570 | 5 | 40 | 0 | 0 | 20 | 0 | 0 | 0 | 15 | 10 | 10 |
| La 593 A | 0 | 72 | Tz | 0 | 5 | 0 | 0 | 0 | 23 | 0 | Tz |
| La 593 D | 5 | 25 | 0 | 0 | 4 | 0 | 0 | 1 | 65 | 0 | 0 |
| La 597 | 0 | 34 | 35 | 30 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| La 607 A | 0 | 0 | 0 | 0 | 10 | 0 | 2 | 7 | 3 | 78 | 0 |
| La 607 B | 0 | 5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 15 | 0 | 0 | 80 | 0 |
| La 624 Ar | 0 | 15 | 20 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 63 | 2 |
| La 629 A | 10 | 0 | 0 | 15 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 61 | 12 |
| La 640 B | 0 | 35 | 12 | 0 | 5 | 0 | 18 | 8 | 0 | 12 | 10 |
| Promedio | 1,8 | 29,5 | 8,8 | 4,1 | 7,3 | 0,9 | 3,2 | 1,5 | 10,5 | 29 | 3,2 |
| Máximo | 10 | 72 | 35 | 30 | 24 | 10 | 18 | 8 | 65 | 80 | 12 |
| Mínimo | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

Tabla 19. Mineralogía del Basalto.

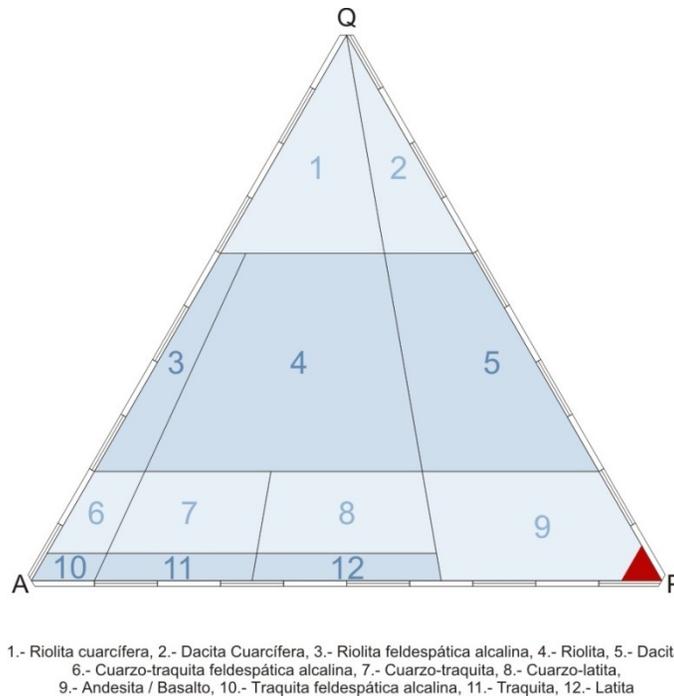


Figura 42. La esquina roja muestra el lugar en el que se ubican todas las muestras del tipo litológico Basalto en el triángulo de clasificación de rocas volcánicas.

Cuarzo: escaso en este tipo litológico y se presenta exclusivamente rellenando vetas, por lo que no afecta la clasificación de estas rocas.

Plagioclasa: se encuentra generalmente en un tamaño de grano que dificulta su clasificación y caracterización. Sin embargo, en la muestra La 607 B, es posible identificarla como oligoclasa, debido a que en esta sección se presenta como pórfidos, por lo que se clasifica como Basalto porfídico el hábito de los cristales es tabular y generalmente se encuentran asociados al piroxeno o, en su defecto, a la clorita. Frecuentemente la plagioclasa se encuentra alterando a minerales de arcilla, dando un aspecto “terroso” a las secciones.

Clinopiroxeno: se encuentra alterado generalmente a minerales carbonáticos. Se observan cristales incoloros bajo nícoles paralelos y amarillos del primer orden bajo nícoles cruzados, también se observan cristales de color verde claro, con ligero pleocroísmo, bajo nícoles paralelos y sus colores de interferencia son azules y rosados de segundo orden. Por lo general se presentan en cristales ligeramente alargados.

Anfíbol: poco común en estas secciones. Se encuentra mayormente alterados y limolitizados. Bajo nícoles paralelos, estos cristales limolitizados se ven de color castaño oscuro, el cual enmascara el color de interferencia. Sin embargo, algunos cristales se encuentran menos alterados, siendo incoloros bajo nícoles paralelos y sus colores de interferencia van de mediados a finales del segundo orden.

Clorita: se encuentra de varias maneras, como producto de alteración del piroxeno, de algunos ortopiroxenos, de los cuales apenas quedan trazas en la muestra La 509 B, y rellenando vacuolas (Fig. 43 b), presentando un hábito radial. El color de este mineral es, bajo nícoles paralelos, verde oliva con ligero pleocroísmo, haciéndolo más claro; los colores de interferencia suelen estar enmascarados.

Titanita: se encuentra únicamente en la sección La 509 A. se presenta como pequeños cristales de colores pasteles, tanto bajo nícoles paralelos como bajo nícoles cruzados.

Prehnita: se encuentra sólo en algunas secciones en bajas proporciones. Presenta formas y colores variados, característico de este mineral, los cristales se encuentran dispuesto de forma aleatoria en cuanto a su orientación y ubicación.

Epidoto: al igual que el *anfíbol*, es poco común y se presenta en cantidades menores, a veces asociado a la prehnita.

Algunas muestras presentan carbonatización, presentando minerales carbonaticos consecuencia de la alteración de plagioclasa y clinopiroxeno. Se muestra como una especie de matriz con diminutos cristales de colores pasteles. También se encuentra calcita rellenando vetas y, en el caso de la muestra La 509 B, vacuolas (Fig. 43 c).

En algunas muestras se observan cristales de *hematita* (Fig. 43 d).

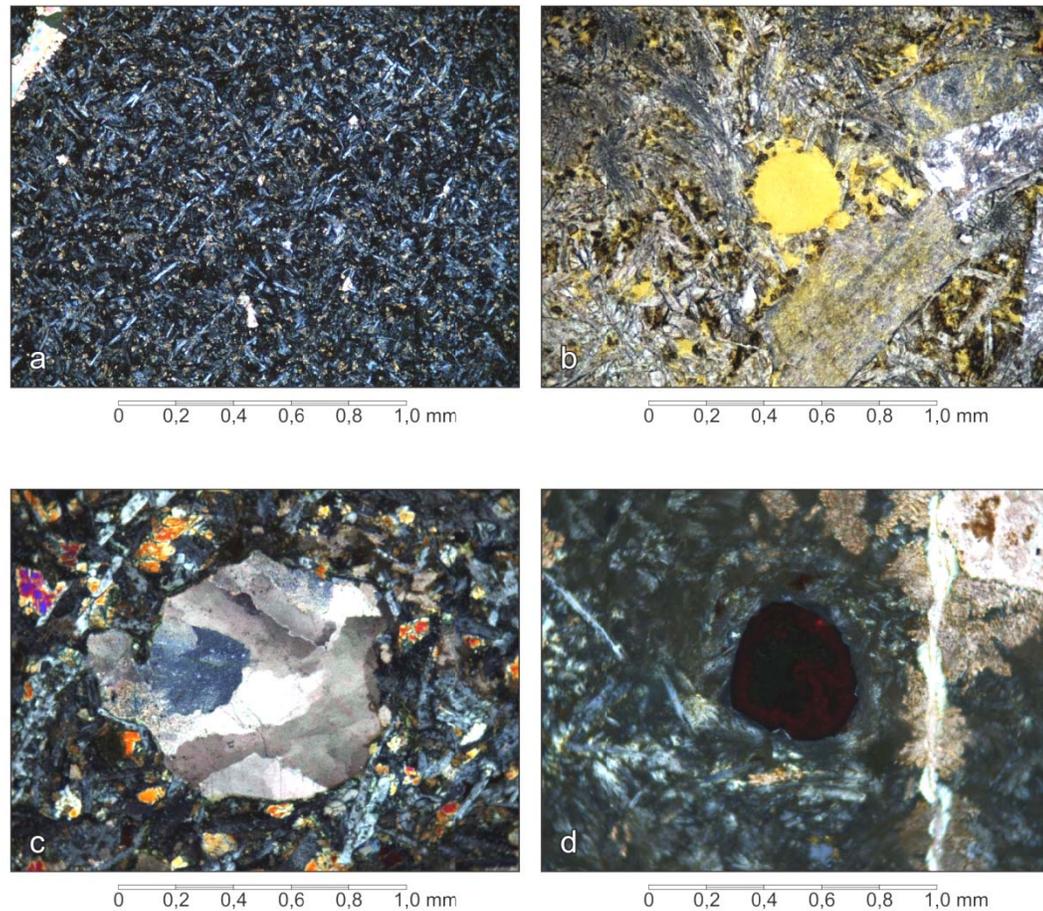


Figura 43. a) Textura afieltrada, La 570 bajo nícoles cruzados; b) clorita relleno de vacuola, La 607 B bajo nícoles paralelos; c) calcita relleno de vacuola, La 509 B bajo nícoles cruzados; d) cristal de hematita, La 593 A bajo nícoles cruzados.

Tobas

Las muestras de afloramiento de este tipo litológico fueron tomadas en las quebradas Las Palomas y El Muerto, presentándose como una roca negra y gris oscuro, similar a un basalto, en donde se observan xenolitos de gabro (Figs. 44 a y b). Este tipo litológico siempre está asociado a los basaltos y a los gabros.



Figura 44. a) Afloramiento de toba con xenolitos de gabro, Quebrada La Palomas;
 b) Afloramiento de toba, Quebrada El Muerto.

Petrografía de la toba gruesa piroxénica

A continuación se presenta la mineralogía de este tipo litológico (Tabla 20).

| Muestra | Opx | Cpx | Prh | Mtz |
|-----------|-----|-----|-----|-----|
| La 518 Cr | 17 | 28 | 5 | 50 |

Tabla 20. Composición mineralógica de la Toba gruesa piroxénica.

La figura 45 muestra el área del triángulo de clasificación para tobas y cenizas que corresponde a la muestra La 518 Cr. Para esta muestra, se sustituye la palabra “cristal” por el nombre del mineral que se encuentra en la roca (en este caso, piroxeno) y, siendo cristales de tamaño mayor a 0,032 mm y menor a 2,00 mm de diámetro, se obtiene el nombre de este tipo litológico.

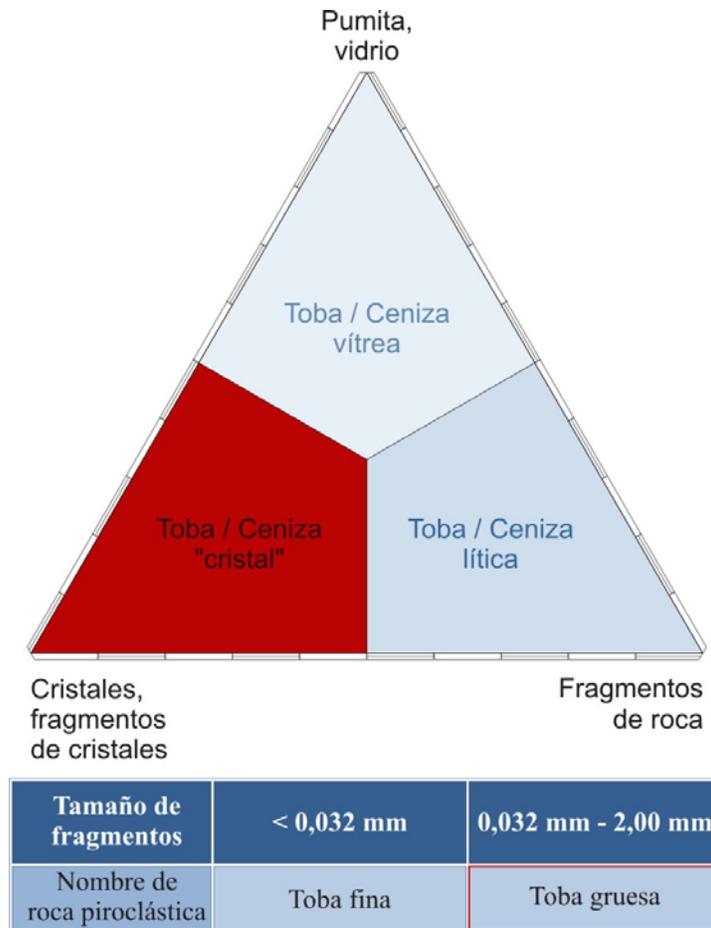


Figura 45. Área donde se ubica la muestra La 518 Cr y el rango de tamaño de los cristales que posee. El nombre resultante sería “toba gruesa piroxénica”.

Ortopiroxenos (enstatita): se encuentran en fenocristales dentro de una matriz fina. Los cristales tienen un tamaño promedio 1,5 mm y se encuentran triturados (Figs. 46 a y b).

Clinopiroxenos (diópsido): al igual que el ortopiroxeno, se encuentran como fenocristales dentro de una matriz. El tamaño promedio de los cristales es de 1,5 mm y se encuentran igualmente triturados (Figs. 46 a y b).

Prehnita: se presenta como diminutos cristales (<0,05 mm) en la matriz.

Matriz: de textura fina y composición mineralógica inidentificable. Se observa bandeamiento de color verdoso intercalado con bandas incoloras.

Esta muestra presenta un bandeamiento muy marcado, en donde los cristales se encuentran como pórfidos embebidos en la matriz fina.

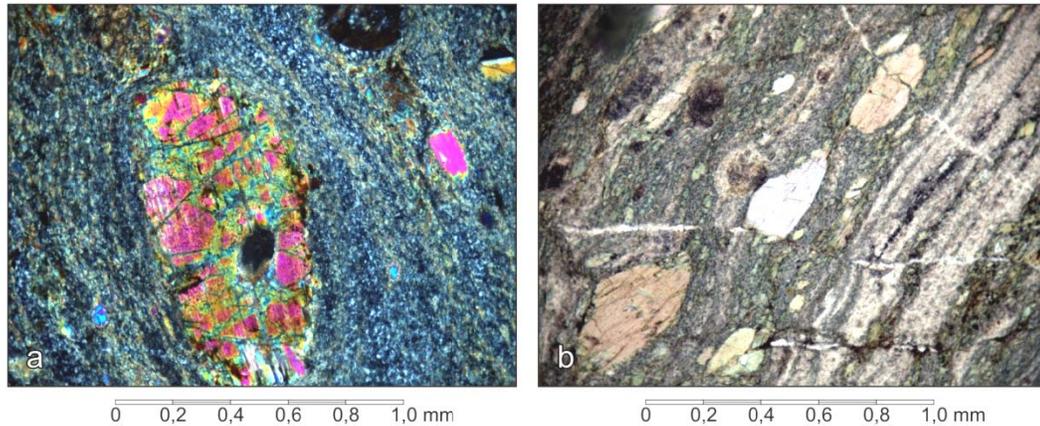


Figura 46. a) Fenocristal de piroxeno fracturado, NX;
 b) Cristales de piroxeno embebidos en la matriz fina bandeada, NP.

Petrografía de la toba fina piroxénica

A continuación se presenta la mineralogía de este tipo litológico (Tabla 21) y las muestras graficadas en el triángulo de clasificación correspondiente (Fig. 47).

| Muestra | Qtz | Opx | Cpx | Prh | Mtz |
|----------|-----|-----|-----|-----|-----|
| La 530 | 20 | 0 | 10 | 10 | 60 |
| La 596 A | 0 | 4 | 8 | 8 | 80 |
| Promedio | 10 | 2 | 9 | 9 | 70 |
| Máximo | 20 | 4 | 10 | 10 | 80 |
| Mínimo | 0 | 0 | 8 | 8 | 60 |

Tabla 21. Composición mineralógica de la Toba fina piroxénica.

La figura 47 muestra el área del triángulo de clasificación para tobas y cenizas que corresponde a las muestras La 530 y La 596 A. En este caso, se sustituye la palabra “cristal” por el nombre del mineral que se encuentra en la roca (piroxeno) y, siendo cristales de tamaño menor a 0,032 mm de diámetro, se obtiene el nombre final de este tipo litológico.

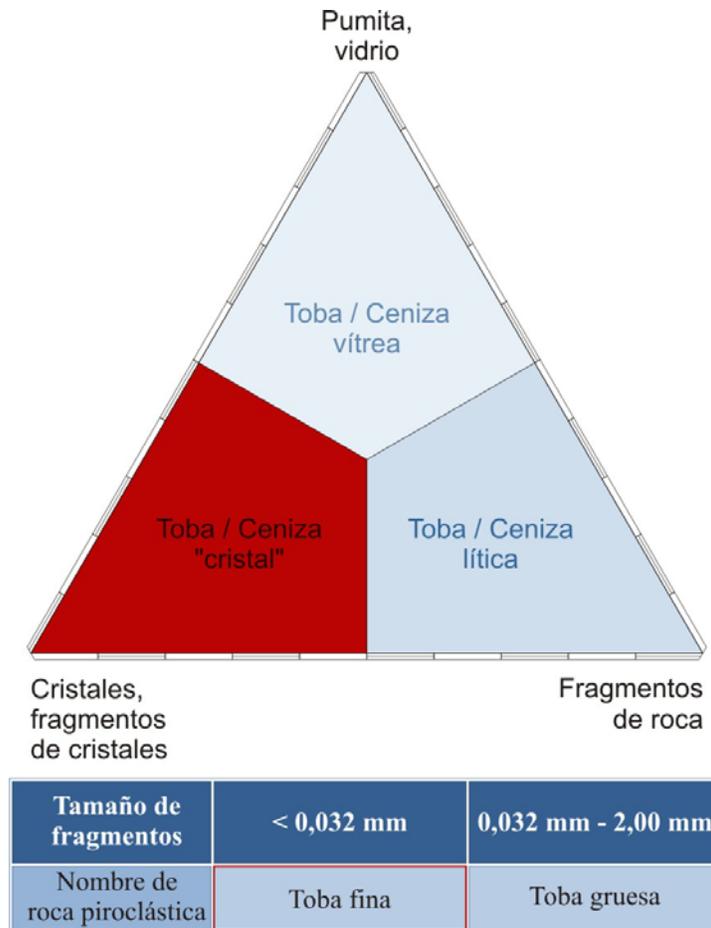


Figura 47. Área donde se ubican las muestras La 530 y La 596 A, así como el rango de tamaño de los cristales que poseen. El nombre resultante sería “toba fina piroxénica”.

Estas muestras se caracterizan por tener una matriz fina, de mineralogía inidentificable (Figs. 48 a y b), la cual posiblemente está formada por plagioclasa, prehnita, piroxeno y minerales opacos. También se observan pequeños cristales de plagioclasa alterando a minerales de arcilla. El piroxeno se presenta alterando a clorita.

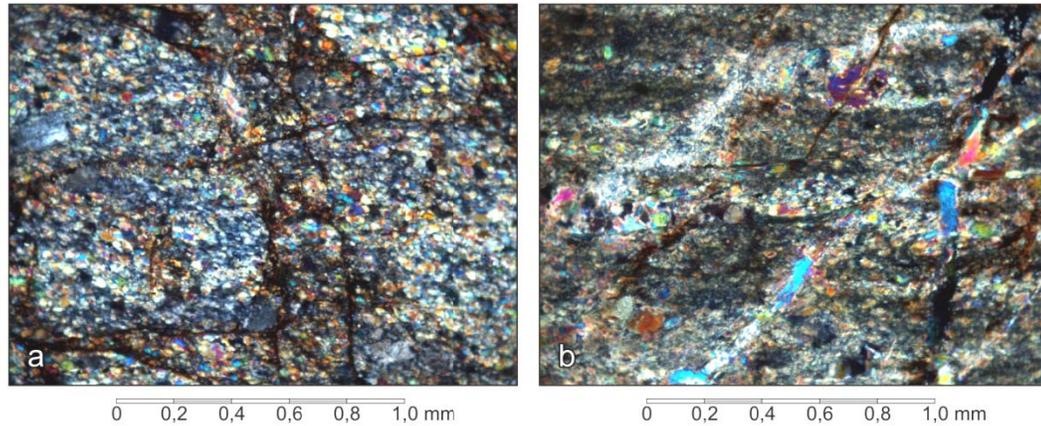


Figura 48. Matriz fina no identificable. a) Muestra La 530; b) Muestra La 596 A. Ambas bajo nicoles cruzados

4.2.2. Asociación Volcanosedimentaria Los Algodones

Extensión

Hacia la región al norte de la población de Siquisique, la Asociación Volcanosedimentaria Los Algodones se encuentra aflorando en el área central de esta zona de estudio, con algunos afloramientos dispersos pero cuya orientación y disposición corresponde a la tendencia general SO-NE. Hacia la región cercana a El Limón, esta asociación aflora en un pequeño cuerpo hacia el centro de esta zona y otro hacia el este (Fig. 49).

Esta unidad tiene una extensión aproximada de 8,68 km², lo que representa cerca del 9% del área de estudio.

Contactos

Al igual que la Asociación Ígnea Siquisique, esta asociación se encuentra en contacto de falla con el resto de las unidades, tanto con aquellas de edad más joven, como con las de edad más antigua. En la zona de estudio al norte de Siquisique, la sección más suroccidental se encuentra en contacto principalmente con la Formación Matatere, en la cual a su vez se encuentran varios de los cuerpos pequeños de la Formación La Luna formando *klippen*. Hacia la esquina suroeste de la zona de estudio, en la localidad de El Encantado, se encuentran aflorando varios de estos cuerpos de poca extensión.

La sección norte de esta unidad se encuentra en contacto, igualmente de falla, con la Formación Capadare.

Existe una menor extensión de la Asociación Volcanosedimentaria Los Algodones, el límite sur de la sección más nororiental, que se encuentra en contacto de falla con la Asociación Ígnea Siquisique. Hacia este mismo extremo se encuentra un pequeño cuerpo de la Formación La Luna, rodeado totalmente por el gabro de la Asociación Ígnea Siquisique.

En las cercanías de la población de El Limón, esta unidad se encuentra en contacto únicamente con la Asociación Ígnea Siquisique y con la Formación Capadare.

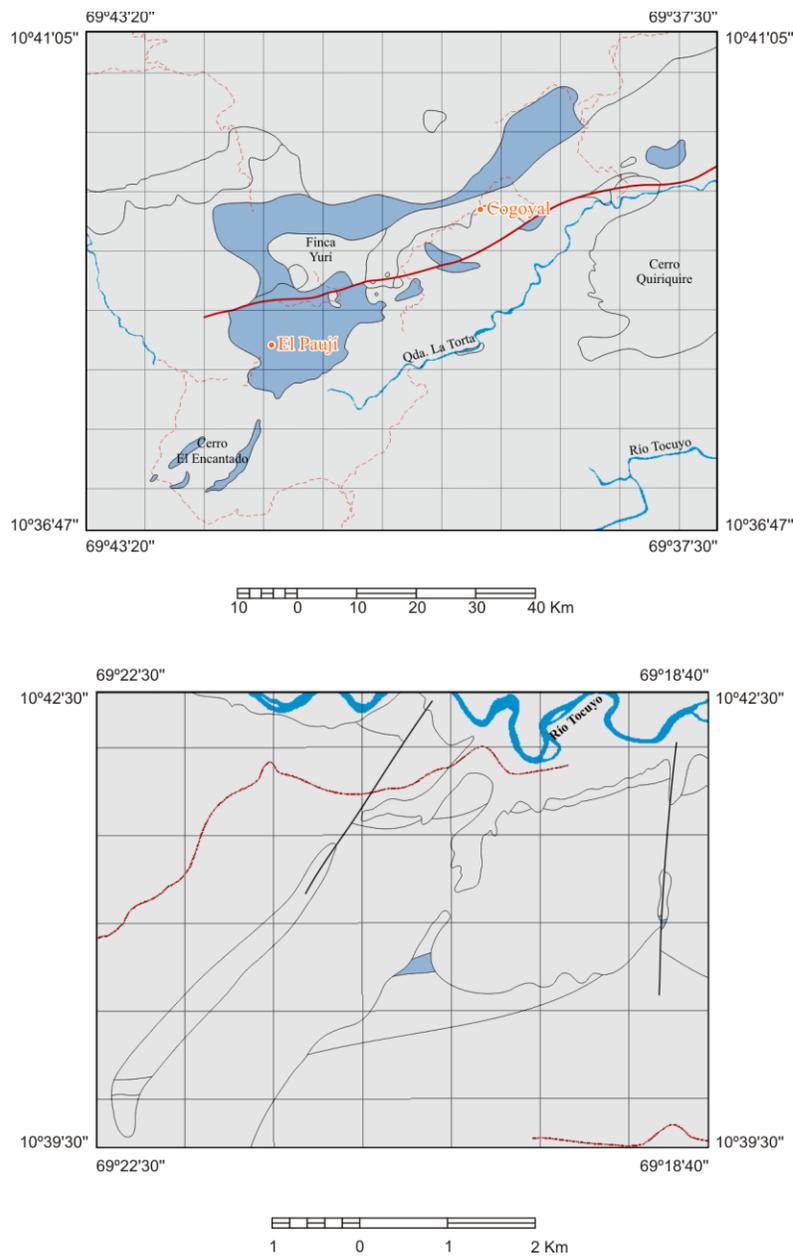


Figura 49. Extensión de la Asociación Volcanosedimentaria Los Algodones (en azul).

Tipos litológicos

Igualmente, esta asociación se describe partiendo de las observaciones realizadas en los afloramientos, muestras de mano y secciones finas, mediante la cual se reconocieron 10 tipos litológicos separados en tres grupos principales, como se detalla en la tabla 22.

| Tipo litológico | | Muestra con análisis petrográfico |
|----------------------------|---|-----------------------------------|
| Formación La Luna | Lodolita | La 552, La 560 |
| | Caliza lodosa | La 601, La 612 Br |
| | Lutita | - |
| Unidad Volcanosedimentaria | Lodolita | La 546 r |
| | Ortoconglomerado petromíctico polimíctico | La 547 |
| | Conglomerado holocuarcífero | - |
| | Basalto (Lava almohadillada) | - |
| Unidad Tectónica Brechada | Waca lítica | La 504 Br, La 529 r |
| | Metatonalita | La 543, La 550 A |
| | Lodolita | La 561 B |
| | Caliza lodosa | La 571 r |
| | Esquisto cuarzo-sericítico | - |

Tabla 22. Tipos litológicos de la Asociación Volcanosedimentaria Los Algodones.

4.2.2.1. Unidad Volcanosedimentaria

Esta unidad, al estar compuesta por diversos tipos litológicos, tiene manifestaciones en campo igualmente variadas. En la Quebrada Yurí es posible observarla aflorando como una especie de lente conglomerático, carbonático y brechado (Fig. 50). Además se observan cantos de calizas tipo apón.

En la carretera hacia la localidad de Cogoyal, se observan grandes bloques de conglomerado holocuarcífero muy meteorizados (Fig. 51), de color fresco blanco y meteorizado gris claro a blanco.



Figura 50. Conglomerado de la Unidad Volcanosedimentaria. La 547.



Figura 51. Conglomerado holocarcífero de la Unidad Volcanosedimentaria. La 611.

Petrografía de lodolita

El análisis petrográfico de la muestra La 546 muestra una caliza totalmente recristalizada (Fig. 52 a), mostrando sólo algunos fragmentos de bivalvos, tal como se puede observar en la figura 52 b.

Esta muestra está conformada en un 95% por cemento carbonático recristalizado, tamaño espato y equigranular.

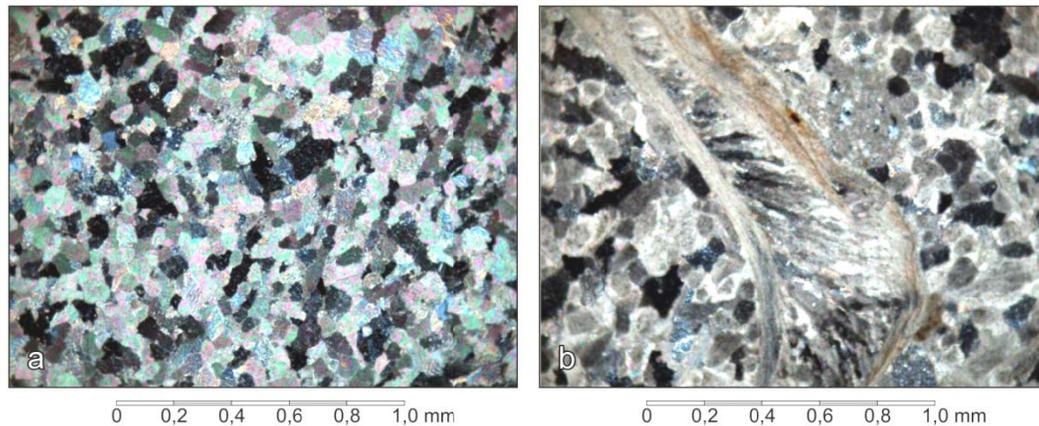


Figura 52. Lodolita. a) Vista general de la sección La 546 r, se observa la recrystalización, casi total, a cemento carbonático; b) Fragmento de bivalvo. Ambas bajo nícoles cruzados.

Petrografía de ortoconglomerado petromíctico polimíctico

En el análisis petrográfico de la muestra La 547, se clasificó a la misma como *Ortoconglomerado petromíctico polimíctico*. Los componentes principales de esta muestra son clastos en un 80%, matriz en un 3%, cemento en un 15% y presenta un 2% de porosidad.

Los clastos presentan una orientación isotrópica y un tamaño de grano promedio de 1 cm, ubicándolos en el rango de los guijarros. El escogimiento de estos clastos es moderado y generalmente se encuentran redondeados a sub-redondeados con una esfericidad promedio medianamente alta. Los contactos entre ellos son mayormente puntuales, sin embargo se puede observar contactos grano-cemento, cóncavo-convexo y grano-matriz en menor proporción.

La composición de estos clastos es principalmente de cuarzo metamórfico, mono y policristalino, los cuales ocupan el 45% de la muestra. Además de los cuarzos se tiene un 35% de fragmentos de roca, entre las cuales se haya caliza de la Formación La Luna (Fig. 53 a), caliza tipo Apón, arenisca limpia bien escogida, esquisto cuarzo micáceo epidótico (Fig. 53 b), basalto y gabros similares a los de las Unidades ígneas y chert.

El cemento está conformado principalmente por óxidos de hierro (12%) y minerales de arcilla en menor proporción (3%).

La matriz presenta un tamaño de grano menor a 1 mm y presenta una orientación isotrópica. La composición y otras características texturales de esta matriz no fueron posibles de determinar.

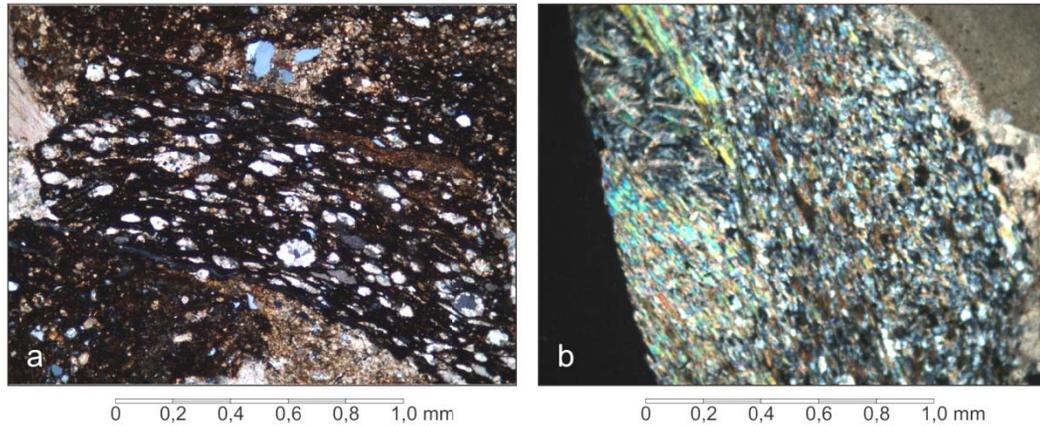


Figura 53. Ortoconglomerado petromiástico polimástico. a) Fragmento de caliza de la Formación La luna, NX. b) Fragmento de esquistos cuarzo micáceo, NX.

4.2.2.2. Formación La Luna

La unidad se caracteriza en la zona de estudio por sus capas perfectamente definidas que, al meteorizar, forman lascas de caliza o lutita carbonática (Fig. 54). Existen ciertas secciones en las cuales estas “lascas” presentan un aspecto caótico, algo brechado (Fig. 55), explicable por su cercanía a zonas de fallas tectónicas.

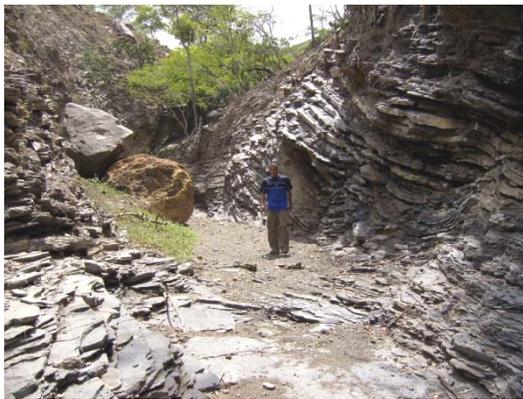


Figura 54. Formación La Luna en su aspecto más característico. La 542.



Figura 55. Formación La Luna en su aspecto caótico-brechado. La 572.

El color que presenta esta unidad es gris negruzco, sin embargo meteoriza a colores blanquecinos, lo que permite su identificación en fotografías satelitales (Fig. 56).

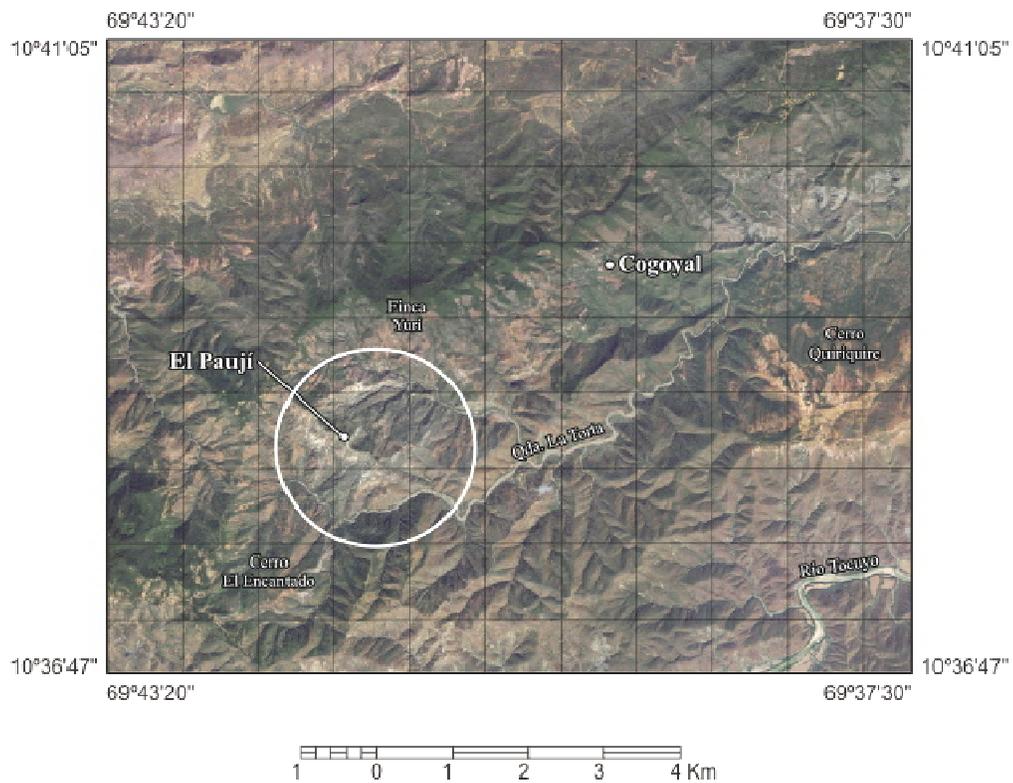


Figura 56. Área de afloramiento de la Formación La Luna que, al meteorizar (Dentro del círculo), se nota su color blanquecino. Tomado de Google Earth™.

Los tipos litológicos que presenta esta unidad son tres, la típica caliza descrita, caliza lodosa y lutita con aspecto similar al de las calizas.

Generalmente, los cuerpos de esta unidad se encuentran asociados a los cuerpos de las unidades ígneas, al igual que el resto de las unidades de la Asociación Volcanosedimentaria Los Algodones.

Algunas secciones finas de esta unidad (La 560 y La 601) fueron examinadas desde el punto de vista micropaleontológico por el Dr. Maximilian Furrer, quien identificó una asociación faunal semejante a la Formación La Luna, de edad Cretácico Tardío. Esta asociación incluye *Heterohelix reussi*, *Whiteinella sp.* y fragmentos de *Glotruncana* (La 561) y gran cantidad de radiolarios y fragmentos de foraminíferos pláncnicos (La 560).

A pesar de que una de las características más distintivas de esta Formación es la presencia de concreciones, en la zona de estudio únicamente se pueden observar algunas de estas concreciones en las cercanías al Volcán de Moroturito (Fig. 57 a y b). En estas concreciones es posible observar fósiles de amonites con diámetro promedio de tres centímetros.



Figura 57. Concreción con fósil de amonites

Petrografía de lodolita

Este tipo litológico fue analizado petrográficamente mediante dos muestras (Tabla 22). La composición de los mismos es similar. Los componentes principales de esta lodolita son los ortoquímicos, predominando generalmente una matriz micrítica, y en menor proporción, cemento

carbonático recristalizado isópaco (microespato), a veces radial y a veces equigranular (Fig. 58 a). Las muestras presentan estilolitas.

Se observan niveles de foraminíferos plácticos y gran cantidad de radiolarios (Fig. 58 b).

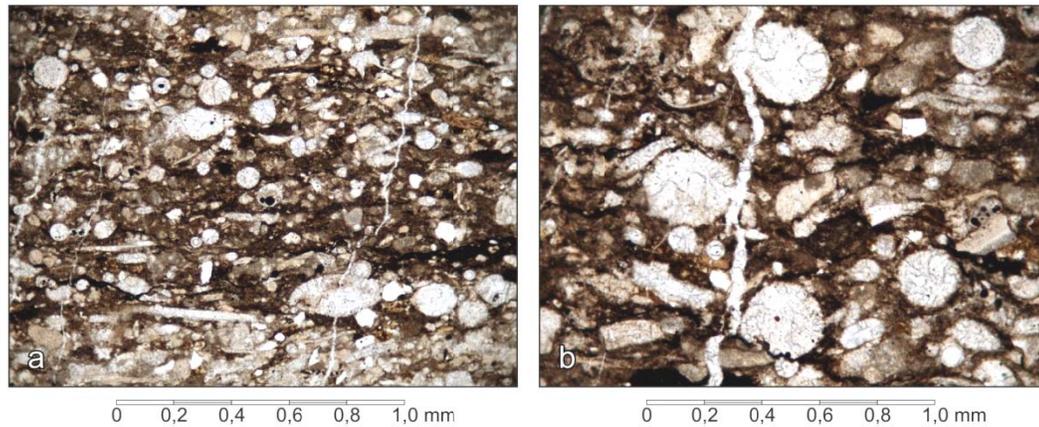


Figura 58. Lodolita. a) Vista general de la sección La 560, se observan estilolitas, NP; b) Fósiles de radiolarios, NP.

Petrografía de caliza lodosa

Este tipo litológico se encuentra representado en dos secciones (Tabla 22), a pesar de que sus componentes difieren entre sí.

El componente principal de esta caliza lodosa es una matriz micrítica (Fig. 59 a). El cuarzo observado en las muestras es mayormente monocristalino y de origen tanto metamórfico como plutónico.

Se observan algunos pequeños cristales de dolomita. Presentan su característica forma rómbica y son incoloros y posee colores de interferencia muy altos (pastel).

La porosidad observada es intraparticular y el cemento es escaso, predominando el de tipo carbonático, recristalizado y equigranular. Se observa además disolución de granos.

La fauna observada (componentes aloquímicos), son fragmentos de foraminíferos plácticos y bénticos, así como una gran cantidad de radiolarios, lo que ubican a esta roca en el Turoniense

(FURRER). También se identificaron fragmentos de equinodermos con inversión heteroaxil y de moluscos. (Fig. 59 b)

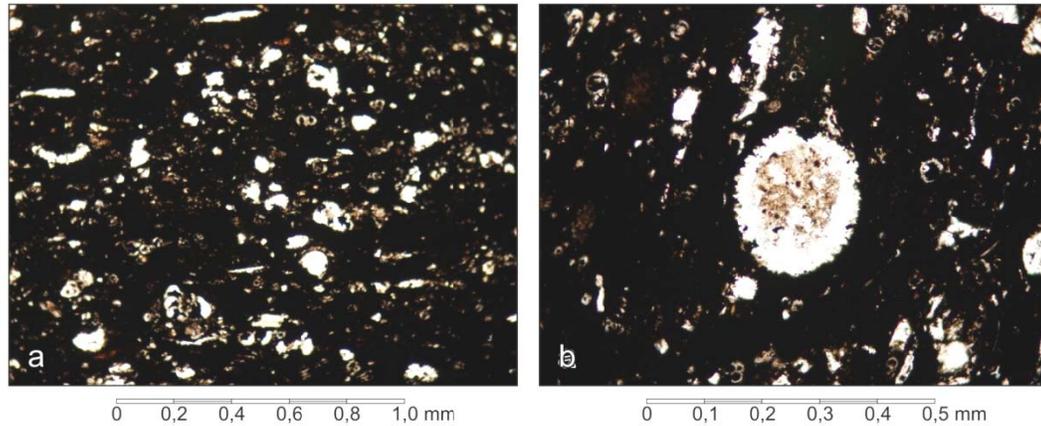


Figura 59. Caliza lodosa. a) Vista general de la muestra La 601, NP; b) Fósil de radiolario, NP.

4.2.2.3. Unidad Tectónica Brechada

La característica principal de esta unidad es el aspecto brechado y la caótica disposición que sus tipos litológicos tienen entre sí. Al formarse como “suela de corrimiento” de la Unidad Tectónica Brechada, está compuesta por fragmentos de ésta, así como de la Formación La Luna y de las unidades ígneas. El color de esta unidad es negruzco

Se encuentra generalmente asociada a las volcanosedimentarias, sin embargo, en la carretera hacia la Hacienda Yurí se encuentra entre un cuerpo de la Unidad Plutónica y uno de la Formación La Luna.

