

# **TRABAJO ESPECIAL DE GRADO**

## **GEOLOGÍA DE LOS MACIZOS ÍGNEO-METAMÓRFICOS DEL NORTE DE YUMARE, ESTADOS YARACUY Y FALCÓN**

TUTOR ACADÉMICO: Prof. Franco Urbani

COTUTOR ACADÉMICO: Prof. Sebastián Grande

Presentado ante la Ilustre  
Universidad Central de Venezuela  
para optar al Título de Ingeniero Geólogo  
por los hrs. Lozano G. Fernando A.,  
Mussari C. Arturo.

Caracas, 2007

LOZANO G., Fernando A.  
MUSSARI C., Arturo

## GEOLOGÍA DE LOS MACIZOS ÍGNEO-METAMÓRFICOS DEL NORTE DE YUMARE, ESTADOS YARACUY Y FALCÓN

**Tutores Académicos: Profs. Franco URBANI & Sebastián GRANDE. Tesis. Caracas, U.C.V. Facultad de Ingeniería. Escuela de Geología, Minas y Geofísica. Año 2007, 171 p.**

**Resumen:** El área de estudio se encuentra en Yaracuy septentrional y una parte al sureste del estado Falcón, exactamente al norte de la Colonia Agrícola de Yumare, donde afloran rocas ígneo-metamórficas pertenecientes a las unidades litológicas Esquisto de Aroa, Serpentinitas (sin nombre formal), Metavolcanosedimentarias de San Quintín y Metagabro anortosítico de Yumare. Los afloramientos de estas rocas se reducen a cuatro macizos dispuestos en dirección este-oeste de la siguiente manera: Tarana, San Quintín, La Zurda y Salsipuedes.

Luego de la compilación de mapas previos, interpretación de fotografías aéreas, realizar el trabajo de campo, adaptar las descripciones de las unidades a la nueva nomenclatura, análisis petrográfico de muestras y cortes geológicos, se obtiene una base geológica reunida en tres mapas a escala 1:25.000, para dar un aporte a la geología de esta zona por ser de las menos estudiadas del norte del país y con mayor variedad geológica.

En el macizo Tarana aflora el Esquisto de Aroa donde se definen los siguientes tipos litológicos: esquisto grafitoso-cuarzo-micáceo, filita grafitosa-micácea y mármol. Esta unidad está representada por rocas sedimentarias metamorfizadas, las cuales según su protolito, como *rocas semipelíticas* (esquisto y filita) y *rocas carbonáticas* (mármol). En este macizo aflora también la unidad de serpentinita, emplazada tectónicamente dentro del Esquisto de Aroa. La mineralogía representativa de la serpentinita es antigorita + ortopiroxeno + crisotilo + talco ± magnetita y su protolito es *roca ultramáfica*.

La unidad Metavolcanosedimentarias de San Quintín aflora únicamente en el macizo del mismo nombre, donde se definen los siguientes tipos litológicos según su protolito: *rocas semipelíticas*: metarenisca, *rocas piroclásticas*: metatoba de cristales finos, metatoba cristalina y metatoba híbrida, *rocas félsicas*: metadacita y *rocas máficas*: metafenobasalto piroxénico, metabasalto, metabasalto clinopiroxénico.

El Metagabro anortosítico de Yumare aflora en los macizos San Quintín, La Zurda y Salsipuedes. San Quintín presenta la siguiente litología: *rocas félsicas*: metatrandhjemita y meta-anortosita, *rocas máficas*: metagabro, metamonzogabro y meta-cuarzo-gabro y *rocas ultramáficas*: metahornblendita. En el macizo La Zurda la litología es: *rocas félsicas*: metagranodiorita, metamonzonita, metamonzogranito, metagranito microclínico y meta-leucogranito microclínico, *rocas máficas*: metagabro, meta-cuarzo-gabro, metamonzogabro y meta-cuarzo-monzogabro y *rocas ultramáficas*: metaclinopiroxenita. En el macizo Salsipuedes los tipos litológicos son: *rocas cuarzo feldespáticas*: esquisto cuarzo-feldespático-micáceo, *rocas félsicas*: metatrandhjemita y metatonalita y *rocas máficas*: metagabro y gneis hornbléndico-epidótico.

Las unidades sedimentarias que afloran en la zona, alrededor de los macizos son: aluvión Cuaternario, terrazas Cuaternarias, Formación Ojo de Agua, Formación Capadare, Formación Casupal, Formación Matatere y Formación La Luna. Es importante señalar que la Formación Casupal en el macizo Salsipuedes, está compuesta de un conglomerado de peñas y peñones donde se obtuvo una muestra en particular muy extraña en la geología de Venezuela, un canto de mármol flogopítico con trazas de cuarzo, Px (Augita) y Serpentina (Clinocloro).

La unidad litológica Esquisto de Aroa fue metamórfizada en la facies del esquisto verde, subfacies cuarzo-albita-muscovita-clorita, la serpentinita emplazada tectónicamente en esta unidad igualmente alcanzó la facies del esquisto verde, probablemente también afectada por la subfacies de cuarzo-albita-muscovita-clorita. La Metavolcanosedimentarias de San Quintín alcanzó la facies del esquisto verde, zona de la clorita. La unidad litológica Metagabro anortosítico de Yumare en los macizos San Quintín, La Zurda y Salsipuedes, se observa afectada por procesos metamórficos que probablemente alcanzaron, primeramente, la facies de la granulita y posterior a ello, la facies del esquisto verde, zona de la clorita y probablemente zona de la biotita (sólo en Salsipuedes). Además a esto se le suman los extensos procesos cataclásticos. Las estructuras principales que se encuentran en los macizos ígneo-metamórficos son la foliación y los pliegues internos que presentan los diferentes tipos litológicos.

Las rocas del Esquisto de Aroa, por su semejanza con el Esquisto de las Mercedes, han sido correspondidas a la Napa Caracas. Las rocas del Metagabro anortosítico de Yumare, que han sido correlacionadas anteriormente a la Napa Caucagua-El Tinaco-Yumare-Siquisique, tienen muchas interrogantes una de ellas es la posible correlación con la Napa Ávila o inclusive con la Costera. Estas rocas de Yumare son claramente alóctonas y posiblemente fueron incorporadas a la placa suramericana por procesos caribeños y forman parte, probablemente de un bloque continuo o de al menos grandes fragmentos de un basamento de probable edad Proterozoico tardío al noroeste de Venezuela, que pudiera interpretarse como Grenvilliano. La principal correlación de estas rocas con el cinturón grenvilliano es la posibilidad de que algunas eran charnokíticas máficas y félsicas, asociada con la meta-anortosita, meta-clinopiroxenita y granófiro, suite ígnea AMCG (anortosita-mangerita-charnockita-granito), generada a lo largo de muchos sectores en el cinturón grenvilliano.

*Palabras clave:* Yaracuy, Yumare, Aroa, San Quintín, metagabro, anortosita, charnockita, granulita, metavolcanosedimentarias, flogopita, Grenvilliano.

## ÍNDICE

<b>1. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>14</b>
1.1. GENERALIDADES .....	14
1.2. OBJETIVOS.....	14
1.2.1. Objetivo general.....	14
1.2.2. Objetivos específicos .....	14
1.3. LOCALIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO .....	15
1.3.1. Vías de acceso.....	15
1.4. METODOLOGÍA.....	16
1.4.1. Etapa compilatoria .....	16
1.4.2. Etapa de campo .....	16
1.4.3. Etapa de oficina .....	16
1.5. AGRADECIMIENTOS.....	18
<b>2. GEOGRAFÍA FÍSICA.....</b>	<b>20</b>
2.1. RELIEVE .....	20
2.2. DRENAJE .....	21
2.3. CLIMA .....	22
2.4. VEGETACIÓN .....	22
2.5. GEOMORFOLOGÍA .....	22
<b>3. GEOLOGÍA REGIONAL.....</b>	<b>24</b>
3.1. SÍNTESIS DE TRABAJOS PREVIOS.....	24
3.2. UNIDADES ÍGNEO-METAMÓRFICAS .....	29
3.2.1. Meta-gabro anortosítico de Yumare .....	29
3.2.2. Esquisto de Aroa.....	31
3.2.3. Serpentinita .....	33
3.2.4. Metavolcanosedimentarias de San Quintín.....	34
3.3. UNIDADES SEDIMENTARIAS .....	36
3.3.1. Formación La Luna.....	36
3.3.2. Formación Matatere.....	37
3.3.3. Formación Casupal .....	39

3.3.4. Formación Capadare .....	41
3.3.5. Formación Ojo de Agua.....	42
3.3.6. Aluvión y terraza .....	42
<b>4. GEOLOGÍA LOCAL .....</b>	<b>43</b>
4.1. GENERALIDADES .....	43
4.2. MACIZO TARANA.....	46
4.2.1. Esquisto de Aroa (Asociación Metamórfica Los Cristales).....	46
4.2.2. Serpentinita (Asociación Metamórfica La Costa) .....	50
4.3. MACIZO SAN QUINTÍN.....	53
4.3.1. Metagabro anortosítico de Yumare.....	53
4.3.2. Metavolcanosedimentarias de San Quintín.....	64
4.4. MACIZO LA ZURDA .....	76
4.4.1. Metagabro anortosítico de Yumare.....	76
4.5. MACIZO SALSIPUEDES .....	91
4.5.1. Metagabro anortosítico de Yumare.....	91
4.6. UNIDADES SEDIMENTARIAS .....	101
4.6.1. Formación La Luna.....	101
4.6.2. Formación Matatere .....	102
4.6.3. Formación Casupal .....	106
4.6.4. Formación Capadare .....	114
4.6.5. Aluvión y terraza .....	116
<b>5. METAMORFISMO .....</b>	<b>120</b>
5.1. GENERALIDADES .....	120
5.2. MACIZO TARANA.....	121
5.3. MACIZOS DE LA ZURDA, SALSIPUEDES Y SAN QUINTÍN .....	122
5.4. DISCUSIÓN .....	126
<b>6. GEOLOGÍA ESTRUCTURAL .....</b>	<b>130</b>
6.1. GEOLOGÍA ESTRUCTURAL REGIONAL .....	130
6.2. GEOLOGÍA ESTRUCTURAL LOCAL .....	140
6.2.1. MACIZO TARANA .....	140
6.2.1.1. Foliación.....	140

6.2.1.2. Plegamiento.....	140
6.2.1.3. Fallamiento.....	141
6.2.1.4. Diaclasas .....	141
6.2.2. MACIZO SAN QUINTÍN.....	144
6.2.2.1. Foliación.....	144
6.2.2.2. Plegamiento.....	144
6.2.2.3. Fallamiento.....	145
6.2.2.4. Diaclasas .....	145
6.2.3. MACIZO LA ZURDA.....	148
6.2.3.1. Foliación.....	148
6.2.3.2. Plegamiento.....	148
6.2.3.3. Fallamiento.....	149
6.2.3.4. Diaclasas .....	149
6.2.4. MACIZO SALSIPUEDES .....	152
6.2.4.1. Foliación.....	152
6.2.4.2. Plegamiento.....	152
6.2.4.3. Fallamiento.....	153
6.2.4.4. Diaclasas .....	153
6.3. DISCUSIÓN.....	156
<b>7. SUMARIO, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>	<b>160</b>
<b>8. BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>166</b>
<b>9. ANEXOS .....</b>	<b>171</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

Fig. 1. Ubicación del área de estudio. Tomado y modificado de GARRITY <i>et al.</i> (2004).....	15
Fig. 2. Ubicación de los mapas topográficos que cubren el área de estudio. ....	17
Fig. 3. Ubicación de las formas del relieve. Tomado de GARRITY <i>et al.</i> (2004).....	21
Fig. 4. Forma de relieve de los macizos ígneo-metamórficos y sedimentarios. Imagen de radar, tomado de MARAVEN (1976).....	23
Fig. 5. Mapa geológico regional con la ubicación relativa del área de estudio. Tomado de URBANI <i>et al.</i> (2007).....	25
Fig. 6. Mapa geológico de la zona de Yumare. Tomado de URBANI <i>et al.</i> (2007). ....	26
Fig. 7. Forma de depositación, en abanicos, de la Formación Casupal. Tomado de VIPA (2004). ....	40
Fig. 8. Esquisto grafitoso-cuarzo-micáceo con vetas de calcita y cuarzo paralelas a la foliación levemente plegado. Ya-13. ....	47
Fig. 9. Filita grafitosa-cuarzo-micácea plegada. Fa-3. ....	48
Fig. 10. Orientación de las micas y cuarzo en la filita. Nícoles cruzados. Fa-5. ....	48
Fig. 11. Mármol interestratificado con el esquisto. Ya-7.....	49
Fig. 12. Forma elongada de la calcita y orientación junto a la muscovita, presentado en el mármol. Nícoles cruzados. Ya-25. ....	50
Fig. 13. Contacto de la serpentinita con el Esquisto de Aroa. Ya-2.....	51
Fig. 14. Ortopiroxeno con maclado en láminas anchas, transformado a antigorita y talco. Nícoles cruzados. Ya21-R. ....	52
Fig. 15. Meta-anortosita con textura gnéisica. Ya-47. ....	54
Fig. 16. a) Plagioclasa alterada a sericita con vetas de epidoto y cuarzo. Nícoles cruzados. Ya- 132. b) Piroxeno epidotizado. Nícoles cruzados. Ya-132. ....	55
Fig. 17. Metagabro con textura gnéisica plegada. Ya-31.....	55
Fig. 18. a) Piroxeno epidotizado, estirado y cizallado. Nícoles cruzados. Ya-112. b) Trenes de trituration de epidoto y plagioclasa. Nícoles cruzados. Ya-116. c) Anfíbol alterado en el centro a clorita. Nícoles cruzados. Ya-147. d) Borde epidótico del anfíbol. Nícoles cruzados. Ya-147.....	57