En la Quebrada Yurí se observa una franja de esta unidad en donde se consiguen, entre otras cosas, fragmentos de rocas de la Unidad Plutónica, específicamente metatonalita, mientras que en la carretera hacia la Hacienda Yurí, se encuentran fragmentos de caliza de la Formación La Luna, chert negro y gabro de la Unidad Plutónica

Petrografía de waca lítica

El análisis petrográfico de esta roca mostró un tamaño de grano entre 0,8 mm y 2,2 mm, medianamente escogidos, sub-redondeados a redondeados, con una esfericidad mayormente media y a veces media-alta. Los contactos de estos granos es principalmente grano-matriz (90%), aunque también se observan algunos longitudinales (10%).

Los componentes de esta waca lítica son, por orden de abundancia, granos en un 68%, cemento en un 30% y el 2% restante se encuentra ocupado por minerales de arcilla formando una matriz (Fig. 60).

Entre los granos se encuentra cuarzo monocristalino (plutónico y metamórfico) y policristalino metamórfico (55%), fragmentos de roca sedimentaria y de chert (8%), plagioclasa (3%) y 2% de mineral opaco (Fig. 61).

El cemento se encuentra compuesto en su totalidad por mineral carbonático.

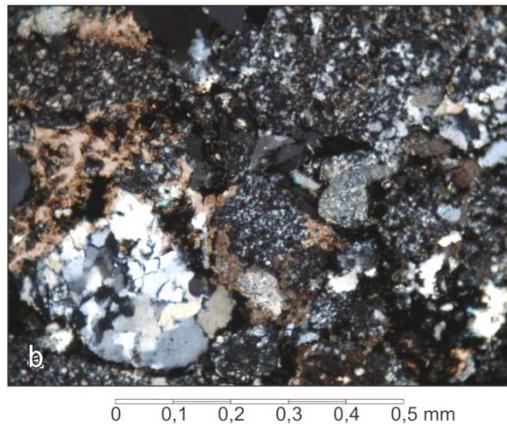


Figura 60. Waca lítica bajo nícoles cruzados.

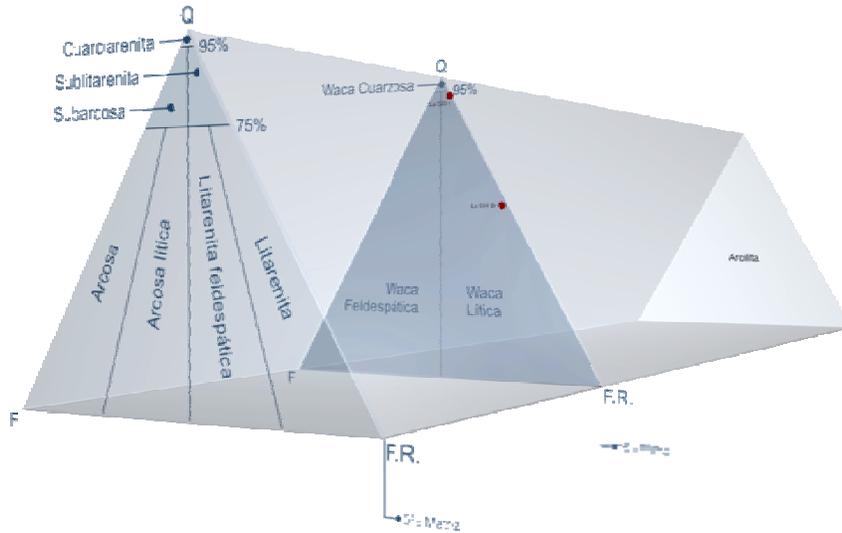


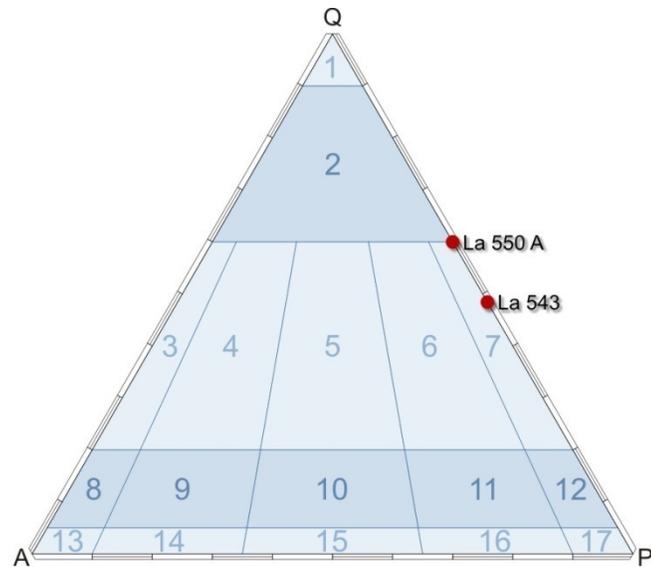
Figura 61. Triángulo de clasificación de areniscas con las muestras de este tipo litológico (La 504 Br y La 529 r) graficadas.

Petrografía de metatonalita

A continuación se presenta la mineralogía de este tipo litológico (Tabla 23), así como el triángulo utilizado para su clasificación (Fig. 62).

| Muestra | Qtz | Pl | Chl | Bt | Zrn | Ca | Mtz | Op |
|----------|-----|------|-----|-----|-----|----|-----|-----|
| La 543 | 45 | 25 | 4 | 0 | 1 | 25 | 0 | 0 |
| La 550 A | 40 | 0 | 33 | 1 | 1 | 15 | 7 | 1 |
| Promedio | 43 | 12,5 | 19 | 0,5 | 1 | 20 | 3,5 | 0,5 |
| Máximo | 45 | 25 | 33 | 1 | 1 | 25 | 7 | 1 |
| Mínimo | 40 | 0 | 4 | 0 | 1 | 15 | 0 | 0 |

Tabla 23. Composición mineralógica de la Metatonalita.



1.- Cuarzolitita, 2.- Granitoides ricos en cuarzo, 3.- Granito feldespático alcalino, 4.- Sienogranito, 5.- Monzogranito, 6.- Granodiorita, 7.- Tonalita / Trondhjemitita, 8.- Cuarzo-sienita feldespática alcalina, 9.- Cuarzo-sienita, 10.- Cuarzo-monzonita, 11.- Cuarzo-monzodiorita / Cuarzo-monzogabro, 12.- Cuarzo-diorita / Cuarzo-gabro, 13.- Sienita feldespática alcalina, 14.- Sienita, 15.- Monzonita, 16.- Monzodiorita / Monzogabro, 17.- Diorita / Gabro

Figura 62. Muestras de metatonalita graficadas en triángulo de clasificación de rocas gabroides.

Las muestras de Metatonalita presentan una cristalinidad hipocristalina, sus cristales son de tamaño fanerítico. En cuanto a la granularidad, la muestra La 543 es equigranular hipidiomórfica, mientras que la muestra La 550 A es inequigranular seriada.

Cuarzo: es primario, presenta su típica apariencia incolora bajo nícoles paralelos y gris de primer orden bajo nícoles cruzados; así mismo presenta su característica extinción ondulatoria.

Plagioclasa: es del tipo labradorita. Presenta maclado tipo albita. Los cristales son subhedrales mayormente. El nivel de alteración de este mineral es intermedio, sufriendo proceso de carbonatización.

Clorita: se presenta mayormente como producto de alteración de anfíboles y es posible encontrar resto del clivaje característico de estos (Fig. 63 a). También se observan como producto de alteración de biotita, igualmente conservando características de ésta (Fig. 63 b). Bajo nícoles paralelos es de color verde, ligeramente pleocroico entre verde claro y verde medio. Bajo nícoles cruzados es de color azul de diferentes intensidades.

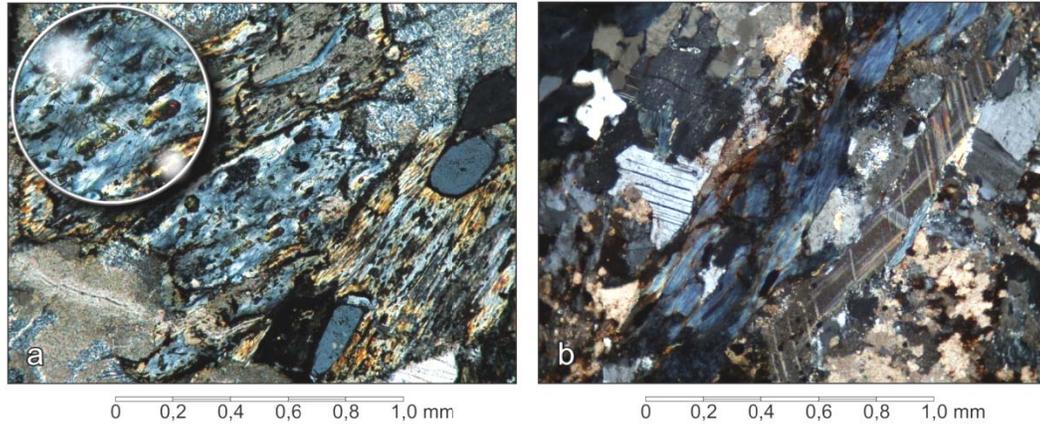


Figura 63. a) Clorita producto de alteración de anfíbol, en el zoom se nota el clivaje remanente. Nícoles cruzados, NX; b) Clorita producto de alteración de biotita, aún conserva parte de las características de ésta, como el hábito. También se observa la carbonatización de la roca, NX.

Biotita: es poco común en esta roca, generalmente se encuentra alterada a *clorita* (Fig. 62 b). Este mineral posiblemente haya sido rico en hierro debido al contenido de óxido presente en la muestra.

Mineral carbonático: disperso en toda la sección, es posible encontrar relativamente altas cantidades de estos, lo que indica la carbonatización de la roca. Este mineral se ve como una especie de matriz de pequeños cristales de colores pasteles característicos de estos minerales. El mineral que da origen a este material carbonático es la plagioclasa.

Circón: se consigue como accesorio. Bajo nícoles paralelos es incoloro y bajo nícoles cruzados se presenta con vivos colores de interferencia (Fig. 64). Se encuentra en forma de pequeños cristales elípticos.



Figura 64. Circón en Metatonalita, NX. La 543.

Se observa un mineral opaco, posiblemente rutilo por sus características en muestra de mano, como color y brillo, y por su color y cristalinidad, observada en el análisis petrográfico (Fig. 65).

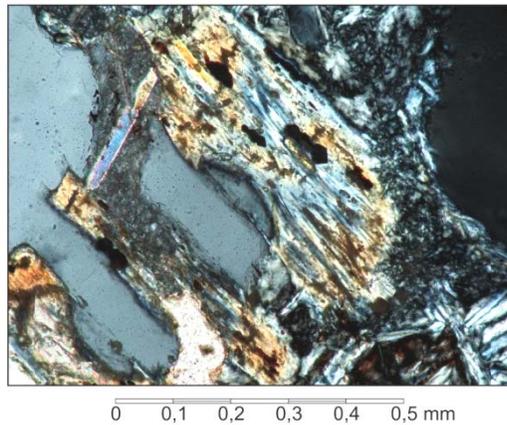


Figura 65. Pequeños cristales de rutilo en Metatonalita, NX. La 550 A.

Petrografía de la lodolita

Esta roca (La 561 B) está compuesta principalmente por elementos ortoquímicos (matriz y cemento), los cuales conforman el 92% de la sección. Los elementos aloquímicos conforman el 6% mientras que los extraclastos ocupan el 2% restante (Fig. 66 a).

Entre los elementos extraclásticos se puede observar cuarzo monocristalino metamórfico, fragmentos de chert y algunos pocos cristales de muscovita; todos estos elementos en cantidades trazas.

La fauna encontrada en esta roca incluye *Heterohelix reussi*, *Whiteinella* sp. y fragmentos de *Globotruncana*. Éstos fósiles, identificados por el Dr. Maximilian Furrer, junto a un 1% de pelets y 2% de ooides conforman el 6% de aloquímicos (Fig. 66 b).

La matriz es de tamaño micrita, por lo que se hace imposible la identificación de los elementos que la conforman. Ocupa el 86% de la sección.

El 6% restante lo conforma un cemento carbonático, microespático y equigranular.

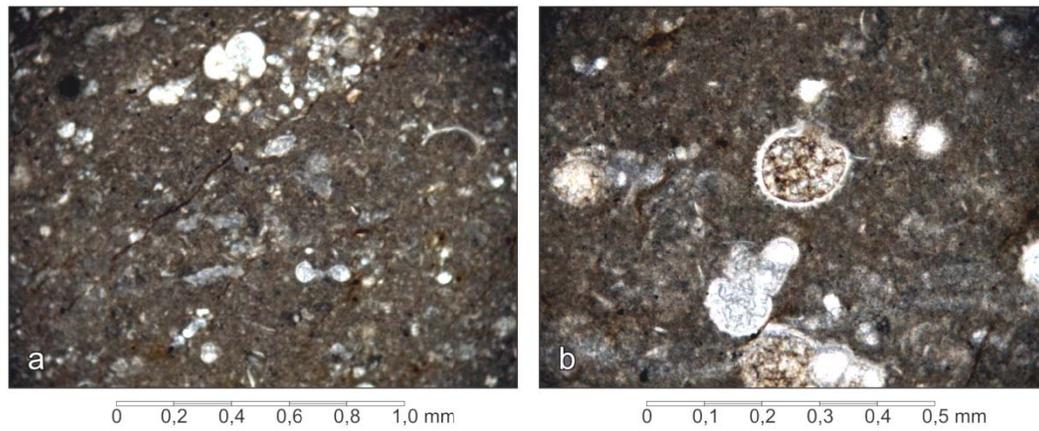


Figura 66. Lodolita. a) Vista general de la sección La 561 B, NX; b) Fósil de *Globotruncana*, NX.

Petrografía de caliza lodosa

Este tipo litológico se encuentra compuesto en un 60% por cemento microespático, como elemento ortoquímico (Fig. 67).

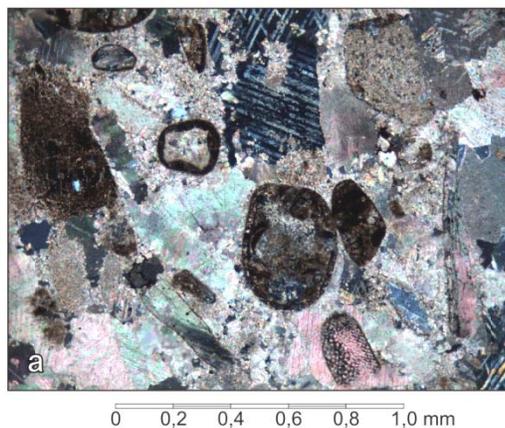


Figura 67. Pelets en caliza lodosa. La 571 r, NX.

Un 20% de la sección está conformado por pelets, 2% por fragmentos de caliza, 4% por fragmentos de equinodermos y otros 4% por fragmentos de algas, como elementos aloquímicos.

El 10% restante de la sección está conformado por cuarzo plutónico, tanto poli como monocristalino.

4.3. UNIDADES SEDIMENTARIAS

Esta cobertura se encuentra conformada por cuatro unidades sedimentarias que, a pesar de ser más jóvenes que las unidades pertenecientes a la Súper-asociación Ígneo-sedimentaria Río Tocuyo, éstas últimas se encuentran emplazadas sobre las primeras, consecuencia de un evento tectónico posterior.

4.4.1. Formación Matatere

Extensión

Los afloramientos de la Formación Matatere son los predominantes en la zona de estudio, especialmente en la mitad sur de ambos mapas. En la zona de estudio ubicada al norte de Siquisique, se muestra como un solo cuerpo, a excepción de ciertos afloramientos aislados ubicados en la Hacienda Yurí, al norte de la quebrada homónima y cerca del centro del área de estudio, y que se encuentra rodeado principalmente por afloramientos de La Luna a excepción de su límite más oriental, el cual se encuentra en contacto con la Asociación Ígnea Siquisique. En la zona de estudio cercana a la localidad de El Limón, se encuentra como un cuerpo de amplia extensión al sur y como un cuerpo alargado al oeste, con una orientación aproximada N45°E (Fig. 68).

La extensión de esta unidad es de aproximadamente 55,12 km², lo que representa cerca del 53% de la zona de estudio.

Contactos

La Formación Matatere se encuentra en contacto de falla con las unidades pertenecientes a la Súperasociación Ígneo-sedimentaria Río Tocuyo, mientras que con el resto de las formaciones que conforman la cobertura sedimentaria, el contacto es estratigráficamente discordante.

Es frecuente conseguir remanentes de las unidades que sobrecorren a la cobertura sedimentaria, en contacto exclusivamente con la Formación Matatere.

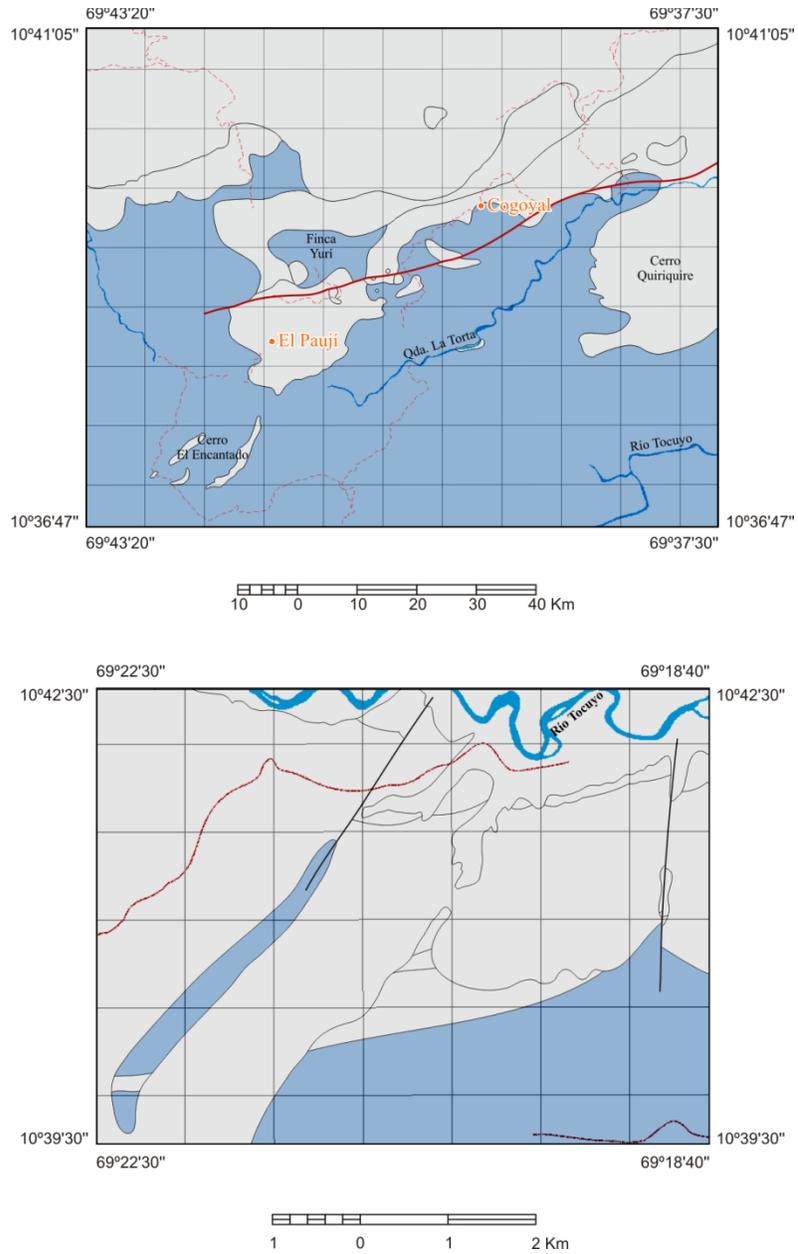


Figura 68. Extensión de la Formación Matatere (en azul).

Tipos litológicos

Esta Formación se describe a partir de las observaciones hechas tanto en campo como a muestras de mano, así como del estudio petrográfico de 7 secciones finas. La misma se encuentra representada en el área de estudio por diferentes tipos litológicos, siendo lo más frecuente

intercalaciones de arenisca y lutita, formando una secuencia tipo flysch (Fig. 69). Se reconocieron en total 7 tipos litológicos, separados en dos grupos principales, especificados en la tabla 24.



Figura 69. Formación Matatere con su típica secuencia flysch. Presenta pliegues tipo slump.

| Tipo litológico | | Muestra con análisis petrográfico |
|---|-------------------|-----------------------------------|
| Arenisca | Arcosa lítica | La 510 |
| | Waca feldespática | La 574 |
| | Subarcosa | La 501 |
| | Litarenita | La 612 C |
| | Sublitarenita | La 540 Br |
| Ortoconglomerado petromíctico polimíctico | | - |
| Lutita | | - |

Tabla 24. Tipos litológicos de la Formación Matatere.

Las características principales en la zona de estudio son, por un lado, la secuencia rítmica de arenisca y lutita (secuencia flysch) y, por otro, el significativo número de cárcavas que se generan en la superficie de ésta. Eventualmente se observan capas de conglomerados, con clastos tamaño guijarro. El color de meteorización de esta formación es generalmente marrón parduzco, mientras que su color fresco de la arenisca es gris verdoso.

En las quebradas Los Saltos y La Torta, es posible observar capas que presentan pliegues *slumps*, como se observa en la figura 68. Además, en la Quebrada La Mocha se observa una capa de carbón de aproximadamente 1 m de espesor.

Mediante el análisis petrográfico se definieron cinco tipos diferentes de arenisca especificadas en la tabla 4.4.

Arcosa lítica

Esta arcosa lítica presenta un escogimiento medio, con tamaño de grano promedio 0,2 mm. La redondez de los granos es mayormente subangular y la esfericidad es media (Fig. 70). El componente principal son los granos, los cuales ocupan el 60% de la sección fina. El resto está conformado por 35% de cemento y 5% de matriz. Los contactos que se observan son, por lo general, del tipo grano-matriz, observándose también del tipo suturado.

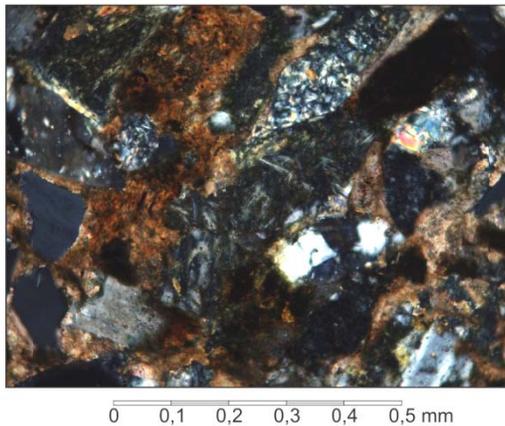


Figura 70. Fotomicrografía de fragmento de roca volcánica.

Muestra La 510, NX.

La composición de los granos es, en primer lugar, cuarzo, de origen plutónico, en forma mono y policristalina, y de origen metamórfico, en forma monocristalina; estas variedades de cuarzo ocupan el 35% de la sección fina. Un 8% de la sección fina está conformada por feldespatos, en este caso, plagioclasa. En esta sección se encuentran fragmentos de roca que alcanzan el 5% de la misma; estos fragmentos de roca son, en orden de abundancia, chert, sedimentaria y metamórfica (Fig. 71). El resto de la sección fina está compuesto por minerales accesorios, específicamente biotita, clorita y opacos.

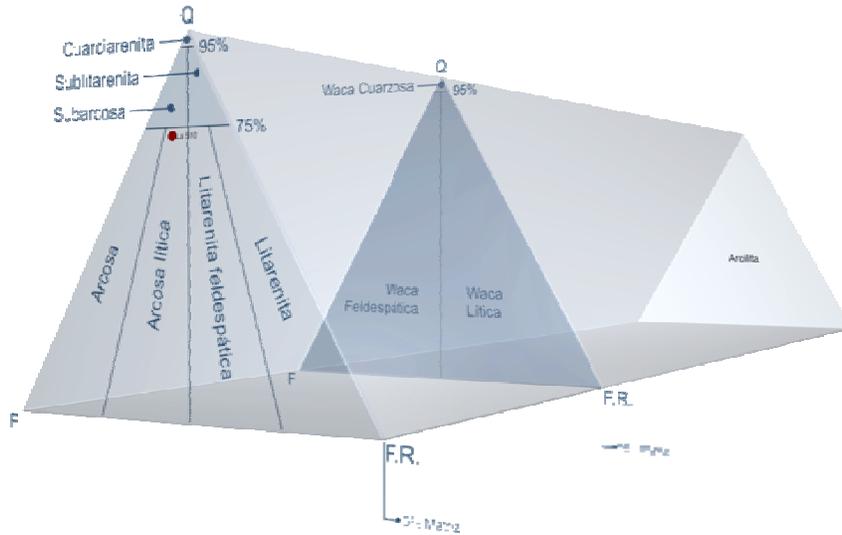


Figura 71. Triángulo de clasificación de areniscas con la muestra de este tipo litológico (La 510 Br) graficada.

El cemento que presenta esta arcosa está compuesto únicamente por minerales carbonáticos mientras que la matriz está conformada sólo por minerales de arcilla.

Waca feldespática

Presenta un escogimiento medio, con tamaño de grano entre 0,05 y 0,1 mm. La redondez de los granos es principalmente subangular y la esfericidad es media (Fig. 72). Los componentes principales de esta sección fina ocupan el 96% de la misma, encontrándose una veta de calcita que ocupa el 4% restante. El 96% de los componentes principales se divide en 60% de granos, 25% de matriz, 9% de cemento y 2% de porosidad. Los contactos que se observan son, del tipo grano-matriz, longitudinal, cóncavo - convexo y suturado.

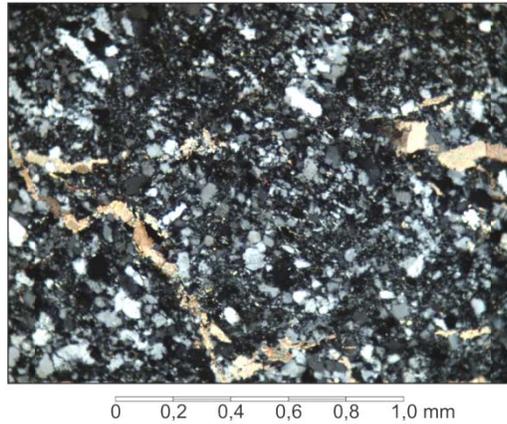


Figura 72. Granos de cuarzo subangulares. Muestra La 574, NX.

La composición de los granos es principalmente cuarzo plutónico (mono y policristalino), los cuales ocupan el 55% de la sección fina. Los feldespatos ocupan aproximadamente 5% de la sección y están representados por plagioclasas, en esta muestra se encuentran trazas de fragmentos de rocas (chert) y circón (Fig. 73).

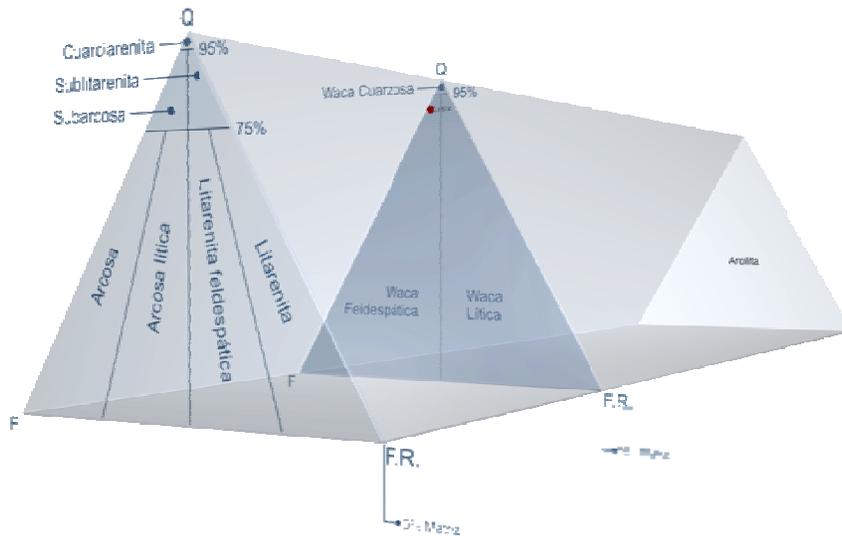


Figura 73. Triángulo de clasificación de areniscas con la muestra de este tipo litológico (La 574 Br) graficada.

La matriz está conformada principalmente por minerales de arcilla, óxidos de hierro y cuarzo. El cemento está compuesto únicamente por minerales carbonáticos.

Esta roca presenta una compactación baja, observándose deformación y trituramiento de granos dúctiles. Se observa además disolución de la matriz y alteración de la plagioclasa.

Subarcosa

En esta roca se observan granos con tamaño promedio de 0,1 mm, encontrándose moderadamente escogida. Los granos presentan una redondez subangular y esfericidad media (Fig. 74). Los contactos que se observan son del tipo grano-matriz y longitudinal. En esta sección se encuentran, como componentes principales, 80% de granos, 15% de matriz y el resto (5%) está conformado por cemento.

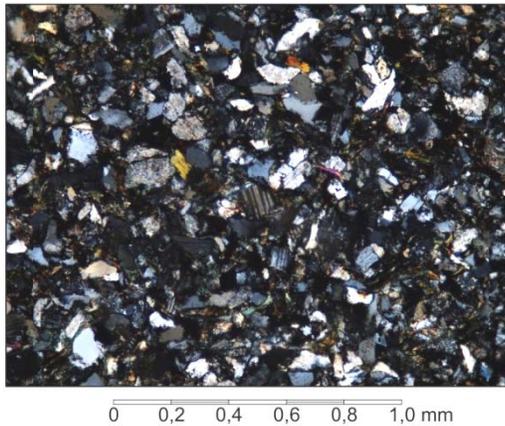


Figura 74. Granos de plagioclasas maclados, se observan micas con leve deformación.

Muestra La 501, NX.

Los granos encontrados en esta subarcosa son principalmente de cuarzo monocristalino, quienes ocupan el 43% de la totalidad de la muestra y son de origen tanto plutónico como metamórfico. El 10% de la sección está ocupada por granos de feldespato, divididos entre plagioclasa y ortosa. En esta roca se encuentra un 7% de fragmentos de roca, mayormente metamórfica (esquisto micáceo), con algunos de origen volcánico (Fig. 75). Además de estos componentes se encuentran cristales de biotita, muscovita y de opacos, los cuales ocupan el 20% de la sección, para completar el 80% de la misma, ocupado por granos.

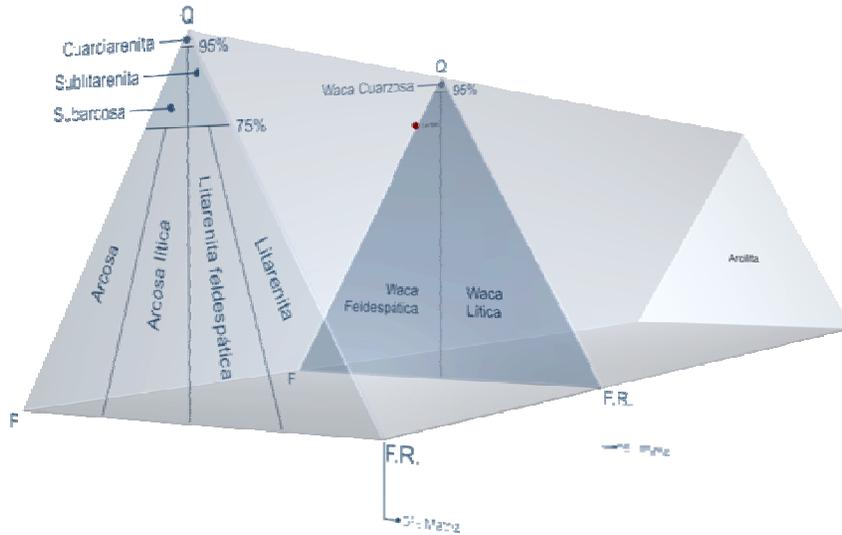


Figura 75. Triángulo de clasificación de areniscas con la muestra de este tipo litológico (La 501 Br) graficada.

El 15% de la sección, representados por matriz, se encuentran ocupados principalmente por minerales de arcilla y óxido de hierro, mientras que el 5%, ocupado por cemento, está conformado por minerales carbonáticos.

Litarenita

El escogimiento que presenta esta muestra es moderado y los granos que la componen son subredondeados y su esfericidad es media; tienen un tamaño de grano promedio 0,2 mm (Fig. 76). Esta litarenita está compuesta principalmente por 85% de granos, 10% de cemento y 5% de matriz.

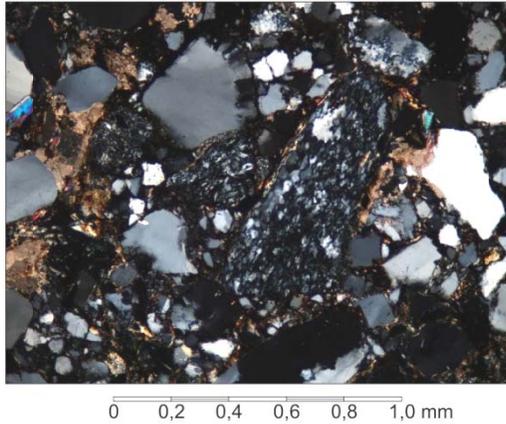


Figura 76. Fragmentos de chert y cuarzo subredondeados.

Muestra La 612 C, NX.

Los granos están compuestos mayormente por cuarzo monocristalino, de origen plutónico y metamórfico, ocupando el 50% de la muestra. Otro tipo de grano encontrado en esta roca son los de feldespato, específicamente plagioclasa, los cuales ocupan el 3% de la misma, fragmentos de roca, chert y sedimentaria, que ocupan 26% de la roca, y 6% entre muscovita y circón (Fig. 77). La matriz está compuesta únicamente por minerales de arcilla, mientras que el cemento está compuesto sólo por minerales carbonáticos.

La roca presenta alta compactación y deformación de granos dúctiles.

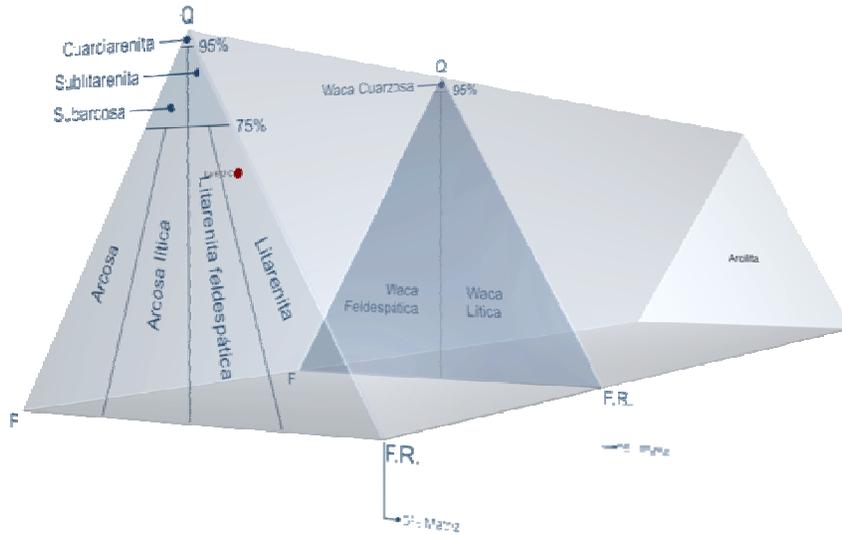


Figura 77. Triángulo de clasificación de areniscas con la muestra de este tipo litológico (La 612 C) graficada.

Sublitarenita

Esta roca tiene un tamaño de grano entre 0,8 a 2,2 mm. Los granos se encuentran de subredondeados a redondeados, tienen una esfericidad media y los contactos son principalmente grano – matriz, encontrándose eventualmente contactos longitudinales (Fig. 78).

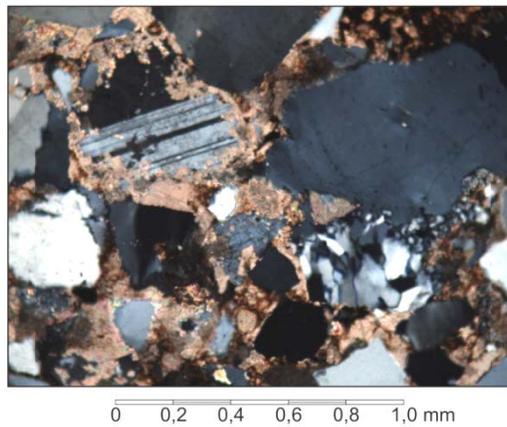


Figura 78. Plagioclasa maclada, cuarzo y chert en contacto grano – matriz. Muestra La 540 Br, NX.

Los componentes principales de la roca son granos, los cuales ocupan el 68% de la misma, y se encuentran representados por el 55% de cuarzo, dividido entre monocristalino, tanto metamórfico como plutónico, y policristalino metamórfico, 3% de plagioclasa, 85 de fragmentos de roca sedimentaria y chert y un 2% de mineral opaco y clorita (Fig. 79). La matriz está conformada por minerales de arcilla y el cemento por mineral carbonático, estos componentes ocupan el 2% y el 30% respectivamente.

Esta roca presenta una compactación alta y la clorita se presenta como alteración de la biotita.

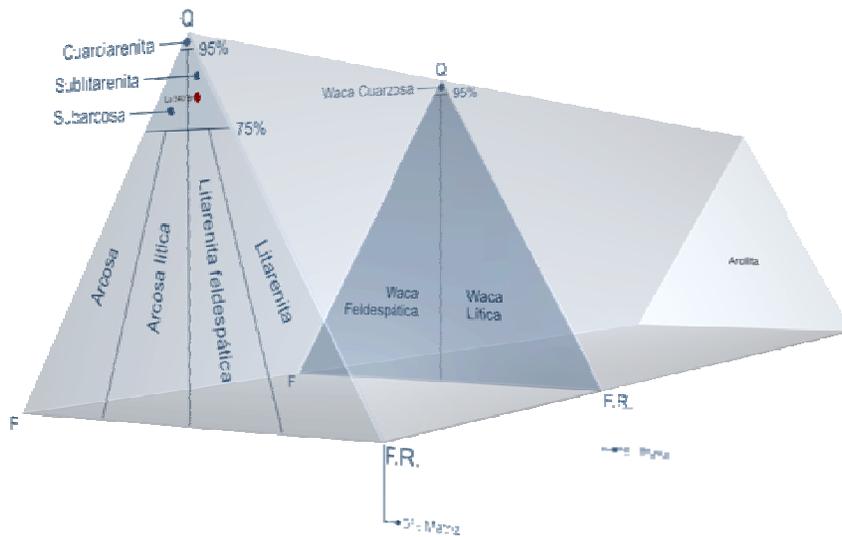


Figura 79. Triángulo de clasificación de areniscas con la muestra de este tipo litológico (La 540) graficada.

Ortoconglomerado petromiástico polimiástico

En campo se presenta como capas gruesas y afloran principalmente en las quebrada La Torta y El Muerto. Generalmente los clastos son de tamaño guijarro a bloque, compuestos por chert, fragmentos de rocas volcánicas, sedimentarias y gabros. En campo fue clasificado como ortoconglomerado petromiástico polimiástico (Fig. 80).

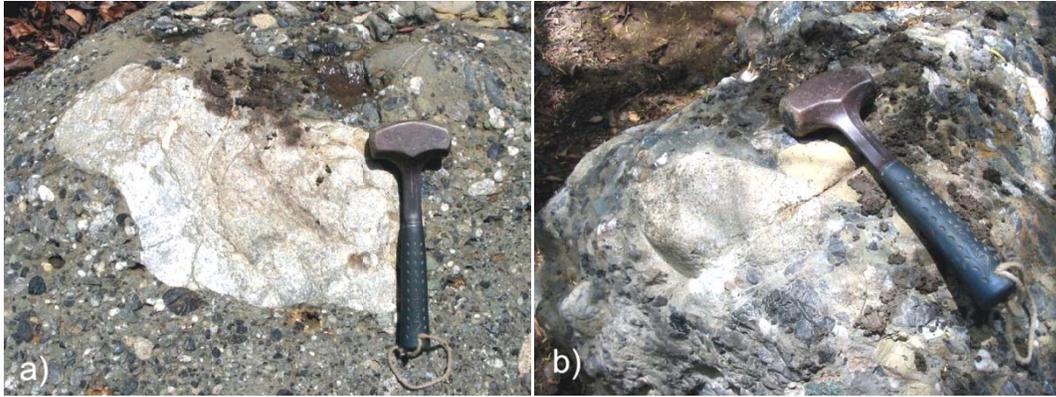


Figura 80. Ortoconglomerado petromítico polimítico. a) Conglomerado en donde se muestra un clasto de tamaño bloque de un fragmento de sedimentaria. b) Conglomerado con clasto tamaño bloque de gabro.

4.3.2. Formación Castillo

Extensión

La Formación Castillo aflora en una relativamente pequeña extensión, presentándose como una banda al oeste de la zona de estudio y con una orientación que sigue con la tendencia SO-NE. Se consigue también una colina con afloramientos de esta formación hacia su tope, ubicada en el antiguo camino que va desde Las Tinajitas hasta la Hacienda Las Delicias (Fig. 81).

La extensión de esta unidad es de aproximadamente 2,05 km², lo que representa cerca del 2% de la zona de estudio, por lo que es la unidad con menor extensión en la mencionada zona, a excepción de las terrazas aluviales.

Contactos

El cuerpo de mayor extensión de esta unidad se encuentra en contacto estratigráficamente discordante con las formaciones Matatere, al sur y Capadare, al norte. Por otra parte, el cuerpo de menor extensión, se encuentra totalmente rodeado por la Formación Capadare, contacto el cual, es igualmente discordante.