Fig. 19. a) Cuarzo fracturado y triturado junto a la plagioclasa. Nícoles cruzados Ya-111. b) Tremolita, epidoto y cuarzo fracturado-triturados. Ya-35.....	59
Fig. 20. a) Plagioclasa alterada a sericita con borde albítico. Nícoles cruzados. Ya44-R. b) Feldespato K pertítico. Ya44-R. Nícoles cruzados. c) Plagioclasa con textura antipertítica. Nícoles cruzados. Ya44-R. d) Plagioclasa con textura antipertítica. Nícoles cruzados. Ya44-R. e) Piroxeno alterando a anfíbol en el borde bajo-derecho y rodeado de epidoto. Nícoles cruzados. Ya44-R. f) Piroxeno con textura de espina de pescado. Nícoles cruzados. Ya44-R. ....	61
Fig. 21. a) Clinopiroxeno con forma anhedral. Nícoles cruzados. Ya27A-R. b) Plagioclasa alterada a sericita. Nícoles cruzados. Ya27A-R. c) Cuarzo alargado envolviendo a la plagioclasa. Nícoles cruzados. Ya27A-R. ....	62
Fig. 22. Hornblenda de color pardo junto a la actinolita de color verde. Nícoles paralelos. Ya61-R. ....	63
Fig. 23. a) Planos de foliación y diaclasa que presenta la metalava. Ya-115. b) Contacto de la metalava con meta-anortosita. Ya-144. ....	64
Fig. 24. Planos finos, claro-oscuro paralelos de la metatoba. Ya-28. ....	65
Fig. 25. Clástos de la brecha volcánica. Ya-41. ....	65
Fig. 26. Metarenisca con muchos planos de diaclasa. Ya-124.....	66
Fig. 27. Plagioclasa, opacos y augita en el metabasalto clinopiroxénico. Nícoles cruzados. Ya-41. ....	68
Fig. 28. Plagioclasa alterada a sericita y un mineral o matriz opaca entre ella. Nícoles cruzados. Ya-128.....	69
Fig. 29. Piroxeno cloritizado y la plagioclasa alterada a sericita. Nícoles cruzados. Ya-144.....	70
Fig. 30. Alteración de la plagioclasa a sericita y la disposición de los granos de cuarzo con las vetas de calcita. Nícoles cruzados. Ya-127. ....	71
Fig. 31. Clorita con forma elongada con orientación. Nícoles cruzados. Ya-43A.....	72
Fig. 32. Granos de cuarzo, plagioclasa y opacos levemente orientados en la metatoba híbrida. Nícoles cruzados. Ya-113.....	74
Fig. 33. Cristales de cuarzo y plagioclasa embebidos en la matriz afanítica. Nícoles cruzados. Ya-126.....	75
Fig. 34. Piroxenos con un contacto a 120°. Nícoles cruzados. Ya71A-R.....	77

Fig. 35. Color fresco del metagabro foliado. Ya-92.....	78
Fig. 36. a) Clinopiroxeno con el clinocianita y la plagioclasa alterada a sericita y epidoto. Nícoles cruzados. Ya-92. b) Apatito fracturado y disuelto. Nícoles cruzados. Ya-95B. ....	80
Fig. 37. Textura cataclástica en el meta-cuarzo-gabro. Nícoles cruzados. Ya-88. ....	81
Fig. 38. Aureola epidótica alrededor de la plagioclasa y piroxeno. Nícoles cruzados. Ya71C-R. ....	82
Fig. 39. a) Feldespato K con textura peritítica. Nícoles cruzados. Ya-89. b) Tremolita en el meta-cuarzo monzogabro. Nícoles cruzados. Ya-86B. ....	83
Fig. 40. Foliación que presenta la metagranodiorita. Ya-70. ....	84
Fig. 41. Cristal de plagioclasa alterado generando una imagen “nublada” en nícoles paralelos (izq), con textura antiperitítica y mesoperitítica, nícoles cruzados (der). Ya-70.....	85
Fig. 42. a) Maclado del microclino. Nícoles cruzados. Ya-139. b) Piroxeno con textura de espina de pescado. Nícoles cruzados. Ya136-R. ....	86
Fig. 43. Textura gráfica que tienen los granofiro. Ya69-R. ....	87
Fig. 44. a) Biotita alterando a clorita. Nícoles paralelos. Ya77D-R. b) Feldespato K con maclado tipo carlsbad y Textura peritítica. Nícoles cruzados. Ya77D-R. ....	88
Fig. 45. a) Augita con microclino, cuarzo, opacos y veta de calcita. Nícoles cruzados. Ya-141A. b) Hipersteno con microclino, cuarzo y opacos. Nícoles cruzados. Ya-141A. ....	89
Fig. 46. Textura peritítica en feldespato K del meta-leucogranito microclínico. Nícoles cruzados. Ya-152.....	90
Fig. 47. Afloramiento de metagabro intercalado con granofiro. Fa-55.....	92
Fig. 48. Actinolita en contacto con plagioclasa alterada en el metagabro. Fa-20.....	93
Fig. 49. Textura mirmekítica en la metatrandhjemita. Nícoles cruzados. Fa27A-R.....	94
Fig. 50. a) Tremolita en la metatonalita. Nícoles paralelos. Fa-55. b) Textura cataclástica en la metatonalita. Nícoles cruzados. Fa-55.....	95
Fig. 51. a) Textura gnéisica con bandas félsicas de plagioclasa y máficas de hornblenda y epidoto Nícoles paralelos. Fa-43. b) Detalle de hornblenda y epidoto en gneis. Nícoles paralelos. Fa-43. ....	96
Fig. 52. Detalle de la textura gráfica en el granofiro. Fa-55 .....	97
Fig. 53 a) Detalle del esquistu cuarzo-plagioclásico-muscovítico. Fa-44. b) Vista del esquistu cuarzo-plagioclásico-biotítico. Fa-15. ....	97

Fig. 54. a) Muscovita sobre plagioclasa con extinción ondulatoria y maclas plegadas. Nícoles cruzados. Fa-13. b) Trenes de trituración con los granos de cuarzo, plagioclasa y biotita. Nícoles cruzados. Fa-18. ....	99
Fig. 55 a) Microclíno en Esquisto cuarzo–feldespático-micáceo. Nícoles cruzados. Fa-38. b) Orientación del cuarzo con la mica. Nícoles cruzados. Fa-38.....	100
Fig. 56. Ocurrencia de los bloques de la Formación La Luna con detalle de las vetas de calcita. Ya-151. ....	101
Fig. 57. Microfauna de la Formación La Luna. Nícoles paralelos. Ya58-R. ....	102
Fig. 58. Secuencia tipo flysch de la Formación Matatere. Fa-52.....	103
Fig. 59 a) Muestra 151.500. Nícoles paralelos. b) Muestra Fa-63. Nícoles cruzados. c) Detalle de la microfauna de la muestra 151.500. ....	105
Fig. 60. a) Plagioclasa, con clorita y cristalitas de carbonato en la metadiabasa. Nícoles cruzados. Fa-61. b) Clorita y pequeños cristales de carbonato en la metadiabasa. Nícoles cruzados. Fa-61.....	106
Fig. 61. a) Vista del tope de caliza, se observa como infrayacente el cuarzo del conglomerado. Ya-84. b) Detalle de la caliza donde se observa la erosión deja unas formas redondeadas. Ya-84. c) Algunos fragmentos de microfósiles recristalizados. Ya-84. d) Cambio abrupto en la energía del medio, conglomerado en la base y algunos carbonatos de mezcla sobre este. Ya-85. ....	108
Fig. 62. a) Canto de conglomerado en la quebrada Yaure. Ya-104. b) Alineamiento de granos de cuarzo en el conglomerado. Ya-104. ....	109
Fig. 63. a) Peñón de mármol en el conglomerado. Fa-67. b) Peña de mármol dentro del conglomerado. Fa-67. c) Detalle del mármol flogopítico, en color dorado oscuro se observa la mica. Fa-67. ....	110
Fig. 64. a) Calcita y flogopita en mármol flogopítico. Nícoles cruzados. Fa-67A. b) Maclas de calcita deformada y flogopita. Nícoles cruzados. Fa-67A.....	113
Fig. 65. Clinopiroxenita muy alterada con contactos entre granos a 120°. Nícoles cruzados. Fa-67G. ....	114
Fig. 66. a) Conglomerado carbonático que aflora en las laderas al sur del macizo Salsipuedes. Fa-35. b) Detalle de un conglomerado carbonático que aflora en uno de los afluentes de la quebrada San Quintín. Ya-134. ....	115

Fig. 67. a) Terraza con horizontes inclinados 25° al Sur. Fa-30. b) Terraza con nivel de ilmenita. Ya-98. c) Acumulación de ilmenita en el aluvión. Ya-99.....	117
Fig. 68. Diagrama de los campos de variaciones de facies metamórficas en función de la presión y la temperatura (TURNER 1981).....	120
Fig. 69. Evolución geológica del Norte de Suramérica, modificado de OSTOS (1990). ....	133
Fig. 70. Modelo tentativo propuesto por GRANDE (2007).....	135
Fig. 71. Mapa neotectónico de la región del área de estudio. Tomado de AUDEMARD <i>et al.</i> (1992). ....	138
Fig. 72. Mapa neotectónico de la región de Yumare. Mapas base: Geología según BELLIZZIA <i>et al.</i> (1968). Fallas cuaternarias según AUDEMARD <i>et al.</i> (1992).....	139
Fig. 73. a) Mármol con vetas de calcita plegada. Fa-12. b) Esquisto levemente plegado. Ya-13.....	141
Fig. 74. Mapa geológico de la región de Tarana. ....	142
Fig. 75. Corte geológico del macizo Tarana. ....	143
Fig. 76. Metatoba plegada, tipo isoclinal. Ya-38. ....	145
Fig. 77. Mapa geológico de la región de San Quintín.....	146
Fig. 78. Corte geológico del macizo San Quintín. ....	147
Fig. 79. Metagabro levemente plegado, suave o muy abierto. Ya-54.....	148
Fig. 80. Corte geológico C-C' del macizo La Zurda.....	150
Fig. 81. Corte geológico D-D' del macizo La Zurda. ....	151
Fig. 82. Foliación laminar en los esquisto cuarzo-feldespático-micáceo, definida principalmente por los minerales filosilicatos. Fa-44.....	152
Fig. 83. Mapa geológico de la región de Salsipuedes. ....	154
Fig. 84. Corte geológico del macizo Salsipuedes.....	155

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Unidades geológicas encontradas en contexto regional en la zona de estudio. ....	24
Tabla 2. Correlación de las unidades de Yumare, con aquellas de la zona de Siquisique (Los Algodones - Yuri - Chorrerones - Río Limón, estado Lara). Tomado de URBANI <i>et al.</i> (2007) .....	28
Tabla 3. Unidades ígneo-metamórficas.....	29
Tabla 4. Unidades sedimentarias.....	36
Tabla 5. Resumen de unidades geológicas aflorantes en el área de estudio. ....	44
Tabla 6. Abreviatura de los minerales ordenada alfabéticamente por el nombre del mineral. Tomado de URBANI & GRANDE (2005). ....	45
Tabla 7. Tipos litológicos del Esquisto de Aroa. ....	46
Tabla 8. Composición mineralógica de la filita grafitosa-micácea. ....	48
Tabla 9. Composición mineralógica del mármol. ....	49
Tabla 10. Tipo litológico de la Asociación Metamórfica La Costa. ....	50
Tabla 11. Composición mineralógica de la serpentinita .....	51
Tabla 12. Tipos litológicos del Metagabro anortosítico de Yumare en el macizo San Quintín.....	53
Tabla 13. Composición mineralógica de la meta-anortosita. ....	54
Tabla 14. Composición mineralógica del metagabro.....	56
Tabla 15. Composición mineralógica del meta-cuarzo-gabro. ....	58
Tabla 16. Composición mineralógica del metamonzogabro.....	59
Tabla 17. Composición mineralógica de la metatrondhjemita.....	61
Tabla 18. Composición mineralógica de la metahornblendita.....	63
Tabla 19. Tipos litológicos de la Metavolcanosedimentarias de San Quintín. ....	66
Tabla 20. Composición mineralógica del metabasalto.....	67
Tabla 21. Composición mineralógica de la metadacita.....	70
Tabla 22. Composición mineralógica de la metatoba de cristales finos. ....	71
Tabla 23. Composición mineralógica de la metatoba cristalina.....	72
Tabla 24. Composición mineralógica de la metatoba híbrida. ....	73
Tabla 25. Composición mineralógica de la metarenisca.....	74
Tabla 26. Tipos litológicos del Metagabro anortosítico de Yumare en el macizo La Zurda. ....	76

Tabla 27. Composición mineralógica de la metaclinopiroxénita.....	77
Tabla 28. Composición mineralógica del metagabro.....	78
Tabla 29. Composición mineralógica del meta-cuarzo-gabro. ....	80
Tabla 30. Composición mineralógica del metamonzogabro.....	81
Tabla 31. Composición mineralógica del meta-cuarzo-monzogabro.....	82
Tabla 32. Composición mineralógica de la metagranodiorita.....	84
Tabla 33. Composición mineralógica de la metamonzonita. ....	85
Tabla 34. Composición mineralógica del granofiro.....	87
Tabla 35. Tipos litológicos del Metagabro anortosítico de Yumare en el macizo Salsipuedes.....	91
Tabla 36. Composición mineralógica del metagabro.....	92
Tabla 37. Composición mineralógica de la metatrondhjemita.....	93
Tabla 38. Composición mineralógica de la metatonalita. ....	94
Tabla 39. Composición mineralógica del Gneis hornbléndico-epidótico.....	95
Tabla 40. Composición mineralógica del esquisto cuarzo-feldespático-micáceo.....	98
Tabla 41. Tipos litológicos de la Formación Matatere.....	103
Tabla 42. Tipos litológicos de la Formación Casupal.....	107
Tabla 43. Tipos litológicos de la Formación Capadare.....	115
Tabla 44. Síntesis de las unidades geológicas y tipos litológicos que afloran en el área de estudio.....	118
Tabla 45. Cuadro comparativo referente a las facies metamórficas y sus respectivas asociaciones mineralógicas de las rocas que afloran en el área de estudio.....	128
Tabla 46. Cuadro Comparativo de los rumbos y buzamientos promedios de las estructuras principales presentes en los macizos ígneo-metamórficos.....	157
Tabla 47. Tipos de fallas del área de estudio.....	159
Tabla 48. Unidades geológicas aflorantes en el área de estudio.....	160

# 1. INTRODUCCIÓN

## 1.1. GENERALIDADES

Se realizó el estudio geológico de las rocas ígneo-metamórficas que afloran en los macizos del norte de la colonia agrícola de Yumare, por ser de los menos estudiados del norte del país y con mayor variedad litológica. Este trabajo forma parte de las actividades del proyecto geodinámica del norte de Suramérica (GEODINOS, financiado por FONACIT y ejecutado por FUNVISIS y la UCV). Esta base geológica se reúne en hojas de escala 1:25.000 y con ello se da un aporte más a la cartografía geológica del país.

## 1.2. OBJETIVOS

### 1.2.1. Objetivo general

Levantamiento geológico y petrología de las rocas ígneo-metamórficas que afloran en los macizos Tarana, San Quintín, La Zurda y Salsipuedes, ubicados al norte de Yumare, estados Yaracuy y Falcón.

### 1.2.2. Objetivos específicos

- Compilar los mapas previos de geología de superficie de los macizos del norte de Yumare e integrarlos con la geología que se realice en este trabajo, para llevarlos a escala 1:25.000.
- Realizar el levantamiento geológico, para verificar la información previa y además obtener datos geológicos adicionales.
- Interpretar las fotografías aéreas, con el fin de extender los distintos contactos litológicos observados durante el levantamiento geológico.
- Integrar las descripciones de las unidades litológicas y adaptarla a la nomenclatura de rocas ígneo-metamórficas siguiendo las normas internacionales de unidades litodémicas.
- Digitalizar los mapas geológicos obtenidos en este trabajo, con el fin de complementar la cartografía geológica digital del norte del país.
- Analizar petrográficamente las muestras recolectadas en el trabajo de campo, tomando en cuenta la diversidad litológica existente, para así definir las litologías de los macizos rocosos.
- Realizar cortes geológicos para dar una interpretación del subsuelo.
- Interpretar la evolución geológica del área.

### 1.3. LOCALIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

El área de estudio se encuentra en Yaracuy septentrional y una parte al sureste del estado Falcón. Se ubica al norte de la Colonia Agrícola de Yumare, una zona de gran desarrollo ganadero y agrícola. La zona se encuentra en el área limítrofe de los estados Falcón y Yaracuy (Fig. 1).

Las coordenadas geográficas que limitan la zona estudiada son: Latitud norte  $10^{\circ}40'$  y  $10^{\circ}45'$  y de Longitud oeste  $68^{\circ}30'$  y  $68^{\circ}52'30''$ . Las coordenadas UTM equivalentes son: desde 1.179.000 hasta 1.188.000 al Norte y desde 514.000 hasta 554.000 al Este.

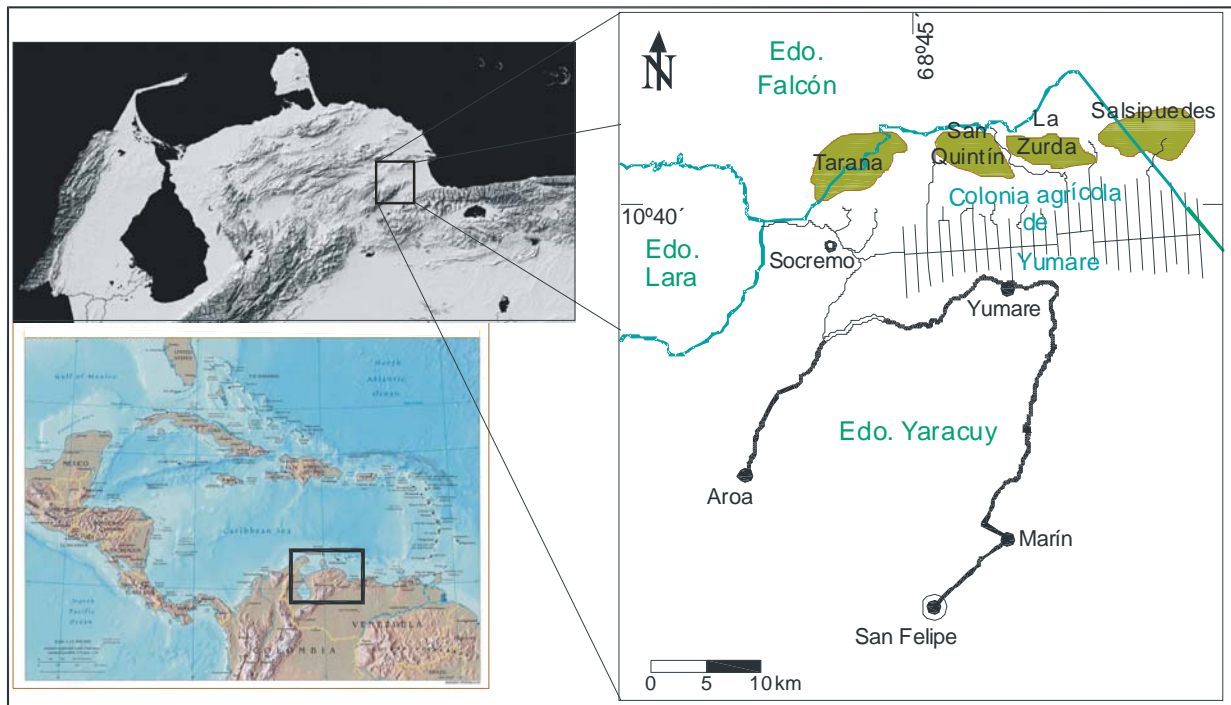


Fig. 1. Ubicación del área de estudio. Tomado y modificado de GARRITY *et al.* (2004).

#### 1.3.1. Vías de acceso

El principal y más corto acceso es por la autopista Rafael Caldera, en el estado Yaracuy hasta la salida del pueblo de Marín (fig. 1), posterior a esto se toma la carretera de Marín-Yumare. En el pueblo de Yumare se toma dirección norte y se recorre por las distintas carreteras de la colonia agrícola hasta los macizos ígneo-metamórficos.

## **1.4. METODOLOGÍA**

### **1.4.1. Etapa compilatoria**

Esta etapa consistió en la recopilación y síntesis de la información geológica (publicada o inédita), en especial los informes y mapas del MEM (BELLIZZIA & RODRÍGUEZ 1966, BELLIZZIA *et al.* 1968, BELLIZZIA *et al.* 1976), con ellos se compiló la descripción de unidades litológicas, caracteres estructurales y metamórficos. Además se obtuvieron las hojas topográficas a escala 1:25.000 del Instituto Geográfico de Venezuela Simón Bolívar, conjuntamente con las fotografías aéreas.

### **1.4.2. Etapa de campo**

Esta etapa se realizó en 30 días, consistió en el reconocimiento geológico de la zona, con la debida toma de datos geológicos, estructurales y muestras.

### **1.4.3. Etapa de oficina**

Esta etapa primeramente consistió en el calco de los mapas topográficos – geológicos, para en ellos colocar los nuevos datos geológicos e interpretar, junto con las fotografías aéreas, la zona a cartografiar.

Los mapas utilizados fueron las hojas topográficas 6448-III-SE, 6448-II-SO, 6448-II-SE (Cuenca este del río Tocuyo), levantadas en base a fotografías aéreas de los años 1964 y 1965, además de sus respectivas ortofotoimágenes del año 1998, todas obtenidas en el Instituto Geográfico de Venezuela Simón Bolívar (fig. 2).

Las fotografías aéreas utilizadas fueron de la misión 020124 a escala 1:28.000, año 1968 (fotos 25-36 y 53-64).

Los mapas geológicos obtenidos fueron digitalizados mediante el programa “ArcGis 9.1”. Se realizó un análisis de diversas muestras selectas por difracción de rayos X y el análisis petrográfico de 84 secciones finas, para la elaboración de tablas con información petrológica en cada unidad litológica. Además se emplearon los manuales de “British Geological Survey” de rocas ígneas, GILLESPIE & STYLES (1999), metamórficas, ROBERTSON (1999) y sedimentarias, HALLSWORTH & KNOX (1999).

Finalmente se elaboró el informe final, contemplando todos los aspectos geológicos del área, el mismo incluye los mapas geológicos a escala 1:25.000: 6448-III-SE (Tarana), 6448-II-SO (San Quintín), 6448-II-SE (Salsipuedes).

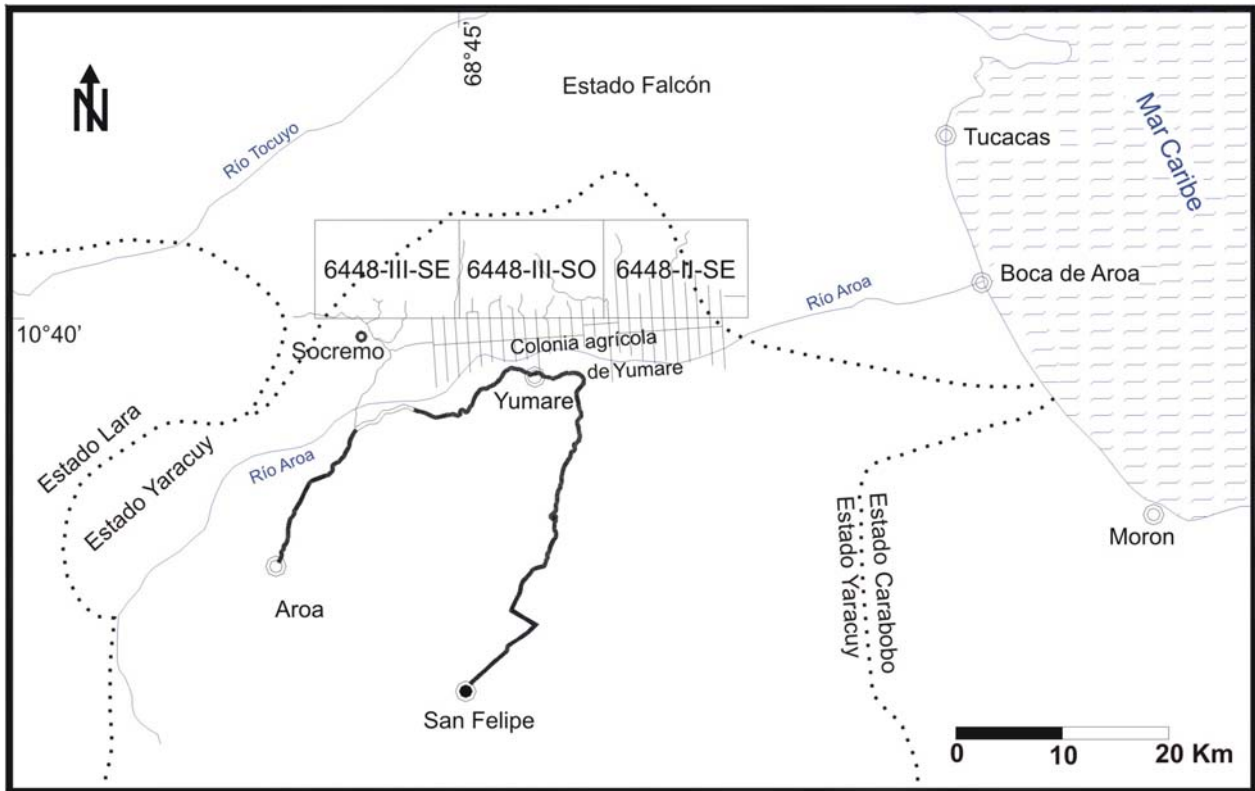


Fig. 2. Ubicación de los mapas topográficos que cubren el área de estudio.

## 1.5. AGRADECIMIENTOS

### **FERNANDO LOZANO**

#### Familiar:

Yo principalmente agradezco a toda mi familia, tíos (as), primos (as), suegro (a), cuñado (a), etc. Muy en especial a mi madre, Doris Mercedes Guzmán Ramírez, a mi hermana, Yelitza Rosan Lozano Guzmán, a mi sobrina, Dubraska Doriana Martínez Lozano, a mi novia-esposa, Heby Beatriz Colmenárez Milla, a mi padre, Asdrúbal Lozano Fernández, a su esposa, Julanne Loge de Lozano, a mis hermanos Astón Lozano Loge y Jordi Lozano Loge, por estar conmigo siempre en todos los momentos, buenos-malos y en la realización de mi tesis. Gracias siempre contarán conmigo.

#### Amistades:

Además de mi a familia, quiero agradecer a todos mis amigos (as), entre ellos menciono a todos los que tengo en la maravillosa ciudad de Los Teques, a todos los que tengo en la Universidad Central de Venezuela, en especial a los de la Escuela de Geología, Minas y Geofísica, profesores y compañeros de clase, Pedro Muñoz, Hildemaro Rodríguez, David Mendi, Arturo Mussari (Mi compañero de Tesis), Luis Novoa, Alberto Caballero (a su esposa también), Rommel Castillo, Manuel Azancot, Manuel Araque, Duglas Nicolls, El negro Jean Carlos, Andrés Gonzáles, El Gocho Zolmen Cusnir, Graziana, Yoyis, Mafer, Claudia y a todas las chicas muy panas conmigo y disculpen si no mencione a alguien pero tranquilo que aquí están incluidos. Un agradecimiento muy en especial al Profesor Franco Urbani, por confiar en mí y transmitirme parte de sus conocimientos para la realización de este trabajo y muchos otros. Además muchas gracias a los profesores Ricardo Alezones, Sebastián Grande, Rafael Falcón, etc.

#### Profesional:

Agradezco principalmente a la Universidad Central de Venezuela, Facultad de Ingeniería, Escuela de Geología, Minas y Geofísica, por brindarme sus espacios para mi preparación profesional y a la Fundación Venezolana de Investigaciones Sismológicas, FUNVISIS, por confiar en mi profesionalismo y otorgarme un gran tema de tesis con el profesor F. Urbani.

**ARTURO MUSSARI**Familiar:

Gracias Papá, Mamá, Abuelo (gandulo) y Abuela, es infinito el amor que siento por ustedes. Mi hermano Fran y Ale, a mis primos. A la Familia Muñoz (Judith y Pedro) que me tratan como un hijo. A mi primo Paper guaaaay.

Amistades:

Pedro Muñoz, Hildemaro Rodríguez, David Mendi, Fernando Lozano (Mi compañero de Tesis), Luis Novoa, Manuel Azancot, el brujo Manuel Araque, Douglas Nicholls, El negro Jean Carlos, El Gocho, Graziana, Yoyis, Mafafi, Livia, los preparadores de campo corto y todos los panas de Bolívar. Un agradecimiento muy en especial al Profesor Franco Urbani y a todos los profesores de la escuela: Ricardo Alezones, Sebastián Grande, Rafael Falcón, etc.

Fernando, gracias por todo y discúlpame, un abrazo hermano.

Profesional:

Agradezco a la Universidad, a la Facultad y a la Escuela, por brindarme sus espacios para mi preparación profesional y a FUNVISIS, por brindar todo su apoyo y otorgarme un tema de tesis con el profesor F. Urbani.

## 2. GEOGRAFÍA FÍSICA

### 2.1. RELIEVE

La zona de estudio se encuentra enclavada en una región transicional del país denominada Región Centro-Occidental, de gran complejidad geológica y fisiográfica, debido a que sus orígenes y estructuras son el resultado del encuentro de dos grandes sistemas montañosos muy diferentes: la Cordillera de la Costa y la Cordillera de los Andes de Mérida. Esto hace, que en su conjunto, esta sea una región con características propias y diferentes a las demás unidades geológicas y fisiográficas del país.

Fisiográficamente al noroeste del estado Yaracuy, entre las cuencas del río Tocuyo y el río Aroa (Fig. 3), se encuentra la Serranía de Agua Fría, cuya orientación es noreste, es interrumpida en su sección central donde se comunica con el valle del Tocuyo (tramo del valle de la quebrada Cararapa a unos 100 m s.n.m.), tiene un quiebre que continua en dirección este con colinas y cerros (Tarana, San Quintín, La Zurda y Salsipuedes) cuya altura máxima sólo alcanza 537 m (Tarana) y donde afloran rocas ígneo-metamórficas (Esquisto de Aroa, Metagabro anortosítico de Yumare, Metavolcanosedimentarias de San Quintín) y sedimentarias del Terciario.

La cuenca de Aroa comprende las subregiones siguientes: valles del alto y medio Aroa, Serranía de Aroa y llanura integrada de Yaracuy-Aroa. Los valles del alto y medio Aroa se ubican al norte del río Yaracuy, abarcan unos 1.075 km<sup>2</sup> de superficie y exhiben la típica forma triangular de valles intramontanos con vértice agudo hacia el valle alto.

En el análisis del relieve de los valles de Yaracuy-Aroa, BELLIZZIA & RODRÍGUEZ (1976) establecen tres niveles definidos de terrazas correspondientes a los sucesivos levantamientos de nivel de base de ambos ríos. Los dos inferiores son más bajos que las terrazas piemontinas de la Serranía de Aroa, tanto en el flanco norte como el sur. El tercero, muy preciso, bordea y a la vez separa las estribaciones montañosas de los valles correspondientes.