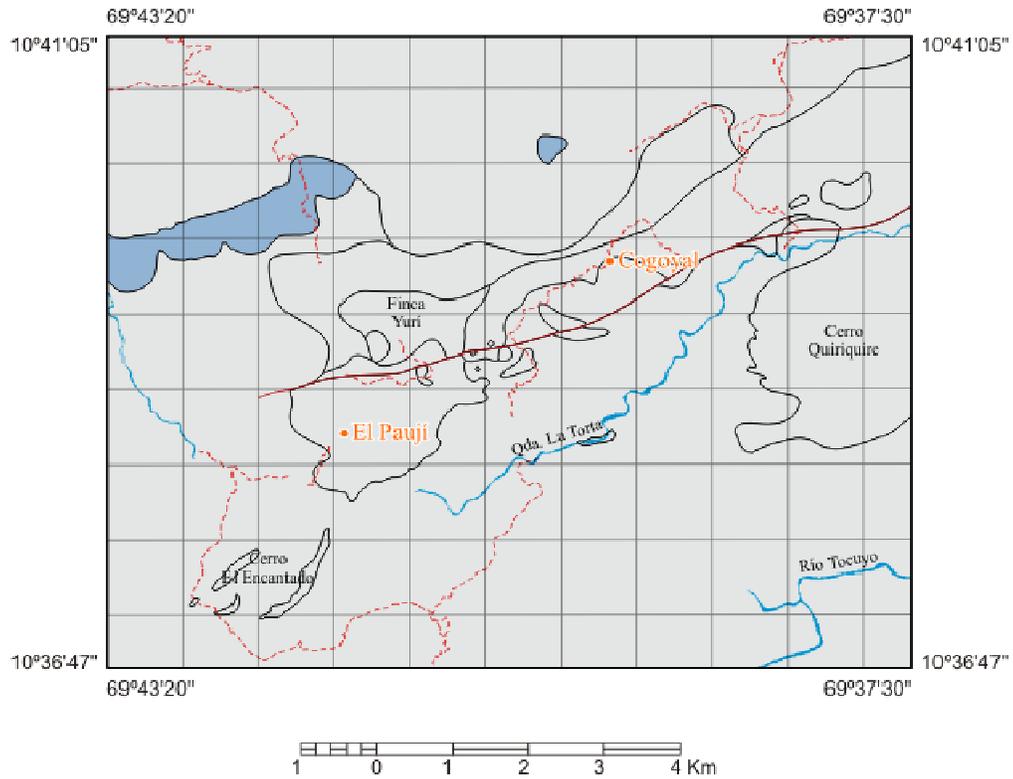


Figura 81. Extensión de la Formación Castillo (en azul).

Tipo litológico

Esta formación se describe a partir de las observaciones hechas en campo, muestras de mano y una sección fina. Está representada en la zona de estudio por conglomerados de color rojizo (Tabla 25) y areniscas friables de igual color.

| Tipo litológico | Muestra con análisis petrográfico |
|--------------------------------------|-----------------------------------|
| Conglomerado ortomíctico polimíctico | La 591 B |

Tabla 25. Tipo litológico de la Formación Castillo.

En el cuerpo más occidental, las capas de arenisca tienen un espesor entre 30 cm y 1 m y presentan una granulometría gruesa, a veces gravosa. Dentro de esta arenisca se encuentran algunos lentes de conglomerado con clastos entre 0,8 mm y 2 cm de diámetro promedio y de composición variada.

Ortoconglomerado ortomíctico polimíctico

El estudio petrográfico de este conglomerado, permitió su clasificación como ortoconglomerado-ortomíctico-polimíctico. En éste, el componente principal son los clastos, los cuales conforman el 80% de la roca. Predominan los clastos de cuarzo metamórfico, tanto mono como policristalino, representando aproximadamente el 45% del conglomerado; se consiguen también clastos de caliza con foraminíferos, similares a la caliza de la Formación La Luna (Fig. 82), ocupando el 18%, fragmentos de chert, con el 12%, y algunos pocos fragmentos de esquisto, para completar el porcentaje de clastos.

Todos estos componentes se encuentran unidos entre sí, por un cemento de color rojo, compuesto principalmente por óxido de Fe y en menor proporción, por minerales de arcilla. Este cemento representa el 15% de la roca y es quien le da a la misma el color rojizo al meteorizar. El resto del conglomerado está compuesto por matriz fina (3%) y por porosidad (2%). El tamaño de grano promedio de la matriz es menor a $\frac{1}{2}$ mm.

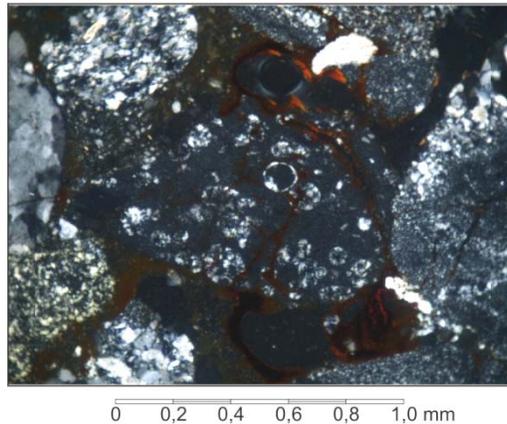


Figura 82. Fragmento de caliza de la Formación La Luna en conglomerado de la Formación Castillo, NX.

4.4.3. Formación Capadare

Extensión

La Formación Capadare se encuentra aflorando principalmente al norte de ambas zona de estudio, encontrándose además un cuerpo de amplia extensión en la región oriental de la zona al norte de Siquisique, específicamente en el cerro Quiriquire (Fig. 83).

Esta unidad tiene una extensión aproximada de 44,8 km², lo que representa cerca del 29% del área de estudio, siendo la segunda unidad con mayor extensión en dicha área.

Contactos

La Formación Capadare es la formación más joven estudiada y, al igual que la Formación Matatere, se encuentra en contacto con el resto de las unidades aflorantes en la zona de estudio.

El contacto con las formaciones Matatere, Castillo y Churuguara (zona de El Limón) es estratigráficamente discordante, en cambio, con la Súper-Asociación Ígneo-sedimentaria Río Tocuyo el contacto es de falla.

Al oeste de la zona de estudio al norte de Siquisique, la Formación Capadare se encuentra en contacto con las formaciones Castillo y Matatere, siendo más extenso el contacto con la primera. En el área central de la misma zona, esta formación se encuentra en contacto con la Asociación Volcano-sedimentaria Los Algodones, contacto que se prolonga hacia el este de la zona de estudio. La sección más oriental del cuerpo de mayor extensión, se encuentra en contacto con la asociación Ígnea Siquisique, al igual que el límite norte del cuerpo de menor extensión, ubicado en el margen este de la zona de estudio. El resto de este cuerpo se encuentra en contacto con la Formación Matatere.

Hacia El Limón, la Formación Capadare se encuentra en contacto discordante con la Formación Churuguara, mientras que al sur se encuentra en contacto tanto con la Formación Matatere como con la Asociación Ígnea Siquisique.

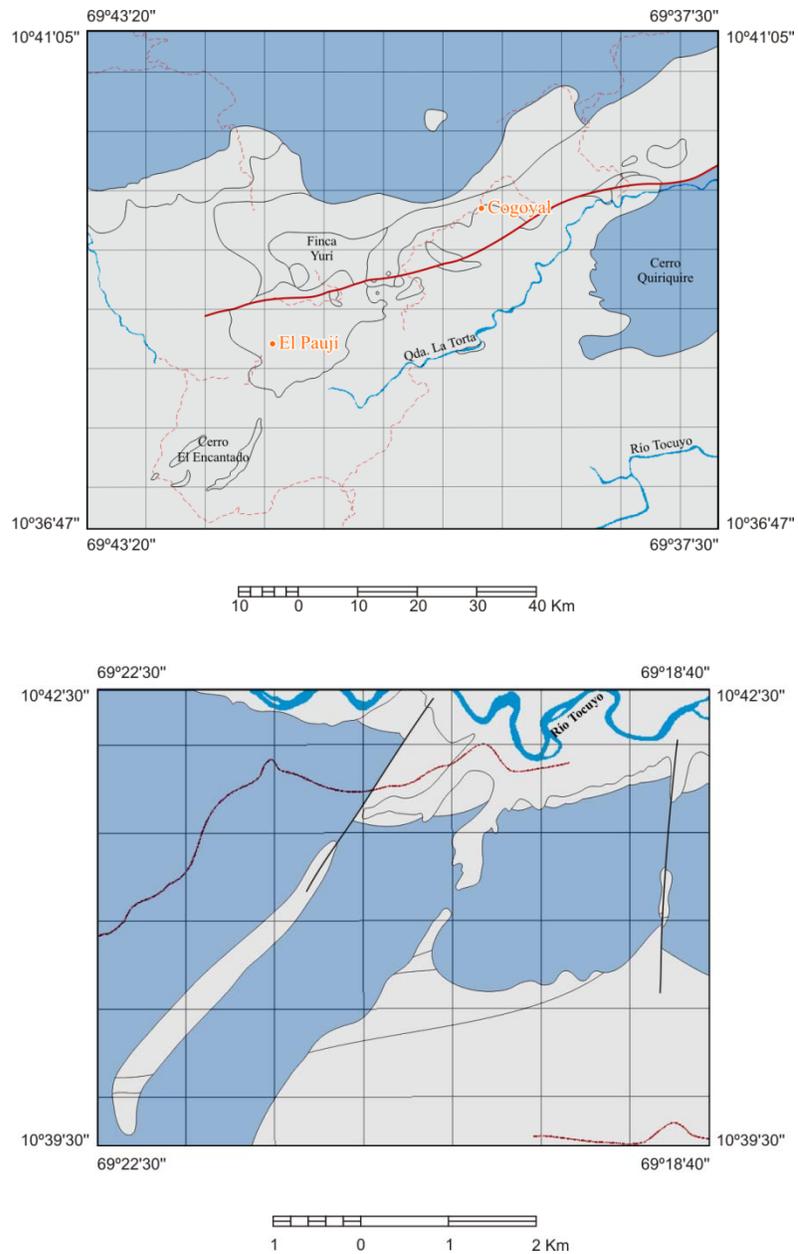


Figura 83. Extensión de la Formación Capadare (en azul).

Tipo litológico

Esta formación está representada en la zona de estudio por calizas de aspecto masivo, con abundante contenido de fósiles, de color ocre y raras veces presentan una especie de laminación (Tabla 26).

| Tipo litológico | Muestra con análisis petrográfico |
|-----------------|-----------------------------------|
| Caliza lodosa | La 524 |

Tabla 26. Tipo litológico de la Formación Capadare.

La topografía de las zonas donde aflora esta formación contrasta con el resto del área de estudio, especialmente con aquellas zonas en las cuales aflora la Formación Matatere. La expresión topográfica de esta formación son colinas de laderas y crestas significativamente suavizadas.

Los afloramientos presentan la característica erosión cárstica y forman farallones de moderada altura. A esta escala ya es posible apreciar abundantes fragmentos de microfósiles.

Caliza lodosa

A nivel petrográfico se pudo identificar fósiles de *Globorotaria* y fragmentos de bivalvos (Fig. 84), ocupando el 18% de la sección fina. Seguido en cantidad, se observaron cristales monocristalinos y policristalinos metamórficos de cuarzo, ocupando el 17% de la sección fina; algunos fragmentos de chert y de rocas sedimentarias, ocupando el 5%, por lo cual los extraclastos suman el 22% de la sección. Los componentes con mayor presencia en esta muestra es la micrita, que cuenta el 44%, seguida por cemento espato con 14%; ambas representan el 58% de la sección fina. El 2% restante es porosidad.

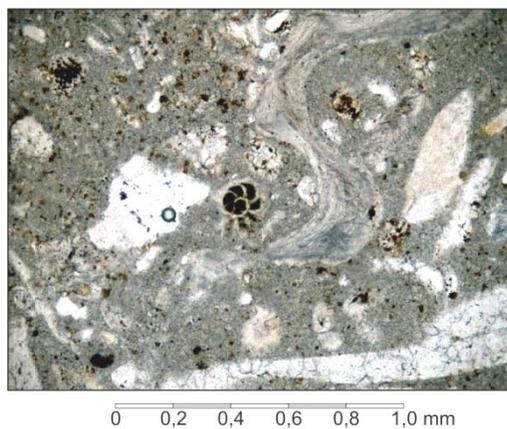


Figura 84. Foraminífero y fragmento de bivalvo en caliza lodosa de la Formación Capadare, NX.

4.3.4. Unidades cuaternarias

Extensión

A lo largo del drenaje principal y en los primeros metros de la desembocadura de algunos de sus tributarios, se encuentran estos sedimentos aún no consolidados. La extensión de esta unidad es menor al 1% de la zona de estudio, haciéndose difícilmente cartografiable a la escala trabajada.

Contactos

Al tratarse de sedimentos que se encuentran aún en proceso de transporte y depositación; no encontrándose consolidados; ocupando los cauces de algunas quebradas de manera local; esta unidad se encuentra en contacto estratigráficamente discordante con el resto de las unidades estudiadas.

Tipo litológico

Estos sedimentos presentan una granulometría media a gruesa, predominando sedimentos tamaño arena media, pero encontrándose además sedimentos tamaño grava gruesa e incluso algunos guijarros y bloques. Su composición es el resultado de la erosión y degradación de las diferentes unidades aflorantes en la zona de estudio.

4.4. GEOLOGÍA ESTRUCTURAL LOCAL

Entre una de las características estructurales de la región, destaca la falla de Los Algodones, la cual, a pesar de no encontrarse precisamente en la zona de estudio, sino más bien al sur de ésta, tiene repercusión en la zona de Siquisique, por lo que es la falla más importante a nivel regional.

En la zona de estudio es posible identificar ciertos tipos de rasgos estructurales que, sólo en algunos casos pueden ser medidos. Entre estos rasgos predominan evidencias de fallas.

4.2.1. Fallas de corrimiento

Son de gran extensión y se encuentra en la zona central, presentando una orientación preferencial suroeste – noreste. Estas fallas se encuentran limitando las unidades alóctonas de la Súper Asociación Río Tocuyo.

En la parte suroeste de la zona de estudio, específicamente en el cerro el Encantado, se observan pequeños klippes de la Formación la Luna, en contacto con la Formación Matatere. Estos klippes tienen forma de pequeñas lenguas alargadas y con una orientación dirección que sigue la tendencia local suroeste – noreste. Sin embargo, uno de estos klippes de la Formación La Luna, ubicado en un afluente de la quebrada El Muerto, al centro de la zona de estudio, presenta una orientación sureste – noroeste. Estos cuerpos son remanentes aislados de las Napas de Lara, producto de la erosión.

Generalmente estas fallas son poco apreciables en campo, estando por lo general cubiertas, siendo inferidas en la mayoría de los casos.

4.2.2. Fallas de ángulo alto

Es posible identificar, tanto por fotografías aéreas como por imágenes satelitales, la Falla de Guacoas. La misma es una falla de gran extensión, con rumbo aproximado de N75°E (Fig. 85). Esta falla corta a los cuerpos ígneos en algunos puntos, así como a la Asociación Volcanosedimentaria Los Algodones, pudiéndose ver algunos rastros de ella en la vía hacia la hacienda Yuri como, por ejemplo, brechas de fallas, en donde se observa la unidad tipo La Luna en su aspecto brechado en contacto de falla con la unidad de gabro.

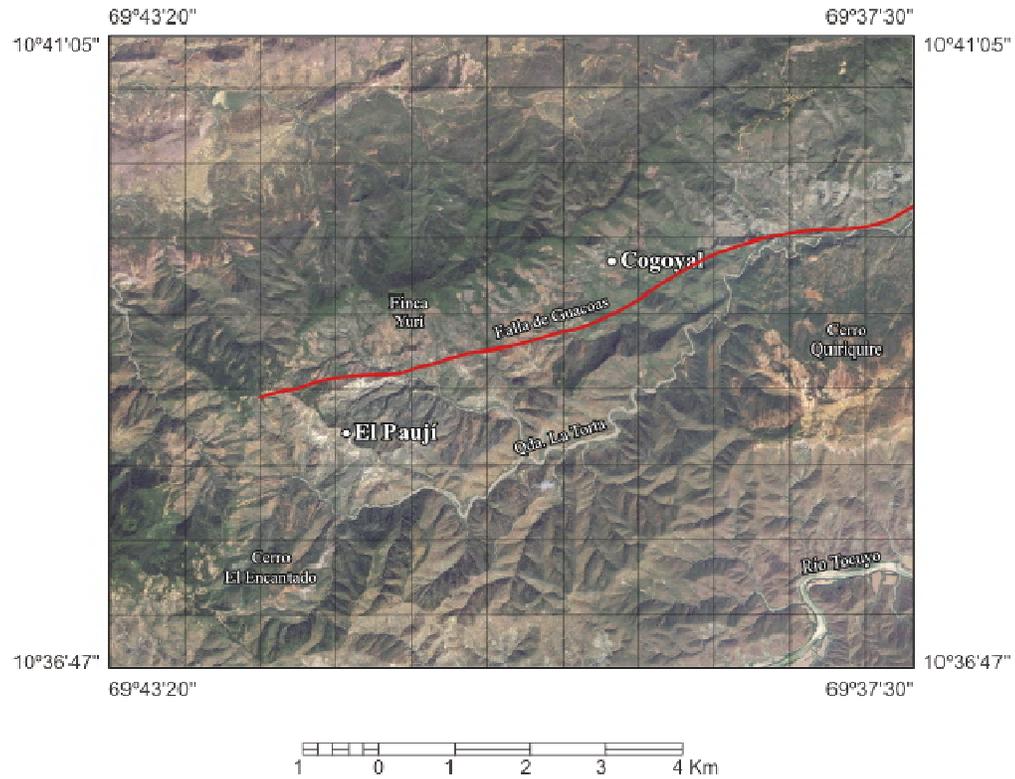


Figura 85. Imagen satelital tomada de Google EarthTM. En rojo se marca la falla principal

También se observan otras fallas de ángulo alto, más locales, como la presente en la Quebrada Las Palomas (Fig. 86), donde se encuentra en contacto de falla, la unidad de gabro con la Formación La Luna. En esta zona se encuentra material brechado de las dos unidades.



Figura 86. Contacto de falla entre la unidad de gabro y la Formación La Luna. La 534.

Otro ejemplo de falla de ángulo alto se encuentra en la Quebrada La Mocha (Fig. 87), donde se observa un plano de falla con orientación N25°W 55°S, con presencia de material brechado de la unidad de gabro.



Figura 87. Plano de falla entre unidad de gabro. La 520.

En la Quebrada La Torta se observa otra falla de ángulo alto, en donde la Formación Matatere y la Formación La Luna se presentan brechadas (Fig. 88), siendo lo más característico el cambio brusco de color.



Figura 88 Figura 4. 1. Contacto de falla entre la Formación Matatere y la Formación La Luna. La 601.

En la Quebrada Las Palomas, se observó un plano de falla con orientación N35°E 50°S. En este afloramiento se observan dos aspectos diferentes de la Formación Matatere (Fig. 89); en uno, la arenisca se encuentra en capas delgadas, de 12 cm aproximadamente con orientación N42°E 40°N; en otro, se observan capas más gruesas de arenisca, de aproximadamente 60 cm de espesor) y orientación de N40°E 74°N.



Figura 89. Plano de falla en arenisca de Matatere. La 595.

4.2.4. Pliegues

En la zona de estudio sólo es posible identificar un pliegue que corresponde a un sinclinal que se encuentra en la esquina noroeste de la zona de Siquisique y pliega a la Formación Capadare (Fig. 90), cuyo eje tiene una orientación que sigue la tendencia regional SO-NE. Se reconoce por las trazas de capas con buzamientos opuestos.

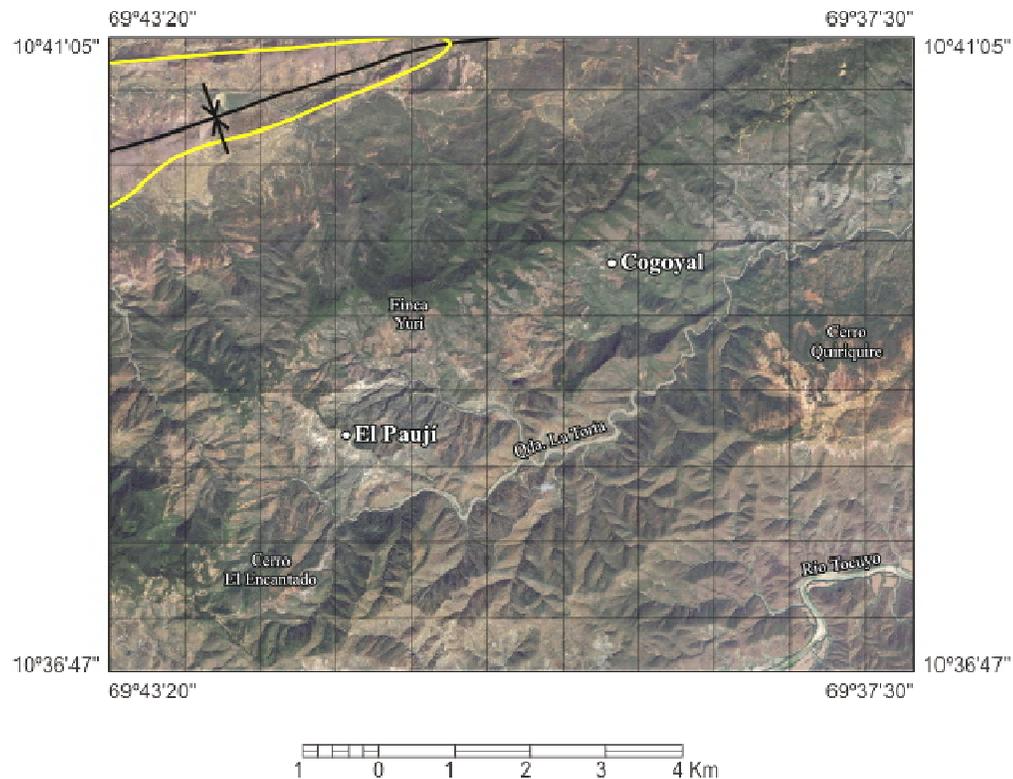


Figura 90. Imagen satelital tomada de Google Earth™. En amarillo se marca las trazas de los limbos del pliegue sinclinal; en negro, el eje del pliegue. Se encuentra al noroeste de la zona.

5. DISCUSIONES E INTERPRETACIONES

5.1. PETROLÓGICAS

5.1.1. Asociación Ígnea Siquisique

Esta asociación se encuentra conformada por una amplia variedad de rocas, tanto plutónicas, como volcánicas e hipoabisales. La composición mineralógica de estas rocas es igualmente variada, sin embargo, es posible conseguir entre ellas minerales y asociaciones mineralógicas comunes que permiten identificar algunos de los procesos que han tenido lugar en ellas desde que se formaron.

5.1.1.1. Unidad Plutónica

Es la unidad con la mayor cantidad de tipos litológicos (13 en total), los cuales van desde rocas máficas a ultramáficas.

Las **rocas máficas**, junto a sus asociaciones mineralógicas, son las siguientes:

Troctolita protocataclástica: plagioclasa + serpentina + olivino + prehnita + calcita + clorita + leucoxeno + magnetita + limonita.

Gabro prehnítico protocataclástico: prehnita + piroxeno + epidoto + cuarzo + plagioclasa.

Gabro prehnítico olivinífero protocataclástico: prehnita + serpentina + piroxeno ± plagioclasa.

Microgabro protocataclástico: plagioclasa + piroxeno + anfíbol + prehnita + titanita + clorita.

Gabro protocataclástico: plagioclasa + piroxeno + prehnita + clorita + calcita ± magnetita ± hematita.

Gabro piroxénico: plagioclasa + piroxeno + prehnita + clorita + epidoto + cuarzo.

Gabro olivinífero protocataclástico: plagioclasa + serpentina + piroxeno + prehnita + clorita + calcita + cuarzo ± leucoxeno ± magnetita ± limonita ± hematita.

Gabro olivinífero: plagioclasa + piroxeno + clorita + olivino + serpentina + epidoto ± magnetita ± prehnita ± titanita.

Gabronorita: plagioclasa + piroxeno + serpentina + sericita + clorita + prehnita ± cuarzo ± feldespato ± hematita.

Norita hornblendica piroxénica: plagioclasa + anfíbol + piroxeno + prehnita ± magnetita.

La composición principal de estas rocas es plagioclasa, piroxeno, serpentina y prehnita, entre otros minerales con menor presencia. La composición original de éstas permite ubicarlas en el grupo de rocas gabroides.

Es posible que las asociaciones mineralógicas observadas en estas rocas, sean resultado de un ligero proceso de metamorfismo que haya podido ubicarlas a principio de la facies prehnita-pumpellita. Por otro lado, las rocas en cuestión han sufrido procesos metasomáticos, evidenciados por la presencia de minerales del grupo de la serpentina. Igualmente se observa un considerable porcentaje de prehnita, en algunos casos reemplazando casi por completo la composición de la roca; sin embargo, la presencia de este mineral es resultado, más que de procesos metamórficos, de procesos hidrotermales posteriores.

Una característica que se observó en estas rocas, es la presencia de fracturas radiales en la periferia de los olivinos, producto del aumento de volumen como consecuencia de su transformación a serpentina, como lo muestra la reacción establecida por TURNER & VERHOOGEN (1978).

$$2\text{Mg}_2\text{SiO}_4 \text{ (olivino)} + 2\text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2 \text{ (aportados)} = \text{H}_4\text{Mg}_3\text{Si}_2\text{O}_9 \text{ (serpentina)} + \text{MgCO}_3 \text{ (magnesita)}$$

$$3\text{Mg}_2\text{SiO}_4 \text{ (olivino)} + 4\text{H}_2\text{O} + \text{SiO}_2 \text{ (aportados)} = 4\text{H}_4\text{Mg}_3\text{Si}_2\text{O}_9 \text{ (serpentina)}.$$

Siendo esta última la más probable, debido a la ausencia de magnesita en la roca.

El cristal, al necesitar un espacio mayor del que disponía anteriormente, produce el fracturamiento de los cristales adyacentes, generalmente de plagioclasa, obteniéndose una apariencia radial (Fig. 91).

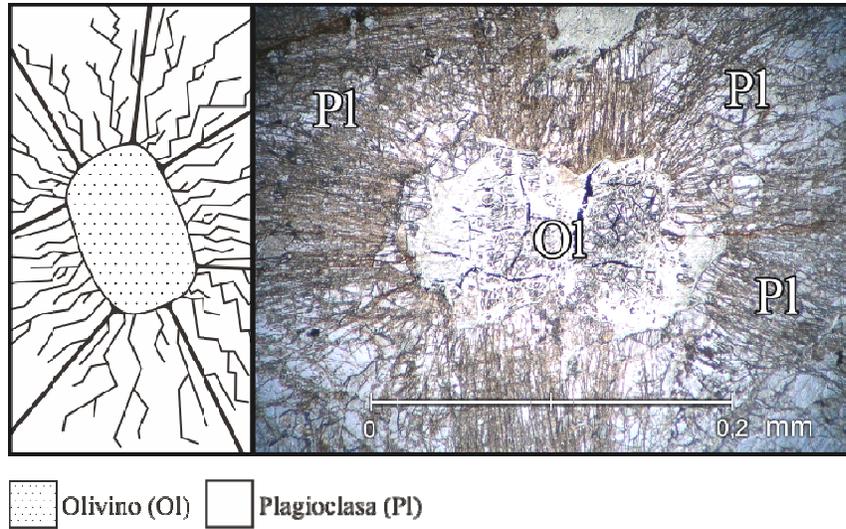


Figura 91. Muestra La 564 Ar, en donde se observa el fracturamiento radial, consecuencia del aumento de volumen por la serpentinización del olivino, NP.

En estas rocas se observa textura cumulada, específicamente del tipo mesocumulada, como se observa en la figura 92. En este caso, se observa el crecimiento de olivino o piroxeno en los intersticios que se encuentran entre los cristales de plagioclasa.

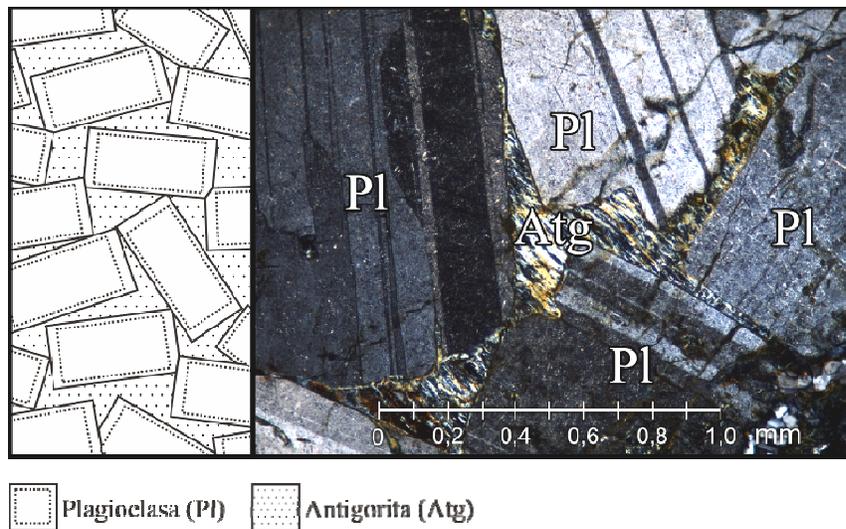


Figura 92. Comparación entre el diagrama de WAGER *et al.* 1960, en TURNER 1981, y la muestra La 627 Br, observándose la textura mesocumulada, NX.

Una característica común en las rocas máficas analizadas es la textura protocataclástica. Ésta es resultado de la serie de eventos y procesos tectónicos que produjeron el emplazamiento de estas rocas en donde se encuentran actualmente.

Las **rocas ultramáficas**, junto a sus asociaciones mineralógicas, son las siguientes:

Hornblendita protocataclástica: anfíbol + prehnita + clorita + cuarzo + piroxeno + antigorita ± epidoto.

Peridotita piroxénica: serpentina + clorita + magnetita + leucoxeno.

Lherzolita: serpentina + olivino + prehnita + piroxeno + magnetita + plagioclasa + clorita.

Estas rocas se encuentran compuestas principalmente por serpentina, a excepción de la hornblendita, cuyos componentes principales son hornblenda y antofilita.

En el caso de la peridotita y la lherzolita, estas rocas han sufrido metasomatismo, el cual ha provocado la alteración del olivino a serpentina, por lo cual es el mineral más abundante y frecuente en éstas. En la mayoría de las secciones analizadas de estos dos tipos litológicos, la serpentina ha sustituido completamente al olivino, sin embargo, en ciertas secciones es posible observar este mineral con textura reliquia del olivino. Por otro lado, la serpentización que presenta la muestra La 538 Br no se encuentra tan avanzada, por lo que es posible conseguir olivino, incluso en cantidades mayores a las de serpentina.

Otra de las características de estas rocas es la presencia de cristales de piroxeno, actualmente alterados a clorita, y plagioclasa ocupando los intersticios entre los cristales de olivino, indicando a su vez que originalmente la composición de estas rocas fue más rica en este último. La disposición que presentan estos minerales conforma la textura ortocumulada, cómo se observa en la figura 93.

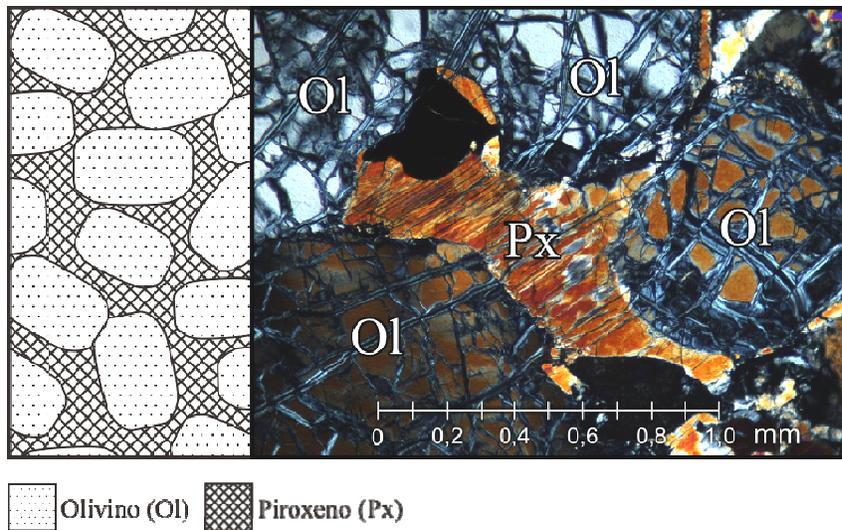


Figura 93. Comparación entre el diagrama de WAGER *et al.* 1960, en TURNER 1981 y la muestra La 538 Br, observándose la textura ortocumulada, NX.

5.1.1.1. Unidad Volcánica e Hipoabisal

En esta unidad se encuentran tres diferentes tipos litológicos, mencionados a continuación:

Toba piroxénica: Matriz no identificable + piroxeno + prehnita.

Basalto: Plagioclasa + matriz + calcita + piroxeno + clorita + anfíbol + prehnita + hematita + cuarzo + epidoto \pm esfena.

Diabasa: Plagioclasa + calcita + clorita + cuarzo.

En estas rocas se observan textura afieltrada (basalto y diabasa) y ofíticas (diabasa).

Es posible que estas rocas hayan sufrido un ligero metamorfismo, siendo posible que se encuentren en la facies prehnita-pumpellita.

Al igual que las rocas plutónicas, éstas se encuentran prehnitizadas por procesos semejantes a los descritos anteriormente.

5.1.2. Asociación Volcanosedimentaria Los Algodones

Esta asociación se encuentra conformada por tres unidades, de las cuales una es el resultado de procesos tectónicos sufridos por otra. La variedad de rocas encontrada en esta asociación abarca tanto rocas ígneas, como metamórficas y sedimentarias.

La Unidad Volcanosedimentaria está constituida por lava almohadillada, conglomerado y lodolita.

El análisis realizado a la muestra La 547 muestra un conglomerado cuya composición es característica de esta unidad (esquisto, fragmentos de rocas ígneas, arenisca, caliza, entre otras), sin embargo se pueden observar fragmentos de caliza de la Formación La Luna consecuencia del tectonismo ocurrido entre estas dos unidades.

También se realizó el análisis a otra roca de esta unidad, en este caso a una lodolita, sin embargo la misma se encuentra totalmente recristalizada a cemento carbonático.

Por otra parte, en la Unidad Tectónica Brechada se consiguen fragmentos de waca lítica, metatonalita, lodolita perteneciente a la Formación La Luna, caliza lodosa y esquisto cuarzo micáceo.

Esta variedad litológica es consecuencia del origen tectónico de la unidad. Dicho tectonismo causó una brecha en el cual se consiguen fragmentos de la Unidad Volcanosedimentaria, así como de algunas rocas de origen ígneo al producirse un deslizamiento tectónico entre la Unidad Volcanosedimentaria y la Asociación Ígnea Siquisique. Esta unidad corresponde a la suela de corrimiento descrita por STEPHAN (1985).

Las muestras pertenecientes a esta unidad fueron estudiadas desde el punto de vista paleontológico por el Dr. Maximilian Furrer, identificando una asociación faunal característica de la Formación La Luna.

5.1.3. Unidades Sedimentarias

Posterior al emplazamiento y levantamiento de las rocas de la Súper-asociación Río Tocuyo, fueron depositadas las unidades sedimentarias terciarias, por lo que es posible suponer que las primeras sirvieron como fuente sedimentaria de al menos una de ellas, como lo muestra el análisis petrográfico de la muestra La 501 de la Formación Matatere; se trata de una subarcosa en donde se encontró algunos fragmentos de rocas volcánicas entre sus componentes.

Por otra parte, de la Formación Matatere, se extrajeron muestras de un ortoconglomerado petromítico polimítico en el cual es posible apreciar clastos de hasta 20 cm de diámetro de roca

gabroide (Figura 94) y algunos de menor dimensión de roca volcánica. Los clastos encontrados en este conglomerado, poseen una amplia variedad litológica y, por consecuencia, representan diversas fuentes de aporte, probablemente asociadas a las napas que avanzaban de norte a sur durante el Paleoceno-Eoceno, tal como lo señalan MARTÍNEZ & VALLETTA (2008).



Figura 94. Ortoconglomerado petromítico polimítico en donde se señala clasto de roca gabroide.

5.2. ESTRUCTURALES

La Asociación Ígnea Siquisique presenta una clara afinidad oceánica, evidenciado por las rocas gabroides, lavas almohadilladas, basaltos y diabasas que constituyen esta unidad, siendo el resultado de la interacción de la placa Caribe y suramericana en el Cretácico Tardío-Paleoceno, en esta etapa compresiva se genera un sistema de napas que contienen, en parte, fragmentos de corteza oceánica, siendo obducidas sobre Suramérica.

La imbricación de estas napas, conocidas como Napas de Lara, trae como consecuencia la creación de zonas cataclásticas, evidenciada por las texturas protocataclásticas observadas principalmente en las secciones finas de muestras de gabros. Esta textura cataclástica en algunos casos es enmascarada por la prehnitización, que posiblemente sea resultado de la alteración hidrotermal posterior a este evento tectónico.

Posteriormente, en el Mioceno Medio, la zona se ve afectada por un sistema de fallas este-oeste, en un régimen dextral. Entre estas fallas se encuentra la falla de Guacoas, la cual corta todas las unidades aflorantes en la zona y es la responsable del paisaje actual, y probablemente forma parte del sistema Oca – Ancón, junto a la falla de Los Algodones.

Para comprender mejor la geología de la zona de estudio, se presentan a continuación una serie de cortes geológicos de la misma (Figs. 95, 96 y 97). La ubicación geográfica de estos cortes se especifica en los mapas geológicos (Anexo 8.4). En ellos se puede observar la tendencia de las fallas de corrimiento, que presentan buzamiento hacia el norte y la curvatura característica de éstas. Se observan, especialmente en los cortes A-A' y B-B', la secuencia de napas sobrecorriendo sobre la Formación Matatere. En el primero de los cortes (A-A') se puede apreciar la “suela de corrimiento” mencionada por STEPHAN (1982) y que en este trabajo se denomina Unidad Tectónica brechada. Igualmente es apreciable la discordancia existente entre las unidades que conforman la Súper-asociación Río Tocuyo y la Formación Matatere, con las Formaciones Castillo y luego Capadare.

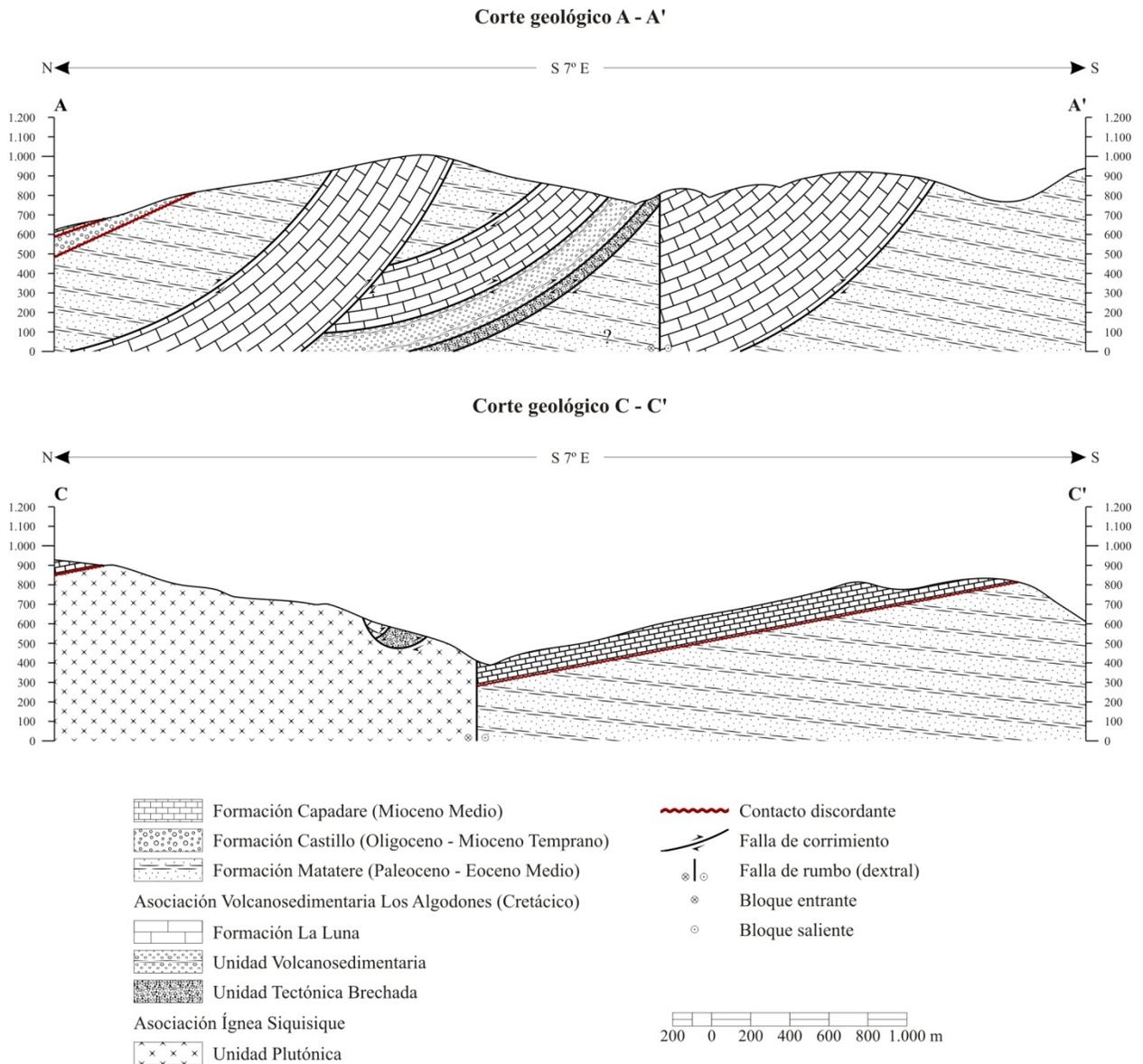
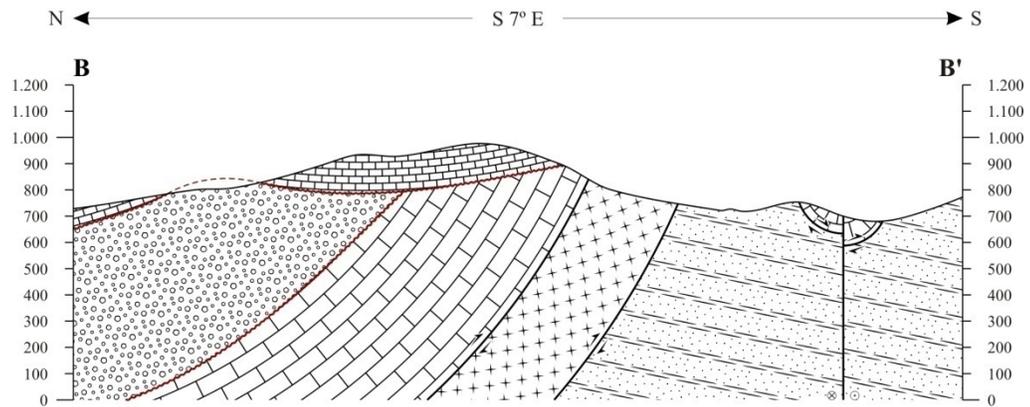


Figura 95. Corte geológico A-A' de la zona de Guacamuco – Las Tinajitas, Siquisique, estado Lara.

Corte geológico B - B' (Opción 1)



Corte geológico B - B' (Opción 2)

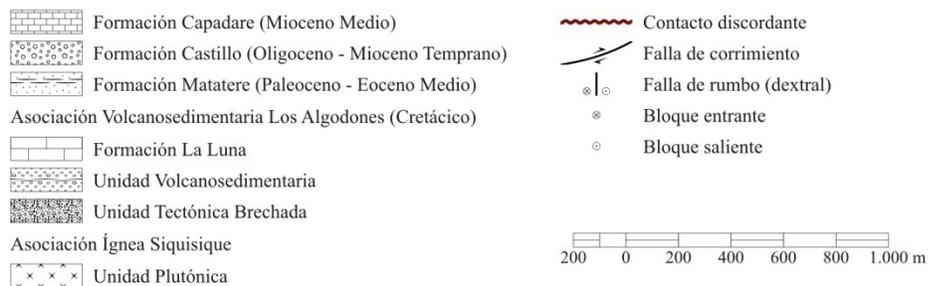
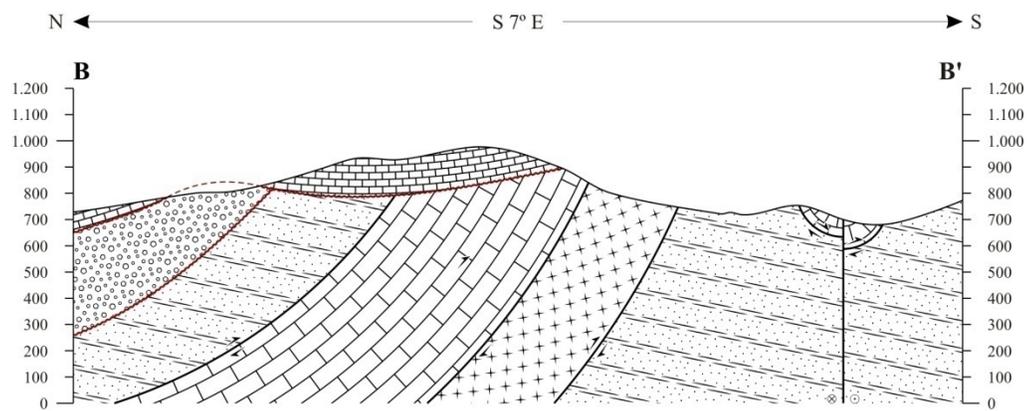


Figura 96. Corte geológico B-B' de la zona de Guacamuco – Las Tinajitas, Siquisique, estado Lara.

5.3. MODELO EVOLUTIVO

Al día, el margen continental del norte de Venezuela se encuentra compuesto por una superposición de napas entre las cuales se encuentra el sistema de napas de Lara, marco en el cual se encuentra la zona de estudio de este trabajo.

El norte de Suramérica, y así el de Venezuela, se encuentra en contacto con la Placa del Caribe. Tal contacto se encuentra poco definido, por tratarse más bien de una zona de deformación en la cual existe un complejo sistema de fallas que se caracterizan, en su mayoría, por ser de componente dextral.

La serie de eventos que conllevaron a la configuración actual de la zona de estudio presentan un orden específico, el cual es descrito a continuación por etapas.

Etapas 1 (Jurásico)

El evento que dio origen a la presente configuración del norte de Venezuela fue la fragmentación de Pangea, causando la separación entre lo que hoy son Norte y Sur América. Esta separación generó un mar intermedio (apertura tethysiana), actualmente denominado Mar Atlántico Central.

Etapas 2 (Cretácico)

La apertura de este mar hizo que en el borde Suramericano se depositaran sedimentos en un margen pasivo, mientras que al oeste, cerca del Gran Arco del Caribe, se creó una cuenca en la cual se depositaron sedimentos, intercalados eventualmente con flujos de lava, provenientes de la actividad volcánica que implica. Esta secuencia conforma la unidad volcanosedimentaria.

Ya para el Cretácico Tardío, se forma la meseta oceánica caribeña (Placa del Caribe), resultado del magmatismo del punto caliente de Galápagos (KERR *et al.* 1999) en lo que actualmente es el Océano Pacífico. En ese entonces, al norte de Suramérica se encontraba el proto-Caribe, suelo oceánico formado como consecuencia de la separación entre Norte y Suramérica.

En este proto-Caribe, se crean las rocas que conforman la Asociación Ígnea Siquisique, sin embargo, para la explicación del origen de éstas existen dos teorías distintas. La primera de estas teorías es la planteada por STEPHAN (1982), en ella propone que la secuencia ígnea se trata de

unas ofiolitas normales desmembradas formadas en el proto-Caribe en el Jurásico medio. Esta hipótesis se encuentra respaldada por encontrarse aflorando en la zona de estudio, fragmentos de algunos de los diferentes elementos que conforman la estratigrafía de una suite ofiolítica, entre los cuales se encuentran las muestras de lherzolita, peridotita piroxénica y anfibolita protocataclástica, correspondientes a las rocas ultramáficas mantelares; una amplia variedad de rocas gabroides pertenecientes a los complejos gabroides; diabasa, provenientes del complejo de diques verticales o mantos de diabasa; finalmente rocas volcánicas como basalto masivo y toba volcánica, correspondiente a los basaltos almohadillados o masivos.

Por otro lado y más recientemente, KERR *et al.* (2008), indican que el origen primario de esta secuencia ígnea ofiolítica, pero en una corteza oceánica engrosada generada por una pluma mantelar o CLIP (Gran Provincia Ígnea del Caribe) que generó la meseta engrosada del Caribe, de manera que si bien en ambas interpretaciones estas rocas corresponden a corteza oceánica, en el caso de STEPHAN sería de una corteza oceánica normal, mientras que KERR *et al.* sugieren sea de corteza oceánica de la meseta (plateau) oceánica. La edad determinada de 90 a 95 Ma (Cretácico Tardío), difiere ligeramente de la propuesta por Stephan (105 ± 10 Ma), considerando el alto margen de error de ésta. KERR *et al.* (2008) respaldan sus ideas con análisis químicos y geocronológicos. Es sabido que las plumas mantelares generan una columna cuya secuencia es similar a la de una suite ofiolítica, sin embargo deja en las rocas una “firma” química distinta que, según estos autores, se encuentra en las rocas de la asociación Ígnea Siquisique.

Ambas teorías generan rocas que corresponden con las halladas en este estudio. Sin embargo, sea cual sea el origen de estas rocas ígneas, los datos geocronológicos presentados por Kerr *et al.* (2008) son los mejores disponibles, por lo cual se asume que las rocas ígneas son, efectivamente, de edad Cretácico Tardío, específicamente entre el Cenomaniense y el Coniaciense.

Para principios del Cretácico Tardío, en el margen pasivo suramericano, se deposita la Formación La Luna en la recién formada Cuenca de Venezuela o Cuenca del Caribe.

Etapas 3 (Paleoceno – Eoceno Tardío)

A partir del Paleoceno, comienza a generarse el emplazamiento que da lugar a las napas de Lara, como consecuencia del choque y obducción de uno o más arcos insulares primitivos contra el borde norte de la Placa de Suramérica.

Entre el Paleoceno y el Eoceno, se comienza a depositar las turbiditas de la Formación Matatere.

A partir del Eoceno Medio, la Placa Caribe comienza su movimiento oeste-este, con lo que el proto-Caribe es desplazado y consumido por ésta. Sin embargo, el movimiento de esta placa no es únicamente lateral, ya que la misma presenta una zona de deformación activa curva, con convexidad al noroeste y resultado de un largo proceso de colisión oblicua (AUDEMARD 1993). Este movimiento es en parte, consecuencia de una ligera convergencia entre las placas norteamericana y suramericana y esto a su vez genera subducción tanto al norte como al sur de la Placa Caribe.

En el Eoceno Medio a Tardío, es cuando se emplazan las napas de Lara, las cuales contienen las rocas que actualmente forman la Asociación Ígnea Siquisique y de la Asociación Volcanosedimentaria Los Algodones, generándose en su base la Unidad Tectónica Brechada, denominada por STEPHAN (1982) como la “suela de corrimiento” de la Unidad Volcanosedimentaria. No es hasta después del Eoceno Medio que la cuenca ubicada al norte de Venezuela alcanza su profundidad y configuración actual.

Etapa 4 (Oligoceno – Mioceno Medio)

Para el Oligoceno Temprano comienza un proceso de extensión, generándose las primeras cuencas post-napas, en ellas se depositan, de manera transgresiva, la Formación Castillo, la cual se deposita discordante sobre todas las unidades previas (Gabro, La Luna y Matatere). Es entonces cuando se genera la primera discontinuidad importante de la zona, correlacionándose con los sedimentos depositados en el Oligoceno a Mioceno Medio. En la zona de estudio, esta discordancia angular es observada entre las formaciones Castillo y Matatere; por otro lado, hacia la zona de Los Algodones, la Formación Castillo también se encuentra discordante sobre la Formación La Luna y sobre la unidad plutónica.

Etapa 5 (Mioceno Medio – Presente)

Discordante sobre la Formación Castillo se deposita la Formación Capadare; esto ocurre en el Mioceno Medio y es aquí donde se alcanza la segunda y última discordancia importante de la zona.

Al mismo tiempo La Placa Caribe comienza a ser subducida por debajo de la placa suramericana (subducción tipo “B”). Aunado a esto, con el cierre de la cuenca en donde se depositó la Formación Capadare, se alcanzándose la configuración que tiene hoy en día el margen continental del norte de Venezuela.

También en este período se generan las fallas de orientación este-oeste, como Oca-Ancón.

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La geología de la zona se encuentra englobada en la región definida por Stephan como las Napas de Lara (STEPHAN 1982) que se extiende a lo largo de la franja noroccidental de Venezuela y que es consecuencia de la interacción entre las placas del Caribe y Suramérica. Esta secuencia de napas contiene rocas provenientes de la corteza oceánica, además de las rocas de la Formación La Luna. Estas rocas cabalgan por encima de la Formación Matatere y, por encima de todas estas unidades se encuentra en discordancia la Formación Castillo. Por encima de Castillo se encuentra la Formación Capadare, igualmente en discordancia. La secuencia litológica completa se presenta en la tabla 27.

| Unidades | | Siglas | Época | Rocas Asociadas | |
|------------------------------------|--|----------------------------|------------------------------|--|---|
| Unidades sedimentarias | | | | | |
| Terrazas Aluviales | | Q2-t | Holoceno | Aluviones | |
| Formación Capadare | | N1-Sm-Cp | Mioceno Medio | Caliza lodosa | |
| Formación Castillo | | E3N1-Sc-Ct | Oligoceno - Mioceno Temprano | Conglomerado ortomíctico polimíctico | |
| Formación Matatere | | E1E2-St-Mt | Paleoceno - Eoceno Medio | Arcosa lítica, waca feldespática, subarcosa, litarenita, sublitarenita, ortoconglomerado petromíctico polimíctico y lutita | |
| SÚPER-ASOCIACIÓN RÍO TOCUYO | Asociación Volcanosedimentaria Los Algodones | Formación La Luna | K2-Sm-Lu | Cretácico Tardío | Lodolita, caliza lodosa y lutita |
| | | Unidad Volcanosedimentaria | K2-VCc-Al | Cretácico Temprano | Lodolita, ortoconglomerado petromíctico polimíctico, conglomerado holocuarcífero y basalto (lava almohadillada) |
| | | Unidad Tectónica Brechada | K2E2-Mcat-Al | Elementos del Cretácico Temprano emplazados en tiempos post-Eoceno | Waca lítica, metatonalita, lodolita, caliza lodosa y esquistos cuarzo-sericítico |

| SÚPER-ASOCIACIÓN RÍO TOCUYO | | Unidades ígneas | | | |
|-----------------------------|----------|-----------------------------|-------------------------------|--|------------------|
| | | Asociación Ígnea Siquisique | Unidad Volcánica e Hipoabisal | K2-iVm-Si - K2-iHi-si | Cretácico Tardío |
| Unidad Plutónica | K2-iP-Si | | Cretácico Tardío | Troctolita protocataclástica, gabro prehnítico protocataclástico, gabro prehnítico olivinífero protocataclástico, microgabro protocataclástico, gabro protocataclástico, gabro piroxénico, gabro olivinífero protocataclástico, gabro olivinífero, gabronorita, norita hornblendo piroxénica, Hornblendita protocataclástica, peridotita piroxénica y lherzolita | |

Tabla 27. Esquema resumen de las unidades aflorantes en la zona de estudio y sus rocas asociadas.

- Desde el punto de vista estructural, la zona de estudio presenta un complejo sistema de fallas, divididas en dos grupos, las de corrimiento y las de ángulo alto. Las primeras ponen en contacto la Súper-Asociación Río Tocuyo con la Formación Matatere y las segundas se pueden subdividir a su vez en dos según su orientación; la Falla de Guacoas, con orientación aproximada E-O, probablemente asociado al sistema Oca – Ancón y un conjunto de fallas menores con orientación más bien SO-NE.
- La Asociación Ígnea Siquisique ha sufrido, a causa del proceso de obducción, un metamorfismo relativamente incipiente, que la ubica en la facies de la prehnita-pumpellita. Esta unidad fue afectada a su vez por procesos metasomáticos, evidenciado por la alteración del olivino a minerales del grupo de la serpentina. Aunado a la acción de procesos hidrotermales que produjeron gran cantidad de prehnita.
- La unidad mayoritariamente de caliza encontradas en la zona, hasta ahora clasificadas como “facies La Luna”, a pesar de presentar muy escasas concreciones y olor a petróleo. Se identificó la presencia de los fósiles de *Heterohelix reussi*, *Whiteinella sp.* y fragmentos de *Glotruncana*, estudiados por el Dr. Maximilian Furrer, señala que efectivamente estas calizas pertenecen a dicha formación.
- La evolución de la zona se puede sintetizar de la siguiente manera:

- Se inicia la fragmentación de Pangea, originando la separación entre lo que actualmente es Norte y Suramérica y originando el Mar de Tethys (actualmente Mar Atlántico Central).
- Al frente del Gran Arco del Caribe, al oeste, se creó una cuenca en donde se depositaron sedimentos intercalados con flujos de lava, generándose así la Unidad Volcanosedimentaria (Cretácico Temprano).
- Se crea la Meseta Caribeña, también denominada CLIP (del inglés Caribbean Large Igneous Province), consecuencia de una pluma mantelar de las actuales Islas Galápagos.
- Al norte de Suramérica se encuentra una placa oceánica denominada proto-Caribe, consecuencia de la separación de Norte y Suramérica.
- Se crean las rocas que conforman la Asociación Ígnea Siquisique, ya sean de origen ofiolítico clásico o de una corteza oceánica engrosada debido a una pluma mantelar (Cretácico Tardío).
- En el margen pasivo suramericano se deposita la Formación La Luna en la recién formada cuenca de Venezuela o cuenca del Caribe (inicios del Cretácico Tardío).
- Comienza el emplazamiento que da lugar a las napas de Lara, debido a la colisión oblicua entre las placas Caribe y Suramérica (Cretácico Tardío).
- En el frente de napas se genera un surco en el cual se empieza a depositarse las turbiditas de la Formación Matatere (Paleoceno – Eoceno Medio).
- Comienza el movimiento oeste – este de la Placa Caribe, desplazando y consumiendo el proto-Caribe. Se acentúa el emplazamiento de las napas de Lara, emplazando elementos de las actuales Asociación Ígnea Siquisique y Asociación Volcanosedimentaria Los Algodones (Eoceno Medio a Tardío).
- Se da inicio a un proceso de extensión, generándose las primeras cuencas post-napas en donde se deposita de manera transgresiva la Formación Castillo. Se genera la primera discontinuidad importante de la zona, correspondiente a la discordancia angular entre las rocas

del Oligoceno en adelante (Oligoceno – Mioceno Medio), sobre las más antiguas como Matatere, La Luna y las ígneas.

- Se deposita la Formación Capadare en discordancia angular sobre la Formación Castillo, generándose entre éstas, la segunda discontinuidad importante de la zona. La Placa Caribe comienza a ser subducida por la placa suramericana.

- Durante el Mioceno y Plioceno se crean las fallas de orientación este – oeste.

- Se alcanza la configuración actual del margen continental del norte de Venezuela.

En base al trabajo realizado, se proponen las siguientes recomendaciones:

- Realizar estudios más amplios de datación con el objetivo de asegurar la edad de las unidades ígneas.

- Considerar para estudios posteriores el levantamiento de las zonas contiguas, especialmente hacia el noreste, con la finalidad de cartografiar el límite de la Asociación Ígnea Siquisique en esa dirección.

7. BIBLIOGRAFÍA

- AUDEMARD F. 1993. *Néotectonique, sismotectonique et aléa sismique du nor-ouest du Vénézuéla (Système de failles d'Oca-Ancón)*. Université de Montpellier II Sciences et Techniques du Languedoc. Tesis presentada para la optar al título de Doctor, inédito. 369 p.
- BARTOK P. E., O. RENZ & G. E. G. WESTERMANN. 1985. The Siquisique ophiolites, Northern Lara State, Venezuela: A discussion on their Middle Jurassic ammonites and tectonic implications. *Geological Society of America Bulletin* 96: 1050-1055.
- BELLIZZIA A. 1972. Sistema Montañoso del Caribe, borde sur de la placa Caribe ¿Es una cordillera alóctona?. *Mem. VI Conf. Geol. Caribe*. Margarita, Venezuela (1971). p: 247-258.
- BELLIZZIA A. 1985. Sistema montañoso del Caribe. Una cordillera alóctona en la parte norte de América del Sur. *Mem. VI Congr. Geol. Venezolano*, Caracas, 10: 6657-6836.
- BELLIZZIA A., D. RODRÍGUEZ G. & M. GRATEROL. 1972. Ofiolitas de Siquisique y Río Tocuyo y sus relaciones con la falla de Oca, Venezuela. *Mem. VI Conf. Geol. Caribe*, Porlamar, p. 182-183.
- BELLIZZIA, A. & D. RODRÍGUEZ G. 1976. Geología del estado Yaracuy. *Mem. IV Congr. Geol. Venez.*, Caracas (1969), t. V1, p. 3317-3415.
- CSV - COMPAÑÍA SHELL DE VENEZUELA. 1965. Igneous rocks of the Siquisique region, State Bol. *Asoc. Venez. Geol. Min. y Petr.* 8(10): 286-306.
- CIEN – COMITÉ INTERFILIAL DE ESTRATIGRAFÍA Y NOMENCLATURA. 1997. *Código estratigráfico de las cuencas petroleras de Venezuela*. <http://pdvsa.com/lexico>. Consultado 2009.
- COPLANARH. 1975. Estudio geomorfológico de las regiones costa noroccidental, centro occidental y central. *Inventario Nacional de Tierras* (Caracas). 44: 216 p.
- CORONEL G. 1963. Problemas geológicos de Barquisimeto, una discusión. *Bol. Asoc. Venez. Geol. Min. y Petr.* 6(1):221-227.
- CORONEL G. & O. RENZ. 1960. Deslizamientos submarinos al noroeste de Barquisimeto, estado Lara. *Mem. III Congr. Geol. Venezolano. Bol. Geol. Public. Esp.* 2: 743-757.
- CORONEL G. R. & E. J. C. KIEWIET DE JONGE. 1957. *Igneous rocks of the Siquisique area. Compañía shell de Venezuela*. Compañía Shell de Venezuela. Informe Inédito EP-1561, 11 p.
- CVET- COMISIÓN VENEZOLANA DE ESTRATIGRAFÍA Y TERMINOLOGÍA. 1956. Léxico Estratigráfico de Venezuela. *Bol. Geol. Publ. Esp.* 1, 728 p.
- DÍAZ DE GAMERO M. L. 1985. Estratigrafía de Falcón Nororiental. *VI Congr. Geol. Venez.* Mem I: 454-502.
- DUNHAM, R.J. 1962. Classification of Carbonate rocks according to depositional texture. En: *Classification of carbonate rocks*. Memoir 1. AAPG. P. 108-121.
- FOLK R. 1969. *Petrología de las rocas sedimentarias*. México D.F: Publicación del Instituto de Geología UNAM, 405 p.

- GILLESPIE M. R. & M. T. STYLES. 1999. *Chemical classification of igneous rocks*. BGS - British Geological Survey. <http://www.bgs.ac.uk/scripts/downloads/start.cfm?id=7/>.
- GONZÁLEZ DE JUANA C., I. DE AROZENA & X. PICARD. 1980b. *Geología de Venezuela y de sus Cuencas Petrolíferas*. Caracas, Eds. Foninves, 2 Tomos, 1031 p.
- HACKLEY P., F. URBANI & C. GARRITY. 2005. *Geologic shaded relief map of Venezuela*. U.S. Geological Survey, Open File Report 2005-1038. <http://pubs.usgs.gov/of/2005/1038>.
- HALLSWORTH C. R. & R. W. KNOX . 1999. *Chemical classification of sediments and sedimentary rocks*. BGS - British Geological Survey. <http://www.bgs.ac.uk/scripts/downloads/start.cfm?id=9/>.
- JEFFERSON JR. C. C. 1960. *Geology of the Barquisimeto - San Carlos area, Western Venezuela*. Creole Petroleum Co., 4400.11-16. Junio. 51 p., 13 mapas. Mapa D-5-C Geología de Superficie. (Contribución adicional de J. H. Pantin) [Informe inédito EPL-04057].
- KERR, A.C, F. URBANI, R. SPIKINGS, T. BARRY, A. R. HASTIE & J. TARNEY. 2008. *The Siquisique basalts and gabbros, Los Algodones, Venezuela: late Cretaceous oceanic plateau formed within the proto-Caribbean plate?*. Inédito.
- LAMUS A., N. LA CRUZ & W. SCHERER. 1989. Estudio geológico y ubicación de depósitos de fosfatos al norte de Tucacas, Distrito Silva, Estado Falcón. en: Jornadas 50 aniversario Escuela de Geología, Minas y Geofísica, Caracas.
- LIDDLE R. A. 1928. The Geology of Venezuela and Trinidad. J. P. MACGOWAN, Fort Worth, Texas, 552 p.
- LOUBET M., B. CHACHATI, N. DUARTE, B. LAMBERT & MARTÍN. 1985. Geochemical study of rocks of volcanic origin developed during the formation of the Caribbean Chain of Venezuela, inédito.
- LOZANO F. & A. MUSSARI. 2007. *Geología de los macizos ígneo-metamórficos del norte de Yumare, estados Yaracuy y Falcón*. Universidad Central de Venezuela, Facultad de Ingeniería, Escuela de Geología, Minas y Geofísica. Trabajo Especial de Grado para optar al título de Ingeniero Geólogo, inédito, 260 p.
- MARTÍNEZ J. & G. VALLETA. 2007. *Petrografía de las facies gruesas de la Formación Matatere y otras unidades del Centro-Occidente del país*. Universidad Central de Venezuela, Facultad de Ingeniería, Escuela de Geología, Minas y Geofísica. Trabajo Especial de Grado para optar al título de Ingeniero Geólogo, inédito, 280 p.
- MENDI D. & E. RODRÍGUEZ. 2005. *Integración geológica de la península de Paraguaná, estado Falcón*. Universidad Central de Venezuela, Facultad de Ingeniería, Escuela de Geología, Minas y Geofísica. Trabajo Especial de Grado para optar al título de Ingeniero Geólogo, *Geos* (UCV, Caracas) 38: 29-31.
- MENDI D., L. CAMPOSANO & M. BAQUERO. 2005. Petrografía de rocas del basamento de la ensenada de La Vela. Notas de avance. *Geos* (UCV, Caracas) 38: 32-33 + 42 láminas en CD.
- NATERA B. R. 1957. Mapa de geología de superficie C-5. Creole petroleum Corporation. Escala 1:100.000.
- PETTIJHON F. J. 1972. *Sand and Sandstone*. New York, Springer Verlag.

- RENZ H. H. 1948. Stratigraphy and fauna of the Agua Salada group, State of Falcón, Venezuela, *Geol. Soc. Am. Mem.* 32, 219 p.
- ROBERTSON S. 1999. *Chemical classification of metamorphic rocks*. BGS - BRITISH GEOLOGICAL SURVEY. <http://www.bgs.ac.uk/scripts/downloads/start.cfm?id=8/>.
- SENN, A., 1935. Die Stratigraphische Verbreitung der Tertiären Orbitoiden, mit spezieller Berücksichtigung ihres Vorkommens in Nord-Venezuela und Nord- Marocco. *Eclog. Geol. Helv.* 28(1): 51-113 y 369-373.
- STEPHAN J. F. 1982. *Evolution Géodynamique du Domine Caraibe Andes et Chaîne Caraibe sur la transversale de Barquisimeto (Vénézuéla)*, Memoire présenté pour l'obtention du grade de Docteur es sciences, inédito. p. 210-268.
- STEPHAN J. F. 1985. Evolution Géodynamique du Domine Caraibe Andes et Chaîne Caraibe sur la Transversale de Barquisimeto (Vénézuéla). In MASCLE A. Edr., TECHNIP. Eds. *Symposium Geodynamique des Caraibes*. Paris. p: 505-530.
- THIELUOY J. P. 1982. La faune d'Amonites recoltée a Los Algodones. En STEPHAN (1982: 491-495).
- TURNER F. J. 1981. *Metamorphic Petrology*. New York: McGraw-Hill. Eds.
- TURNER F. & L. WEISS. 1963. *Structural analysis of metamorphic tectonites*. New York: McGraw. Eds., 545 p.
- URBANI F. 2007. Las regiones de rocas ígneas y metamórficas del norte de Venezuela. *Geos* (UCV, Caracas) 39: 93-94 +texto completo de 11p. y presentación de 29 láminas en DVD.
- URBANI F. & S. GRANDE. 2005. Abreviaturas de minerales formadores de rocas. *Geos* (Caracas) 38:126.
- VON DER OSTEN E. 1967. Stratigraphy of Central Lara. *Asoc. Venez. Geol. Min. y Petról. Bol. Inform.* 10(11): 309-323.
- VON DER OSTEN E. & D. ZOZAYA. 1957. Geología de la parte suroeste del estado Lara, Región de Quíbor. *Bol. Geol.* 4(9): 3-52.
- VIPA. 2004. *Visión integrada del potencial petrolífero de Venezuela*. PDVSA-Estudios Regionales (Compiladores), Puerto La Cruz, edición en CD. [Trabajos originales realizados <2002, por 29 profesionales bajo la coordinación de Felipe Audemard].
- WHEELER C. B. 1960. Estratigrafía del Oligoceno y Mioceno Inferior de Falcón Occidental y Nororiental. *III Cong. Geol. Venez. Bol. Geol., Public. Espec.* (3): 407-465.
- WIEDENMAYER C. 1924. Zur Geologie von Ost-Falcon (Nordwest Venezuela). *Eclog. Helv.* 18(4):508-512.

8. ANEXOS

8.1. APÉNDICE DE OBSERVACIONES DE CAMPO

8.2. APÉNDICE PETROGRÁFICO

8.3. TABLAS DE RESULTADOS PETROGRÁFICOS

8.3.1. Tabla de petrografía de rocas ígneas

8.3.2. Tabla de petrografía de calizas

8.3.3. Tabla de petrografía de areniscas

8.3.4. Tabla de petrografía de conglomerados

8.4. MAPAS GEOLÓGICOS

8.4.1. Mapa geológico de la zona de Guacamuco – Las Tinajitas,
Siquisique, estado Lara (Escala 1:10.000)

8.4.2. Mapa de la zona de Puente Limón, estado Lara (Escala 1:10.000)

8.1 APÉNDICE DE OBSERVACIONES DE CAMPO

A continuación se muestran un esquema en donde se observan de forma jerárquica, todas las unidades que están presentes en la zona de estudio y sus siglas correspondientes:

| Unidades | | Siglas | Época | Rocas Asociadas | |
|------------------------------------|---|----------------------------------|------------------------------------|--|--|
| Unidades sedimentarias | | | | | |
| Terrazas Aluviales | | Q2-t | Holoceno | Aluviones | |
| Formación Capadare | | N1-Sm-Cp | Mioceno Medio | Caliza | |
| Formación Castillo | | E3N1-Sc-Ct | Oligoceno - Mioceno Temprano | Conglomerado y arenisca | |
| Formación Matatere | | E1E2-St-Mt | Paleoceno - Eoceno Medio | Arenisca y lutita | |
| SÚPER-ASOCIACIÓN RÍO TOCUYO | Asociación Volcanosedimentaria Los Algodones | Formación La Luna | K2-Sm-Lu | Cretácico Tardío | Caliza y lutita. Concreciones ocasionales y Chert |
| | | Unidad Volcanosedimentaria | K2-VCc-Al | Cretácico Temprano | Conglomerado holocuarcífero, Lava almohadillada, caliza tipo Formación Apón, entre otras cosas |
| | | Unidad Tectónica Brechada | K2E2-Mcat-Al | Elementos del Cretácico Temprano emplazados en tiempos post- Eoceno | Se describe como la "suela de corrimiento" de la Unidad Volcanosedimentaria |
| | Unidades ígneas | | | | |
| | Asociación Ígnea Siquisique | Unidad Volcánica e Hipoabisal | K2-iVm-Si - K2-iHi-Si | Cretácico Tardío | Basalto, Diabasa |
| | | Unidad Plutónica | K2-iP-Si | Cretácico Tardío | Gabro |

Esquema de las unidades aflorantes en la zona de estudio.

Quebrada La Torta.

Punto de observación: La 500

Ubicación: Quebrada La Torta

Unidad: K2-ip-Si.

Coordenadas UTM: 429.689 / 1.178.873:

Observaciones de campo: **La 500 A**, gabro, de color meteorizado gris oscuro y color fresco verde grisáceo. **La 500 B**, dique de basalto, de color meteorizado gris y fresco gris oscuro.

Punto de observación: La 501

Ubicación: Quebrada La Torta

Unidad: E1E2-Sc-Ct.

Coordenadas UTM: 429.693 / 1.178.875:

Observaciones de campo: afloramiento de areniscas de Matatere.

Muestras: **La 501**, caliza de Matatere, de color meteorizado verde grisáceo y color fresco gris.

Mediciones: Estratificación: N65E60N.

Punto de observación: La 502

Ubicación: Quebrada La Torta

Unidad: K2-ip-Si.

Coordenadas UTM: 429.902 / 1.179.370:

Observaciones de campo: Afloramiento de gabro y diabasa.

Muestras: **La 502 A**, gabro, de color meteorizado gris oscuro y color fresco verde grisáceo. **La 502 B**, diabasa, de color meteorizado gris oscuro y fresco gris verdoso.

Punto de observación: La 503

Ubicación: Quebrada La Torta

Unidad: K2-ip-Si.

Coordenadas UTM: 429.834 / 1.179.425:

Muestras: **La 503 AR-BR**, muestra de canto rodado, al parecer una posible roca Ultramáfica, de color meteorizado gris oscuro y color fresco verde grisáceo.

Punto de observación: La 504

Ubicación: Quebrada La Torta

Unidad: K2-ip-Si.

Coordenadas UTM: 429.608 / 1.179.435:

Muestras: **La 503 AR-BR**, muestra de canto rodado, al parecer una posible roca Ultramáfica, de color meteorizado gris oscuro y color fresco verde grisáceo.

Punto de observación: La 506

Ubicación: Quebrada La Torta

Unidad: K2-ip-Si – K2-Sm-Lu.

Coordenadas UTM: 429.368 / 1.180.085

Observaciones de campo: Contacto Gabro / Sedimentaria. Posiblemente la sedimentaria sea de la Formación La Luna.

Punto de observación: La 507

Ubicación: Quebrada La Torta

Unidad: K2-ip-Si.

Coordenadas UTM: 429.354 / 1.180.111

Observaciones de campo: Se extrajo muestra.

Quebrada de Los Saltos.

Desde el comienzo de la quebrada, aguas arriba, se observa aflorando la Formación Matatere con fina laminación.

Punto de observación: La 510.

Ubicación: Quebrada de Los Saltos.

Coordenadas UTM: 426.370 / 1.174.853

Unidad: E1E2-St-Mt.

Observaciones de campo: Secuencia tipo flysch donde la arenisca es mucho más gruesas que la lutita. Espesor promedio de la arenisca 3 cm. Mientras que el de la lutita es milimétrico. Se observan pliegues de deslizamiento (slumps).

Mediciones: Estratificación: N45E52N. (GPS, PSA56)

Muestras: **La 510**, arenisca de grano medio, muy competente de color meteorizado gris verdoso y de color fresco gris medio. A simple vista se observan pequeños granos de color negruzco y mayor tamaño que el resto.



La 510. Pliegues de deslizamiento (Slumps) en unidad E1E2-St-Mt.

Punto de observación: La 511.

Ubicación: Quebrada de Los Saltos.

Unidad: E1E2-St-Mt.

Coordenadas UTM: 426.265 / 1.173.760

Mediciones: Estratificación: EW55N

Quebrada Las Lajas.

A lo largo de la quebrada, aguas arriba, se observan abundantes cantos rodados de rocas ígneas (gabro).

Punto de observación: La 512.

Ubicación: Quebrada de Las Lajas.

Coordenadas UTM: 429.375 / 1.178.955

Unidad: K2-ip-Si.

Observaciones de campo: Afloramiento muy extenso de rocas gabroides. Todo el cerro cortado por la quebrada es de este tipo litológico, de apariencia blancuzca por la meteorización del gabro. La muestra La 512-B meteoriza más oscuro que La 512-A.

Muestras: **La 512-A**, gabro de color meteorizado gris medio y ocre, color fresco blanco y verde negruzco, el nivel de meteorización es de bajo a medio.

La 512-B, melano-gabro de color meteorizado gris medio más oscuro que La 512-A y ocre, color fresco blanco y verde negruzco, el nivel de meteorización es de bajo a medio.

La 512-C, melano-gabro de color meteorizado gris medio y ocre, color fresco blanco y verde negruzco, el nivel de meteorización es de bajo a medio. Los cristales de la muestra **La 512-C** son de mayor tamaño, pero con menor cristalinidad.



La 512. Unidad K2-ip-Si.

Punto de observación: La 513.

Ubicación: Quebrada de Las Lajas.

Coordenadas UTM: 429.560 / 1.178.845

Unidad: K2-i-Si.

Muestras: La 513, diabasa de color meteorizado gris claro y de color fresco verde negruzco. Los cristales son predominantemente de tamaño menor a 2 mm y poseen una ligera orientación. Se observan cristales de plagioclasa de mayor tamaño que el resto de los cristales presentes.

Punto de observación: La 514.

Ubicación: Quebrada de Las Lajas.

Coordenadas UTM: 429.710 / 1.178.750

Unidad: K2-i-Si.

Observaciones de campo: Contacto cubierto entre las unidades Jb/Jd) yE1E2-St-Mt.

Muestras: La 514, diabasa de color meteorizado gris oscuro y de color fresco verde negruzco. El nivel de meteorización es de bajo.

Punto de observación: La 515.

Ubicación: Quebrada de Las Lajas.

Coordenadas UTM: 429.640 / 1.178.640

Unidad: K2-ip-Si.

Observaciones de campo: Gabro estratificado con diabasa, en donde en algunas zonas, el contacto entre ambos tipos es abrupto.

Muestras: La 515-A-B, gabro estratificado con diabasa y basalto. El gabro es de color meteorizado gris medio y de color fresco blanco y verde negruzco y la diabasa de color meteorizado gris medio y color fresco verde oscuro.

La 515-A, principalmente gabro, con cristales bien definidos de tamaño aproximado de 4 mm y está en contacto abrupto con diabasa en una esquina.

La 515-B, principalmente gabro, estratificado con basalto y diabasa en contacto abrupto.

La 515-C, diabasa de color meteorizado gris medio y color fresco gris oscuro, con cristales de aproximadamente medio milímetro.

La 515-D, gabro de color meteorizado gris medio y de color fresco blanco y verde negruzco, con cristales bien definidos de tamaño promedio 3 mm.

Quebrada La Mocha.

Punto de observación: La 516.

Ubicación: Quebrada La Mocha.

Coordenadas UTM: 430.230 / 1.178.920

Unidad: E1E2-St-Mt.

Observaciones de campo: Se observa un lente de carbón en Formación Matatere (Tem). Alrededor se encuentran bloques de caliza de tamaño promedio 4 m de diámetro de la Formación Capadare en un cañón de aproximadamente 15 m de ancho.

Muestras: La 516, Carbón.



La 516. Lente de carbón en unidad E1E2-St-Mt.



La 516. Bloques de caliza de unidad N1-Sm-Cp.

Punto de observación: La 517.

Ubicación: Quebrada La Mocha.

Coordenadas UTM: 430.225 / 1.178.985

Unidad: E1E2-St-Mt.

Observaciones de campo: Reaccionó al aplicársele HCl. Canto rodado encontrado en la quebrada donde además se observan otros pocos cantos de rocas ígneas, mayormente gabro.

Muestras: La 517_R, canto rodado de caliza, de color fresco y meteorizado gris oscuro.

Bifurcación de Quebrada La Mocha.

430.210 / 1.178.985

Se observan cantos rodados de todos los tipos (gabro, basalto, ultramáfica y caliza).

Punto de observación: La 518.

Ubicación: Quebrada La Mocha.

Coordenadas UTM: 430.200 / 1.179.100

Unidad: K2-ip-Si.

Muestras: La 518-A, leuco-gabro de color meteorizado blanco verdoso y color fresco blanco y verde claro. Los cristales son de tamaño promedio 5 mm. Los cristales de piroxeno se encuentran muy alterados.

La 518-B, melano-gabro de color meteorizado gris oscuro y color fresco blanco y verde negruzco, predominando este último. Los minerales presentan pocas caras cristalinas.

La 518-C_R, Gneis de protolito gabroide, se observan bandas de plagioclasa y piroxeno bien definidas.



La 518. Unidad K2-ip-Si.

Punto de observación: La 519.

Ubicación: Quebrada La Mocha.

Coordenadas UTM: 430.160 / 1.179.300

Unidad: K2-ip-Si.

Observaciones de campo: Gabro con dique de diabasa, que a su vez se encuentra intrusionado por dique de basalto. Los tres tipos ígneos se encuentran en contacto abrupto y paralelos entre sí.

Muestras: La 519, basalto de color fresco y meteorizado gris oscuro. Se observan vetas de calcita.



La 519. Dique de basalto en unidad K2-ip-Si.

Punto de observación: La 520.

Ubicación: Quebrada La Mocha.

Coordenadas UTM: 430.150 / 1.179.320

Unidad: K2-ip-Si.

Observaciones de campo: Plano de falla. Se observa brecha y espejo de falla.

Mediciones: Plano de falla: N25W55S.



La 520. Escarpe de falla. En este punto aflora la unidad K2-ip-Si.

Punto de observación: La 521.

Ubicación: Quebrada La Mocha.

Coordenadas UTM: 430.230 / 1.179.580

Unidad: K2-i-Si.

Observaciones de campo: Bloque de basalto brechado de aproximadamente entre 2 y 3 m de diámetro. Se observan clastos muy angulosos de basalto embebidos en la matriz de composición igualmente basáltica.

Muestras: La 521-A, basalto (brecha embebida).

La 521-B, basalto (matriz).



La 521. Basalto brechado. Unidad Jb.



La 521. Basalto brechado (detalle). Unidad Jb.

Punto de observación: La 522.

Ubicación: Quebrada La Mocha.

Coordenadas UTM: 430.290 / 1.179.620

Unidad: K2-i-Si.

Observaciones de campo: A partir de este punto se regresó.

Punto de observación: La 523.

Ubicación: Quebrada La Mocha.

Coordenadas UTM: 430.245 / 1.178.835

Unidad: E1E2-St-Mt.

Observaciones de campo: Intercalación de arenisca con lutita con la apariencia típica del Flysch de Matatere.

Mediciones: Estratificación: N65E85N

Quebrada Guacoa.

No se observan cantos de rocas ígneas. Se encuentran rodados de caliza de Formación Capadare y Formación Matatere.

Punto de observación: La 524.

Ubicación: Quebrada Guacoa.

Coordenadas UTM: 430.845 / 1.178.795

Unidad: N1-Sm-Cp.

Observaciones de campo: Se encuentran bloques de caliza de tamaño promedio 3 m. El contacto entre la Formación Matatere (Tem) y la Formación Capadare (Tmc) se encuentra cubierto.

Muestras: La 524, caliza de color meteorizado ocre claro y color fresco ocre parduzco. Se observan fósiles de bivalvos con reemplazo por calcita.

Quebrada "A"

Se observan abundantes cantos de rocas ígneas de pequeño tamaño.

Punto de observación: La 525.

Ubicación: Quebrada "A".

Coordenadas UTM: 431.560 / 1.179.450

Unidad: K2-ip-Si.

Observaciones de campo: Contacto entre la unidad de gabro (Jg) y la Formación Capadare (Tmc). El gabro se encuentra excesivamente alterado. Se observan costras blancas producto de la alteración.

Muestras: La 525, gabro de color meteorizado gris oscuro con costras blancas y color fresco blanco con verde negruzco. La costra blanca observada es de espesor promedio de 2 mm y de apariencia terrígena. El nivel de meteorización del gabro es alto.