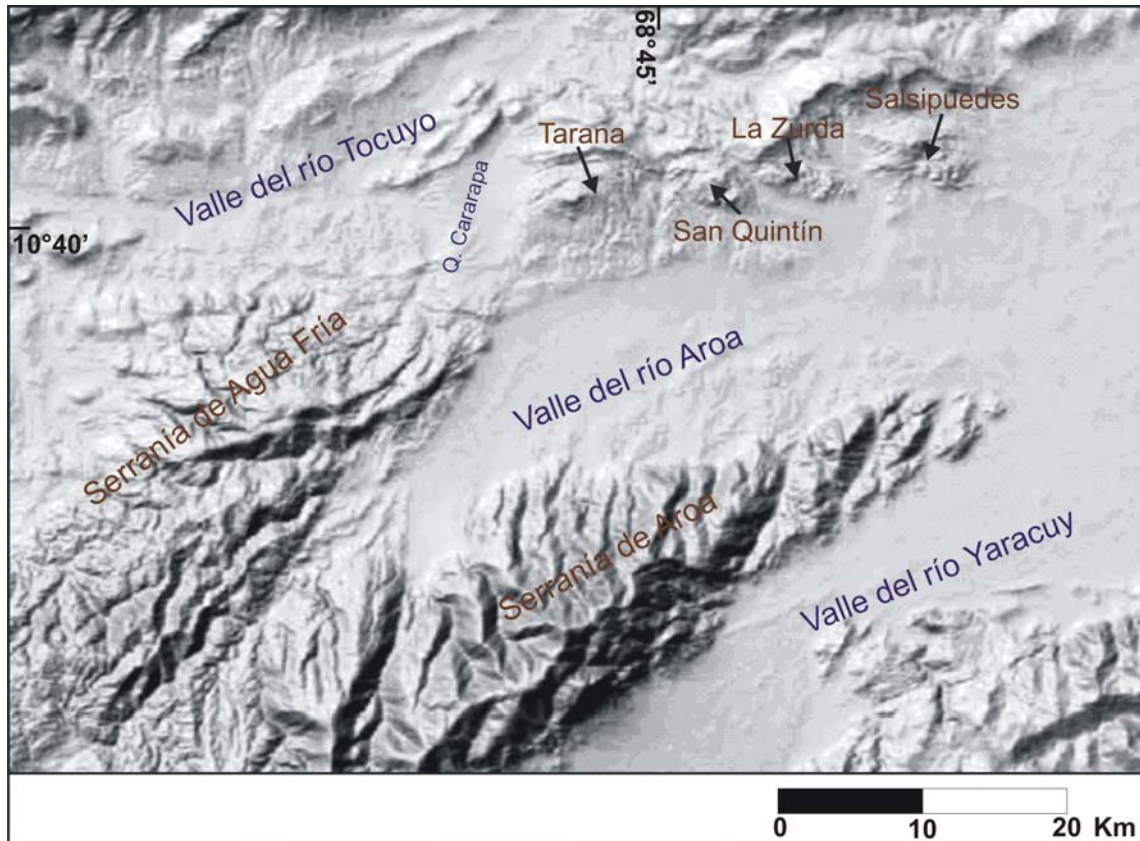


Fig. 3. Ubicación de las formas del relieve. Tomado de GARRITY *et al.* (2004).

## 2.2. DRENAJE

Las quebradas que se originan en el área de colinas y cerros (Tarana, San Quintín, La Zurda y Salsipuedes) desembocan en la cuenca del río Tocuyo y la del río Aroa. La cuenca del río Tocuyo, ocupa un 40% de la zona e incluye todos los drenajes que salen de los mapas hacia el norte y noroeste, la única sub-cuenca reconocida por su importancia es la del río Cararapa, la cual se ubica al oeste del macizo Tarana.

La cuenca del río Aroa es la principal, ocupa un 60% del área total y la que incluye los macizos ígneo-metamórficos. Las sub-cuencas que se pueden reconocer son aquellas de las quebradas Manuelito, La Zurda y San Antonio, las cuales se encuentran separando los macizos, presentan drenajes meandriformes y direcciones N 5 a 10° W y algunos quiebres donde el drenaje principal adquiere la dirección EO. Otras subcuencas importantes son las de las quebradas San Quintín, Agua Viva y Yaure en el macizo San Quintín; quebrada Aguacate en La Zurda y las quebradas Chepano y Salsipuedes en el macizo Salsipuedes, la disposición principal de estos drenajes es dendrítica.

### 2.3. CLIMA

En estas regiones montañosas el clima es del tipo tropical, lluvioso, cálido, de bosques húmedos y sub-húmedos tropófitos, caracterizado por dos estaciones con dos máximos de precipitación anual bien diferenciadas: una lluviosa (1.000-1.400 mm de precipitación anual) y otra de relativa sequía entre febrero, marzo y abril (BELLIZZIA & RODRÍGUEZ 1976).

La temperatura varía entre 28° y 17° C. La oscilación media anual es inferior a 5° C y por lo tanto se considera de tipo isoterma-tropical. La humedad relativa es muy alta, pero varía considerablemente de una zona a otra, desde un valor medio mínimo de 67% hasta 84%.

### 2.4. VEGETACIÓN

Existen diferentes formaciones vegetales que resultan de la combinación de las distintas variables ambientales en un espacio tropical. En el valle del río Aroa predominan los bosques primarios perennifolios, los matorrales y las comunidades halofíticas costeras, entre las cuales se debe mencionar el manglar. En los macizos ígneo-metamórficos predominan los bosques, rastrojos y cultivos en pequeños sectores. Igualmente, se encuentran los bosques perennifolios primarios de montaña, pero una parte de la superficie, está cubierto por rastrojos, sabanas piroformadas, cultivos y pastos (BELLIZZIA & RODRÍGUEZ 1976).

### 2.5. GEOMORFOLOGÍA

Con una visión regional, se puede establecer que la zona de estudio y sus alrededores corresponden a la región occidental de la Cordillera de La Costa, emergido desde el final del Cretácico, pero con paroxismo orogénico durante el Eoceno superior. Está representada por las estribaciones montañosas de las sierras de Aroa y Agua Fría, los valles del río Tocuyo, Aroa y Yaracuy (Fig. 3).

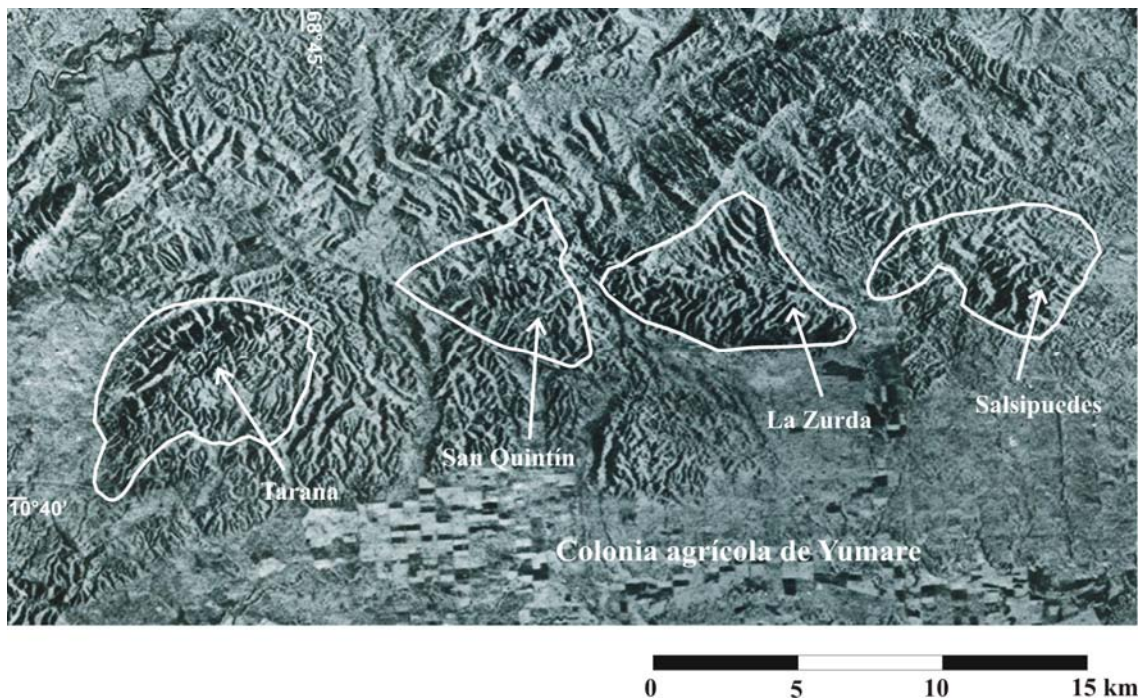
Como características principales de esta provincia estructural, se destacan: la presencia de rocas ígneo-metamórficas al norte del río Aroa, con una zona de fallas al norte de los mismo, que se extiende hacia el oeste, a lo largo del valle del río Tocuyo (hasta la región de Siquisique) y mucho más al oeste, hasta unirse con la Falla de Oca. La presencia de esta geofractura está oscurecida por la cubierta sedimentaria del Terciario inferior de la cuenca de Falcón y el fallamiento transcurrente posterior. La falla más importante es la falla de Boconó, que atraviesa el valle del río Yaracuy y se une al sistema de fallas de Morón-San Sebastián.

Desde el punto de vista fisiográfico, se puede subdividir en dos conjuntos topográficos distintos: sierras y grabens.

La sierra de Aroa cuyas cimas alcanzan 1.700 m de altitud, constituye una barrera natural entre el valle de Aroa y la depresión del Yaracuy. Se termina a la altura de Palmasola, a unos 30 km del litoral caribeano. Tiene un sentido, suroeste-noreste.

El flanco norte del valle del río Aroa está representado por la parte oriental de la serranía de Agua Fría. Esta formado por cerros de relieve moderado cuyas alturas van disminuyendo hacia el este (Fig. 4).

Los valles de los ríos Aroa y Yaracuy se interpretan como fosas tectónicas (grabens). El primero se origino a finales del Eoceno, como consecuencia del fallamiento longitudinal ocurrido durante la orogénesis de la Cordillera de La Costa, creándose un sitio propicio para la acumulación de los sedimentos detríticos arrastrados desde las sierras de Aroa y Agua Fría. Está caracterizado por un paisaje de glacís y terrazas aluviales escalonadas sobre las vegas del río Aroa. Las pendientes generales oscilan entre 1 y 6 %. El otro está formado por el fallamiento en graben de la zona axial de un extenso pliegue, hoy cubierto por sedimentos cuaternarios. Este se presenta en forma de un plano inclinado hacia el río Yaracuy, con pendientes medias de 2 a 6 %.



**Fig. 4.** Forma de relieve de los macizos ígneo-metamórficos y sedimentarios.

Imagen de radar, tomado de MARAVEN (1976).

### 3. GEOLOGÍA REGIONAL

#### 3.1. SÍNTESIS DE TRABAJOS PREVIOS

En la región del área de estudio se han realizado distintos trabajos geológicos, llevados a cabo por pocos autores, en ella existen diferentes unidades geológicas (Tabla 1).

**Tabla 1. Unidades geológicas encontradas en contexto regional en la zona de estudio.**

Edad	Tipo de roca	Unidad	Siglas	
Cuaternario	Sedimentarias	Aluvión	Qal	
		Terrazas	Qpt	
Mioceno tardío		Formación Ojo de Agua	Tmoa	
Mioceno medio		Formación Capadare	Tmcd	
Oligoceno-Mioceno medio		Formación Casupal	Tm $\phi$ ca	
Paleoceno-Eoceno medio		Formación Matatere	Tem	
Cretácico Cenomaniense- Campaniense		Formación La Luna	KL	
Cretácico?		Ígneo-metamórficas	Metavolcanosedimentarias de San Quintín	Ks
Cretácico?			Serpentinita	Ksp
Jurásico tardío- Cretácico			Esquisto de Aroa	JKa
Precámbrico (Proterozoico tardío?)	Meta-gabro anortosítico de Yumare		Xy	

En las figuras siguientes se muestra la zona ubicada en un contexto regional (Fig. 5) y con más detalle en la (Fig. 6).

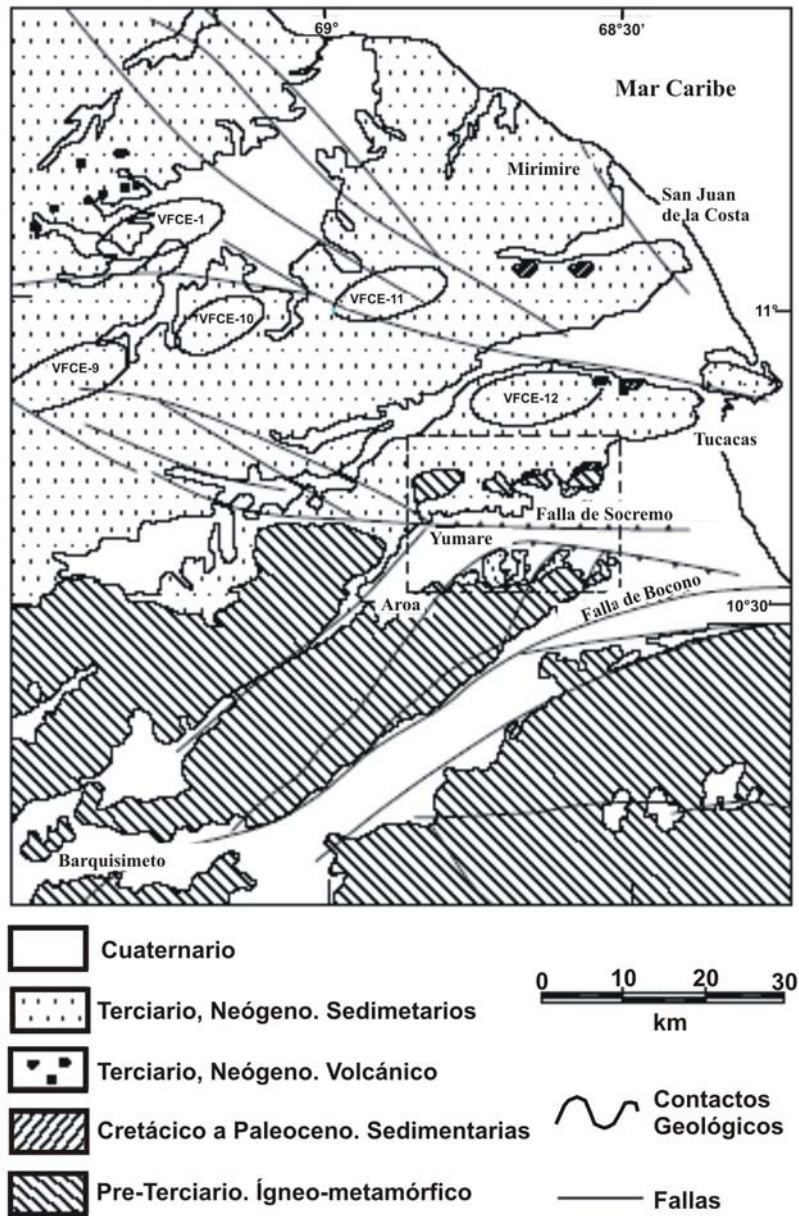


Fig. 5. Mapa geológico regional con la ubicación relativa del área de estudio. Tomado de URBANI *et al.* (2007).