La 525. Contacto entre las unidades K2-ip-Si y N1-Sm-Cp.

Punto de observación: La 526.

Ubicación: Quebrada "A".

Coordenadas UTM: 431.495 / 1.179.745

Unidad: K2-ip-Si.

Observaciones de campo: A medida que se avanza en la quebrada, la vegetación es más tupida hasta impedir el paso por la misma. Se abandonó la quebrada y se tomó un camino con rumbo N-S aproximadamente.

Muestras: La 526, melano-gabro de color meteorizado gris oscuro con y color fresco blanco con verde negruzco, predominando este último. El nivel de meteorización es medio. Los minerales se encuentran poco cristalizados, alcanzando un tamaño promedio de 2,5 mm.

Punto de observación: La 527.

Ubicación: Quebrada "A".

Coordenadas UTM: 431.510 / 1.179.880

Unidad: K2-i-Si.

Observaciones de campo: Se retomó una quebrada aguas abajo.

Muestras: La 527, basalto de color meteorizado gris verdoso medio y color fresco gris medio. Afanítico. Se encuentra bien preservado, su nivel de alteración es bajo.

Punto de observación: La 528.

Ubicación: Quebrada "A".

Coordenadas UTM: 431.535 / 1.179.820

Unidad: K2-ip-Si.

Observaciones de campo: Se observa el contacto abrupto entre el basalto anterior y el gabro.

Muestras: La 528, melano-gabro de color meteorizado gris medio y color fresco blanco con verde negruzco, Predominando este último. Se observa buena cristalización de calcita en una costra que cubre parte del gabro.



La 528. Contacto entre las unidades Jb (izquierda) y K2-ip-Si (derecha).

Quebrada Las Palomas.

Punto de observación: La 529.

Ubicación: Quebrada Las Palomas.

Coordenadas UTM: 431.210 / 1.179.280

Unidad: K2E2-Mcat-al.

Observaciones de campo: Arenisca de color negro intenso, de grano medio. Se observan muy pocos cantos de esta arenisca. Se observan gabro aflorando excesivamente alterados.

Muestras: La 529_R, arenisca negra, medianamente friable, de grano medio.

Punto de observación: La 530.

Ubicación: Quebrada Las Palomas.

Coordenadas UTM: 431.230 / 1.179.360

Unidad: K2-i-Si.

Observaciones de campo: El basalto posee xenolitos gabroides. Más adelante, la relación entre estos dos tipos ígneos se invierte, es decir, es el gabro quien posee los xenolitos de basalto.

Muestras: La 530, basalto de color meteorizado gris oscuro y color fresco gris oscuro.

Punto de observación: La 531.

Ubicación: Quebrada Las palomas.

Coordenadas UTM: 431.140 / 1.179.407

Unidad: K2-ip-Si.

Observaciones de campo: En este afloramiento se observa el gabro con vetas basálticas.

Muestras: La 531, gabro pegmatítico de color meteorizado pardo claro y color fresco blanco con verde negruzco. Los cristales poseen tamaño promedio de 5 mm.

Punto de observación: La 532.

Ubicación: Quebrada Las Palomas.

Coordenadas UTM: 431.135 / 1.179.480

Unidad: Contacto tectónico entre K2-ip-Si y K2E2-Mcat-al.

Observaciones de campo: Se observa una ensilladura de falla. Rumbo de la falla N65°W.

Mediciones: Plano de falla: N65W.



La 532. Ensilladura de falla con rumbo N65W.

Punto de observación: La 533.

Ubicación: Quebrada Las Palomas.

Coordenadas UTM: 431.150 / 1.179.500

Unidad: K2-ip-Si.

Observaciones de campo: Bloque de aproximadamente 1 m de diámetro, muy duro, poco alterado, de color negro.

Muestras: La 533_R, Posible canto rodado de piroxenita. Meteoriza gris oscuro y su color meteorizado es negro. Se observan cristales de tamaño promedio 2 mm.

Punto de observación: La 534.

Ubicación: Quebrada Las Palomas.

Coordenadas UTM: 431.080 / 1.179.670

Unidad: K2E2-Mcat-al.

Observaciones de campo: Arenisca de color negro intenso, de grano medio. Se observa el contacto de falla entre el gabro y la arenisca negra (tipo La Luna). Se observan pequeños cristales de yeso. No se encuentran evidencias de falla que se puedan medir, sin embargo si se ve material brechado proveniente de ambos cuerpos.

Muestras: La 534, arenisca negra, de grano medio, bien compacta. Se observa mayor cantidad de micas de las que se observan en la muestra La 529.



La 534. Contacto de falla entre las unidades K2-ip-Si (izquierda) y K2E2-Mcat-al (derecha).



La 534. Contacto de falla entre las unidades K2-ip-Si (izquierda) y K2E2-Mcat-al (derecha).



La 534. Contacto de falla entre las unidades K2-ip-Si (izquierda) y K2E2-Mcat-al (derecha).

Punto de observación: La 535.

Ubicación: Quebrada Las Palomas.

Coordenadas UTM: 431.160 / 1.179.745

Unidad: K2-ip-Si.

Observaciones de campo: Reparación del gabro.

Punto de observación: La 536.

Ubicación: Quebrada Las Palomas.

Coordenadas UTM: 431.135 / 1.180.030

Unidad: K2-Sm-Lu.

Observaciones de campo: Se encontró un canto rodado de aproximadamente 50 cm de diámetro con algunos pocos cristales de pirita.

Muestras: La 536_R, caliza tipo La Luna. De color meteorizado pardo oscuro a gris oscuro y de color fresco gris oscuro a negro. Se observa un cristal de pirita de 3 mm.

Punto de observación: La 537.

Ubicación: Quebrada Las Palomas.
Coordenadas UTM: 431.135 / 1.180.050
Unidad: K2-ip-Si.
Observaciones de campo: Reaparición del gabro en afloramiento en margen derecho. Meteoriza gris verdoso y se encuentra muy alterado.

Punto de observación: La 538.
Ubicación: Quebrada Las Palomas.
Coordenadas UTM: 431.140 / 1.180.650
Unidad: K2-ip-Si.
Observaciones de campo: Se llegó hasta este punto, sin embargo no se observó el límite norte del cuerpo ígneo.
Muestras: La 538-A, leuco-gabro de color meteorizado ocre claro y color fresco blanco y verde oscuro, predominando el primero. Los minerales se encuentran ligeramente orientados, con tamaño promedio de 8 mm, no están muy bien cristalizados.
La 538-B_R, melano-gabro de color meteorizado negro y color fresco blanco con verde negruzco, predominando este último. Los minerales se encuentran poco cristalizados, alcanzando tamaño promedio de 4 mm.

Quebrada Yuri **426.250 / 1.176.680**

Punto de observación: La 539.
Ubicación: Quebrada Yuri.
Coordenadas UTM: 425.345 / 1.177.030
Unidad: K2-Sm-Lu.
Observaciones de campo: Primer afloramiento de la Formación La Luna (Kl). Anteriormente se encontraba Matatere. El contacto con Matatere se encuentra aproximadamente 100 m. aguas abajo en el margen izquierdo.

Punto de observación: La 540.
Ubicación: Quebrada Yuri.
Coordenadas UTM: ---,--- / -,---,---
Unidad: K2-VCC-Al
Observaciones de campo: 50 m. aguas arriba, en su margen izquierdo.
Muestras: La 540-A_R, Volcánica de color meteorizado pardo verdoso y color fresco verde. Posee algunas vetas de calcita.
La 540-B_R, arenisca conglomerática negra de color meteorizado pardo y color fresco gris oscuro. Posee grano grueso y algunos de ellos son mayores a 4 mm.

Punto de observación: La 541.
Ubicación: Quebrada Yuri.
Coordenadas UTM: 424.435 / 1.177.145
Unidad: K2-Sm-Lu.
Observaciones de campo: Lutita de aspecto lajoso, de color negro.
Mediciones: Estratificación N10W30N

Punto de observación: La 542.
Ubicación: Quebrada Yuri.
Coordenadas UTM: 424.680 / 1.177.290
Unidad: K2-Sm-Lu.
Observaciones de campo: Intersección con una pequeña quebrada en el margen izquierdo.
Mediciones: Estratificación N25E20N

Punto de observación: La 543.
Ubicación: Quebrada Yuri.

Coordenadas UTM: 424.545 / 1.177.275

Unidad: K2-Sm-Lu.

Observaciones de campo: Se observa una especie de dique conglomerático discordante con la Formación La Luna. 20 m aguas arriba se observa sobre Formación La Luna una especie de “suela de corrimiento” en el margen izquierdo.

Muestras: La 543, Caliza de color meteorizado gris a pardo y color fresco gris medio.



La 543. Roca triturada del tipo “Suela de corrimiento”.

Punto de observación: La 544.

Ubicación: Quebrada Yuri.

Coordenadas UTM: 424.455 / 1.177.285

Unidad: K2-Sm-Lu.

Observaciones de campo: En el margen izquierdo se encuentra una quebrada que trae cantos de rocas volcánicas.

Punto de observación: La 545.

Ubicación: Quebrada Yuri.

Coordenadas UTM: 424.679 / 1.177.284

Unidad: K2-Sm-Lu.

Observaciones de campo: Arenisca en un cuerpo ya diferente a Formación La Luna, de apariencia brechoide. Se observan conglomerados tipo Matatere en cantos de aproximadamente 1 m. de diámetro.

Muestras: La 545, arenisca de color meteorizado pardo medio y color fresco gris medio. De granulometría media a gruesa. Aparentemente de composición cuarzosa en un 100%.



La 545. Conglomerado tipo Matatere.

Punto de observación: La 546.

Ubicación: Quebrada Yuri.

Coordenadas UTM: 424.295 / 1.177.370

Unidad: K2-VCC-Al.

Observaciones de campo: Caliza tipo Apón en canto rodado de aproximadamente 3 m. de diámetro.

Muestras: La 546_R, Caliza tipo Apón. De color meteorizado pardo claro y color fresco gris claro. Gran cantidad de pequeños cristales de calcita.



La 546. Calizas tipo Apón.

Punto de observación: La 547.

Ubicación: Quebrada Yuri.

Coordenadas UTM: 424.280 / 1.177.465

Unidad: K2-VCc-A1.

Observaciones de campo: Esta unidad es una especie de lentes conglomeráticos calcáreos brechados. Se observa una fuente sulfurosa.

Muestras: La 547, Conglomerado calcáreo brechado. De color meteorizado pardo oscuro y color fresco gris oscuro a negro. La granulometría es gruesa y se observa cierta orientación de los granos. En afloramiento se encuentra en lentes brechados. Efervesce.



La 547. Manantial que brota de rocas de la formación La luna.

Punto de observación: La 548.

Ubicación: Quebrada Yuri.

Coordenadas UTM: 424.265 / 1.177.495

Unidad: K2-Sm-Lu.

Observaciones de campo: La Luna recupera su aspecto lajoso. Hay niveles muy negros con alto contenido orgánico.



La 548. Rocas de la Formación la Luna de aspecto lajosa.

Punto de observación: La 549.

Ubicación: Quebrada Yuri.

Unidad: K2-Sm-Lu.

Coordenadas UTM: 425.475 / 1.176.820

Observaciones de campo: Continúa La Luna con la apariencia lajosa, igual que en el punto de observación anterior.

Punto de observación: La 550.

Ubicación: Quebrada Yuri.

Coordenadas UTM:

Unidad: K2E2-Mcat-al.

Observaciones de campo: Aproximadamente 50 m. hacia adentro de la Quebrada Yuri, a partir de la intersección con la Quebrada Santa Elena. Se encontró un nivel conglomerático dentro de La Luna del cual se extrajeron los cantos constituyentes. La muestra LA 550-A Posee un "cristal rojo".

Mediciones:

Muestras: **La 550-A**, muestra de caliza con cristal de rutilo de brillo metálico de 0,5 mm de diámetro aproximadamente. El tamaño de grano del mármol se encuentra entre 2 y 3 mm de diámetro. **La 550-B**, Canto de caliza embebido en el nivel conglomerático. De color fresco gris oscuro. El tamaño de grano varía de fino a grueso. **La 550-C**, conglomerado cuyos granos son de tamaño grava predominantemente y varían entre ½ mm a 1 cm (siendo más frecuentes los primeros). De color gris oscuro. Se observan cristales de micas de color marrón amarillento. **La 550-D**, caliza de grano medio a grueso. De color fresco pardo claro. **La 550-E**, aparentemente es igual a la muestra **La 550-C**.

Punto de observación: La 551.

Ubicación: Quebrada Yuri.

Coordenadas UTM: 425.705 / 1.176.710

Unidad: E1E2-St-Mt.

Observaciones de campo: Capa de caliza en Formación Matatere (Tem). En esta quebrada se observan bloques de conglomerado holocuarcífero de aproximadamente 1 m. de diámetro. El aspecto es el típico de la Formación Matatere (Tem).

Carretera por el Páramo de Guacamuco.

Punto de observación: La 552.

Ubicación: Carretera por el Páramo de Guacamuco.

Coordenadas UTM: 422.405 / 1.174.120

Unidad: E1E2-St-Mt – K2-Sm-Lu.

Observaciones de campo: Desviación hacia cerro El Encanto. Pareciera ser la cumbre de un afloramiento de La Luna. Se observan afloramientos de arenisca verde de Matatere. A lo largo de la carretera se observa Matatere típico. 100 m. más adelante, en la carretera, vuelve a aflorar La Luna (422.141 / 1.174.196 / 1.178). Avanzando en la carretera se observan conglomerados de Matatere (422.015 / 1.174.311 / 1.166)

Mediciones: Estratificación, S 10° E.

Muestras: La 552, Caliza de “La Luna” de textura muy fina. De color fresco gris oscuro a negro, color meteorizado pardo claro. Se observan vetas de calcita y laminación, la cual tiene una separación promedio de 8 mm.

Punto de observación: La 553.

Ubicación: Carretera por el Páramo de Guacamuco.

Coordenadas UTM: 423.285 / 1.175.710

Unidad: E1E2-St-Mt.

Observaciones de campo: Punto en donde el camino que se venía siguiendo, ya de regreso, se intersecta con La Torta. Se observa Matatere aflorando y cantos de La Luna.

Comienza descenso desde el Páramo de Guacamuco hasta la Quebrada Yuri nuevamente.

423.600 / 1.175.750

Punto de observación: La 555.

Ubicación: Camino a Quebrada Yuri.

Coordenadas UTM: 423.855 / 1.176.173

Unidad: E1E2-St-Mt – K2-Sm-Lu.

Observaciones de campo: Aproximadamente 100 m atrás, en la carretera, se observa el contacto La Luna / Matatere.

Punto de observación: La 556

Ubicación: Camino a Quebrada Yuri.

Unidad: E1E2-St-Mt – K2-Sm-Lu.

Coordenadas UTM: 423.425 / 1.176.832

Observaciones de campo: Se observa el contacto La Luna / Matatere.

Punto de observación: La 557

Ubicación: Camino a Quebrada Yuri.

Unidad: K2-Sm-Lu.

Coordenadas UTM: 424.135 / 1.176.390

Observaciones de campo: Afloramiento de La Luna. Se observa Chert.

Mediciones:

Punto de observación: La 558

Ubicación: Camino a Quebrada Yuri.

Unidad: E1E2-St-Mt.

Coordenadas UTM: 423.831 / 1.175.534

Observaciones de campo: Afloramiento de de arenisca en Matatere.

Mediciones:

Muestras: La 558, Arenisca de grano fino a medio, mal escogido de color meteorizado pardo rojizo y color fresco gris medio. Se observan algunos pocos cristales de mica oscura, de mineral verde (cristales muy pequeños y escasos), cristales de otro mineral de color negro uniformemente distribuidos en toda la muestra.

Punto de observación: La 559

Ubicación: Camino a Quebrada Yuri.

Unidad: E1E2-St-Mt.

Coordenadas UTM: 424.087 / 1.175.336

Observaciones de campo: Quebrada que llega a La Torta por el margen derecho. Trae calizas de La Luna y se encuentran cantos de las arenas verdes y los conglomerados de Matatere.

Punto de observación: La 560

Ubicación: Quebrada Yuri.

Unidad: K2-Sm-Lu.

Coordenadas UTM: 425.530 / 1.176.790

Observaciones de campo: Afloramiento de La Luna.

Muestras: **La 560**, Caliza de la "La Luna" de color meteorizado pardo claro y color fresco gris oscuro a negro (más oscuro que la muestra **La 552**). La laminación que se observa en esta muestra es mucho más delgada que en la caliza de la muestra **La 552** (menor a 1 mm). Igualmente se observan vetas de calcita pero en mayor cantidad y espeso que en la muestra **La 552**.

Punto de observación: La 561

Ubicación: Camino Yuri-Cogoyar.

Unidad: K2E2-Mcat-al.

Coordenadas UTM: 426.521 / 1.177.123

Observaciones de campo: Aflora una unidad de aspecto brechado con colores negruzcos, en donde se observan fragmentos de esquisto, caliza tipo La Luna, granito, arenisca muy finas y lodo carbonático verdoso.

Muestras: **La 561-A**, Esquisto cuarzoso-sericítico de color meteorizado rojizo y color fresco gris medio a oscuro, tiene brillo característico a la sericita, la foliación es fina. **La 561-B**, Lodo Carbonático de color verdoso. Se observan vetas negras. De color meteorizado marrón con manchas crema de color fresco pardo verdoso. Tiene zonas de color gris claro, se observan algunos puntos negros distribuidos uniformemente en la muestra.

Punto de observación: La 562

Ubicación: Camino Yuri-Cogoyar.

Unidad: K2-Sm-Lu.

Coordenadas UTM: 426.612 / 1.177.325

Observaciones de campo: Se encuentra La Luna meteorizada.

Punto de observación: La 563

Ubicación: Camino Yuri-Cogoyar.

Unidad: K2-Sm-Lu -E1E2-St-Mt.

Coordenadas UTM: 426.493 / 1.177.529

Observaciones de campo: Contacto La Luna / Matatere. El Matatere observado es la misma unidad brechada observada anteriormente.

Punto de observación: La 564

Ubicación: Camino Yuri-Cogoyar.

Unidad: E1E2-St-Mt.

Coordenadas UTM: 426.445 / 1.178.049

Muestras: **La 564-A_R**, Gabro, de color fresco Blanco y Negro. Los cristales de color negro poseen tamaño promedio de 4 mm y la relación de cristales claros y oscuros es de 60 a 40 aproximadamente. El poco color verde que se observa en la muestra se encuentra bordeando los cristales negros. **La 564-B_R**, Gabro de color fresco Blanco y Negro. Al igual que en la muestra **La 564-A_R**, el poco color verde que se observa en la muestra se encuentra bordeando los cristales negros. En esta muestra, el tamaño promedio de los cristales oscuros es de aproximadamente 2 a 3 mm y la relación de cristales claros y oscuros es de 50 a 50 aproximadamente. **La 564-C_R**, Gabro, de color fresco Blanco y Negro. Se observa mayor presencia de color verde respecto a las dos muestras anteriores, sin embargo se encuentra igualmente bordeando los cristales oscuros. En cuanto al tamaño de los cristales, los oscuros tienen un diámetro promedio de 8 mm y la relación de cristales claros y oscuros es de 60 a 40 aproximadamente.

Punto de observación: La 565

Ubicación: Camino Yuri-Cogoyar.

Unidad: E1E2-St-Mt.

Coordenadas UTM: 426.949 / 1.178.361

Observaciones de campo: Intersección del camino con la quebrada.

Muestras: **La 565_R**, Melanogabro, de color fresco Blanco y Negro. Los cristales de plagioclasa poseen un tamaño promedio de 2 a 3 mm. La relación de cristales claros y oscuros es de 10 a 90

aproximadamente. En una zona de la muestra significativamente meteorizada, se aprecia la ausencia de los cristales oscuros, por lo que se observa cierta apariencia de “esponja”.

Punto de observación: La 566

Ubicación: Camino Yuri-Cogoyar.

Unidad: K2-ip-Si.

Coordenadas UTM: 427.118 / 1.178.484

Observaciones de campo: Intersección del camino con la quebrada.

Muestras: **La 566-A**, Melanogabro, de color fresco Blanco y Negro. Se observa un tono verdoso en la muestra. En esta muestra se encuentran cristales de plagioclasas con tamaños que varían desde pocos milímetros hasta más de 3 cm. La relación de cristales claros y oscuros es de 10 a 90 aproximadamente.

La 566-B, Basalto, de color meteorizado verde oscuro y color fresco negro verdoso. Se observa cierta orientación de los cristales. Se observan algunos cristales de hábito tabular y de color verde con un tono un poco más claro que los de alrededor. La muestra posee una apariencia grasosa.

Punto de observación: La 567

Ubicación: Camino Yuri-Cogoyar.

Unidad: K2-ip-Si y E1E2-St-Mt.

Coordenadas UTM: 427.378 / 1.178.632

Observaciones de campo: Contacto Gabro-Mataterere.

Punto de observación: La 568

Ubicación: Camino Yuri-Cogoyar.

Unidad: E1E2-St-Mt.

Coordenadas UTM: 427.515 / 1.178.627

Observaciones de campo: Fin del camino. Se llega a Cogoyar

Punto de observación: La 569

Ubicación: Camino Yuri-Cogoyar.

Coordenadas UTM: 426.326 / 1.177.602

Observaciones de campo: Se encuentra un bloque de roca volcánica dentro de la unidad brechoide negruzca de Mataterere.

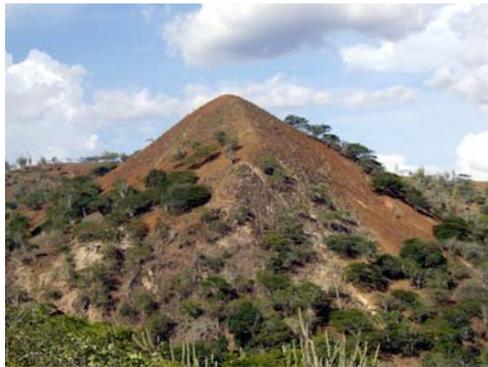
Punto de observación: La 570

Ubicación: Volcán de Moroturito.

Unidad: K2-i-Si.

Coordenadas UTM: 426.266 / 1.177.505

Muestras: **La 570**, Volcánica, color meteorizado ocre rojizo y color fresco gris verdoso con algunas zonas grises. Las zonas grises, menores en abundancia respecto a las gris-verdosas, muestran cristales de tamaño menor a 1 mm. Las zonas gris-verdosas, predominantes en la muestra, presentan cristales apenas percibibles sin aumento. Cerca del Volcán de Moroturito se consiguió una concreción con Amonites.



La 570. Volcán de Moroturito.

Punto de observación: La 571

Ubicación: Quebrada sin nombre (Cerca de Volcán de Moroturito).

Unidad: K2-ip-Si.

Coordenadas UTM: 426.184 / 1.177.582

Observaciones de campo: Unidad volcanosedimentaria en quebrada. Se observan además conglomerados holocarcíferos. Se encuentran gabra y volcánicas. En la quebrada. Que se encuentra 20m más abajo abundan, por orden, volcánicas, calizas tipo La Luna, conglomerados holocarcíferos, gabra, caliza tipo Cogoyo, arenas negras tipo Los Algodones. Las volcánicas se encuentran en dimensiones de metros. También se observa chert negro con vetas de cuarzo blanco.

Muestras: La 571_R, Caliza de medianamente compactada, de color meteorizado pardo y color fresco gris medio. Se observan vetas de calcita, algunas de hasta 4mm de espesor, sin embargo son mucho más abundantes aquellas con menos espesor.

Punto de observación: La 572

Ubicación: Quebrada sin nombre (Cerca de Volcán de Moroturito).

Unidad: K2-Sm-Lu y E1E2-St-Mt.

Coordenadas UTM: 426.165 / 1.177.189

Observaciones de campo: Contacto La Luna / Matatere. El contacto se encuentra aproximadamente 20m aguas abajo en el margen derecho. Inicialmente se consiguen afloramientos de la Formación Matatere (Tem). Se observan grandes cantos de volcánicas con un Promedio de entre 2 a 3 metros de diámetro, también calizas tipo La Luna, gabra, arenisca de Matatere, conglomerados holocarcíferos y chert negro. La Luna se ve como en su unidad brechada.

Mediciones: Estratificación: N27E62S.

Muestras: La 572, Caliza fina de la Luna, de color meteorizado pardo y color fresco gris oscuro. Posee apariencia brechada, observándose relleno de calcita entre los fragmentos de caliza. Se observan también vetas de calcita, pero estas últimas son menos abundantes que el relleno calcáreo.



La 572. Calizas brechadas.

Bifurcación de Quebrada sin nombre (Cerca de Volcán de Moroturito).

426.101 / 1.177.296

Se va a seguir por el afluente derecho. Se observan cantos de lavas almohadilladas, areniscas negras.



Cantos rodados de lavas almohadilladas.



Cantos rodados de lavas almohadilladas.

Punto de observación: La 573

Ubicación: Quebrada sin nombre (Cerca de Volcán de Moroturito).

Unidad: K2-Sm-Lu.

Coordenadas UTM: 426.008 / 1.177.333

Muestras: La 573_R, Volcánica, de color meteorizado pardo oscuro y color fresco pardo verdoso, con algunas zonas verde-azuladas. De apariencia masiva. Se observan un par de cristales de micas color marrón amarillento.

Quebrada Moroturito.

426.244 / 1.177.307

Punto de observación: La 574

Ubicación: Quebrada Moroturito.

Unidad: E1E2-St-Mt.

Coordenadas UTM: 425.244 / 1.177.062

Observaciones de campo: Se observa una zona de basalto pero es muy difícil reconocer si se encuentra aflorando o es un canto, en el caso cual debería ser un bloque de al menos 4m de diámetro. Posee vetas de calcita.

Muestras: La 574, Basalto, de color meteorizado gris medio y color fresco gris medio a oscuro. Se observan algunas pocas vetas de calcita. No se observa orientación alguna de cristales.

Punto de observación: La 577

Ubicación: Quebrada Moroturito.

Unidad: K2-i-Si.

Coordenadas UTM: 425.847 / 1.177.492

Observaciones de campo: Bajando por la quebrada se observa el primer afloramiento de lavas almohadilladas. Se observan abundantes cantos de volcánicas y gabro, chert y arenisca del tipo La Luna, conglomerados holocristalinos.

Muestras: La 577, Lava almohadillada, de color meteorizado y fresco gris verdoso oscuro. Se observan vetas de calcita.

Punto de observación: La 578

Ubicación: Quebrada Moroturito.

Unidad: K2-ip-Si y K2-Sm-Lu.

Coordenadas UTM: 425.928 / 1.177.412

Observaciones de campo: Contacto Ígneo / La Luna. La Luna se encuentra aguas abajo aflorando en ambos márgenes. La Luna comienza a aparecer con aspecto brechado y, aguas abajo, se va haciendo más lajoso.

Quebrada La Torta.

Punto de observación: La 580
Ubicación: Quebrada La Torta.
Unidad: Q2-t.
Coordenadas UTM: 427.204 / 1.176.264
Observaciones de campo: Inicio de terraza aluvional.

Punto de observación: La 581
Ubicación: Quebrada La Torta.
Unidad: Q2-t.
Coordenadas UTM: 427.660 / 1.176.437
Observaciones de campo: Fin de terraza aluvional.

Punto de observación: La 582
Ubicación: Quebrada La Torta.
Unidad: E1E2-St-Mt.
Coordenadas UTM: 428.283 / 1.177.077
Medición: Estratificación: N75W40N

Punto de observación: La 583
Ubicación: Quebrada La Torta.
Unidad: E1E2-St-Mt.
Coordenadas UTM: 429.185 / 1.178.249
Medición: Estratificación: N60E90

Punto de observación: La 584
Ubicación: Quebrada La Torta.
Unidad: N1-Sm-Cp.
Coordenadas UTM: 430.910 / 1.179.110
Muestras: La 584, Caliza Fosilífera de Capadare, de color meteorizado ocre claro y color fresco ocre. Los fósiles son de bivalvos y están soportados principalmente por matriz, sin embargo existe presencia de aloquímicos proporcionándole a la roca una textura terrosa. Se observa veta de yeso.

Quebrada El Muerto. **429.081 / 1.178.223**

Punto de observación: La 585
Ubicación: Quebrada El Muerto.
Unidad: E1E2-St-Mt.
Coordenadas UTM: 429.081 / 1.178.223
Observaciones de campo: Se observan cantos de arenisca verdes, gabro, calizas tipo La Luna, basalto. Aflora Formación Matatere (Tem). Se observa también chert negro y verde y gabro cizallado.
Mediciones: Estratificación: N54E65N
Muestras: La 585, Caliza de Matatere, de color meteorizado pardo oscuro y color fresco gris oscuro a negro. Extraída de una capa de caliza de aproximadamente 4 cm de espesor del Flysch de Matatere. Se encuentra bastante compactada, posee vetas de calcita, presenta una laminación incipiente.

Punto de observación: La 586
Ubicación: Quebrada El Muerto.
Unidad: E1E2-St-Mt.
Coordenadas UTM: 427.728 / 1.177.851

Observaciones de campo: A partir de este punto se recorrió el afluente izquierdo. Durante los primeros 100 m. se observaron cantos de todo lo descrito anteriormente, pero de ahí en adelante sólo se observan clastos de volcánicas, plutónicas y calizas tipo La Luna. Antes del punto La 586, a lo largo de la quebrada, se observan lavas almohadilladas, brechadas, conglomerados holocuarcíferos, un conglomerado con gabro entre sus granos.

Punto de observación: La 587

Ubicación: Quebrada El Muerto.

Unidad: E1E2-St-Mt.

Coordenadas UTM: 427.710 / 1.177.817

Mediciones: N80W77N

Muestras: La 587, Arenisca verde del Flysch de Matatere, de color meteorizado y fresco gris verdoso. Presenta granulometría fina a media, se encuentra bien escogida y numerosas concreciones. Se observan granos de color negro distribuidos uniformemente en la muestra, representando entre el 5% y el 10% de la muestra.



La 587. Capas de areniscas con meteorización esferoidal.

Brisas de Urdaneta.

Punto de observación: La 588

Ubicación: Carretera hacia Tinajitas.

Unidad: K2-i-Si y E1E2-St-Mt.

Coordenadas UTM: 430.009 / 1.179.198

Observaciones de campo: Contacto basalto / Matatere.

Punto de observación: La 589

Ubicación: Brisas de Urdaneta. Quebrada Semeruco.

Unidad: K2-i-Si.

Coordenadas UTM: 430.059 / 1.179.517

Muestras: La 589-A, Basalto, de color meteorizado pardo y color fresco gris oscuro a negro. Se observan vetas de calcita. La 589-B, Diabasa, de color meteorizado pardo oscuro y color fresco gris verdoso oscuro.

Se aprecia cierta orientación de los cristales. Se observan vetas de calcita. El tamaño promedio de los cristales es menor a 2 mm. La relación de cristales claros y oscuros es de 40 a 60 aproximadamente. **La 589-C_R**, Caliza de la Formación Matatere, de color meteorizado gris medio y color fresco gris oscuro. Se observan vetas de calcita. Se observa bien compactada y a simple vista no se observan fósiles. Se aprecian cristales de calcita con un mejor y mayor crecimiento respecto al resto proporcionándole a la roca un brillo “escarchado”.

Punto de observación: La 590

Ubicación: Brisas de Urdaneta. Quebrada Semeruco.

Unidad: K2-ip-Si y N1-Sm-Cp.

Coordenadas UTM: 429.344 / 1.180.441

Observaciones de campo: Contacto ígneo / Capadare. Capadare hacia carretera arriba.

Punto de observación: La 591

Ubicación: Carretera Tinajitas hacia Urucure.

Unidad: E3N1-Sc-Ct.

Coordenadas UTM: 431.701 / 1.183.177

Observaciones de campo: Se observa un color de meteorización muy rojizo... ¿Formación Castillo? Capas de 30cm. de espesor de arenas y conglomerados con cantos tamaño grava / arena gruesa. Se encuentra sobre Formación Capadare.

Muestras: **La 591-A**, Arenisca de la Formación Castillo, de color meteorizado marrón y color fresco ocre. Deleznable, de grano fino y bien escogida. Se observan algunos cristales oscuros dispersos uniformemente. **La 591-B**, Conglomerado de la Formación Castillo, de color meteorizado y fresco ocre. Clasificable como paraconglomerado petromíctico y polimíctico. El tamaño de los granos varía entre menos de 1 mm y 4 cm, promediándose en 1cm.

Quebrada El Muerto

Punto de observación: La 592

Ubicación: Quebrada El Muerto

Unidad: E1E2-St-Mt

Coordenadas UTM: 428.542 / 1.178.423

Muestras: **La 592 - R**, bloque de 5x3 m de material carbonático, de color pardo, rodeado de areniscas verdes de Matatere.

Punto de observación: La 593

Ubicación: Quebrada El Muerto

Unidad: E1E2-St-Mt.

Coordenadas UTM: 428.420 / 1.178.645

Observaciones de campo: Se observan cantos de melanogabro, caliza de Matatere, Arenisca verde de Matatere y conglomerado holocuarcífero. Aproximadamente a 100 m. de este punto se encuentran volcánicas aflorando.

Muestras: **La 593 - BR**, canto rodado de melanogabro, con la típica apariencia de cristales verde y blancos. **La 593 - D**, roca volcánica, de textura fina, verde claro. **La 593 - C**, brecha volcánica, de color verde, cantos angulares.

Punto de observación: La 594

Ubicación: Quebrada El Muerto

Unidad: K2-Sm-Lu.

Coordenadas UTM: 431.701 / 1.183.177

Observaciones de campo: Aflora la Formación La Luna en su aspecto lajoso (similar a Yuri).

Muestras: **La 594**, caliza de la Luna, color meteorizado gris oscuro y color fresco gris oscuro a negro.

Secciones finas:

Punto de observación: La 595

Ubicación: Quebrada El Muerto

Unidad: E1E2-St-Mt.

Coordenadas UTM: 428.880/ 1.178.090

Mediciones: Plano de Falla N35E50S

Observaciones de campo: Se observa un plano de falla, con zona brechada, entre dos unidades distintas de Matatere, una de capas delgadas de arenisca finas, de color verde, con rumbo N42E40N. La otra unidad consiste en capas más gruesas de areniscas, de color marrón y rumbo N40E74N.



La 595. Plano de Falla entre areniscas de la Formación Matatere.

Punto de observación: La 596

Ubicación: Quebrada El Muerto

Unidad: K2-ip-Si

Coordenadas UTM: 429.716/ 1.178.985

Observaciones de campo: afloramiento en donde se consiguen las tres unidades ígneas mezcladas, sin embargo predomina el gabro, el basalto se encuentra en forma de dique, en algunas zonas del afloramiento se encuentra en forma de “Melange”.

Muestras: **La 596 A**, muestra de dique de basalto en gabro. **La 596 B**, diabasa, presenta cristales no mayores a 1mm, es de color verde oscuro. **La 596 C**, dique de diabasa, generalmente intrusionando al gabro, de color gris oscuro y de 20 cm. de espesor.

Secciones finas:



La 596. Dique de basalto.



La 596. Contacto entre basalto y gabro.

Punto de observación: La 597

Ubicación: Quebrada El Muerto

Unidad: K2-i-Si.

Coordenadas UTM: 429.590/ 1.179.019

Muestras: **La 597 A**, muestra de basalto cizallado, se disgrega fácilmente.

Punto de observación: La 599

Ubicación: Quebrada El Muerto

Unidad: K2-ip-Si.

Coordenadas UTM: 429.280/ 1.179.377

Mediciones: foliación N85E

Observaciones de campo: la roca aflorante es un leucogabro, que presenta numerosos diques posiblemente de basalto, esta roca muestra una pequeña orientación.



La 599. Leucogabro cortado por diques de Basalto.

Punto de observación: La 600

Ubicación: Quebrada El Muerto

Unidad: K2-ip-Si.

Coordenadas UTM: 429.280/ 1.179.377

Observaciones de campo: continua aflorando el gabro, se observan cantos de calizas tipo La Luna y Capadare.

Quebrada La Torta

Punto de observación: La 601

Ubicación: Quebrada La Torta

Unidad: E1E2-St-Mt.

Coordenadas UTM: 424.221/ 1.175.291

Observaciones de campo: se observa arenisca verde de Matatere en contacto de falla con lutita negra. La lutita se encuentra brechada y son deleznales.



La 601. Contacto de falla entre arenisca de Matatere y lutitas negras de la Formación La Luna.



La 601. Lutita brechada.

Finca Yuri

425.078 / 1.177.158

Punto de observación: La 602

Ubicación: Finca Yuri

Unidad: K2-Sm-Lu.

Mediciones: N55E70S

Coordenadas UTM: 425.078/ 1.177.158

Observaciones de campo: se está recorriendo el camino principal de la Finca, este afloramiento se encuentra a 30 m de la entrada y tiene aproximadamente 10 m de longitud, luego se encuentra una quebrada con un cañón de unos 4 m de ancho que trae cantos angulosos de gabro muy alterados y calizas tipo La luna.

Muestras: **La 602 A**, muestra de caliza de color meteorizado gris claro y color fresco gris oscuro, compacta, con vetas de calcita. **La 602 B**, arenisca gravosa, es de color meteorizado gris medio y color fresco un poco más oscuro, el tamaño promedio es de 2 mm.



La 602. Afloramiento de caliza.

Punto de observación: La 603

Ubicación: Finca Yuri

Unidad: K2-ip-Si.

Coordenadas UTM: 425.190/ 1.177.160

Observaciones de campo: Afloramiento de gabro brechado y muy alterado, posiblemente en contacto de falla con Formación La Luna, descrita anteriormente. Entre este punto y el punto La 602 se encuentra un material brechado con la mezcla de gabros y calizas tipo Luna

Muestras: **La 603 A**, gabro brechado, de color meteorizado gris oscuro y color fresco gris verdoso. **La 603 B**, material oscuro, no efervesce, posiblemente chert. **La 603 C**, leucogabro muy alterado, de color meteorizado gris claro y color fresco blanco y verde.



La 603. Gabro brechado.



La 603. Afloramiento de gabro brechado.

Punto de observación: La 604

Ubicación: Finca Yuri

Unidad: K2-Sm-Lu.

Coordenadas UTM: 425.214/ 1.177.157

Observaciones de campo: vuelve a aflorar la Luna, pero con un aspecto brechado muy similar al de la quebrada Yuri. El contacto con el gabro es un material brechado con una mezcla de las dos unidades.

Punto de observación: La 605

Ubicación: Finca Yuri

Unidad: K2-ip-Si y K2-Sm-Lu.

Coordenadas UTM: 425.281/ 1.177.154

Observaciones de campo: vuelve a aflorar el material mezclado y brechado, se observan calizas de La Luna, chert negro, gabra muy alterado y costras de hematita. Siguiendo el camino, 10 m más adelante vuelve a aflorar la luna en aspecto "lajoso", sin embargo se encuentra cubierta se suelo.

Muestras: La 605 A - B, material oscuro, no efervesce, de textura muy fina.

Punto de observación: La 606

Ubicación: Finca Yuri

Unidad: K2-ip-Si y K2-Sm-Lu.

Coordenadas UTM: 425.690/ 1.177.672

Observaciones de campo: afloramiento de volcánicas, de color meteorizado gris oscuro y color fresco gris.



La 606. Afloramiento de volcánicas.

Punto de observación: La 607

Ubicación: Finca Yuri

Unidad: K2-ip-Si - K2-Sm-Lu.

Coordenadas UTM: 424.572/ 1.177.543

Observaciones de campo: afloramiento de rocas volcánicas. Presenta costras de oxido de hierro..

Muestras: La 607 A, volcánica negra, de color meteorizado gris oscuro.



La 607. Afloramiento de volcánicas.

Punto de observación: La 608

Ubicación: Finca Yuri

Unidad: K2-i-Si y K2-Sm-Lu.

Coordenadas UTM: 424.554/ 1.177.398

Observaciones de campo: contacto entre la Formación La Luna y rocas volcánicas. El contacto se encuentra cubierto, se observan calizas de La Luna, y bloques de 3 x 1 m. de areniscas.

Muestras: La 608 B, arenisca bien escogida y muy compacta, de composición aparentemente homogénea. Es de color fresco gris claro y meteorizado pardo oscuro.



La 608. Bloque de arenisca, presenta estratificación cruzada.

Punto de observación: La 609

Ubicación: Finca Yuri

Unidad: K2-Sm-Lu.

Coordenadas UTM: 425.303/ 1.177.631

Observaciones de campo: afloramiento de la Luna en su aspecto brechado.

Punto de observación: La 610

Ubicación: Finca Yuri

Unidad: K2-Sm-Lu y E1E2-St-Mt.

Coordenadas UTM: 424.440/ 1.178.346

Observaciones de campo: aflora la luna en contacto con las areniscas verdes de Matatere. La luna se encuentra en su aspecto brechado.

Punto de observación: La 611

Ubicación: Vía hacia Cogoyal.

Unidad: K2-VCC-Al.

Coordenadas UTM: 426.898/ 1.178.346

Observaciones de campo: afloramiento de conglomerado holocuarcífero, se presenta como una montaña de bloques sueltos.



La 611. Afloramiento de conglomerado holocuarcíferos.

Camino hacia Hacienda Las Delicias.

Punto de observación: La 612

Ubicación: camino a la hacienda Las Delicias.

Unidad: N1-Sm-Cp.

Coordenadas UTM: 424.554/ 1.177.398

Observaciones de campo: se observan cantos rodados de rocas volcánicas,

Muestras: La 612 Ar, Volcánica de color verde. Se observan vacuolas rellenas de mineral verde, en otros casos se encuentran vacías. La 612 Br, basalto de color meteorizado negro y color fresco gris oscuro.

Punto de observación: La 613

Ubicación: camino a la hacienda Las Delicias.

Unidad: E1E2-St-Mt.

Coordenadas UTM: 423.810/ 1.179.373

Observaciones de campo: Aparece el primer afloramiento de Matatere, hasta este punto sólo se han visto cantos rodados de calizas de Capadare, abundantes cantos de la Luna, pocos cantos de basalto y volcánica.

Mediciones: Estratificación: N50E60S.

Intersección de camino con Quebrada

422.523 / 1.179.951

Punto de observación: La 615

Ubicación: Quebrada que intercepta el camino hacia la hacienda Las Delicias.

Unidad: N1-Sm-Cp.

Coordenadas UTM: 422.523 / 1.179.951

Observaciones de campo: a lo largo de la quebrada se observan cantos de caliza de Capadare, calizas de La Luna, conglomerado holocarcífero, basalto y gabro.

Muestras: La 615, muestra de gabro. Presenta una leve orientación.

Punto de observación: La 616

Ubicación: Quebrada que intercepta el camino hacia la hacienda Las Delicias.

Unidad: N1-Sm-Cp

Coordenadas UTM: 422.434 / 1.179.772

Observaciones de campo: afloramiento de calizas de Capadare, hasta este punto se venían observando terrazas aluviales. El afloramiento tiene 20 m de longitud, luego vuelve a aparecer las terrazas.

Mediciones: Estratificación: NE15N.

Punto de observación: La 617

Ubicación: Quebrada que intercepta el camino hacia la hacienda Las Delicias.

Unidad: N1-Sm-Cp

Coordenadas UTM: 422.479 / 1.179.520

Observaciones de campo: reaparecen las calizas de Capadare, se ha observado hasta este punto solo un canto de arenisca verde de Matatere.

Punto de observación: La 618

Ubicación: Quebrada que intercepta el camino hacia la hacienda Las Delicias.

Unidad: N1-Sm-Cp

Coordenadas UTM: 422.410 / 1.179.456

Observaciones de campo: fósil de *turritella* en caliza de Capadare. El fósil tiene 11cm de longitud, se observan otros de menor tamaño.



La 618. Fósil de *turritella* en caliza de Capadare.

Punto de observación: La 619

Ubicación: Quebrada que intercepta el camino hacia la hacienda Las Delicias.

Unidad: N1-Sm-Cp

Coordenadas UTM: 422.393 / 1.179.183

Observaciones de campo: afloramiento de arenisca de Capadare, presenta un color meteorizado rosa claro y de color fresco gris claro, es bien escogida y muy compacta.

Mediciones: Estratificación: NE18N.



La 619. Afloramiento de arenisca de Capadare.

Punto de observación: La 620

Ubicación: Quebrada que intercepta el camino hacia la hacienda Las Delicias.

Unidad: E1E2-St-Mt

Coordenadas UTM: 422.622 / 1.178.601

Observaciones de campo: afloramiento de arenisca de Matatere, se tomo medida de rumbo y buzamiento.

Mediciones: Estratificación: NE64S.

Muestras: La 620, muestra de lutita, compacta, de color meteorizado gris verdoso y color fresco gris oscuro.

Carretera que va hacia hacienda la Delicias

429.109 / 1.180.724

Punto de observación: La 622

Ubicación: margen izquierdo de la carretera que va de Las Tinajitas a Las Delicias.

Unidad: K2-Sm-Lu

Coordenadas UTM: 429.109 / 1.180.224

Observaciones de campo: afloramiento de calizas de La Luna, de color meteorizado pardo oscuro y color fresco gris oscuro a negro.

Punto de observación: La 623

Ubicación: carretera que va de Las Tinajitas a Las Delicias.

Unidad: N1-Sm-Cp.

Coordenadas UTM: 428.557 / 1.180.032

Observaciones de campo: aumento significativo de cantos de calizas de Capadare, así como el color del suelo se torna ocre.

Punto de observación: La 624

Ubicación: intersección del camino Las Tinajitas-Las Delicias con quebrada.

Unidad: N1-Sm-Cp.

Coordenadas UTM: 426.612 / 1.180.797

Observaciones de campo: se observan cantos de caliza de Capadare, caliza de La Luna, basalto, chert negro y gabro.

Muestras: La 624, muestra de de volcánica de color meteorizado verde grisáceo y color fresco verde oscuro.

Punto de observación: La 625

Unidad: E3N1-Sc-Ct

Coordenadas UTM: 426.839 / 1.180.263

Observaciones de campo: 200 m atrás se dejó la quebrada y se siguió un camino que nos llevo hasta una pequeña loma en donde aflora Castillo.

Alrededor del volcán de Moroturito.

426.404 / 1.177.480

Punto de observación: La 627

Ubicación: volcán de Moroturito.

Unidad: E1E2-St-Mt

Coordenadas UTM: 426.404 / 1.177.480

Observaciones de campo: afloramiento de arenisca con grava, color meteorizado pardo oscuro y color fresco gris oscuro a negro. Bien escogida, con tamaño de grano promedio de 1mm. Esta arenisca se encuentran en contacto de falla con las volcánicas de Moroturito, en algunas zonas se observan en las areniscas estrias de falla. Este afloramiento se encuentra sumamente alterado y brechado.

Mediciones: Estrías de falla: N45W20.

Muestras: La 624, muestra de un posible mármol de color meteorizado pardo y color fresco gris medio a oscuro.



La 627. Estrías de falla en arenisca de Matatere.

Punto de observación: La 628

Ubicación: volcán de Moroturito.

Unidad: E1E2-St-Mt y K2-i-Si.

Coordenadas UTM: 426.377 / 1.177.467

Observaciones de campo: contacto de falla entre areniscas de Matatere y volcánicas.

Mediciones: Rumbo aproximado de la falla: N25E.



La 628. Contacto de falla entre Matatere y volcánicas.

Punto de observación: La 629

Ubicación: cercano al volcán de Moroturito.

Unidad: K2-ip-Si.

Coordenadas UTM: 425.199/ 1.177.658

Observaciones de campo: Afloramiento en donde se observa una mezcla caótica de basalto, diabasa y gabro. Se encuentra bastante meteorizado.

Muestras: **La 629 A**, basalto, de color meteorizado gris oscuro y color fresco gris verdoso. **La 629 B**, gabro muy alterado, de color meteorizado gris claro y color fresco verde oscuro.



La 629. Afloramiento caótico de basalto, diabasa y gabro.

Punto de observación: La 630

Ubicación: Quebrada al oeste del volcán de Moroturito.

Unidad: K2-i-Si.

Coordenadas UTM: 425.190/ 1.177.160

Observaciones de campo: quebrada en donde se observa basalto aflorando. Se observan cantos de caliza de La Luna, gabro y conglomerados holocarcíferos.

Muestras: **La 630 AR**, leucodiabasa, de color meteorizado gris claro y color fresco blanco y verde. **La 630 BR**, gabro, se encuentra muy meteorizado, es de color fresco verde oscuro y de color meteorizado gris oscuro. **La 630 CR**, melanogabro, de color meteorizado gris oscuro y color fresco verde oscuro.

PUENTE LIMON

Quebrada Canillón.

463.587 / 1.182.582

Punto de observación: La 631

Ubicación: Quebrada Canillón.

Unidad: Q2-t.

Coordenadas UTM: 463.587/ 1.182.582

Observaciones de campo: al principio de la quebrada se observan cantos de areniscas verdes, conglomerados y gabro.

Muestras: **La 631 AR**, arenisca verde, bien escogida, de grado promedio de 1 mm. **La 631 BR**, caliza tipo la Luna, bien compacta, de color meteorizado gris y color fresco gris oscuro. **La 631 CR**, caliza de Capadare, de color meteorizado pardo oscuro y color fresco marrón claro.

Punto de observación: La 632

Ubicación: Quebrada Canillón.

Unidad: N1-Sm-Cp.

Coordenadas UTM: 463.562/ 1.182.306

Observaciones de campo: caliza de Capadare, se tomo medición de rumbo y buzamiento.

Mediciones: Estratificación: N65W25N.

Punto de observación: La 633

Ubicación: Quebrada Canillón.

Unidad: N1-Sm-Cp y K2-ip-Si.

Coordenadas UTM: 462.990/ 1.181.135

Observaciones de campo: contacto entre Capadare y melanogabro, el contacto se encuentra cubierto.

Muestras: **La 633 AR - BR**, melanogabro, de color meteorizado gris verdoso y color fresco verde oscuro.



La 633. Afloramiento de melanogabro en quebrada Canillón.

Punto de observación: La 634

Ubicación: Quebrada Canillón.

Unidad: K2-ip-Si.

Coordenadas UTM: 462.990/ 1.181.135

Observaciones de campo: afloramiento de gabro, se encuentra menos meteorizado que el afloramiento anterior. Se observan cantos de calizas de Capadare y areniscas verdes de Matatere.

Punto de observación: La 635

Ubicación: Quebrada Canillón.

Unidad: K2-ip-Si.

Coordenadas UTM: 462.855/ 1.180.976

Observaciones de campo: gabro con tamaño de los cristales mayor al de los afloramientos anteriores. El tamaño promedio de los cristales es de 2 mm.



La 635. Afloramiento de gabro en quebrada Canillón.

Punto de observación: La 636

Ubicación: Quebrada Canillón.

Unidad: K2-ip-Si.

Coordenadas UTM: 462.663/ 1.180.577

Observaciones de campo: Continúa aflorando el gabro, se encuentra menos meteorizado.

Punto de observación: La 637

Ubicación: Quebrada Canillón.

Unidad: K2-ip-Si.

Coordenadas UTM: 462.571/ 1.180.479

Observaciones de campo: afloramiento de gabro, se observa al gabro muy diaclasado.

Muestras: **La 637 A**, gabro, se observa una leve orientación, es de color fresco verde oscuro y color meteorizado gris verdoso. **La 637 A**, caliza (veta), de color fresco gris claro y color meteorizado gris oscuro.



La 637. Afloramiento de gabro. Se observan las distintas familias de diaclasas.

Quebrada Píritu

463.448 / 1.182.953

Punto de observación: La 638

Ubicación: Quebrada Píritu.

Unidad: Q2-t.

Coordenadas UTM: 463.448/ 1.182.953

Observaciones de campo: se observan cantos de caliza de Capadare, arenisca verde, caliza gris oscura, conglomerado de Matatere.

Quebrada Las Mamas

465.483 / 1.181.788

Punto de observación: La 639

Ubicación: Quebrada Las Mamas.

Unidad: N1-Sm-Cp.

Coordenadas UTM: 465.483/ 1.181.788

Observaciones de campo: afloramiento de caliza de Capadare, se tomo medición de rumbo y buzamiento.

Mediciones: Estratificación: N55E35N.



La 639. Afloramiento de caliza de Capadare.

Punto de observación: La 640

Ubicación: Quebrada Las Mamitas.

Unidad: N1-Sm-Cp y K2-ip-Si.

Coordenadas UTM: 465.483/ 1.181.788

Observaciones de campo: contacto entre Capadare y gabros, el contacto se encuentra cubierto, solo es apreciable por el cambio de color del suelo.



La 640. Afloramiento de gabro.

Punto de observación: La 641

Ubicación: Quebrada Las Mamitas.

Unidad: K2-ip-Sib.

Coordenadas UTM: 465.483/ 1.181.788

Observaciones de campo: afloramiento de basalto y gabro muy bien preservado y poco meteorizado.

Muestras: **La 641 A**, gabro, de color meteorizado gris oscuro y color fresco verde grisáceo. **La 641 B**, basalto, de color meteorizado gris verdoso y fresco gris oscuro.



La 641. Afloramiento de basalto y gabro muy bien preservado.

Punto de observación: La 642

Ubicación: Quebrada Las Mamitas.

Unidad: K2-Sm-Lu.

Coordenadas UTM: 465.481/ 1.180.956

Observaciones de campo: afloramiento de caliza intercalada con areniscas, la caliza presenta un espesor promedio de 7 cm y la arenisca un tamaño promedio de 25 cm.

Muestras: La 642, arenisca, bien escogida, de color fresco gris oscuro, y color meteorizado marrón grisáceo.



La 642. Afloramiento de arenisca y caliza.

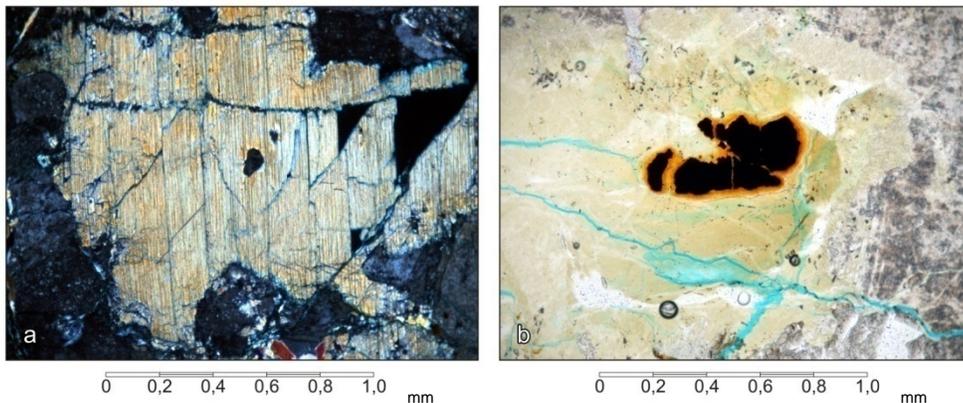
8.2 APÉNDICE PETROGRÁFICO

Abreviatura:

NP=Nícoles paralelos

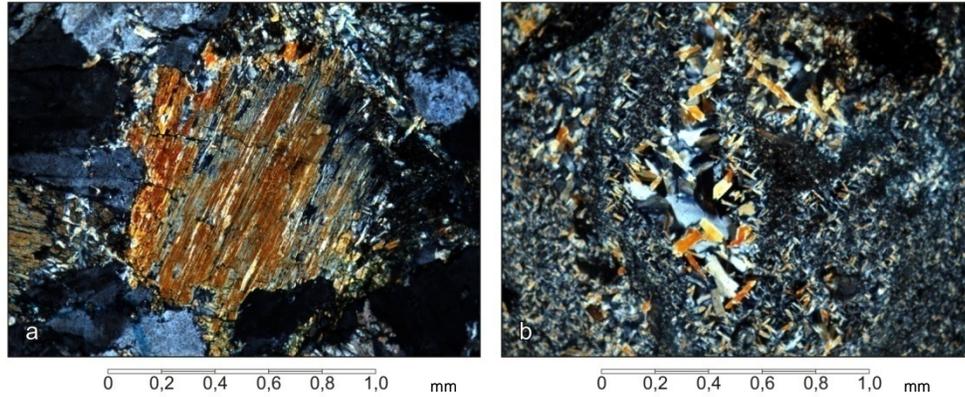
NX=Nícoles cruzados

La 500 A: Gabronorita protocataclástica. Los cristales tienen un tamaño promedio de 2,2 mm. La plagioclasa es del tipo labradorita y se encuentra alterando a sericita, los cristales se encuentran fracturados, en algunos cristales se puede observar maclado polisintético. El clinopiroxeno es del tipo diópsido y se encuentra alterando a *clorita*, los cristales son subhedrales, su color de interferencia es castaño amarillento. La serpentina es producto de alteración del olivino y se presenta en cristales anhedrales, es incoloro bajo nícoles cruzados y presenta colores de interferencia gris amarillento. La hematita, es de color rojo oscuro, y se presenta en pequeños cristales anhedrales.



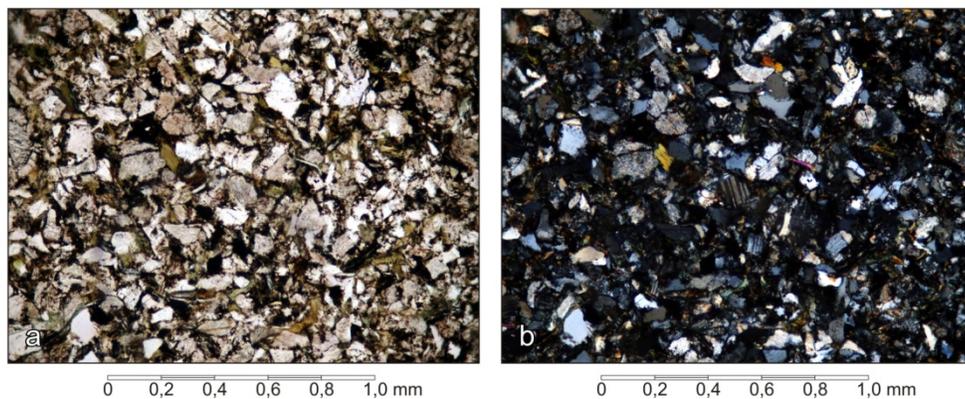
a) Cristal fracturado de clinopiroxeno, se observa el típico clivaje a 90°. Nícoles cruzados (NX). b) Cristal de hematita, se observa también serpentina y plagioclasa. Nícoles paralelo (NP).

La 500 B: Gabro protocataclástico. Los cristales tienen un tamaño promedio de 1,8 mm. La plagioclasa es del tipo andesina y se encuentra alterando a calcita y minerales de arcilla. El clinopiroxeno se encuentra alterando a *clorita*, su color de interferencia es amarillo y grises de primer orden. La prehnita se encuentra generalmente en vetas.



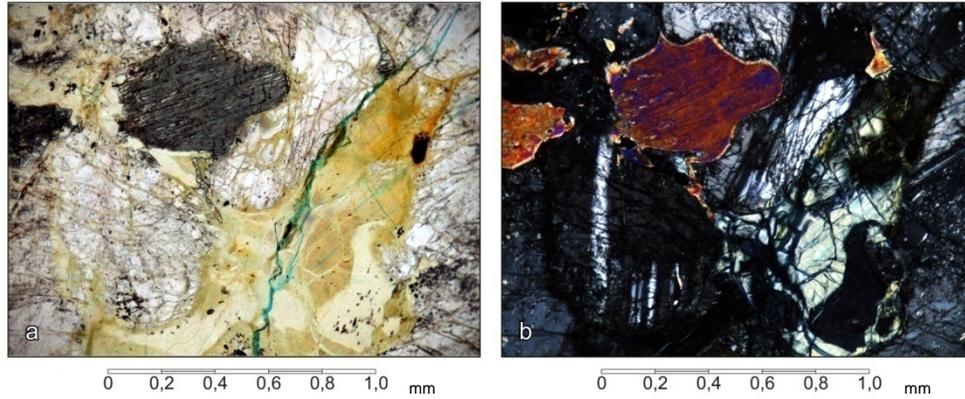
a) Cristal fracturado de clinopiroxeno, con bordes corroidos, se observa el típico clivaje a 90° . NX. b) Veta de prehnita, se observa cristales de varios tamaños, hacia el centro de la veta el tamaño de los cristales es mayor. NX.

La 501: Subarcosa. En la sección el tamaño de grano promedio es de 0,1 mm, encontrándose moderadamente escogida. Los granos presentan una redondez subangular y esfericidad media. Los contactos que se observan son del tipo grano-matriz y longitudinal. En esta sección se encuentran, como componentes principales, 80% de granos, 15% de matriz y el resto (5%) está conformado por cemento.



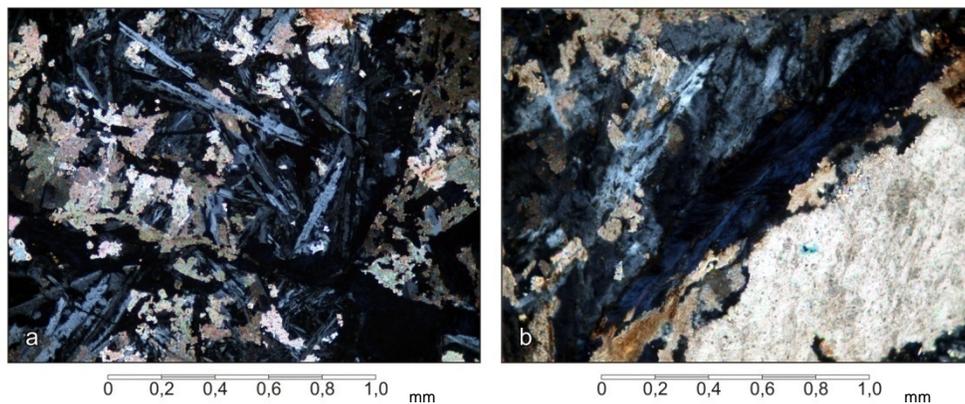
Granos de plagioclasas maclados, se observan micas con leve deformación. a) NP. b) NX

La 502 A: Gabro Olivínífero Protocataclástico. Los cristales tienen un tamaño promedio de 2,4 mm, máximo de 2,8 mm y mínimo de 0,2 mm. La plagioclasa es del tipo labradorita y se encuentra poco alterada, se observa maclado polisintético. El clinopiroxeno es del tipo augita y se encuentra alterando a *clorita*, su color de interferencia es amarillo y azules de segundo orden. La prehnita se encuentra generalmente en vetas. La serpentina es incolora y es producto de alteración del olivino.



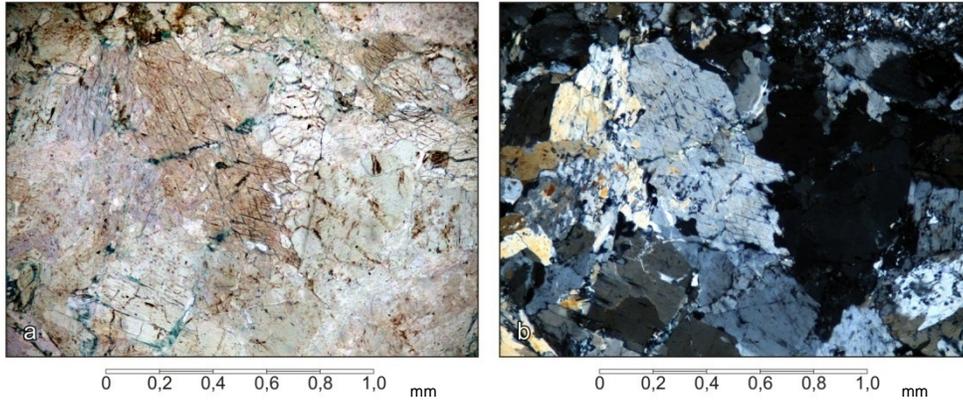
a y b) Cristal de clinopiroxeno con su tipico clivaje a 90°, rodeado por plagioclasa y serpentina (mineral verde).

La 502 B: Diabasa ofítica. La plagioclasa se encuentra en forma de astillas y cristales tabulares alargados, formando textura afieltrada. Los cristales tienen un tamaño promedio 0,4 mm y máximo de 1,5 mm. La clorita es producto de alteración del piroxeno, es incoloro bajo nícoles paralelos y colores de interferencia azul oscuro. La calcita se observa alrededor de la plagioclasa, posiblemente es producto de alteración del piroxeno.



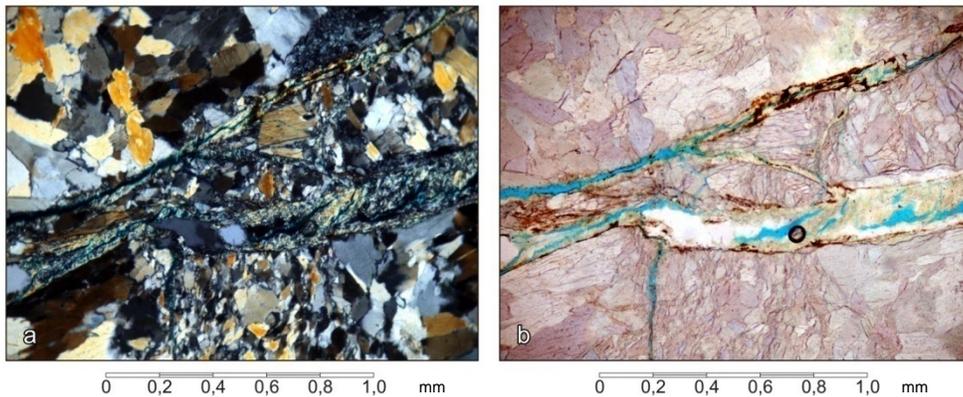
a) Plagioclasas formando textura ofítica; b) Clorita y plagioclasa, se observa el nivel de carbonatización en la muestra.

La 503 Ar: Horblendita Protocataclástica. El anfíbol es del tipo antofilita, es incolora bajo nícoles paralelos y sus colores de interferencia van desde grises hasta anaranjado de segundo orden. Se observan cristales anhedral de tamaños muy variados, ubicándose en un rango entre 0,1 a 3,5 mm.



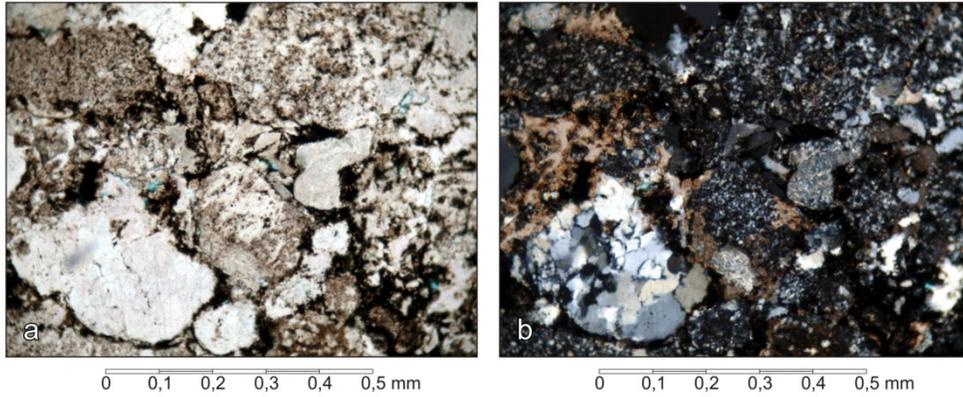
Cristales anhedrales de antofilita, se observa su clivaje característico 180°. a) NP. b) NX

La 503 Br: Horblendita Protocataclástica. Los cristales tienen un tamaño promedio de 1,2 mm, máximo de 3,6 mm y mínimo de 0,1 mm. El anfíbol es del tipo antofilita, es incolora bajo nícoles paralelos y sus colores de interferencia van desde grises hasta anaranjado de segundo orden. La clorita se presenta como pequeños agregados que se encuentran relleno de las fracturas.



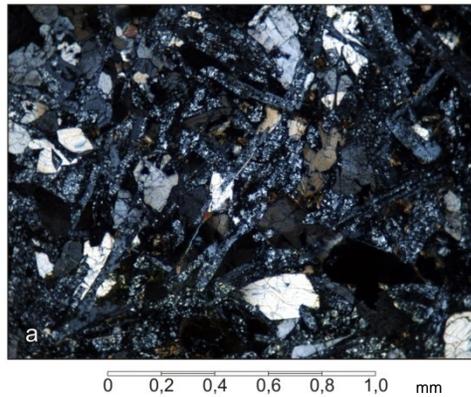
Cristales anhedrales de antofilita, se observa cristales triturados, formando textura protocataclastica. a) NX. b)NP.

La 504 Br: Waca Lítica. Los granos son sub-angulares a sub-redondeados, con una esfericidad mayormente media - alta. Los contactos de estos granos es principalmente grano-matriz, aunque también se observan grano-cemento. Los componentes de esta waca lítica son, por orden de abundancia, granos en un 50%, matriz 38%, cemento en un 7% y el 5% restante porosidad. Presenta compactación baja.



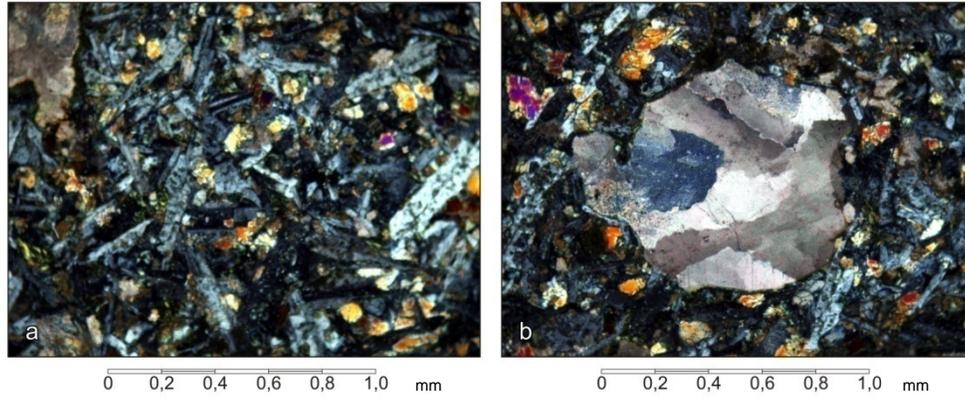
Vista general de la seccion, se observa cuarzo policristalino metamorfico. a) NP. b)NX.

La 509 A: Basalto. Los cristales tienen un tamaño promedio de 0,5 mm. El clinopiroxeno es incoloro y colores de interferencia gris y amarillo de primer orden. La plagioclasa se presenta como pequeños cristales tabulares, por su tamaño fue imposible realizar su clasificación.



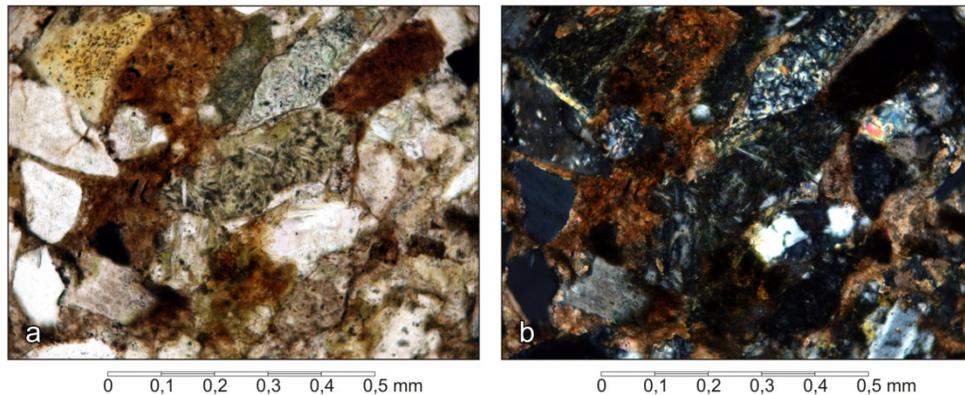
a) cristales tabulares de plagioclasa y cristales anhedrales de clinopiroxenos. NX.

La 509 A: Basalto. Los cristales tienen un tamaño promedio de 0,4 mm. Presenta textura afieltrada. La plagioclasa tiene hábito tabular y por su tamaño es imposible clasificarla. El clinopiroxeno es incoloro y colores de interferencia gris y amarillo de primer orden. La Calcita por lo general se encuentra rellenando vacuolas.



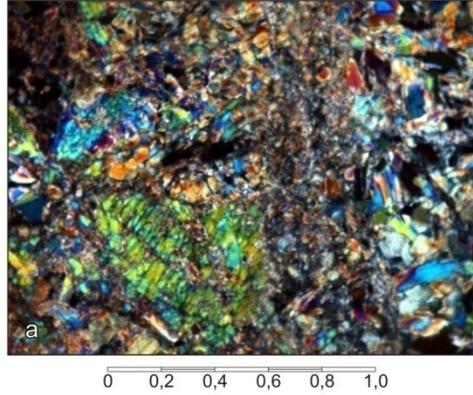
a) cristales tabulares de plagioclasa y cristales anhedrales de clinopiroxenos, se observa textura afieltrada. NX. b) calcita rellorando vacuola. NX

La 510: Arcosa Lítica. Los granos tienen un tamaño promedio 0,2 mm. La redondez de los granos es mayormente subangular y la esfericidad es media. El componente principal son los granos, los cuales ocupan el 60% de la sección fina. El resto está conformado por 35% de cemento y 5% de matriz. Los contactos que se observan son, por lo general, del tipo grano-matriz, observándose también del tipo suturado. Presenta alta compactación, evidenciado por deformación de granos dúctiles.



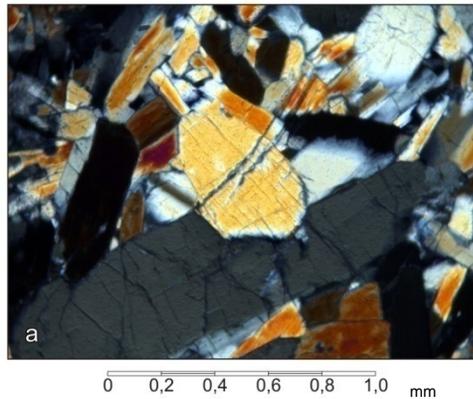
a y b) Fragmento de roca volcanica, cuarzos angulares.

La 512 A: Gabro Prehnítico Protocataclástico. Los cristales tienen un tamaño promedio de 1,8 mm, máximo de 2,2 mm y mínimo de 0,1 mm. La muestra se encuentra muy prehnitizada y se encuentra reemplazando a la plagioclasa.



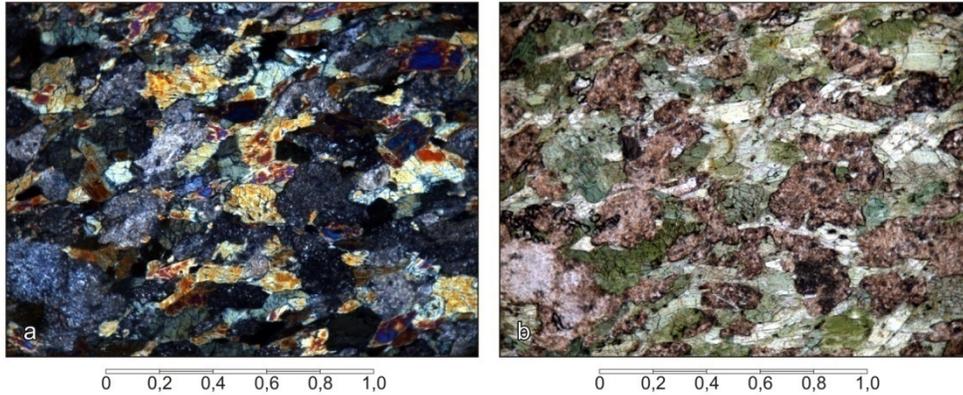
a) Muestra de gabro totalmente prehnitizado y con textura protocataclastica. NX.

La 514: Gabronorita. El tamaño promedio de los cristales es de 2,0 mm, el máximo es de 2,4 mm y el mínimo de 0,01 mm. La plagioclasa se encuentra alterando a sericita, los cristales se encuentran fracturados. En algunos cristales se puede observar maclado polisintético. El ortopiroxeno es del tipo enstatita y se encuentra alterado a *clorita* y los cristales ligeramente alineados. Presenta color de interferencia castaño amarillento. El clinopiroxeno es del tipo diópsido y al igual que el ortopiroxeno, se encuentra alterado a *clorita* y los cristales están igualmente con una ligera alineación. Su color de interferencia también es castaño amarillento.



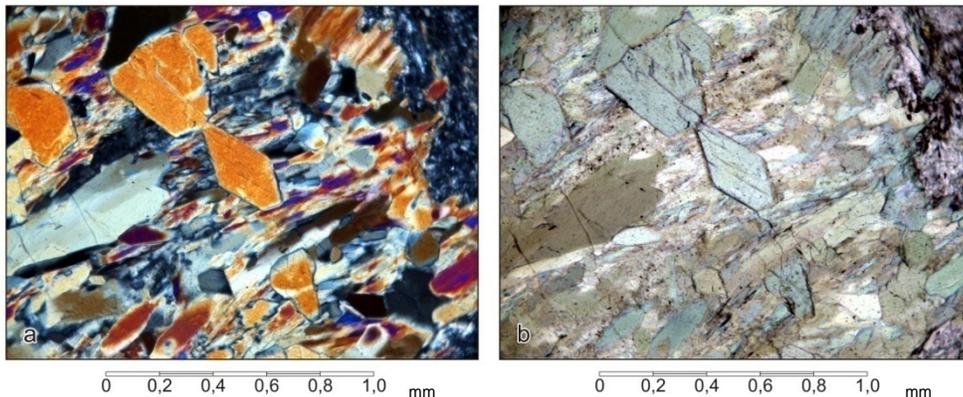
a) Cristales de clinopiroxeno fracturados. NX.

La 515 C: Microgabro protocataclástico. El tamaño promedio de los cristales es de 0,9 mm. La plagioclasa se encuentra muy alterada a minerales de arcilla, haciendo imposible su clasificación. La hornblenda bajo nícoles paralelos presenta un color verde oliva con pleocroísmo entre verde claro y verde oscuro, se encuentra alterando a micas. La titanita se encuentra como pequeños agregados granulares, de colores pasteles en nícoles paralelos y cruzados.



Se observa cristales fracturados de hornblenda de color verde oscuro, también plagioclasa alterada a minerales de arcilla y titanita que se muestra como agregados granulares. a)NX. b) NP

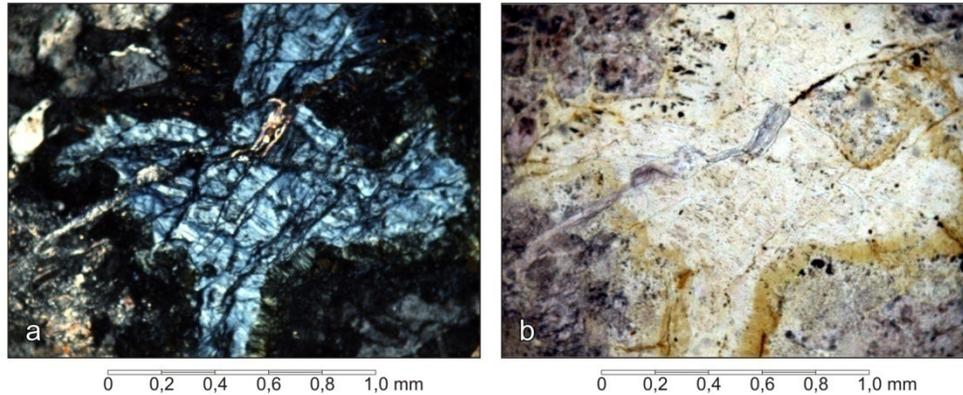
La 515 D: Norita hornblendica piroxénica. El tamaño promedio de los cristales es de 1,4 mm, el máximo es de 2,5 mm y el mínimo de 0,01 mm. La Plagioclasa es del tipo labradorita y se encuentra altamente alterada a sericita, presentando un aspecto terroso oscuro, sin embargo algunos cristales presentan el típico maclado Carlsbad. La enstatita se presenta en cristales subhedrales incoloros bajo nícoles paralelos y, bajo nícoles cruzados, presenta amarillos de primer orden. El clinocanfíbol es del tipo hornblenda y sus colores de interferencia son moderados, estando estos entre amarillo y naranja de primer orden; bajo nícoles paralelos es incoloro y se presenta en forma subhedral. La Prehnita se encuentra muy esparcida y es poco común, encontrándose como vetas o agregados cristalinos. Por lo general presentan un hábito tabular alargado y son cristales que no presentan orientación alguna.



Cristal de hornblenda euhedral, rodeado de prehnita. a) NX. b) NP.

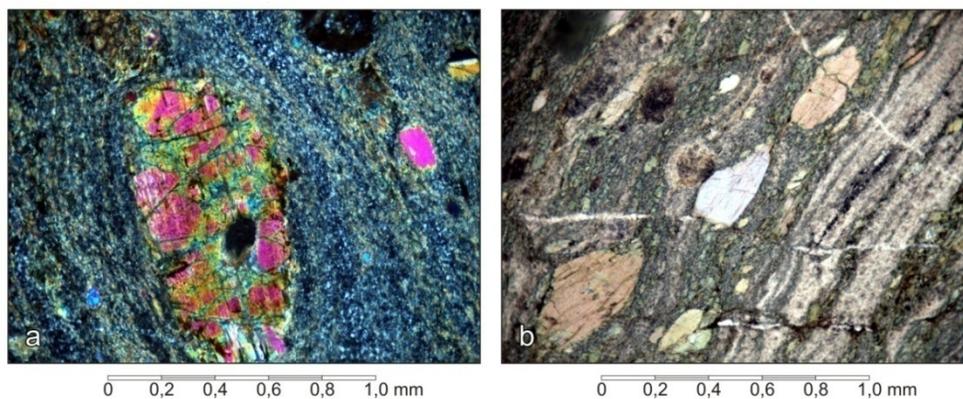
La 518 A: Gabro olivinífero. Los cristales tienen un tamaño promedio de 2,2 mm, máximo de 3,2 mm y mínimo de 0,8 mm. La plagioclasa es del tipo andesina y se encuentran alterando a minerales de arcilla y a epidoto. El clinopiroxeno bajo nícoles paralelos es de color verde-castaño, mientras que en nícoles cruzados presenta colores que alcanzan el inicio del segundo orden, se encuentra alterando a clorita, por lo

que no es posible su identificación. La serpentina se encuentra como producto de alteración del olivino. La prehnita se encuentra en cantidades trazas, es incolora bajo nícoles paralelos y, bajo nícoles cruzados, presenta colores de interferencia variados, hasta segundo orden. El epidoto se presenta en agregados finos que constituyen una especie de matriz, es poco común.



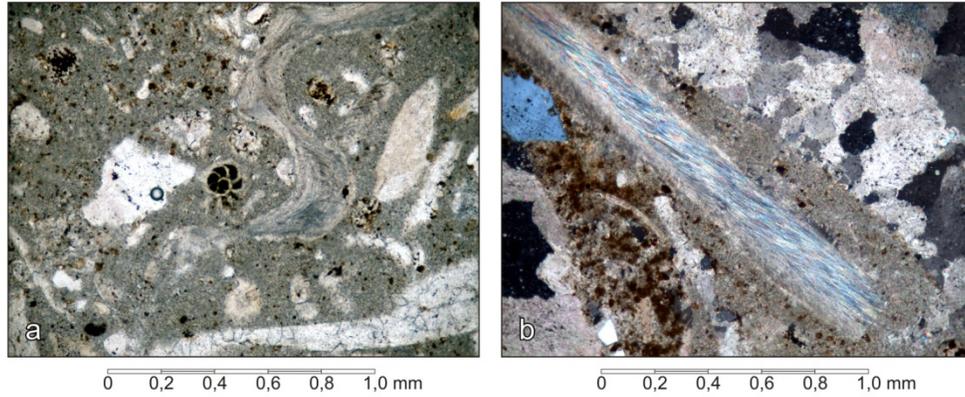
Cristal de serpentina con textura reticulada. a) NX. b)NP.