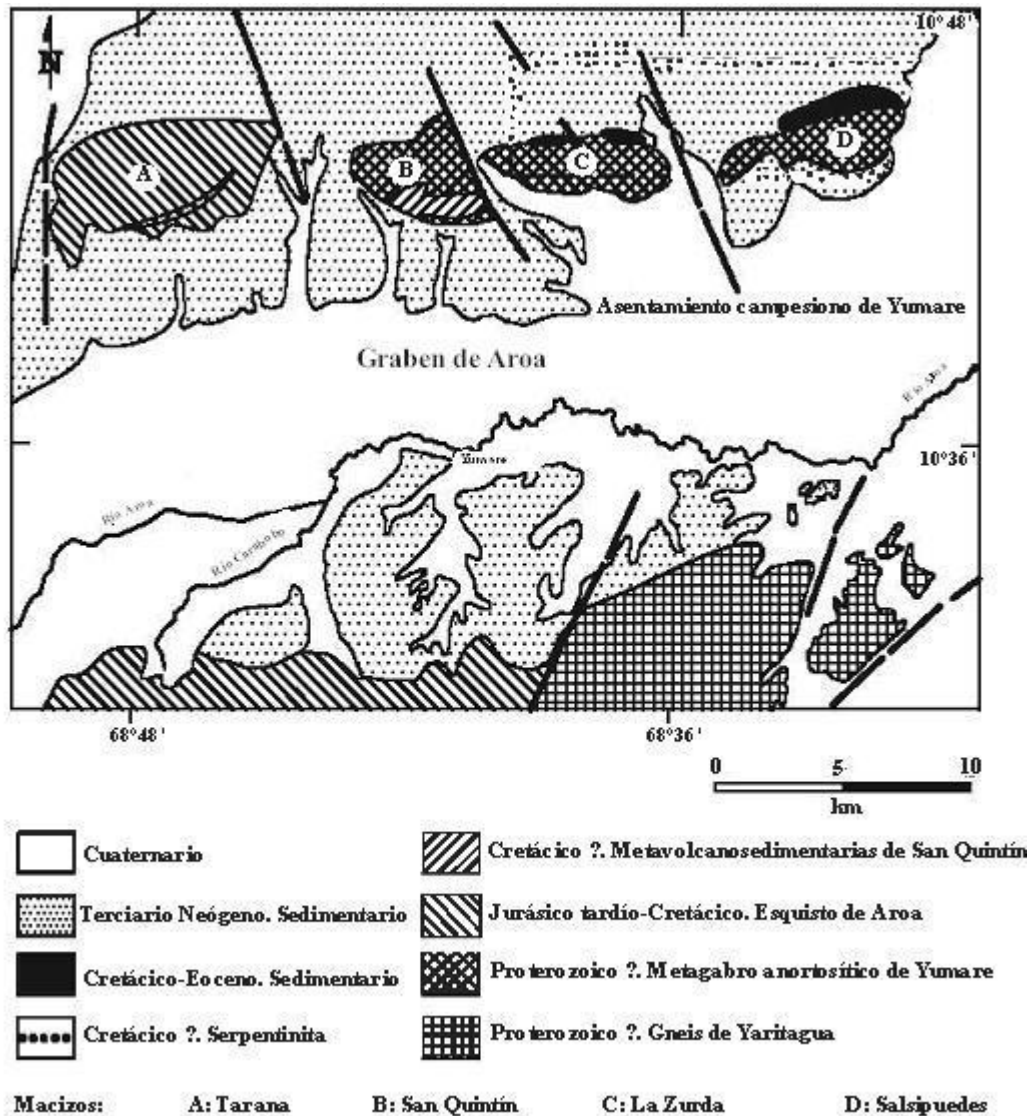


Fig. 6. Mapa geológico de la zona de Yumare. Tomado de URBANI *et al.* (2007).

Como un hecho muy importante de la región de Yumare y Aroa (al sur del área de estudio), en el año de 1612, se descubren las minas de cobre de Aroa, por don Alonso Sánchez de Oviedo. Desde el siglo XVII hasta mediados del siglo XIX, las minas de Aroa o de Cocorote fueron las más importantes de Venezuela, llegaron a ser propiedad del Libertador, quien las vendió en el año 1827. Desde su descubrimiento en adelante, la mina tiene un historial de puestas en explotación y abandono, pleitos jurídicos, hasta el año 1974 cuando se decreta la creación de un Parque recreativo en los antiguos terrenos de las minas y bajo la jurisdicción del Instituto Nacional de Parques (URBANI 1992).

Uno de los primeros estudios geológicos realizado en el entorno de la zona de estudio es de WIEDENMAYER (1924), quien describe su “Capadare serie” de edad Mio-Plioceno, igualmente hay muchos informes privados de las compañías petroleras entre los años 1925 y 1932, donde aparecen descritas las unidades sedimentarias de la Cuenca de Falcón, en especial su parte suroriental que alcanza los límites entre los estados Falcón y Yaracuy.

LIDDLE (1928) introduce formalmente el nombre de Formación Capadare e igualmente indica la presencia de rocas ígneo-metamórficas en la región de Yumare, que se observan por primera vez en su mapa geológico.

MACLAREN (1933, en BELLIZZIA & RODRÍGUEZ 1969) realiza la primera descripción general de la geología del distrito minero de Aroa, estimó unos 600 m de espesor de rocas metamórficas: esquisto carbonático y sericítica, caliza, caliza dolomítica y esquisto zoisítico-epidótico (“greenstone”), que atribuyó a las formaciones El Cantil y Guayusa, pero que hoy se conocen como Esquisto de Aroa.

LÓPEZ *et al.* (1944) en su informe sobre las minas de Aroa, estiman un espesor estimado de 750 m para la unidad del “Esquisto de Aroa”.

En 1962 Creole Petroleum Corporation integró el mapa C-6-C a escala 1:50.000 con información fotogeológica de ROHR (1955) y geología de superficie de NATERA (1957). Este mapa C-6-C incluye los macizos de Yumare, objeto de este trabajo, pero el estudio estaba dirigido a las rocas sedimentarias.

BELLIZZIA & RODRÍGUEZ (1966, 1968) introducen el término Formación Aroa y presenta su descripción.

BELLIZZIA & RODRÍGUEZ (1966, 1967) introdujeron el nombre de Formación Matatere para designar una secuencia de turbiditas, asociada con varios horizontes de capas de peñones, aunque VON DER OSTEN & STAINFORTH (1967) consideraron esta unidad como sinónima de la Formación Morán, pero posteriormente STAINFORTH (1968) rectificó este criterio y mantuvo la validez de la Formación Matatere.

BELLIZZIA & RODRÍGUEZ (1976) utilizan el nombre Formación San Quintín para designar una secuencia metavolcanosedimentaria que aflora en el macizo de San Quintín, 10 km al norte del pueblo Yumare, estado Yaracuy.

BELLIZZIA & RODRÍGUEZ (1976) publican un estudio geológico del estado Yaracuy y expresamente indican que “Uno de los hechos más resaltantes de esta investigación es el descubrimiento de un complejo de rocas de alto metamorfismo constituido por anortosita, granulita, gneis y anfibolita”. Estos autores consideran la zona, como parte de la región occidental de la Cordillera de la Costa y claramente expresan que el estudio de esas rocas sólo llega a un nivel preliminar. Ellos utilizan el nombre Complejo Yumare, para estas rocas metaígneas plutónicas que afloran en los macizos San Quintín, La Zurda y Salsipuedes, cerros objeto principal del presente estudio.

URBANI *et al.* (2007b) reconocen a la Formación La Luna y la Formación Matatere al norte de los macizos La Zurda y Salsipuedes en Yumare, antes denominados Formación Cerro Misión por BELLIZZIA & RODRÍGUEZ (1976) y Cretácico sin diferenciar (BELLIZZIA & RODRÍGUEZ 1966, 1976; NATERA 1957). Presentan análisis de muestras de la caliza negra de la Formación La Luna, las cuales se encuentra en etapa sobremadura ( $T_{\text{máx}} 478-488^{\circ}\text{C}$ ). Proponen cambiar los nombres de: Complejo de Yumare y Formación San Quintín a Meta-gabro anortosítico de Yumare y Metavolcanosedimentarias de San Quintín. Además comparan las unidades sedimentarias de la región de Yumare con aquellas de la zona de Siquisique en el estado Lara (Tabla 2).

**Tabla 2. Correlación de las unidades de Yumare, con aquellas de la zona de Siquisique (Los Algodones - Yuri - Chorrerones - Río Limón, estado Lara). Tomado de URBANI *et al.* (2007)**

Región de Siquisique	Yumare
<i>Nomenclatura según BELLIZZIA (1989), modificada por URBANI (2006).</i>	<i>URBANI (2007).</i>
- Fm. <b>Capadare</b> -- discordancia --	- Formación <b>Capadare</b> -- discordancia --
- Formación <b>Castillo</b> -- discordancia --	- Fm. <b>Casupal</b> -- discordancia --
- Formación <b>Matatere</b> (flysch con olistolitos) -- fallas inversas --	- Formación <b>Matatere</b> (flysch con olistolitos) -- ¿ fallas inversas ? --
- Súper-asociación <b>Río Tocuyo</b> = Asociación Volcanosedimentaria <b>Los Algodones</b>	
+ Formación <b>La Luna</b>	- Formación <b>La Luna</b>
+ Volcanosedimentarias + “Suela de corrimiento”	- ¿Meta-volcanosedimentarias de <b>San Quintín</b> : aglomerado, sedimentarias? - No identificada
= Asociación Ígnea <b>Siquisique</b> (Jurásico) + Plutónicas (gabro-ultramáficas)	- Meta-gabro anortosítico de <b>Yumare</b>
+ Volcánicas (diabasa-basalto)	- ¿ Meta-volcanosedimentarias de <b>San Quintín</b> : lava masiva?

### 3.2. UNIDADES ÍGNEO-METAMÓRFICAS

En la tabla 4 se observan las unidades ígneo-metamórficas que afloran en la región del área de estudio, ordenadas según su edad geológica, de más joven a antiguo.

**Tabla 3. Unidades ígneo-metamórficas.**

Edad	Unidad	Siglas
Cretácico?	Metavolcanosedimentarias de San Quintín	Ks
	Serpentinita	Ksp
Jurásico tardío-Cretácico	Esquisto de Aroa	Jka
Precámbrico (Proterozoico Tardío?)	Meta-gabro anortosítico de Yumare	Xy

#### 3.2.1. Meta-gabro anortosítico de Yumare

BELLIZZIA & RODRÍGUEZ (1976) utilizan el nombre de Complejo de Yumare para describir un conjunto de rocas metamórficas de muy alto grado, bien expuestas en el macizo de San Quintín y otros adyacentes, estado Yaracuy.

La localidad tipo no está expresamente indicada, pero existen buenos afloramientos en el flanco sur del macizo de San Quintín, así como en los macizos vecinos de La Zurda y Salsipuedes, todos ellos ubicados a unos 10 km al norte de la población de Yumare, estado Yaracuy.

BELLIZZIA & RODRÍGUEZ (1976) interpretan esos tres macizos como bloques fallados, donde rocas del basamento pre-Mesozoico se han puesto en contacto con rocas de diferente petrogénesis. Indican que esta unidad está constituida por rocas gnéisicas, anortosita, granulita, anfíbolita y piroxenita.

Los mismos autores describen un gneis cuarzo-feldespático-biotítico, con textura que varía entre el grano medio y pegmatítica. Además del cuarzo, feldespato y biotita, contienen muscovita, epidoto y ocasionalmente hornblenda. Se observan frecuentes bandas félsicas intercaladas, formando gneis bandeado; otros tipos de gneis exhiben textura de "augen" y en ocasiones se presenta esquisto cuarzo - micáceo con textura lepidoblástica.

La anortosita, granulita, anfíbolita y piroxenita, se intercalan con la secuencia del gneis descrito, en el macizo San Quintín; sin embargo, lo avanzado de la meteorización, la densa vegetación y la escasez de afloramientos dificultan el estudio detallado de esta relación.

La anortosita aflora en el flanco sur del macizo de San Quintín, entre las quebradas San Quintín y Yaure. El color fresco es blanco grisáceo amarillento y su meteorización produce suelos de color marrón amarillento. Existen tres variedades principales de anortosita: anortosita maciza de grano grueso a pegmatítico, anortosita de grano medio a fino y anortosita bandeada en capas delgadas intercaladas con granulita y anfíbolita.

La mineralogía consiste en 95% de plagioclasa de tipo andesina, ilmenita y hematita como accesorios y cantidades menores de anfíbol y cuarzo. La plagioclasa altera a epidoto y sericita; los minerales metálicos a veces constituyen más del 10% de la roca y se presentan diseminados o en formas de agregados y lentes puros. El porcentaje de ilmenita varía entre 0,4% y 15,8% con un promedio de 5,2%. Los análisis de mineral masivo indican una relación de ilmenita a hematita de 2:1. La pirita es un mineral accesorio, en forma de exsoluciones en los cristales de ilmenita, pero en algunas secciones pulidas forma más del 30% de la mena.

En general la anortosita es de mineralogía muy variable, desde casi monominerálica hasta rocas con elevado contenido de anfíbol, con transiciones desde el tipo puro hasta anortosita anfibólica y gneis anortosítico.

La roca que definen como granulita es esencialmente de grano grueso, densa y maciza, de acuerdo al contenido de minerales característicos la clasifican en: granulita clinopiroxénica, granatífera-piroxénica y clino-orto-piroxénica. A menudo se desarrollan grandes cristales de tremolita-actinolítica a expensas de la hornblenda. Si el anfíbol pasa de accesorio a principal, la “granulita” la designan piroxeno-anfibólica. También es común el desarrollo de rocas miloníticas, finamente laminadas, de color blanco verdoso, asociadas a zonas de cizallamiento y fallamiento transcurrente. En muchas de las variedades de “granulita” se encuentran minerales metálicos del grupo ilmenita-hematita-magnetita, similares a los de la anortosita.

La asociación granulita-anortosita-piroxenita y piroxenita anfibólica está prácticamente restringida al macizo de San Quintín; en los macizos La Zurda y Salsipuedes sólo localizan afloramientos aislados de piroxenita, anfíbolita y anfíbolita granatífera, con predominio del gneis cuarzo-feldespático (BELLIZZIA & RODRÍGUEZ 1976).

Dichos autores indican no haber encontrado rocas charnockíticas o mangeríticas asociadas a las anortositas como tampoco ígneas de la serie diorita-gabro-norita, que es el caso normalmente de las anortositas de tipo plutónico orogénico. Tampoco reconocen gneises y esquistos ricos en silicatos alumínicos (andalucita, sillimanita y/o cianita) presentes comúnmente en rocas adyacentes a los cuerpos anortosíticos y como accesorios en muchos.

La distribución regional de esta unidad litológica se restringe a los macizos de San Quintín, La Zurda y Salsipuedes, cuerpos segmentados por fallas y globalmente elongado en dirección este - oeste, de unos 17 km de longitud, por un ancho medio de unos 2 a 3 km. Esta región constituye el extremo noroccidental de las rocas ígneo-metamórficas de la Cordillera de La Costa.

Por la presencia de “granulita” y anortosita, los autores consideraron a estas rocas como remanentes de un bloque fallado del Escudo de Guayana, por lo tanto interpretan una edad Precámbrica. GONZÁLEZ DE JUANA *et al.* (1980) señalan que cualquier intento de atribuirles una edad a la anortosita de Yumare, es totalmente especulativo hasta no efectuar determinaciones radiométricas en esta unidad. Debido a trabajos geocronológicos más recientes, ya está firmemente establecida la presencia de rocas de edad Precámbrica en la Cordillera de La Costa (OSTOS *et al.* 1989, OSTOS 1990) por consiguiente una edad Precámbrica para el Meta-gabro anortosítico de Yumare parece una interpretación, por los momentos adecuada.

RODRÍGUEZ (1978) y RODRÍGUEZ & AÑEZ (1978) han estudiado las anortositas de San Quintín por su importancia como depósitos de ilmenita.

### 3.2.2. Esquisto de Aroa

BELLIZZIA & RODRÍGUEZ (1966) introducen el término Formación Aroa para designar una espesa secuencia de rocas metamórficas, expuesta en la serranía de Aroa, estado Yaracuy, en el distrito minero de Aroa, con la cual se asocia la mena de piritas cupríferas. Los mismos autores (1968) describieron posteriormente la unidad en detalle, indicando secciones de referencia y su extensión geográfica.

La localidad tipo está situada en la falda norte de la serranía de Aroa en el estado Yaracuy. Hay buenas secciones de referencia en las quebradas Las Minas, Cumeragua y Carampampa y el río Tupe del distrito minero, en los ríos Nirgua, Tirgua y Tucuragua y en la serranía de Nirgua-Tucuragua (BELLIZZIA & RODRÍGUEZ 1969).

La formación toma su nombre del distrito minero de Aroa situado en la falda norte de la serranía del mismo nombre, en el estado Yaracuy.

Esta unidad consiste de una secuencia de esquisto carbonático grafitoso, filita grafitosa, esquisto cuarzo-micáceo-grafitoso, mármol laminado, mármol macizo y varios horizontes de esquisto verde. Estos últimos exhiben una mineralogía de zoisita, clinozoisita, epidoto, feldespato, actinolita, clorita, calcita y cuarzo. Esta roca de color verde pálido y verde oliva, abundan hacia la parte media de la unidad, donde alcanzan 50 m de espesor. La roca verde posiblemente representa roca básica metamórfizada, especialmente toba y lava (BELLIZZIA & RODRÍGUEZ 1969).

El esquisto carbonático-grafitoso, micáceo-grafitoso y la filita grafitosa constituye alrededor del 60% de la unidad y consiste en calcita, grafito, sericita, cuarzo, feldespato, zoisita, pirita y clorita. El mármol laminado generalmente se interestratifica con el esquisto carbonático-grafitoso. El mármol macizo alcanza hasta 20 m de espesor, generalmente es grafitoso, pirítico y lenticular.

La mineralogía del yacimiento mineral de Aroa es simple: pirita y cantidades menores de calcopirita, esfalerita, galena con bornita y covelina como accesorios.

El metamorfismo que afectó al Esquisto de Aroa corresponde a la subfacies de cuarzo-albita-muscovita-clorita de la facies de los esquistos verdes del metamorfismo regional (BELLIZZIA & RODRÍGUEZ 1968).

Según BELLIZZIA & RODRÍGUEZ (1969) es muy difícil determinar el espesor de la unidad por su intenso cizallamiento, plegamiento, isoclinal y replegamiento; pero estiman un espesor mínimo de 1.200 m. MACLAREN (1933, en BELLIZZIA & RODRÍGUEZ 1969) estimó 600 m de espesor de rocas metamórficas. LÓPEZ *et al.* (1944) dieron un espesor estimado de 750 m.

Fósiles descritos por BERMUDEZ & RODRÍGUEZ (1962), en bloques de caliza cristalina de grano fino, embebidos en un conglomerado de peñas y peñones, en la base de la Formación Casupal en el macizo de Salsipuedes, señalan una edad Titoniense-Valanginiense. Esta caliza se asemeja a la caliza cristalina litográfica del Esquisto de Aroa y lo ubican en una edad Jurásico Superior-Cretáceo. GONZÁLEZ DE JUANA *et al.* (1980) consideran a la Formación de edad pre-Cretácica por su posición estratigráfica infrayacente a la Formación Mamey de edad Cretácico Temprano determinada a base de su contenido de amonites mal preservados.

Según BELLIZZIA & RODRÍGUEZ (1968), el Esquisto de Aroa presenta gran semejanza litológica con el Esquisto de Las Mercedes de la Asociación Metasedimentaria Caracas.

### 3.2.3. Serpentinita

En la Cordillera de la Costa, en general se han cartografiado varios cinturones de rocas ultrabásicas serpentinizadas asociadas a la secuencia metamórfica. BELLIZZIA & RODRÍGUEZ (1976) señalan que cuerpos pequeños y medianos de serpentinita y peridotita serpentinizada afloran al sur del macizo de Tarana, en las Serranías de Aroa, Nirgua y Santa María-Puerto Cabello y mencionan que estas rocas pueden agruparse en tres tipos principales:

(1) Peridotitas serpentinizadas, expuestas especialmente en el macizo de Tarana en afloramientos escasos y concordante dentro del Esquistos de Aroa. En superficie fresca, la roca es verdosa y marrón verdosa y al meteorizar desarrolla numerosas oquedades de disolución; su textura es granular, de grano medio a grueso. Al microscopio consiste esencialmente en antigorita con escasos vestigios de olivino y restos esqueléticos de ortopiroxenos, posiblemente enstatita, alterada a bastita, abundan las vetitas de crisotilo en todas direcciones y los carbonatos, clorita, serpofita y magnetita son frecuentes.

(2) Serpentinitas, éste es el tipo más abundante, formando lentes generalmente pequeños paralelos a la foliación de las unidades de Aroa y Nirgua, frecuentemente asociados a zonas de falla y muy tectónizados. La roca es verde oliva, verde manzana y verde grisáceo moteado en marrón. Su mineralogía es simple: crisotilo, bastita, clorita y magnetita, en algunas variedades predomina antigorita, hay frecuentes vetitas de crisotilo.

(3) Serpentinitas talco-carbonatadas, esta variedad exhibe colores diversos con predominio de tonos verdosos. Las rocas efervescen con ácido clorhídrico. Su textura es variable: maciza, cizallada o foliada, a veces porfidoblástica, como también la mineralogía: serpentina, serpentinita talco-carbonatada, esteatita (saponita) esquistoso-clorítica y clorítica.

### 3.2.4. Metavolcanosedimentarias de San Quintín

BELLIZZIA & RODRÍGUEZ (1976) utilizan el nombre de Formación San Quintín para designar una secuencia metavolcánica - metasedimentaria que aflora en el macizo de San Quintín, estado Yaracuy.

La localidad tipo esta en el flanco sur del macizo San Quintín, a unos 10 km al norte de Yumare, estado Yaracuy.

BELLIZZIA & RODRÍGUEZ (1976) describen esta unidad litológica como un conjunto de rocas volcánicas máficas débilmente metamorfizadas y una secuencia metasedimentaria de metarenisca, metalimolita, filita y escasos niveles de metaconglomerado, que aflora en el flanco sur del macizo San Quintín. Forma un cuerpo elongado en dirección este-oeste, de unos 8 km de longitud por unos 3 km de ancho (BELLIZZIA & RODRÍGUEZ 1976, mapa).

En algunas localidades las metavolcánicas aparentemente se intercalan a varios niveles con rocas del Metagabro anortosítico de Yumare; en otras zonas están incluidas en las rocas metasedimentarias. Según BELLIZZIA & RODRÍGUEZ (1976), esta aparente concordancia de las metavolcánicas con las rocas del Metagabro anortosítico de Yumare es de carácter tectónico, si bien hay localidades con diques basálticos cruzando la anortosita.

Los tipos de roca metavolcánica presente son esencialmente metatoba de cristales y lítica y metalava en menor proporción. La metatoba, dominante en toda la secuencia volcánica, es densa, de color verde y verde oscuro con colores de meteorización rojizos y violáceos. De acuerdo al tamaño de los fragmentos se clasifican tanto como líticas, de lapilli y de cristales; los fragmentos incluidos son de lava, angulares, verde o verde oscuro, con variaciones en el grado de cristalinidad. Además se observan fenocristales de plagioclasa, parcial o totalmente alterada a calcita, sericita y clorita y escasos fenocristales de augita. La abundante matriz, de color verde oscuro, esta formada por agregados de microlitos de feldespato, calcita, cristales esqueletales de piroxeno y clorita en una matriz pseudoisotrópica.

La metalava es densa, compacta a débilmente foliada, de color verde, verde oscuro o negro y meteorizan pardo oscuro, a rojizo o lavanda. Existen variedades con textura porfídica, pero en general presentan textura intersectal con fenocristales de plagioclasa cálcica, que en su mayoría está totalmente alterada a agregados de clorita, epidoto y calcita, lo que dificulta su identificación. Los fenocristales de augita son anhedrales y bastante alterados; como accesorios se presentan magnetita, hematita, y esfena. La matriz consta de microlitos de feldespato fresco, aunque a veces muy alterado, con clorita, epidoto, pumpellita y un material pseudoisotrópico de aspecto vítreo. Tanto en la metalava como en la metaloba se observan frecuentes vetillas de calcita, cuarzo y clorita y escasas amígdalas rellenas de calcita, clorita y epidoto; se observan además numerosos diques de basalto que cortan a la roca metamórfica.

Las rocas metasedimentarias de esta unidad son esencialmente metarenisca de grano fino y color verde claro, blanco o crema macizas o débilmente foliadas. Se componen de cuarzo en granos bien redondeados y cantidades menores de plagioclasa alterada y mica; la matriz está compuesta de mica, clorita y cuarzo. Además de la metarenisca se mencionan escasos niveles de metaconglomerado de color gris oscuro formados por cuarzo y fragmento de filita y cuarcita en una matriz arcillosa - micácea, ligeramente orientada. Las rocas restantes son metalimolita y filita verdes claras o rojizas en superficies meteorizadas.

BELLIZZIA & RODRÍGUEZ (1976) indican que aunque las volcánicas de San Quintín son macizas o débilmente foliadas, la presencia de minerales secundarios: epidoto, clorita y pumpellyita indica un metamorfismo de bajo grado, correspondiente a la facies de la prehnita-pumpellita.

Tanto las relaciones de campo como los estudios de laboratorio sugieren que las rocas sedimentarias y volcánicas asociadas representan una secuencia volcánico-sedimentaria, constituida por vestigios erosionales que presuntamente se depositó sobre las rocas del Metagabro anortosítico de Yumare.

Por su presunta posición "estratigráfica" entre el Esquisto de Aroa (Jurásico-Cretácico) y la Formación Cerro Misión (Eoceno), BELLIZZIA & RODRÍGUEZ (1976) interpretan una edad Cretácica.

### 3.3. UNIDADES SEDIMENTARIAS

En la tabla 3 se observan las unidades sedimentarias que afloran en la región del área de estudio, ordenadas según su edad geológica, de más joven a antiguo.

**Tabla 4. Unidades sedimentarias.**

Edad	Unidad	Siglas
Cuaternario	Aluvión	Qal
	Terraza	Qpt
Mioceno tardío	Formación Ojo de Agua	Tmoa
Mioceno medio	Formación Capadare	Tmcd
Oligoceno-Mioceno medio	Formación Casupal	Tm $\phi$ ca
Paleoceno-Eoceno medio	Formación Matatere	Tme
Cretácico Cenomaniense-Campaniense	Formación La Luna	KL

#### 3.3.1. Formación La Luna

GARNER (1926) publicó originalmente el nombre de caliza de La Luna, posteriormente descrita en detalle por HEDBERG & SASS (1937) con rango de formación.

La localidad tipo se ubica en la quebrada La Luna, unos 200 m al oeste de la Hacienda La Luna, 16 km al oeste de Villa del Rosario, distrito Machiques, estado Zulia, sierra de Perijá.

Esta Formación consiste típicamente de caliza y lutita carbonática fétida, con abundante materia orgánica laminada y finamente dispersa, delgadamente estratificadas y laminadas, densas, de color gris oscuro a negro; la ftanita negra es frecuente en forma de vetas, nódulos y capas delgadas; las concreciones elipsoidales a discoidales de 10 a 80 cm de diámetro, son características típicas de la formación, que permiten reconocerla en cualquier afloramiento. Muchas de las concreciones tienen amonites y otros microfósiles en su interior. Las capas de caliza varían en espesor de 1-2 cm hasta unos 50 cm, con estratificación uniforme y monótona. Fracturas frescas de las calizas tienen olor característico y fuerte a bitumen. Detalles de secciones finas se encuentran en HEDBERG (1931) y FORD & HOUBOLT (1963).

Los espesores varían entre 70 y 300 m, con tendencia a aumentar de sur a norte. En la concesión Barco (Colombia) varía entre 43 a 86 m.

La Formación en la región del lago de Maracaibo, suprayace concordantemente a la Formación Maraca, la más alta de las calizas fosilífera del Grupo Cogollo, e infrayace, también concordantemente, a la Formación Colón. Sin embargo, hacia el sur la unidad grada lateralmente a la Formación Capacho y su contacto inferior se define por la variación en sentido descendente a una alternancia de tipos variables de lutita y caliza.

En el contacto La Luna-Colón, por debajo de la lutita característica de la Formación Colón, se presenta una extensa zona glauconítica (Miembro Tres Esquinas), que localmente infrayace a una caliza fosilífera (Miembro Socuy). Los primeros autores abrigaron dudas en cuanto a la formación incluyente de estas dos subunidades. Actualmente se considera a la Caliza de Socuy como miembro de la Formación Colón y al Miembro Tres Esquinas como límite superior e incluido en la Formación La Luna (BOESI *et al.* 1988 y ROMERO & GALEA 1995).

La edad de la Formación La Luna es Cretácico: Cenomaniense a Campaniense.

### 3.3.2. Formación Matatere

BELLIZZIA & RODRÍGUEZ (1966, 1967) introdujeron este nombre para designar una espesa secuencia de turbiditas, asociada con varios horizontes de capas de peñones. La unidad incluye las rocas designadas como "Capas de Peñones de Pavía" (BUSHMAN 1959), Terciario no-diferenciado en facies "flysch" (CORONEL & RENZ 1960) y parte de la Formación Morán (VON DE OSTEN & ZOZAYA 1957, BUSHMAN 1959, 1960, 1965). Aunque VON DER OSTEN & STAINFORTH (1967) consideraron esta unidad como sinónima de la Formación Morán, posteriormente STAINFORTH (1968) rectificó este criterio y mantuvo la validez de la Formación Matatere.