La 518 Cr: Toba gruesa piroxénica. Se observan ortopiroxenos y clinopiroxeno, del tipo enstatita y diópsido, ambos se encuentran como pórfidos dentro de una matriz fina. Los cristales tienen un tamaño promedio 1,2 mm y se encuentran triturados. La prehnita se presenta como diminutos cristales (<0,05 mm) en la matriz. La matriz es de textura fina y composición mineralógica inidentificable. Se observa bandeamiento de color verdoso intercalado con bandas incoloras. Esta muestra presenta un bandeamiento muy marcado, en donde los cristales se encuentran como fenocristales embebidos en la matriz fina.



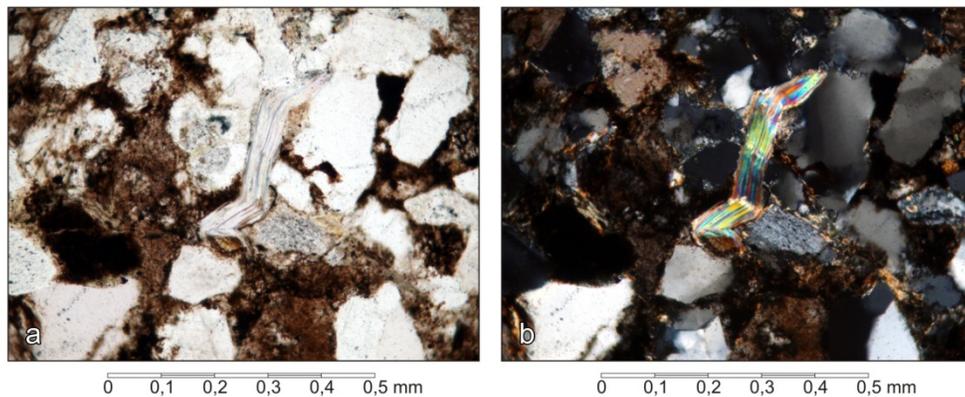
a) Fenocristales de piroxeno fracturado. NX. b) Cristales de piroxeno embebidos en la matriz fina bandeadas. NP.

La 524: Caliza lodosa. El componente mayoritario en esta muestra es la micrita, que cuenta el 44%, seguida por los extraclastos que suman el 22% y por cemento espato con 14%. Se pudo identificar fósiles de *Globorotaria* y fragmentos de bivalvos ocupando el 18% de la sección fina. Se observa neomorfismo y disolución de matriz.



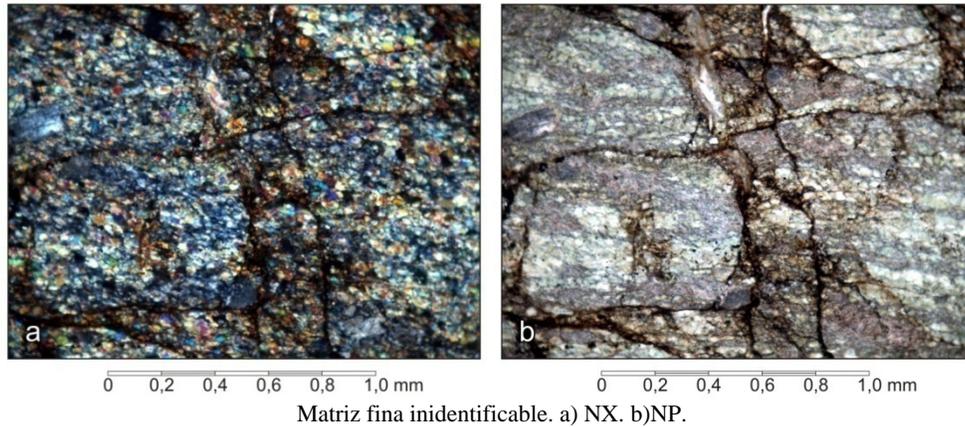
a) Foraminífero y fragmento de Bivalvo. NP. b) Inversión homoaxial de fragmento de molusco. NX.

La 529 r: Waca Lítica. Posee tamaño de grano promedio de 0,8 mm, medianamente escogidos, sub-angulares a sub-redondeados, con esfericidad mayormente media-baja. Los componentes de esta waca lítica son, granos en un 66%, matriz 18% y cemento en un 8%. Presenta compactación media evidenciada por deformación de granos dúctiles.

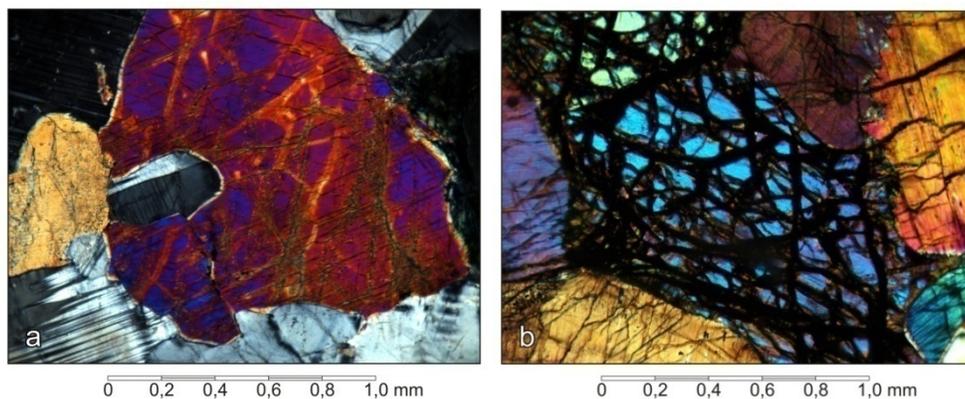


Biotita altamente deformada. a) NP. b) NX.

La 530: Toba fina piroxénica. Se caracteriza por tener una matriz fina, de mineralogía inidentificable, la cual posiblemente está formada por plagioclasa, prehnita, piroxeno y minerales opacos. También se observan pequeños cristales de plagioclasa alterando a minerales de arcilla. El piroxeno se presenta alterando a clorita.

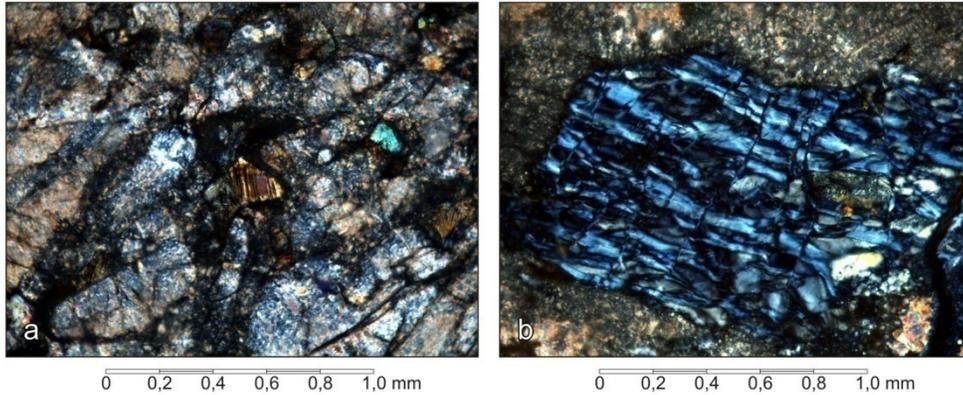


La 533 r: Gabro olivinífero. Los cristales tienen un tamaño promedio de 2,5 mm, máximo de 3,0 mm y mínimo de 0,4 mm. La Plagioclasa es del tipo andesina, es posible observar maclas tipo carlsbad y periclina y, a veces, los cristales se muestran ligeramente plegados. El clinopiroxeno es del tipo diópsido y se presenta incoloro bajo nícoles paralelos, mientras que bajo nícoles cruzados presenta colores de interferencia que alcanzan finales del segundo orden. El olivino es incoloro bajo nícoles paralelos y, bajo nícoles cruzados, alcanza colores mediados del tercer orden, algunos cristales presentan alteración a serpentina hacia el borde de los mismos, circunscrita al olivino se observa magnetita. La prehnita se encuentra en cantidades trazas, es incolora bajo nícoles paralelos y, bajo nícoles cruzados, presenta colores de interferencia variados, hasta segundo orden.



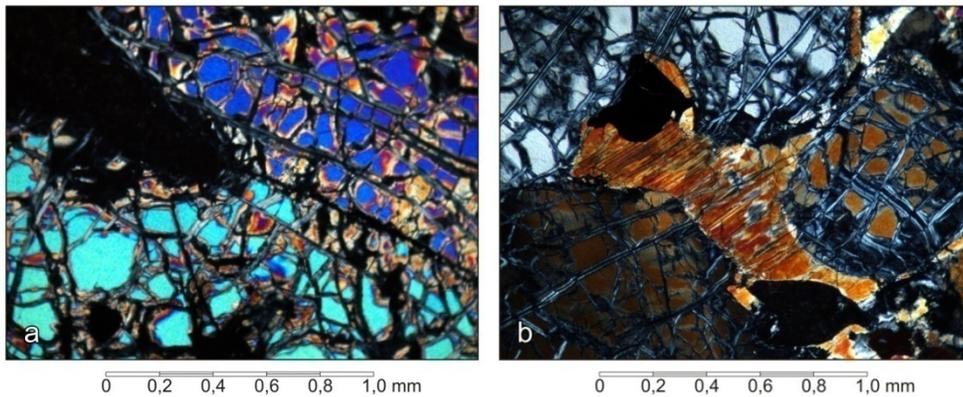
a) Cristal de clinopiroxeno rodeado de plagioclasa. NX. b) Cristal de olivino rodeado por cristales de piroxeno.NX.

La 538 A: Troctolita protocataclástica. El tamaño promedio de los cristales es de 1,4 mm, el máximo es de 2,0 mm y el mínimo de 0,1 mm. La Plagioclasa se encuentra muy alterada a minerales de arcilla. La serpentina es producto de alteración del olivino, se observa con su típica textura reticulada. La clorita se presenta como producto de alteración del piroxeno, es de color verde bajo nícoles paralelos y de color de interferencia azul oscuro. Se observan entre los opacos leucóxeno, de color blanco.



a) Pequeño cristal de clinopiroxeno, rodeado de plagioclasa muy alterada a minerales de arcilla. NX. b) Cristal de serpentina con textura reticulada, rodeado de plagioclasa alterada. NX.

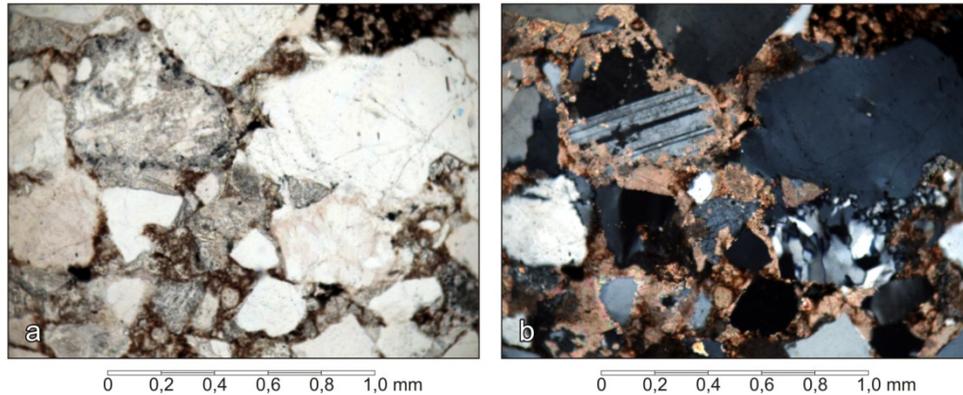
La 538 A: Lherzolita. Los cristales tienen un tamaño promedio de 2,2 mm, máximo de 4,0 mm y mínimo de 0,8 mm. La plagioclasa se encuentra alterando a minerales de arcilla, son pocos los cristales apreciados. El ortopiroxeno es del tipo enstatita, es incoloro en nícoles paralelos y su color de interferencia es gris de primer orden bajo nícoles cruzados, en algunos casos se encuentra en contacto con la *augita*. El clinopiroxeno es del tipo augita, es incoloro bajo nícoles paralelos y, bajo nícoles cruzados, presenta colores de interferencia fuertes del segundo orden. El olivino: se presenta como cristales anhedrales con tamaños que varían entre 1, 5 a 4 mm, es incoloro bajo nicoles paralelos y presenta colores de interferencia fuertes, circunscrita al olivino se observa magnetita y serpentina.



a) Cristal de olivino, circunscrita a el magnetita. NX. b) Piroxeno intersticial entre cristales de olivino, formando textura cúmulo. NX.

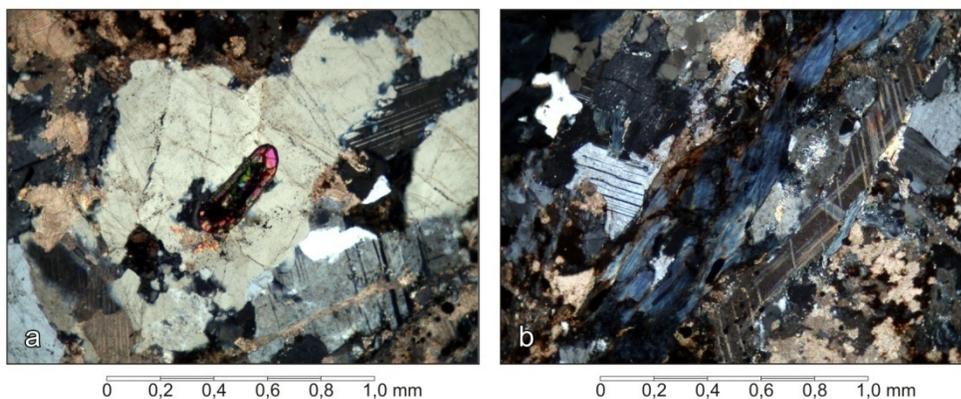
La 540 Br: Sublitarenita. Posee tamaño de grano entre 0,8 mm a 2,2 mm, medianamente escogidos, subredondeado a redondeados, tienen una esfericidad media y los contactos son principalmente grano – matriz, encontrándose eventualmente contactos longitudinales. El componente principal son los granos, los cuales ocupan el 68%, la matriz está conformada por minerales de arcilla y el cemento por mineral

carbonático, estos componentes ocupan el 2% y el 30% respectivamente. Esta roca presenta una compactación alta y la clorita se presenta como alteración de la biotita.



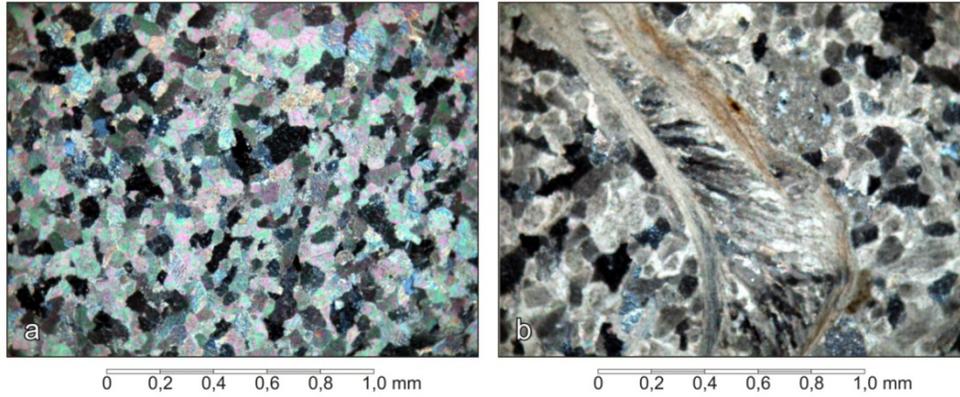
Plagioclasa maclada, cuarzo y chert en contacto grano – matriz. a) NP. b) NX.

La 543: Metatonalita. Los cristales tienen un tamaño promedio de 1,2 mm, máximo de 2,2 mm y mínimo de 0,2 mm. El cuarzo es primario, es incolora bajo nícoles paralelos y gris de primer orden bajo nícoles cruzados. La plagioclasa es del tipo labradorita, presenta maclado tipo albita, los cristales son subhedrales mayormente. La clorita se presenta como producto de alteración de biotita, bajo nícoles paralelos es de color verde, bajo nícoles cruzados es de color azul de diferentes intensidades. El mineral carbonatico se ve como una especie de matriz de pequeños cristales de colores pasteles característicos de estos minerales, el mineral que da origen a este material carbonático es la plagioclasa. El circón se consigue como accesorio, bajo nícoles paralelos es incoloro y bajo nícoles cruzados se presenta con vivos colores de interferencia, se encuentra en forma de pequeños cristales elípticos.



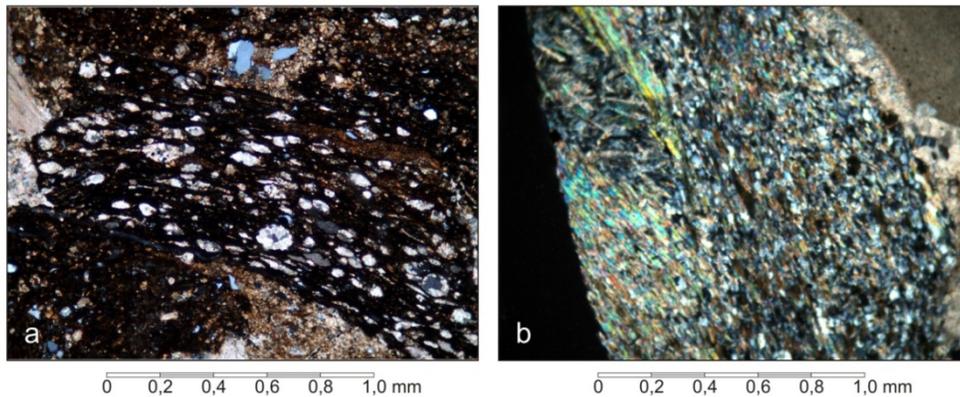
a) Cristal de circón, se observan algunos cristales de plagioclasa y calcita. NX. b) Clorita producto de alteración de biotita, aún conserva parte de las características de ésta, como el hábito. También se observa la carbonatización de la roca. NX.

La 546: Lodolita. Esta muestra está conformada en un 95% por cemento carbonático recrystalizado, tamaño espato y equigranular. Se observan algunos fragmentos de bivalvos.



a) Cemento carbonatico recristalizado. NX. b) Fragmento de vivalvo. NX.

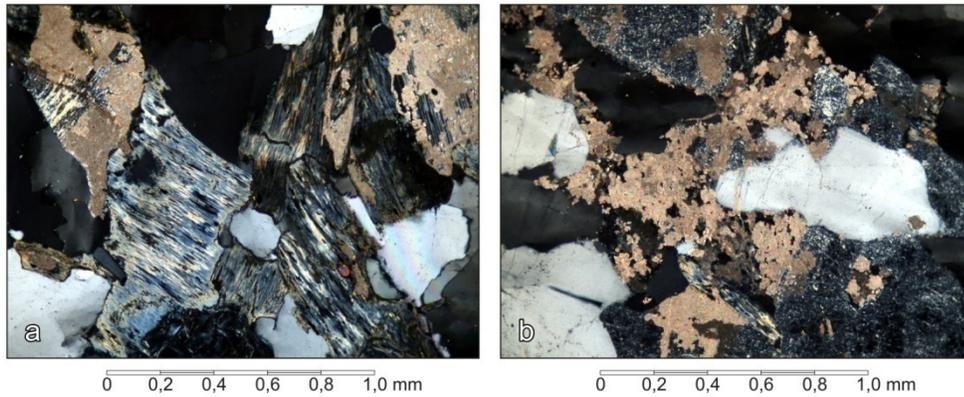
La 547: Ortoconglomerado petromiástico polimástico. Los componentes principales son clastos en un 80%, matriz en un 3%, cemento en un 15% y presenta un 2% de porosidad. Los clastos presentan una orientación isotrópica y un tamaño de grano promedio de 1 cm, ubicándolos en el rango de los guijarros, el escogimiento es moderado y generalmente se encuentran redondeados a sub-redondeados con una esfericidad promedio medianamente alta. La composición de estos clastos es principalmente de cuarzo metamórfico, mono y policristalino, los cuales ocupan el 45% de la muestra. El cemento está conformado principalmente por óxidos de hierro (12%) y minerales de arcilla en menor proporción (3%). La matriz presenta un tamaño de grano menor a 1 mm y presenta una orientación isotrópica. La composición y otras características texturales de esta matriz no fueron posibles de determinar.



a) Fragmento de caliza de la Formación La luna. NX. b) Fragmento de esquistos cuarzo micáceo. NX.

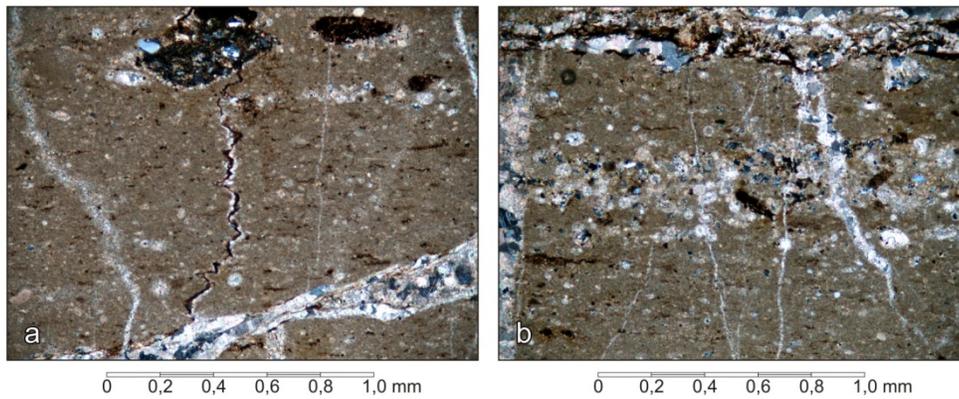
La 550: Metatonalita. Los cristales tienen un tamaño promedio de 1,4 mm, máximo de 2,0 mm y mínimo de 0,6 mm. El cuarzo es primario, presenta su típica apariencia incolora bajo nícoles paralelos y gris de primer orden bajo nícoles cruzados. La clorita se presenta mayormente como producto de alteración de anfíboles y es posible encontrar resto del clivaje característico de estos, bajo nícoles paralelos es de color verde, ligeramente pleocroico entre verde claro y verde medio, bajo nícoles cruzados

es de color azul de diferentes intensidades. La biotita es poco común en esta roca, generalmente se encuentra alterada a *clorita*. La calcita se encuentra como pequeños cristales de colores pasteles característicos de estos minerales.



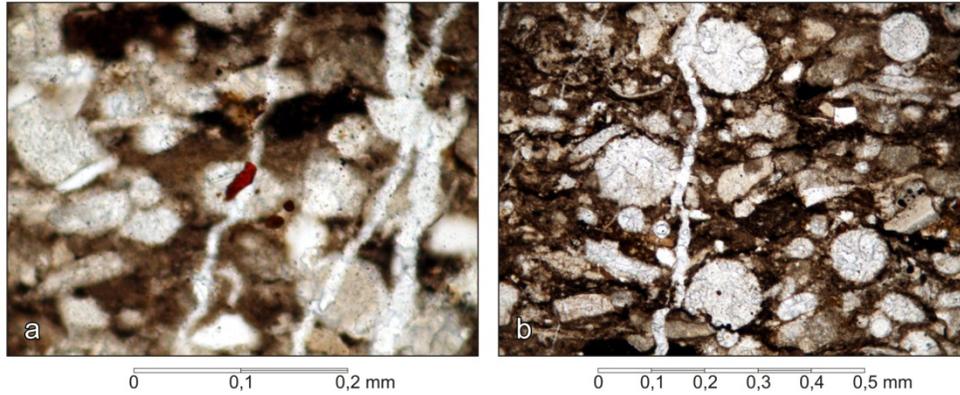
a) Cristal de clorita producto de alteración de anfíbol, alrededor calcita y algunos cristales de cuarzo. NX. b) Cristales de cuarzo y calcita. NX.

La 552: Lodolita. El componente principal es los ortoquímicos, predominando generalmente una matriz micrítica, y en menor proporción, cemento carbonático recristalizado isópaco (microespato). Se observan niveles de foraminíferos plácticos y gran cantidad de radiolarios, también estilolitas.



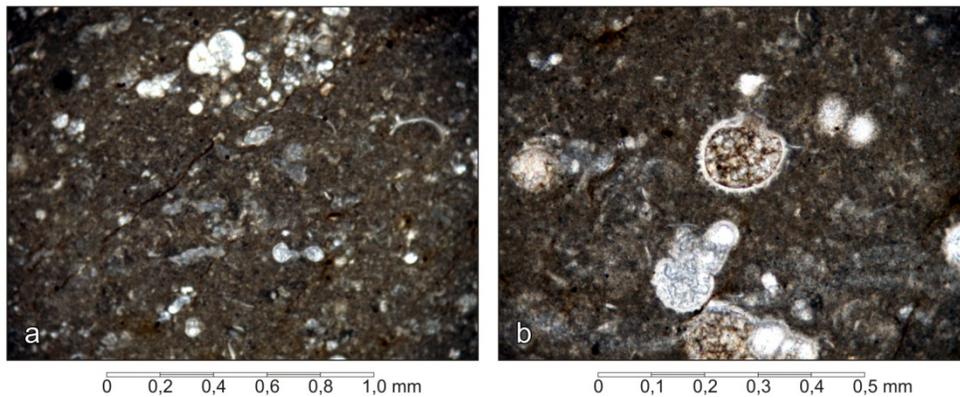
a) Cemento carbonático y estilolitas. NX. b) Niveles de foraminíferos. NX.

La 560: Lodolita. Presenta matriz micrítica y cemento carbonático recristalizado isópaco (microespato). Según el Dr. Maximilian Furrer, se encuentran gran cantidad de radiolarios y fragmentos de foraminíferos plácticos, de edad Cretácico Tardío.



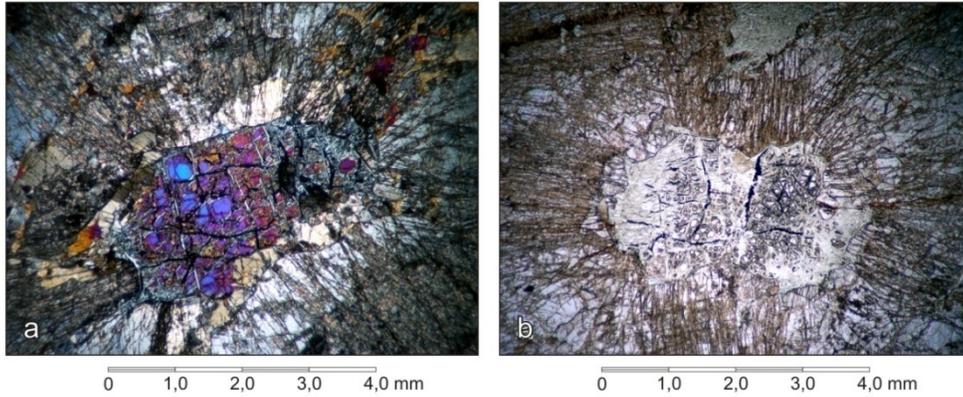
a) Pequeño cristal de hematita. NP. b) vista general de la seccion, se observan fosiles de radiolarios. NP.

La 561 B: Lodolita. Presenta matriz micritica y cemento carbonático recristalizado isópaco (microespato). Según el Dr. Maximilian Furrer, se observan fosiles de *Heterohelix reussi*, *Whiteinella* sp. y fragmentos de *Glotruncana*, de edad Cretácico Tardío.



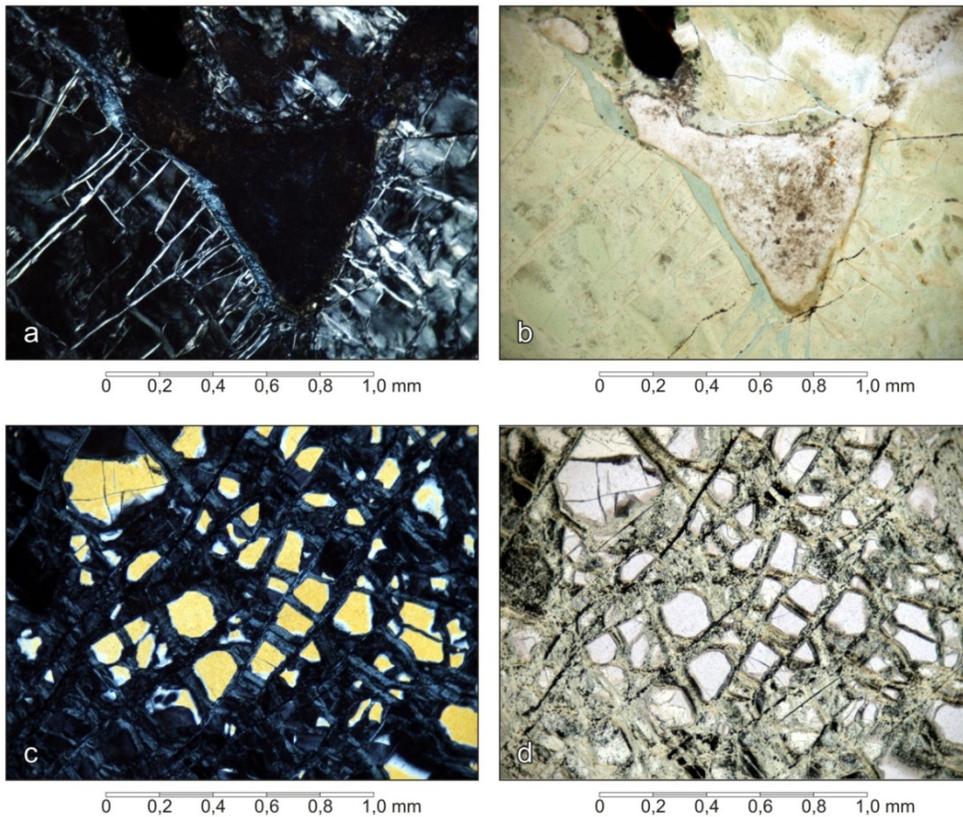
a) Vista general de la seccion con gran cantidad de fragmentos fosiles. NP. b) Fossil de radiolario. NP.

La 564 Ar: Troctolita protocataclástica. Los cristales tienen un tamaño promedio de 2,2 mm, máximo de 2,4 mm y mínimo de 0,2 mm. La plagioclasa es del tipo labradorita, se encuentra alterando a minerales de arcilla, los cristales se encuentran fracturados. El olivino es incoloro bajo nícoles paralelos y presenta colores de interferencia fuertes, circunscrita al olivino se observa magnetita y serpentina, en estos olivinos por su proceso de serpentización, generan fracturas radiales en los minerales ubicados a su alrededor, como consecuencia del aumento de volumen producto de la alteración a serpentina. El clinopiroxeno se encuentra alterando posiblemente a micas, presenta colores de interferencia castaño - amarillento.



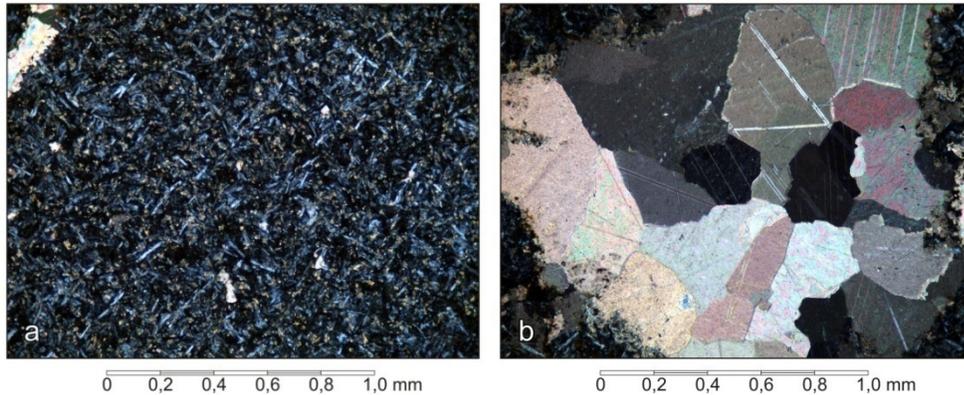
Cristal de olivino y las fracturas generadas por su proceso de serpentinización. a) NX. b) NP.

La 566 A y B: Peridotita piroxénica. La serpentina es producto de alteración del olivino. Los cristales son anhedrales y tienen un tamaño promedio de 2 mm y presentan características reliquias del olivino como lo es el hábito, se observa textura tipo malla (mesh). Es incoloro bajo nicoles cruzados y presenta colores de interferencia azul y amarillo. La clorita se encuentra intersticial y es producto de alteración del piroxeno, formando textura de cumulos.



Clorita intersticial, presenta bordes de reacción y textura cúmulo. a) NX . b) NP. Cristal de serpentina, se observa textura tipo malla, magnetita circunscrita a la serpentina. c) NX. d) NP

La 570: Basalto. Los cristales tienen un tamaño promedio de 0,1 mm, máximo de 1,2 mm y mínimo de 0,05 mm. La plagioclasa se encuentra como pequeños cristales tabulares alargados, por su tamaño se dificulta su clasificación y caracterización, se encuentra alterando a minerales de arcilla. La clorita se encuentra como producto de alteración del piroxeno. El cuarzo es escaso y se presenta exclusivamente rellenando vetas. La calcita de igual manera se encuentra en vetas. La matriz es pequeños agregados inidentificables.



a) Vista general de la sección, se observan los pequeños cristales de plagioclasa y la matriz afanítica. NX. b) Cristales de calcita en veta. NX.

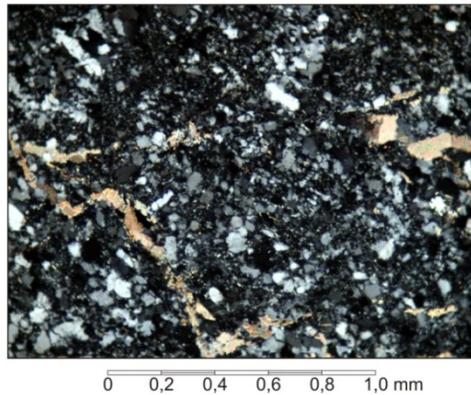
La 571 r: Caliza lodosa. Presenta cemento microespático, como elemento ortoquímico. Un 20% de la sección está conformado por pellets, 2% por fragmentos de caliza, 4% por fragmentos de equinodermos y otros 4% por fragmentos de algas, como elementos aloquímicos. El 10% restante de la sección está conformado por cuarzo plutónico, tanto poli como monocristalino.



a) Pellets y cemento microespato. NX.

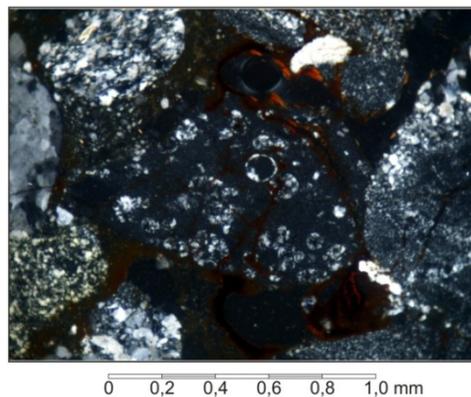
La 574: Waca feldespática. Posee un tamaño de grano entre 0,05 y 0,1 mm. La redondez de los granos es principalmente subangular y la esfericidad es media. Los componentes principales de esta sección se

dividen en 60% de granos, 25% de matriz, 9% de cemento, 2% de porosidad y 4% de una veta de calcita. Los contactos que se observan son, del tipo grano-matriz, longitudinal, cóncavo - convexo y suturado. Se observa deformación de granos dúctiles.



a) Granos de cuarzo subangulares. NX.

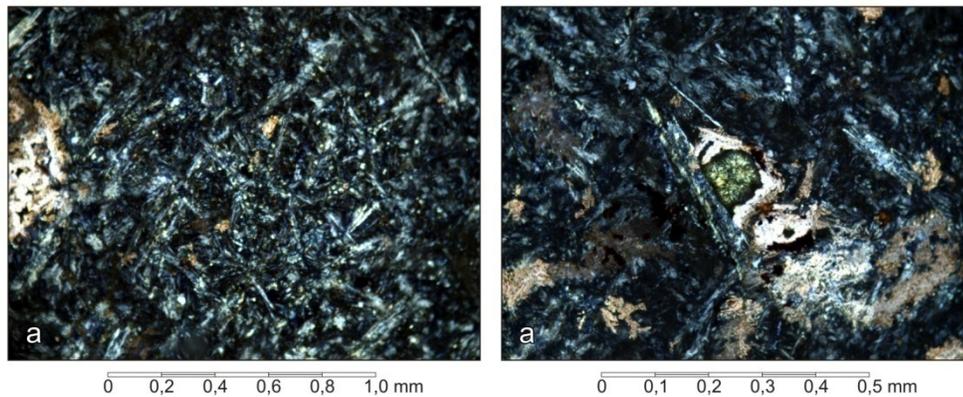
La 591: Ortoconglomerado-ortomíctico-polimíctico. El componente principal son los clastos, los cuales conforman el 80% de la sección. Predominan los clastos de cuarzo metamórfico, tanto mono como policristalino, representando aproximadamente el 45% del conglomerado; se consiguen también clastos de caliza con foraminíferos, ocupando el 18%, fragmentos de chert, con el 12%, y algunos pocos fragmentos de esquisto. Todos estos componentes se encuentran unidos entre sí, por un cemento de color rojo, compuesto principalmente por óxido de Fe y en menor proporción, por minerales de arcilla. Este cemento representa el 15% de la roca y es quien le da a la misma el color rojizo al meteorizar. El resto del conglomerado está compuesto por matriz fina (3%) y por porosidad (2%). El tamaño de grano promedio de la matriz es menor a $\frac{1}{2}$ mm.



a) Fragmento de caliza de la Formación La luna. NX.

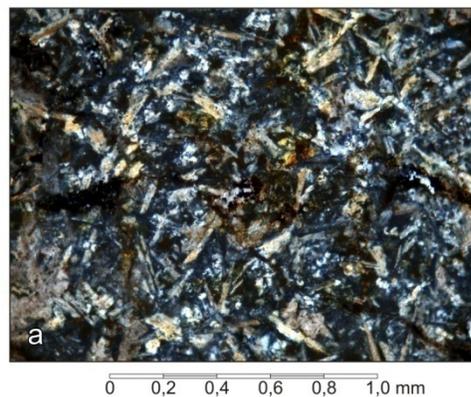
La 593 A: Basalto. Los cristales tienen un tamaño promedio de 0,2 mm, máximo de 0,8 mm y mínimo de 0,1 mm. La plagioclasa se encuentra como pequeños cristales tabulares alargados, se encuentra alterando a

minerales de arcilla. La clorita se encuentra como producto de alteración del piroxeno, también se observa rellenando vacuolas. El cuarzo es escaso y se presenta exclusivamente rellenando vetas. La calcita se presenta como pequeños agregados y es consecuencia de la alteración de plagioclasa y clinopiroxeno.



a) Vista general de la sección, se observan los pequeños cristales de plagioclasa y clorita. NX. b) clorita rellenando vacuola, alrededor calcita. NX.

La 593 D: Basalto. Los cristales tienen un tamaño promedio de 0,4 mm, máximo de 0,8 mm y mínimo de 0,1 mm. La plagioclasa se encuentra como pequeños cristales tabulares alargados, se encuentra alterando a minerales de arcilla. La clorita es producto de alteración del piroxeno. La calcita se presenta como pequeños agregados y es consecuencia de la alteración de plagioclasa y clinopiroxeno.



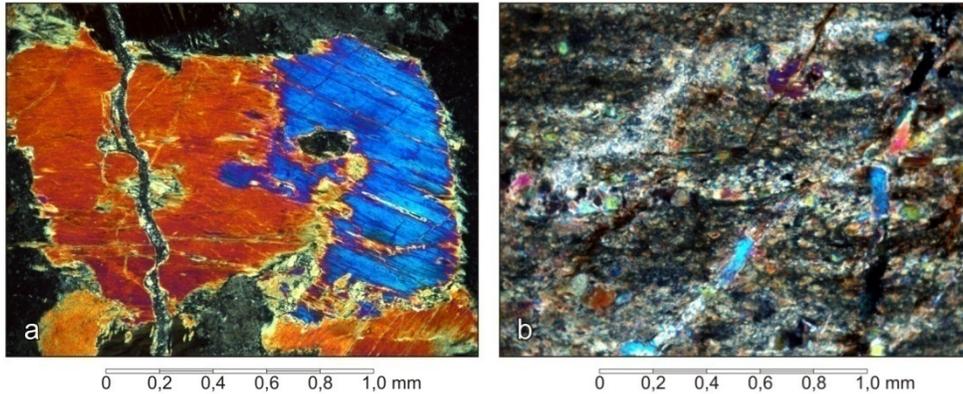
a) Vista general de la sección, se observan los pequeños cristales de plagioclasa y clorita y limonita. NX.

La 596 A: Gabro protocataclástico y Toba fina piroxénica. Esta muestra es un contacto entre gabro protocataclástico y una toba fina.

Gabro protocataclástico: La plagioclasa se encuentra muy alterada a minerales de arcilla, siendo imposible su identificación. El clinopiroxeno es del tipo egrina, se presentan algunos cristales fracturados, los bordes del piroxeno se encuentran parcialmente corroídos, como resultado de su alteración

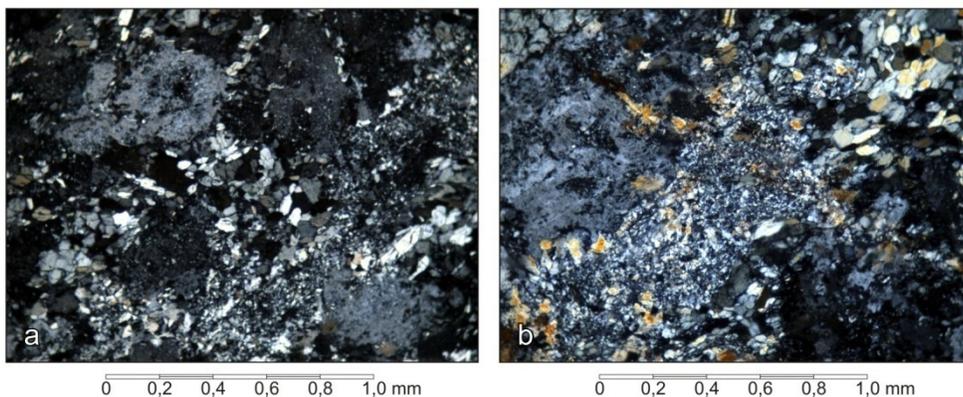
a clorita. La prehnita presenta un hábito tabular alargado, encontrándose de tamaños que van desde menos de 0,1 mm hasta 0,2 mm.