La Formación Matatere aflora extensamente en el estado Lara, aproximadamente una tercera parte de su superficie está cubierta por sedimentos de esta Formación. La unidad toma su nombre de la Serranía de Matatere, constituida casi totalmente por sus rocas. Se encuentran buenas secciones de referencia en el flanco oriental de la Serranía de Matatere, en las quebradas Matatere, Cambural y Morrocoy y en el flanco occidental, en las quebradas Parapara, Cogollal y Los Yabos. La sección de la carretera Barquisimeto-Carora constituye otra excelente sección de referencia por la calidad de sus afloramientos y su fácil acceso. La complejidad estructural y la monotonía de la secuencia dificultan la estimación precisa del espesor de la unidad; a base de las diversas secciones estudiadas (en el estado Lara) se estima un espesor mínimo de 3.000 m.

BELLIZZIA & RODRÍGUEZ (1966, 1967) mencionan que la Formación consiste en una gruesa secuencia de turbiditas con muchas características de "flysch" europeo. Las areniscas generalmente forman capas delgadas de unos 30 cm de espesor que pueden alcanzar hasta 3 m. Son de color gris verdoso o marrón y al meteorizar presentan el típico aspecto de "sal y pimienta" de las areniscas impuras. Por regla general son de grano fino a medio y exhiben pobre escogimiento, con predominio de granos subangulares y angulares.

Las capas de arenisca de grano grueso y de conglomerado intraformacional son escasos. Algunas de arenisca son ligeramente carbonáticas y a veces están cortadas por vetas de cuarzo. La arenisca se componen esencialmente de cuarzo, con proporciones menores de feldespatos, micas, pirita, circón y fragmentos lúxicos constituidos por calizas de grano fino, cuarcitas, esquistos y en menor proporción rocas ígneas (volcánicas, granitos) y gneis. Es interesante notar que el porcentaje de rocas volcánicas básicas aumenta hacia el norte del estado Lara. Al sur del Alto de Siquisique, esta fracción predomina en algunas areniscas. La matriz se compone de arcillas, con algo de calcita y clorita. El porcentaje de arenisca y limolita varía entre 30-45% de la secuencia. En general, la mayoría de las capas de arenisca tienen menos de 20 cm de espesor.

En algunas localidades aflora localmente otro tipo de arenisca cuarzosa, intercaladas en la secuencia lutácea, que exhiben madurez más avanzada (granos más redondeados y porcentaje de matriz muy pequeño), su presencia puede interpretarse de varias maneras: como capas lenticulares de areniscas cuarzosas relacionadas con buen escogimiento del material de origen, como consecuencia del hecho comprobado de que en las capas gruesas de turbiditas, especialmente en las de grano grueso, la estratificación gradada está ausente o mal desarrollada.

El contacto de la arenisca con la lutita es a veces brusco y otras es transicional. La arenisca, especialmente en capas delgadas, tiene buena gradación y algunas veces exhibe marcas de base: moldes o calcos de flujo, de surco, de carga, de deslizamiento, pliegues en voluta y estructuras de desgarre y deslizamiento, típicas de las secuencias turbidíticas. También son frecuentes los perdigones y las láminas de arcillas, características comunes en este tipo de sedimentos.

La arenisca de la Formación Matatere corresponde a los tipos de grauvaca lítica, subgrauvaca, y en menor proporción a protocarcita; también podrían clasificarse como grauvaca, grauvaca feldespática y subgrauvaca feldespática o simplemente como arenisca impura váquica en las variedades de arenisca lítica váquica y arenisca subfeldespática váquica.

Los mismos autores describen y mencionan que la lutita constituye entre 33 y 55% de la unidad; es generalmente de color gris oscuro y meteorizan en verde oliva a marrón, con estratificación irregular; presenta fractura en lápices característica, debido al escaso espaciamiento de las fracturas y al desarrollo de un clivaje oblicuo. A lo largo de los planos de estratificación y cizallamiento es frecuente encontrar calcita ya veces yeso. Se localizaron escasos horizontes de lutita carbonática. Al microscopio las secciones fina exhiben algunos granos de cuarzo en una matriz semi-opaca de lodo fino. De acuerdo con los estudios por difracción de rayos-X, la lutita tiene una composición esencialmente cuarzo-clorítica-micácea, con un pequeño porcentaje de feldespato. La lutita se presenta intercalada con la arenisca en capas con un espesor medio variable entre 15 y 30 cm que aumenta hacia la parte inferior de la Formación.

Dentro de la Formación Matatere se presentan varios horizontes de capas de bloques, constituidos por horizontes más o menos continuos de cantos y bloques de tamaño variable, embebidos en la típica secuencia de la Formación, especialmente en lutita y limonita. Los cantos y bloques son especialmente de caliza cretácica, y en menor proporción de granito, gneis, rocas volcánicas y arenisca.

La lutita de la Formación Matatere, como es característico en la mayoría de los sedimentos turbidíticos no son fosilíferos. En una de las muestras tomadas por BELLIZZIA & RODRÍGUEZ (1976) en Loma de León, cerca del contacto con la Formación Morán, BERMÚDEZ identificó foraminíferos arenáceos, aunque no muy diagnósticos, indican una edad general Paleoceno, STEPHAN (1982) obtiene edades de la Formación Matatere del Paleoceno-Eoceno medio.

### **3.3.3. Formación Casupal**

El nombre Capas de Casupal fue publicado originalmente por LIDDLE (1946), para designar un conjunto de areniscas aflorando al norte y oeste del rancho Casupal, en el sureste del estado Falcón, siendo reafirmado por WHEELER (1960), mientras que MÉNDEZ (1967) proporcionó una sección de referencia para la Formación, en la quebrada La Pluma y en otras secciones adicionales.

La localidad tipo de esta Formación es el Rancho Casupal al sur de Cerro Misión, municipio Silva, estado Falcón.

La Formación se extiende geográficamente por los bordes sur-central y suroriental de la subcuenca de Falcón, desde cerca de Churuguara hasta la región de Riecito-Cerro Misión-montañas de Agua Linda. La mejor sección de referencia aflora en la quebrada Pluma, entre los cerros Riecito y Misión, a unos 8 km de la Colonia Agrícola Araurima en el municipio Silva.

La Formación consiste en arenisca de color gris claro, grano medio a conglomerática, con espesores variables entre 2 y 5 m, muy cuarzosa, a menudo carbonácea y a veces carbonática y arcillosa, con el típico carácter de "sal y pimienta"; conglomerado muy bien cementado, en capas de hasta 10 m de espesor, de guijarro redondeado y peñas de cuarzo, cuarcita, ftanita negra y caliza.

En la sección de la quebrada La Pluma la unidad tiene unos 1.600 m de espesor; su contacto superior con la Formación Capadare es discordante y se traza en la base de la caliza coquinoide amarillenta de ésta última. En la región de Yumare, en el borde norte de los cerros de San Quintín, Tarana y Palma Sola es discordante sobre las metamórficas de las unidades de Yumare y Aroa.

La evidencia paleontológica y palinológica permite atribuir a la Formación al Oligoceno-Mioceno inferior, quizás extensiva al Mioceno medio.

En la figura 7 se observa la forma, en abanicos, de la depositación de la secuencia estratigráfica de la Formación Casupal.

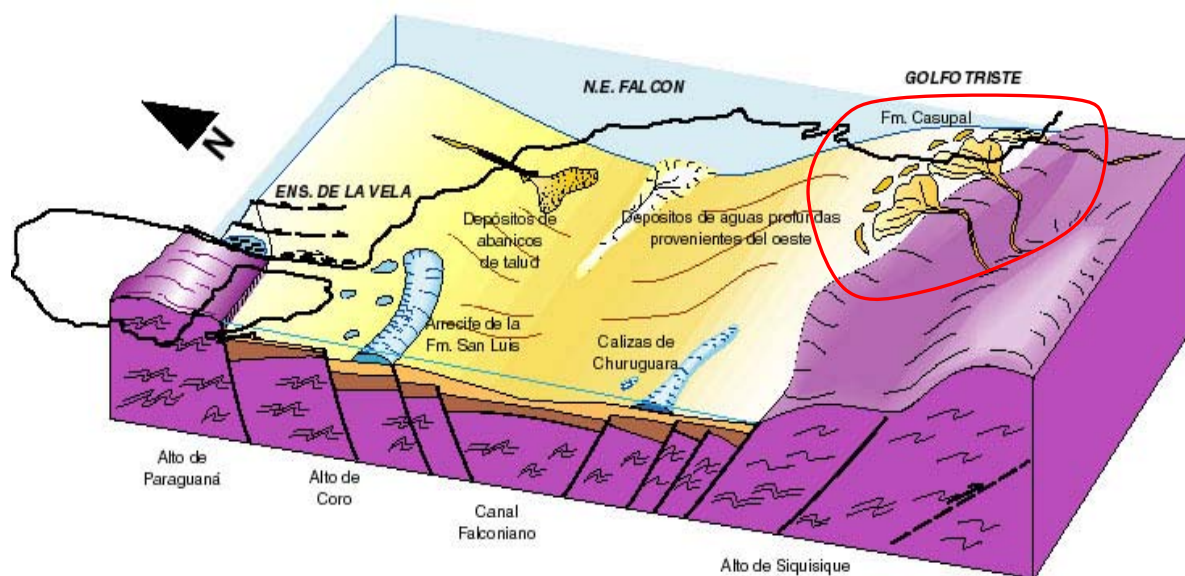


Fig. 7. Forma de depositación, en abanicos, de la Formación Casupal. Tomado de VIPA (2004).

### 3.3.4. Formación Capadare

LIDDLE (1928) le reconoce el rango formacional e introduce el nombre de Formación Capadare pero también omite una discusión formal de la unidad.

En la primera y segunda edición del *Léxico Estratigráfico de Venezuela*, la Formación Capadare aparece como unidad informal “Caliza de Capadare”, a pesar que LIDDLE (1928) la había publicado con rango de formación. Desde entonces varios autores como MÉNDEZ (1967), VAN DEN BOLD (1972), BELLIZZIA & RODRÍGUEZ (1976), GONZÁLEZ (1979), DÍAZ DE GAMERO (1985), CAMACHO *et al.* (1988), LAMUS *et al.* (1989) han preferido usar el nombre Formación Capadare. Aunque se han realizado varios trabajos de campo en el área de cerro Capadare, todavía no se ha descrito completamente el estratotipo. BELLIZZIA & RODRÍGUEZ (1976) justifican el término de Formación Capadare por sus características litológicas y geomorfológicas cartografiables y su importancia económica, le asignan como sección de referencia la sección de cerro Chichiriviche.

La Formación consiste en caliza margosa de color crema, muchas de ellas coquinoides, de espesor variable entre pocos y 25 m; lutita carbonática también de color crema, algunas arenáceas o limosas y ricas en contenido faunal, y escasos lentes de arenisca carbonática de grano fino. Algunas calizas son fosfáticas y otras dolomíticas. Los cambios litológicos laterales son frecuentes; en algunas localidades la unidad está constituida por un 90% de caliza y en otras puede contener hasta 50% de lutita y marga.

La unidad suprayace discordante ya sea a la Formación Agua Linda o a la Formación Casupal y a veces descansa directamente sobre rocas ígneas y metamórficas de la región (BELLIZZIA & RODRÍGUEZ 1967), su contacto superior con la Formación Ojo de Agua es concordante y transicional diacrónico (GONZÁLEZ DE JUANA *et al.* 1980). Contiene ricas faunas micro y macrofósilíferas que indican una edad Mioceno medio. Según NATERA (1957), la Formación Capadare representa el período máximo de transgresión del Mioceno en los valles de Tocuyo-Aroa. Se correlaciona con parte de la Formación Ojo de Agua y con la Formación Caujarao en la región de Cumarebo.

### 3.3.5. Formación Ojo de Agua

El nombre fue introducido por SENN (1940), aunque sin describir la unidad. RENZ (1956) la describe por primera vez.

La localidad tipo de esta formación es el cerro Ojo de Agua, Pozón, municipio Acosta, estado Falcón y la sección-tipo es Loma Luca, continuación al sur de la sección de la Formación Pozón, descrita por RENZ (1948).

Consiste principalmente en arenisca micácea intercalada con arcilla, conglomerado y caliza arenosa nodular y macrofósilífera. Al sur del río Aroa afloran lutitas, areniscas, calizas y algunas capas de lignito; en el flanco sureste de la Serranía de Agua Fría hay frecuentes lutitas yesíferas y algunas capas macizas lenticulares de yeso que se explotan en la quebrada El Yeso. Se estiman unos 250 m de espesor para la unidad que es típicamente de aguas salobres a marinas muy someras y cercanas a la costa. La Formación suprayace concordante y transicionalmente a la Formación Capadare o discordantemente a las metamórficas, e infrayace sedimentos del Cuaternario. En el flanco norte de las montañas de Aroa es discordante sobre las metamórficas de las unidades de Yumare y Aroa. Se correlaciona con formaciones expuestas en Falcón central (El Veral, La Vela. etc.) y su edad se considera Mioceno superior.

### 3.3.6. Aluvión y terraza

BELLIZZIA & RODRÍGUEZ (1976) gran parte del área está cubierta por sedimentos granulares sueltos, que comprenden aluvión reciente, aluvión antiguo, terrazas y depósitos piemontinos. El primero (gravas, arenas, limos y arcillas) se restringe a las zonas inundables topográficamente bajas 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, diseminados en los topes de pequeñas colinas o en las partes altas de las laderas, consisten en gravas gruesas mal escogidas con cantidades variables de arena, limo y arcilla, a veces débilmente 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 rocas ígneas, metamórficas y sedimentarias junto a depósitos cuaternarios (Tabla 5), dispuestas de la siguiente manera:

Las rocas ígneo-metamórficas se encuentran en los macizos de Tarana, San Quintín, La Zurda y Salsipuedes. Las rocas sedimentarias afloran alrededor o en cuerpos alargados en los macizos.

En el macizo de Tarana afloran, al norte, filita grafitosa-micácea, al sur, esquisto grafitoso-cuarzo-micáceo y mármol, que pertenecen a la unidad litológica Esquito de Aroa. Además en el centro de la parte sur se encuentra un lente alargado de serpentinita, considerado perteneciente a la Asociación Metamórfica La Costa.

En el macizo de San Quintín afloran, al norte, anortosita y gabro, incluyendo leucogabro a melanogabro, de la unidad litológica Metagabro anortosítico de Yumare, al sur, metalava, metatoba, brecha volcánica y metasedimentarias de la unidad litológica Metavolcanosedimentarias de San Quintín.

En el macizo de La Zurda afloran, intercalados, rocas gabroides y granofiro de la unidad litológica Metagabro anortosítico de Yumare. Además, al norte de este cerro se encuentran dos cuerpos alargados de caliza de la Formación La Luna.

El macizo Salsipuedes litológicamente, es bastante heterogéneo con respecto a los otros cerros, afloran de manera intercalada, gneis, esquisto, granofiro y gabro de la unidad litológica Metagabro anortosítico de Yumare. Al norte, se encuentra una secuencia flysch en forma de lente alargado, arenisca intercalada con limolita y lutita, de la Formación Matatere.