Toba fina piroxénica: La matriz es de grano muy fino de mineralogía no identificable, la cual posiblemente está formada por plagioclasa, prehnita, piroxeno y minerales opacos. También se observan pequeños cristales de plagioclasa alterando a minerales de arcilla.



a) Gabro: Cristal de clinopiroxeno rodeado de plagioclasa alterada. NX. b) Toba fina: Matriz fina inidentificable. NX.

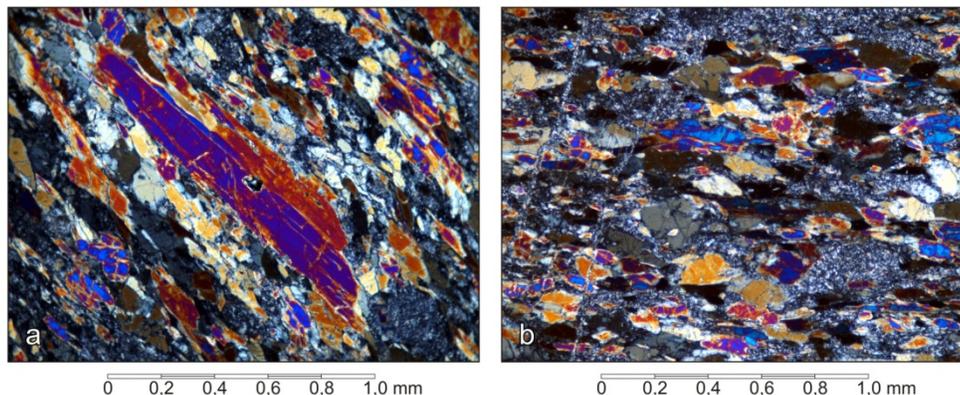
La 596 B: Microgabro protocataclástico. Los cristales tienen un tamaño promedio de 1,0 mm, máximo de 1,2 mm y mínimo de 0,2 mm. La Plagioclasa es del tipo labradorita, se encuentra alterando a minerales de arcilla, los cristales se encuentran fracturados. Se observan las dos variedades de piroxeno, en mayor porcentaje el clinopiroxeno (diópsido), es incoloro en nícoles paralelos y alcanza colores del inicio del segundo orden bajo nícoles cruzados. El ortopiroxeno (enstatita), es incolora en nícoles paralelos y amarillo de primer orden bajo nícoles cruzados.



Vista general, se observan pequeños cristales de piroxeno y plagioclasa alterada. a) NX. b) NX.

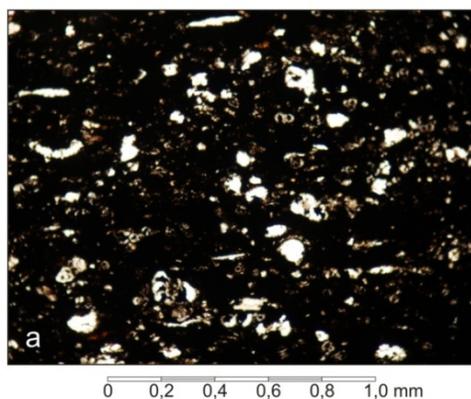
La 597: Basalto. Los cristales tienen un tamaño promedio de 0,4 mm, máximo de 0,9 mm y mínimo de 0,2 mm. La plagioclasa se encuentra como pequeños cristales tabulares alargados, se encuentra alterando a minerales de arcilla. El anfíbol se encuentra limolitizado, bajo nícoles paralelos, estos cristales limolitizados se ven de color castaño oscuro, el cual enmascara el color de interferencia, sin embargo,

algunos cristales se encuentran menos alterados, siendo incoloros bajo nicoles paralelos y sus colores de interferencia van de mediados a finales del segundo orden. El clinopiroxeno se encuentra alterado generalmente a minerales carbonaticos, es incoloro bajo nicoles paralelos y amarillos del primer orden bajo nicoles cruzados, algunos cristales se encuentran fracturados.



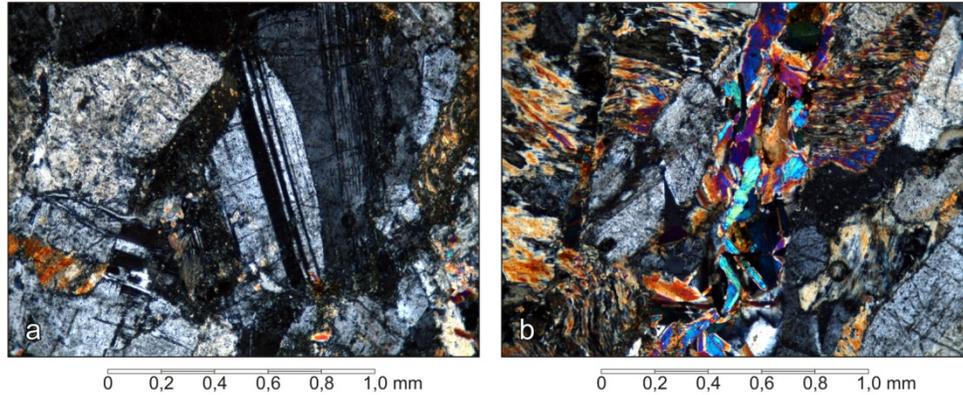
a) Cristal de Anfíbol. NX. b) pequeños cristales de piroxeno y matriz fina. NX.

La 601: Caliza lodosa. El componente principal de es una matriz micrítica.. La porosidad observada es intraparticula y el cemento es escaso, predominando el de tipo carbonático, recristalizado y equigranular. Se observa además disolución de granos. Según el Dr. Maximilian Furrer, la fauna observada, son fragmentos de foraminíferos pláncnicos y bénticos, así como una gran cantidad de radiolarios, de edad Turoniense



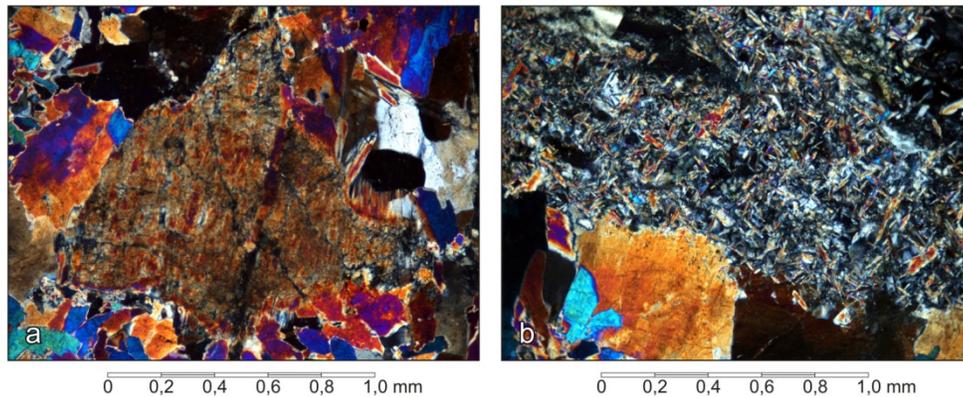
a) Vista general de la sección con gran cantidad de fragmentos fósiles (NP).

La 603 A: Gabro olivinífero protocataclástico. Los cristales tienen un tamaño promedio de 2,0 mm, máximo de 2,4 mm y mínimo de 0,4 mm. La plagioclasa es del tipo labradorita, se encuentra alterando a minerales de arcilla, se observa maclado carlsbad. El clinopiroxeno, es incoloro bajo nicoles paralelos y, bajo nicoles cruzados, presenta colores de interferencia amarillo - anaranjado del segundo orden. La antigorita es de hábito fibroso, es incoloro bajo nicoles paralelos y presenta colores de verde-azulado.



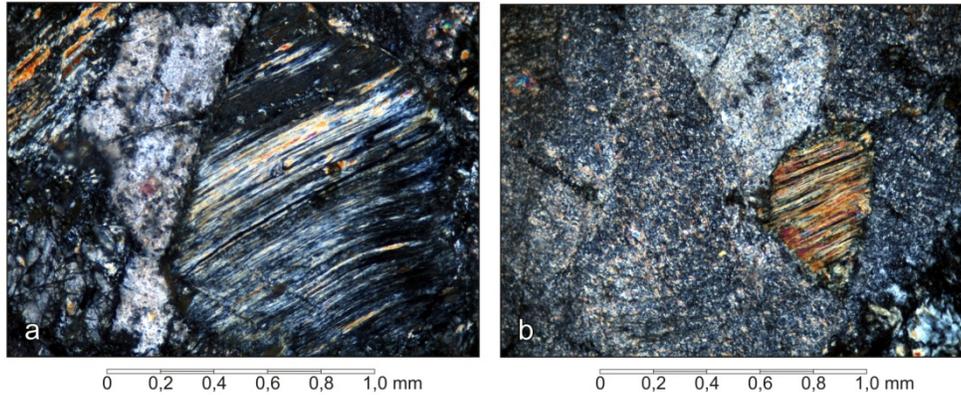
a) Cristal de plagioclasa con maclado tipo carlsbad, y algunos cristales pequeños de piroxeno y prehnita. NX. b) Prehnita y plagioclasa, se observan cristales plegados y fracturados. NX.

La 603 C: Gabro prehnítico protocataclástico. Los cristales tienen un tamaño promedio de 1,4 mm, máximo de 1,8 mm y mínimo de 0,2 mm. El 80 % de la muestra es esta constituido por prehnita, en este caso se toma como reemplazando principalmente a la plagioclasa. Se observan algunos cristales de clinopiroxeno, es de color marrón claro bajo nícoles paralelos y, bajo nícoles cruzados, presenta colores de interferencia amarillo - anaranjado del segundo orden, algunos cristales se encuentran fracturados.



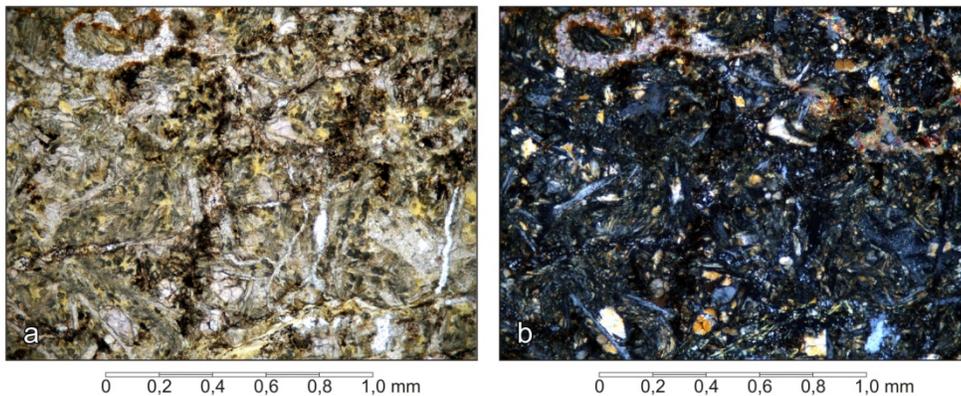
a) Cristal de piroxeno fracturado, alrededor cristales de prehnita. NX. b) Cristales de prehnita de diferentes tamaños. NX.

La 605 C: Gabro olivinífero protocataclástico. Los cristales tienen un tamaño promedio de 2,2 mm, máximo de 3,0 mm y mínimo de 0,5 mm. La Plagioclasa se encuentra alterada a minerales de arcilla, presenta un aspecto terroso, los cristales tienen un tamaño promedio de 1,5 cm. El clinopiroxeno se presenta incoloro bajo nícoles paralelos, mientras que bajo nícoles cruzados presenta colores variados, dependiendo de su grado de alteración, cuando altera a clorita presenta colores azulados, mientras que los menos alterados colores marrón – anaranjado de segundo orden, también se observan cristales levemente plegados. La antigorita se presenta como alteración del olivino, presenta un hábito fibroso, es incoloro y tiene colores de interferencia azul de segundo orden.



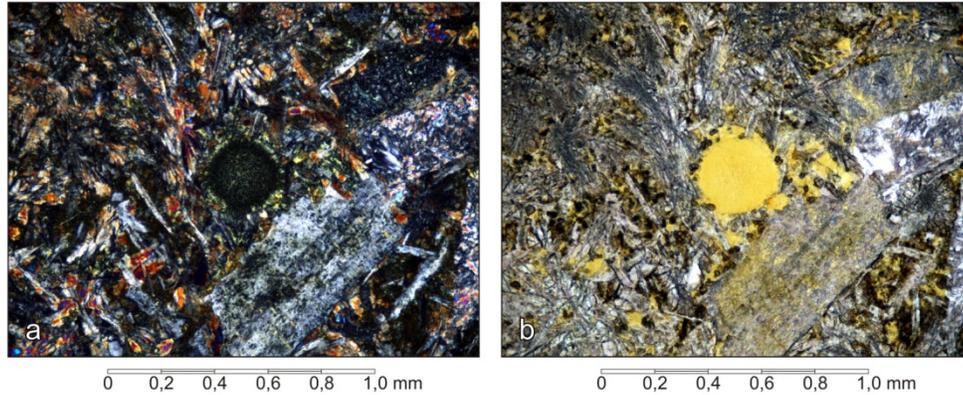
a) Cristal de clinopiroxeno alterando a clorita levemente plegado, alrededor plagioclasa alterada. NX. b) Cristal de clinopiroxeno, alrededor plagioclasa alterada con aspecto terroso. NX.

La 607 A: Basalto. Los cristales tienen un tamaño promedio de 0,4 mm. La plagioclasa se encuentra como pequeños cristales que constituyen la matriz y se encuentra alterando a minerales de arcilla. La clorita se encuentra como producto de alteración del piroxeno. El cuarzo se encuentra como pequeños cristales embebidos en la matriz. La calcita se presenta en vetas. Entre los minerales opacos se observa magnetita, que bajo luz reflejada es de color rojo.



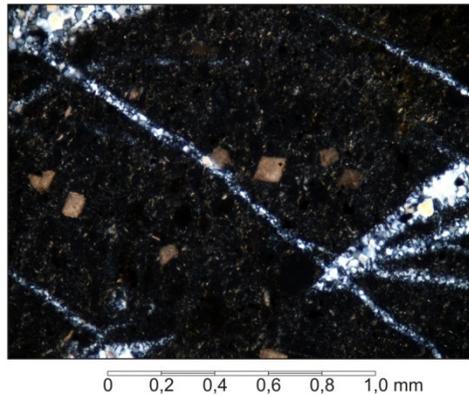
Vista general de la seccion, se observan los pequeños cristales de plagioclasa y clorita en matriz fina. a) NP. b) NX.

La 607 B: Basalto. Se observan cristales tabulares de plagioclasa de tamaño promedio de 0,2 mm, embebidos en una matriz fina compuesta principalmente por prehnita plagioclasa y epidoto. La clorita se encuentra rellenando vacuolas.



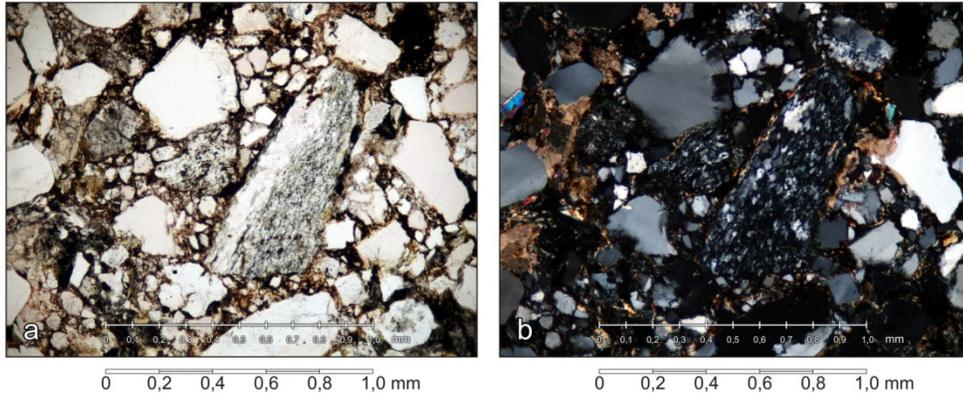
Clorita relleno vacuola, alrededor plagioclasa y prehnita. a) NX; b) NP.

La 612 Br: Caliza lodosa. El componente principal de es una matriz micrítica. El cuarzo observado en la sección es mayormente monocristalino y de origen tanto metamórfico como plutónico. Se observan algunos pequeños cristales de dolomita, que presentan su característica forma rómbica y son incoloros y posee colores de interferencia muy altos (pasteles).



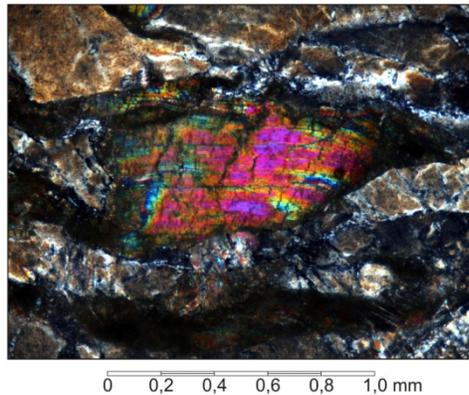
a) Cristales rombicos de dolomita en matriz micritica. (NX).

La 612 C: Litarenita. Posee un tamaño de grano promedio 0,2 mm. El escogimiento que presenta esta muestra es moderado y los granos que la componen son subredondeados y su esfericidad es media. Esta compuesta principalmente por 85% de granos, 10% de cemento y 5% de matriz. Los granos están compuestos mayormente por cuarzo monocristalino, de origen plutónico y metamórfico. La matriz está compuesta únicamente por minerales de arcilla, mientras que el cemento está compuesto sólo por minerales carbonáticos. La roca presenta alta compactación evidenciado por la deformación de granos dúctiles.



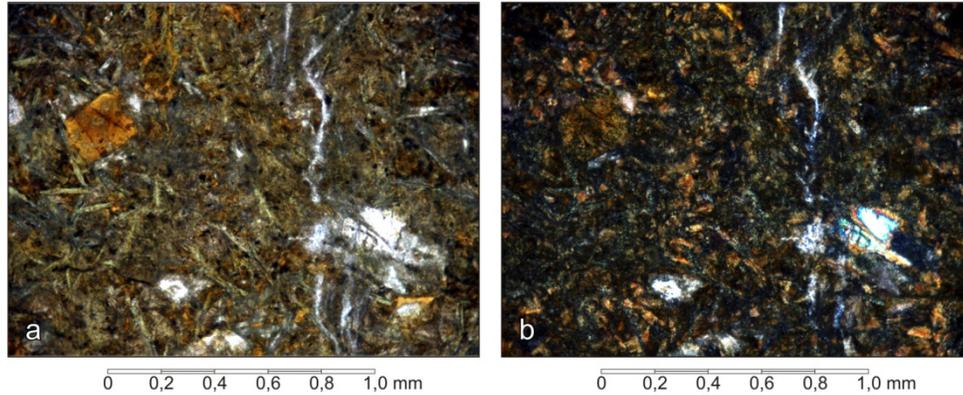
a y b) Fragmentos de chert y cuarzo subredondeados.

La 615 r: Gabro piroxénico. Los cristales tienen un tamaño promedio de 1,8 mm, máximo de 2,2 mm y mínimo de 0,4 mm. La Plagioclasa es del tipo andesina, se encuentra alterando a minerales de arcilla. El clinopiroxeno es del tipo diópsido y algunos cristales se encuentran fracturados y plegados. La antigorita es incolora bajo nícoles paralelos y, bajo nícoles cruzados, alcanza colores mediados del tercer orden. La prehnita es incolora bajo nícoles paralelos y, bajo nícoles cruzados, presenta colores de interferencia variados, hasta segundo orden.



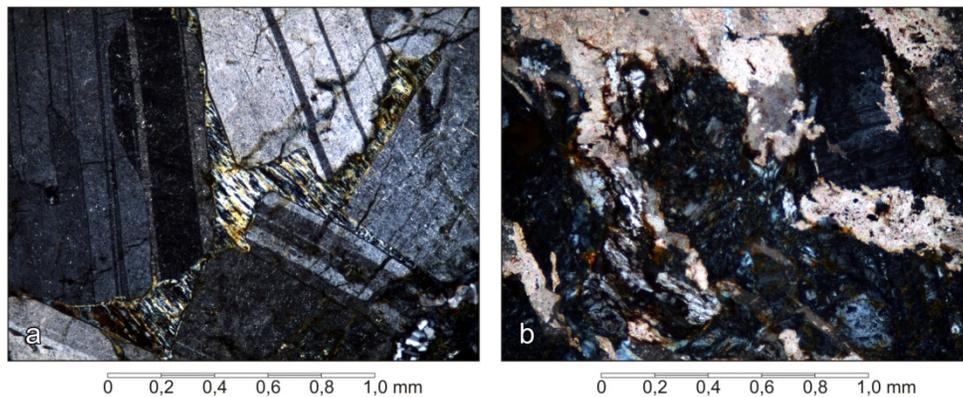
a) Cristal de clinopiroxeno plegado, alrededor plagioclasa alterada a minerales de arcilla. NX.

La 624 Ar: Basalto. Los cristales tienen un tamaño promedio de 0,2 mm. La plagioclasa se presenta como pórfidos embebidos en la matriz fina, son de hábito tabular y se encuentran alterando a minerales de arcilla. La matriz está compuesta por pequeños cristales de plagioclasa que se encuentran formando textura fieltrada, también se observa un material marrón posiblemente de minerales de hierro.



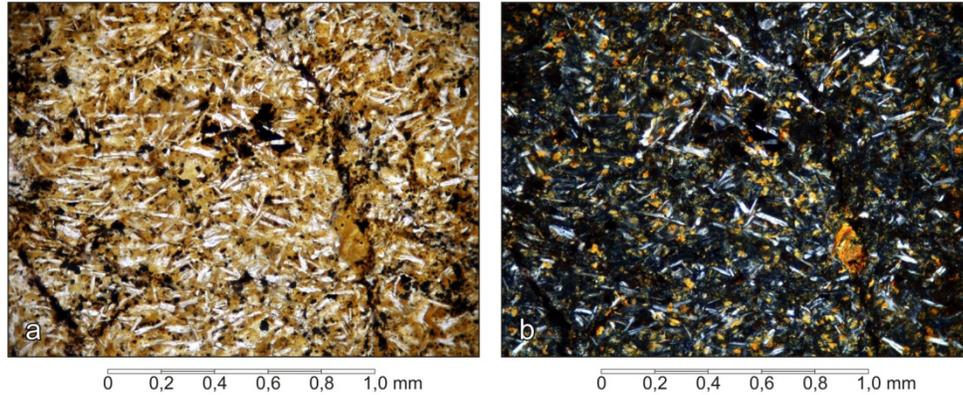
Matriz fina, se observa pequeños cristales de plagioclasa. a) NP. b) NX.

La 627 Br: Troctolita protocataclástica. Los cristales tienen un tamaño promedio de 2,4 mm, máximo de 2,7 mm y mínimo de 0,5 mm. La plagioclasa es de tipo labradorita por lo general se encuentra alterando a minerales de arcilla, los cristales se encuentran fracturados. En algunos cristales se puede observar maclado polisintético. La antigorita es de hábito fibroso y es producto de alteración del olivino, se encuentra tanto bordeando a la plagioclasa, como relleno de los intersticios entre los cristales de ésta. La calcita se encuentra en vetas. Entre los minerales opacos se observan leucoxeno, de color blanco.



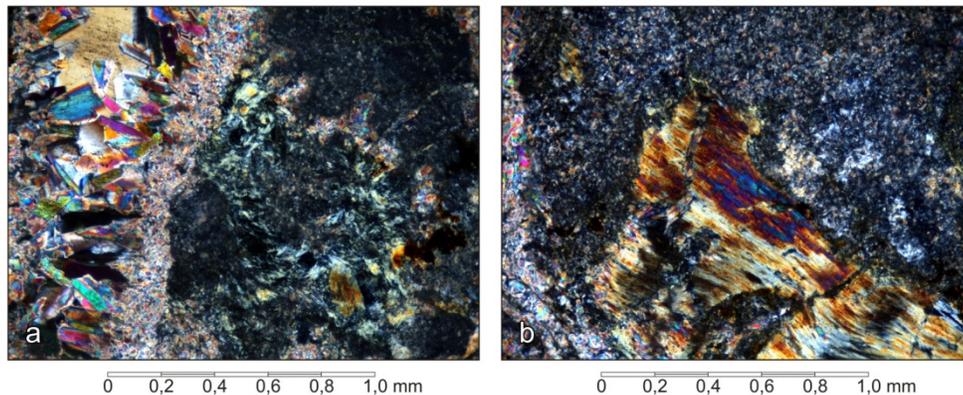
a) Antigorita intersticial entre cristales de plagioclasa formando textura mesocúmulo. NX. b) Antigorita y calcita, se observan cristales fracturados. NX.

La 629 A: Basalto. Los cristales tienen un tamaño promedio de 0,2 mm. El componente principal es una matriz fina, compuesta por pequeños cristales de plagioclasa y piroxenos. El Anfíbol bajo nícoles paralelos es de color castaño oscuro, los cristales encuentran alterados y limolitizados, los menos alterados, son incoloros bajo nícoles paralelos y sus colores de interferencia van de mediados a finales del segundo orden. Entre los minerales opacos se observa limonita, de color amarillo; leucoxeno, de color blanco.



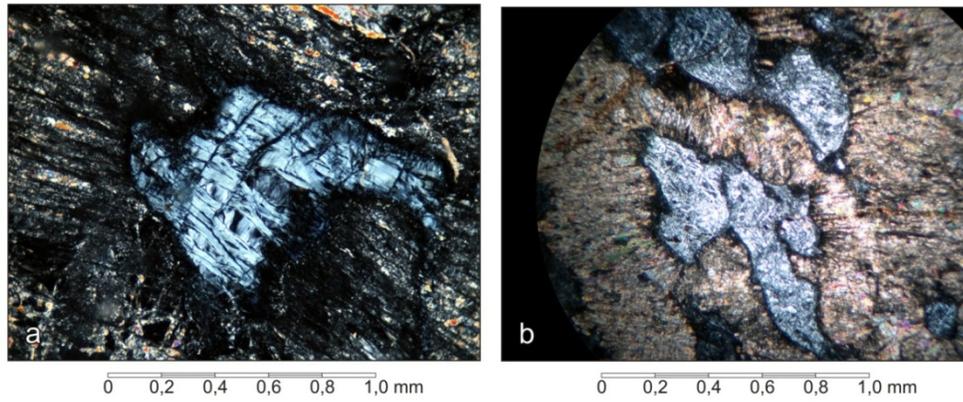
Pequeños cristales de plagioclasa en matriz fina, formando textura afieltrada. También minerales opacos como limonita y leucoxeno. a) NP. b) Nx.

La 630 Ar: Gabro piroxénico. Los cristales tienen un tamaño promedio de 1,9 mm, máximo de 2,2 mm y mínimo de 0,2 mm. La plagioclasa se encuentra muy alterada a minerales de arcilla, presentando un aspecto terroso, siendo imposible su identificación. El clinopiroxeno se encuentra alterando a clorita, se observan cristales plegados. La clorita se encuentra como producto de alteración del piroxeno, es de color verde amarillento en nícoles paralelos y presenta un pleocroísmo débil, los colores de interferencia varían de verde a azul. La prehnita presenta un hábito tabular alargado, encontrándose de tamaños que van desde menos de 0,1 mm hasta 0,2 mm.



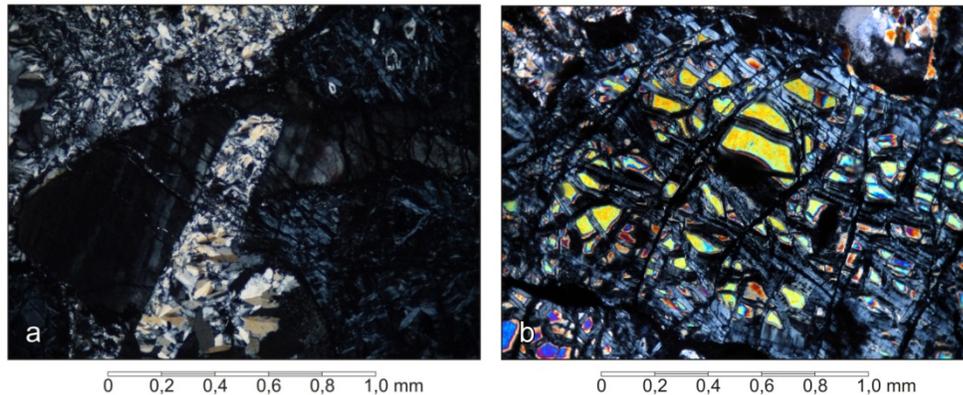
a) Clorita rodeada de plagioclasa alterada y veta de prehnita. NX. b) Cristal de clinopiroxeno rodeado de plagioclasa y pequeños cristales de prehnita. NX.

La 630 Br: Gabro prehnítico olivinífero protocataclástico. Los cristales tienen un tamaño promedio de 1,8 mm, máximo de 2,0 mm y mínimo de 0,2 mm. El 68 % de la muestra es esta constituido por prehnita, en este caso se toma como reemplazando principalmente a la plagioclasa. La serpentina es incolora bajo nícoles cruzados y presenta colores de interferencia azul y verde de primer orden, es producto de alteración del olivino y presentan fracturas radiales en su periferia, como consecuencia del aumento de volumen producto de la alteración del olivino a serpentina.



Cristales de serpentina, se observan fracturas radiales en la periferia. a) NX. b) NX.

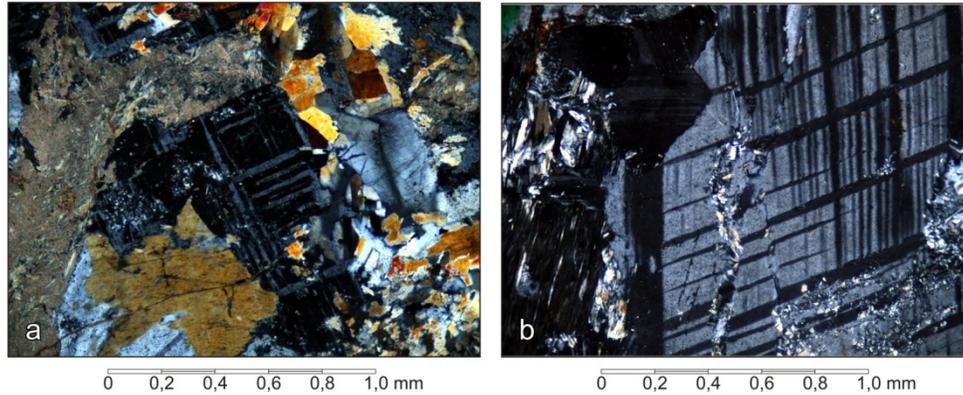
La 630 Cr: Lherzolita. Los cristales tienen un tamaño promedio de 2,4 mm, máximo de 3,2mm y mínimo de 1,0 mm. La serpentina es incolora bajo nicoles cruzados y presenta colores de interferencia azul de primer orden, se encuentra como cristales producto de alteración del olivino y se observa textura tipo malla (mesh). La plagioclasa se encuentra alterando a minerales de arcilla, son pocos los cristales apreciados y se observa intersticial entre la serpentina. El clinopiroxeno es incoloro bajo nicoles paralelos y, bajo nicoles cruzados, presenta colores de interferencia fuertes del segundo orden



a) Plagioclasa intersticial entre serpentina formando textura cumulo, tambien se obsrvan cristales de prehnita. NX.

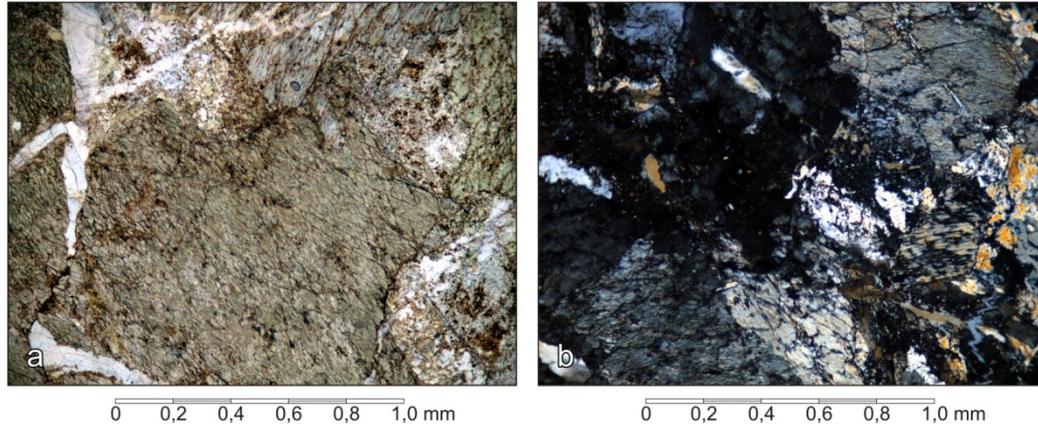
b) Cristal de serpentina.NX.

La 633 A: Gabro protocataclástico. El tamaño promedio de los cristales es de 1,5 mm, el máximo es de 2,6 mm y el mínimo de 0,1 mm. La Plagioclasa es del tipo labradorita, se observan cristales con maclado periclina. El clinopiroxeno es del tipo augita, es de color castaño a incoloro bajo nicoles cruzados y color de interferencia naranja, se encuentra alterando a clorita. La prehnita se encuentra muy distribuida por la sección, observándose desde tamaños que van desde 0,1 a 0,6mm. La calcita se encuentra en vetas.



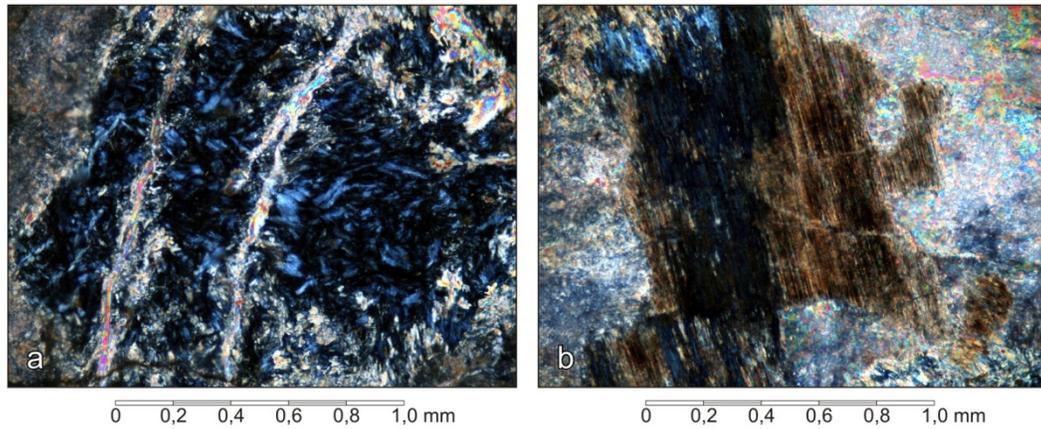
a) Cristal de plagioclasa con maclado tipo periclina rodeado de calcita y prehnita. NX. b) Cristal de plagioclasa fracturado, con maclado tipo periclina. NX.

La 633 B: Hornblendita protocataclástica. Los cristales tienen un tamaño promedio de 1,4 mm, máximo de 1,9 mm y mínimo de 0,2 mm. La hornblenda es de color verde claro con pleocroísmo débil que va de verde claro a marrón claro, bajo nícoles cruzados exhibe colores variados, desde grises hasta anaranjados. El clinopiroxeno es de la variedad augita, bajo nícoles paralelos es incolora y su color de interferencia es anaranjado. La prehnita se presenta en pequeños cristales disgregados en la sección.



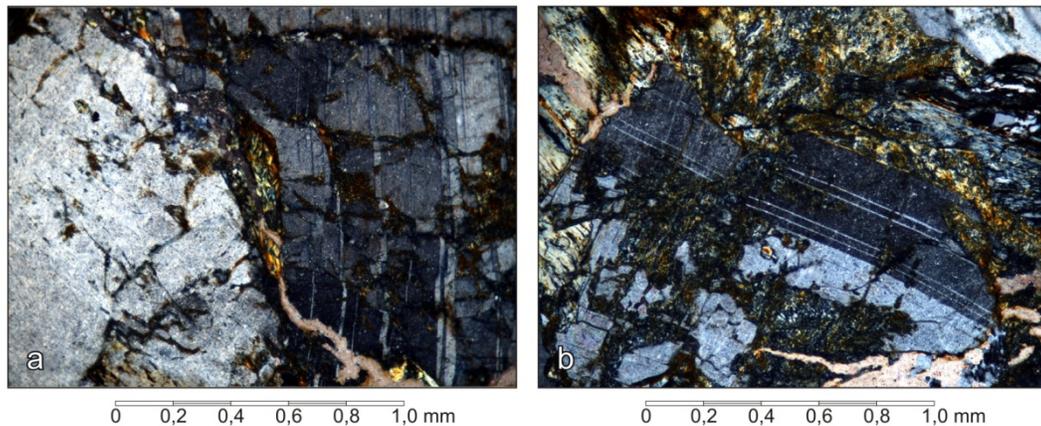
a) Cristal de anfíbol con el típico clivaje a 120°. NP b) Cristales de anfíboles fracturados y pequeños cristales de prehnita. NX.

La 635: Gabro olivinífero protocataclástico. Los cristales tienen un tamaño promedio de 1,3 mm, máximo de 1,8 mm y mínimo de 0,4 mm. Esta sección en general se encuentra muy alterada, observándose texturas protocataclásticas, los cristales mejor preservados son el piroxeno y la antigorita. El clinopiroxeno es de color verde bajo nicoles paralelos y presenta color de interferencia azul de segundo orden, se encuentra alterando a clorita. La antigorita posee un hábito fibroso y es producto de alteración del olivino.



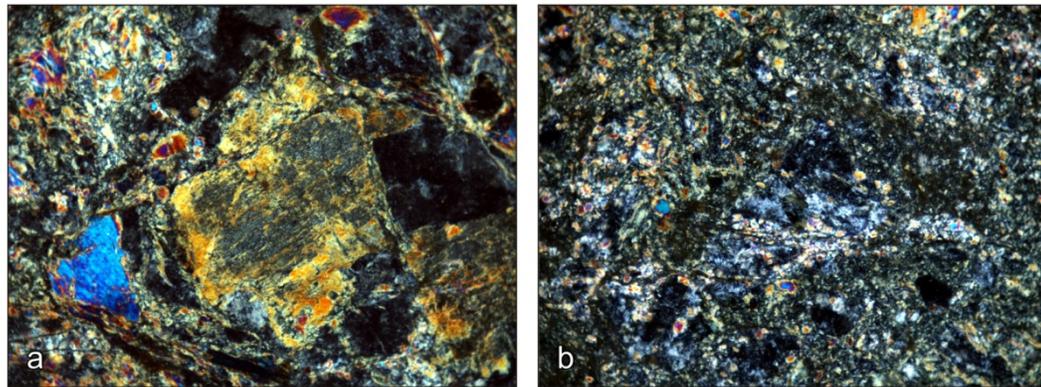
a) Antigorita con pequeños cristales de prehnita. NX b) Cristal de piroxeno alterando a clorita, rodeado de prehnita.NX.

La 637 A: Gabro olivinífero protocataclástico. Los cristales tienen un tamaño promedio de 2,2 mm, máximo de 2,6 mm y mínimo de 0,4 mm. La plagioclasa es del tipo labradorita, son cristales subhedrales y se encuentran fracturados. La antigorita presenta un hábito fibroso y es producto de alteración del olivino, se encuentra rodeando a la plagioclasa y como cristales subhedrales.



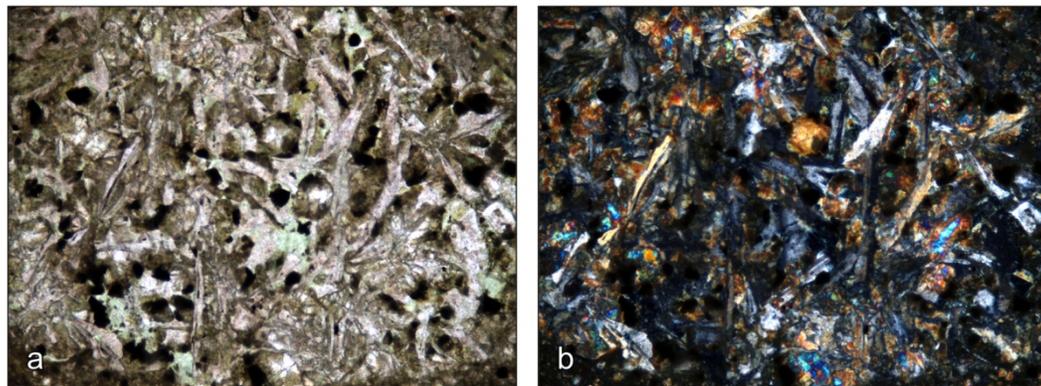
Cristales de plagioclasa rodeadas de antigorita. a) NX. b)NX.

La 640 A: Gabro protocataclástico. Los cristales tienen un tamaño promedio de 1,5 mm, máximo de 1,89 mm y mínimo de 0,2 mm. La sección presenta un aspecto terroso debido al alto porcentaje de minerales de arcilla, en este caso se toma como reemplazando a la plagioclasa. La prehnita se encuentra muy distribuida por la sección, observándose cristales de tamaño promedio de 0,2 mm. El clinopiroxeno se encuentra muy alterado, se presenta como cristales anhedrales fracturados.



a) Cristal de clinopiroxeno fracturado, alrededor prehnita. NX. b) prehnita fracturadas formando textura protocataclastica.NX.

La 640 B: Basalto. Los cristales tienen un tamaño promedio de 0,4 mm. La plagioclasa posee un hábito tabular alargado, se encuentra en una matriz fina no identificable formando textura afieltrada. El piroxeno se observa en pequeños cristales de color verde claro bajo nicoles paralelos y color de interferencia fucsia de segundo orden. En los minerales opacos se observa magnetita, de color negro bajo luz reflejada.



Matriz fina, se observa cristales de plagioclasa formando trextura afieltrada. a) NP. b) NX.