Las rocas sedimentarias, además de esta expresión en cuerpos alargados sobre los macizos antes mencionados, afloran al oeste, este, norte y sur de los cerros ígneo-metamórficos, las cuales, pertenecen a las formaciones Ojo de Agua, Casupal y Capadare.

Los depósitos cuaternarios se encuentran en los principales trayectos o recorridos de las quebradas que cruzan a las unidades ígneo-metamórficas y sedimentarias.

**Tabla 5. Resumen de unidades geológicas aflorantes en el área de estudio.**

Edad	Siglas	Unidades geológicas	Litología predominante
Cuaternario	Qal	Aluvión	Depósito de arena y grava.
	Qpt	Terraza	
Mioceno medio	Tmcd	Formación Capadare	Caliza fosilífera con fragmentos de bivalvos, ostrácodos y turrítelas.
Oligoceno-Mioceno medio	Tm $\phi$ ca	Formación Casupal	Arenisca, lutitas, conglomerado carbonático y caliza fosilífera.
Paleoceno-Eoceno medio	Tem	Formación Matatere	Intercalación de arenisca con limolita y lutita. En la matriz lutítica, en ocasiones, se tiene cantos de caliza.
Cretácico Cenomaniense-Campaniense	Kl	Formación La Luna	Caliza negra con vetas de calcita.
Cretácico?	Ks	Metavolcanosedimentarias de San Quintín	Metabasalto, metadacita, metatoba y metarenisca.
	Ksp	Serpentinita	Serpentinita
Jurásico Tardío-Cretácico	Jka	Esquisto de Aroa	Mármol foliado con esquisto carbonático-grafitoso-micáceo y filita carbonática-grafitosa-micácea.
Precámbrico (Proterozoico Tardío?)	Xy	Metagabro anortosítico de Yumare	Macizo San Quintín
			Meta-anortosita, rocas gabroides metamórfizadas, metatrondhjemita, metahornblendita.
			Macizo La Zurda
			Metaclinopiroxenita, rocas gabroides metamórfizadas, metagranodiorita, metamonzonita, granófiro.
			Macizo Salsipuedes
			Metagabro, metatonalia, metatrondhjemita, granófiro, gneis y esquito.

La tabla 6 presenta las abreviaturas de los minerales que componen los diferentes tipos litológicos de las unidades geológicas aflorantes en el área de estudio.

**Tabla 6. Abreviatura de los minerales ordenada alfabéticamente por el nombre del mineral. Tomado de URBANI & GRANDE (2005).**

Mineral	Abreviatura	Mineral	Abreviatura
Actinolita	Act	Hornblenda	Hbl
Allanita	Aln	Ilmenita	Ilm
Anfíbol	Amp	Leucoxeno	Leux
Apatito	Ap	Limonita	Lim
Antigorita	Atg	Magnetita	Mgt
Biotita	Bt	Muscovita	Ms
Calcita	Cal	Ortopiroxeno	Opx
Clinopiroxeno	Cpx	Piroxeno	Px
Clorita	Chl	Pirita	Py
Crisotilo	Ctl	Plagioclasa	Pl
Cuarzo	Qtz	Sericita	Ser
Epidoto	Ep	Talco	Tlc
Feldespato potásico	Kfs	Titanita	Ttn
Grafito	Grf	Tremolita	Tr
Hematita	Hem	Zircón	Zrn

## 4.2. MACIZO TARANA

### 4.2.1. Esquisto de Aroa (Asociación Metamórfica Los Cristales)

#### Extensión

Esta unidad consta de una serie de filita grafitosa al norte del macizo y esquisto grafitoso intercalado con mármol al sur, se extiende |oeste-este, aproximadamente al norte del pueblo Socremo hasta el pueblo Manuelito, en la carretera 7 de la colonia agrícola de Yumare. El área ocupada es de 28 km<sup>2</sup>, aproximadamente, representando un 95% del cerro. Se ubica en la hoja geológica de la región de Tarana, 6448-III-SE.

#### Contactos

Se representa inconforme con las unidades sedimentarias terciarias y depósitos cuaternarios. En la parte norte y oeste, con la Formación Casupal, al este con la Formación Capadare, al sur con la Formación Capadare y terrazas cuaternarias.

En la parte sur, dentro del macizo, esta en contacto de falla con un cuerpo alargado de serpentinita, atribuido a la Asociación Metamórfica La Costa.

#### Tipos litológicos

Esta unidad se describe basándose en las observaciones de los afloramientos, el estudio megascópico de las muestras de mano y la petrografía de secciones finas (Tabla 7).

**Tabla 7. Tipos litológicos del Esquisto de Aroa.**

Tipo litológico	Muestra con sección fina
Esquisto grafitoso-cuarzo-micáceo	No tiene
Filita grafitosa-micácea	Fa-5
Mármol	Ya-20B, Ya-23-R, Ya-25

### **Esquisto grafitoso-cuarzo-micáceo**

El esquisto se encuentra mediano-altamente meteorizado, tiene un color fresco gris, un color de meteorización ocre-pardo claro, se observan vetas de cuarzo y calcita paralelas a la foliación (Fig. 8). Presenta manchas de oxidación, mineralógicamente, se observa grafito, cuarzo, sericita y epidoto. Tiene zonas plegadas y efervece con HCl.



**Fig. 8. Esquisto grafitoso-cuarzo-micáceo con vetas de calcita y cuarzo paralelas a la foliación levemente plegado. Ya-13.**

### **Filita grafitosa- micácea**

Se encuentra bastante meteorizada, tienen un color fresco gris claro verdoso, un color de meteorización pardo verdoso, un tamaño de grano promedio de 0,05 mm, en ella se observan vetas de cuarzo, diaclasas perpendiculares al rumbo de la foliación y pliegues parásitos (Fig. 9). Efervece con HCl, mineralógicamente se observa grafito, cuarzo, epidoto y sericita.



**Fig. 9. Filita grafitosa-cuarzo-micácea plegada. Fa-3.**

### Petrografía

La mineralogía se resume en la tabla 8.

**Tabla 8. Composición mineralógica de la filita grafitosa-micácea.**

Muestra	Ser	Cal	Qtz	Matriz Grafitosa
Fa-5	15	5	5	75

El *cuarzo* y *sericita* se encuentran bastante orientados en una matriz grafitosa-carbonática (Fig. 10).



0 0,4 mm.

**Fig. 10. Orientación de las micas y cuarzo en la filita. Nícoles cruzados. Fa-5.**

## Mármol

Se presenta en forma masiva y laminado interestratificado con el esquisto (Fig. 11), tiene un color fresco gris oscuro, un color de meteorización pardo, un tamaño de grano promedio de 0,09 mm y se observan vetas de calcita blanca. Por difracción de rayos X se obtuvo que la composición mineralógica consta de: cuarzo, albita, calcita y dolomita.



Fig. 11. Mármol interestratificado con el esquisto. Ya-7.

### Petrografía

La mineralogía se muestra en la tabla 9.

Tabla 9. Composición mineralógica del mármol.

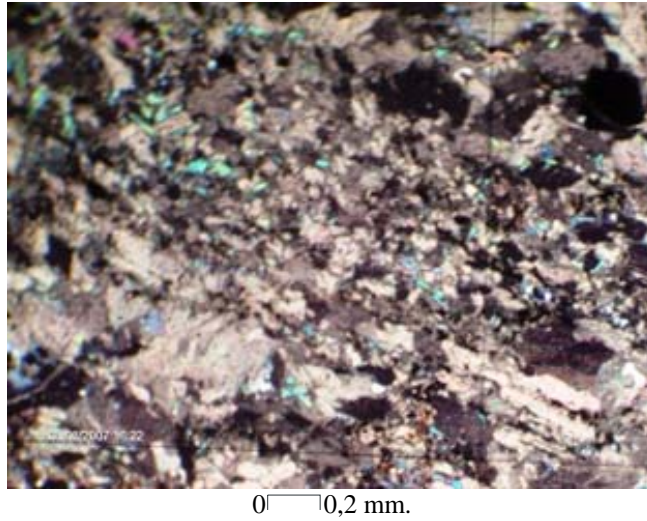
Muestra	Cal	Qtz	Ms	Hem	Py
Ya-20B	95	2	0	3	0
Ya-23-R	98	0	0	0	2
Ya-25	90	2	5	0	3
Prom	94	1	2	1	2
Max	98	2	5	3	3
Min	90	0	0	0	0

La *calcita* se encuentra sumamente elongada, fracturada y en ocasiones, posee maclado deformado, además está orientada en una dirección (Fig. 12).

El *cuarzo* se encuentra levemente fracturado, tiene extinción ondulatoria y se observa orientado.

La *muscovita*, tiene un hábito hojoso y se encuentra orientada junto a la calcita (Fig. 12).

Los minerales opacos son *hematita* y *pirita*, son de forma subhedral.



**Fig. 12. Forma elongada de la calcita y orientación junto a la muscovita, presentado en el mármol. Nícoles cruzados. Ya-25.**

#### 4.2.2. Serpentinita (Asociación Metamórfica La Costa)

##### Extensión

Este tipo litológico tiene una extensión en el macizo en la parte sur, en forma de cuerpo alargado, abarca un área de 2 km<sup>2</sup>, representando un 5% del cerro.

##### Contacto

Se representa en contacto de falla de ángulo alto con el esquisto y el mármol de la unidad litológica Esquisto de Aroa (Fig.13).

##### Tipo litológico

Esta unidad se describe basándose en la descripción de la muestra de mano y el análisis petrográfico (Tabla 10).

**Tabla 10. Tipo litológico de la Asociación Metamórfica La Costa.**

Tipo litológico	Muestra con sección fina
Serpentinita	Ya1B-R, Ya21-R

### Serpentinita

Tiene un color fresco verde, un color de meteorización marrón verdoso, es muy untuosa al tacto y tiene un tamaño de grano promedio de 1,5 mm. La mineralogía observada en muestra de mano es el crisotilo y el talco.

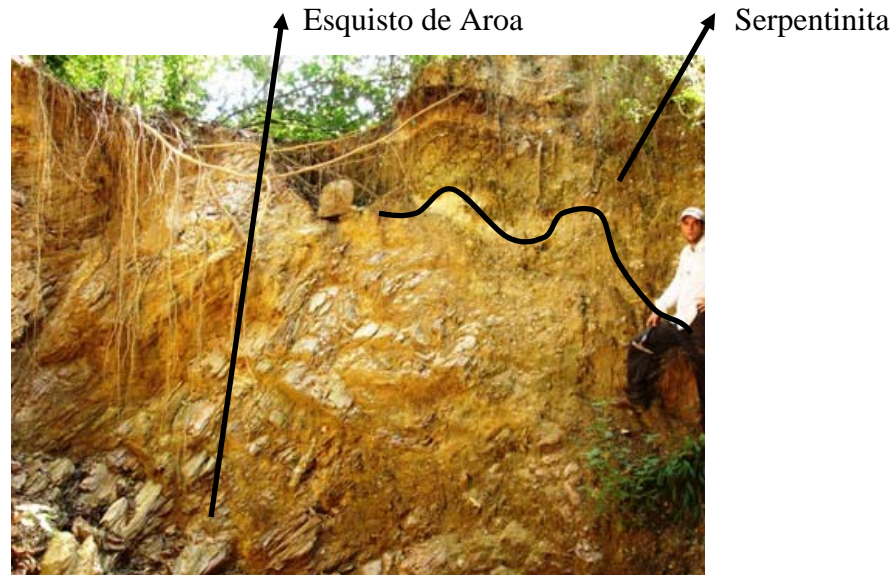


Fig. 13. Contacto de la serpentinita con el Esquisto de Aroa. Ya-2.

### Petrografía

La mineralogía aparece en la tabla. 11.

Tabla 11. Composición mineralógica de la serpentinita

Muestra	Atg	Opx	Ctl	Tlc	Mgt	Nombre
Ya1B-R	85	0	10	0	5	Serpentinita
Ya21-R	60	25	5	10	0	Serpentinita ortopiroxénica
Prom	73	13	8	5	3	
Max	85	25	10	10	5	
Min	60	0	5	0	0	

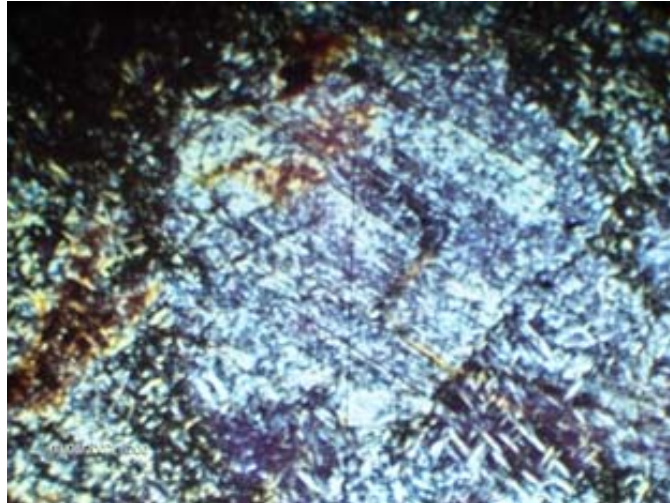
La *antigorita* es de aspecto fibroso-lamelar y es producto de la alteración del ortopiroxeno.

El *crisotilo* se presenta en forma de venas, con hábito fibroso, tiene un color amarillo.

El *ortopiroxeno* tienen un tamaño promedio de 3,5 mm, poseen un maclado con láminas anchas y hábito prismático, subhedral. Se encuentra muy transformado a antigorita y talco (Fig. 14).

El *talco* es muy parecido a la sericita.

La *magnetita* tiene un color negro azulado y es de forma subhedral.



0 — 0,2 mm.

**Fig. 14.** Ortopiroxeno con maclado en láminas anchas, transformado a antigorita y talco. Nícoles cruzados. Ya21-R.

### 4.3. MACIZO SAN QUINTÍN

#### 4.3.1. Metagabro anortosítico de Yumare

##### Extensión

Esta unidad se extiende en el macizo desde la carretera 5 hasta la 6 de la colonia agrícola de Yumare, abarca la mitad norte y lentes dispersos en la parte sur, en un área aproximada de 12 km<sup>2</sup>, cubriendo un 65% del cerro.

##### Contactos

La unidad en el sur esta en contacto abrupto con las rocas de la unidad litológica Metavolcanosedimentarias de San Quintín. Hacia el oeste con la Formación Capadare, al norte y este con la Formación Casupal, estos últimos son contactos de inconformidad.

##### Tipos litológicos

En esta unidad se establecen los diferentes tipos litológicos basándose en la descripción de la muestra de mano y el análisis petrográfico (Tabla 12).

**Tabla 12. Tipos litológicos del Metagabro anortosítico de Yumare en el macizo San Quintín.**

Tipos litológicos	Muestra con sección fina
Meta-anortosita	Ya-43B, Ya-132, Ya-144
Metagabro	Ya-112, Ya-116, Ya-147
Meta-cuarzo-gabro	Ya-35, Ya-111
Metamonzogabro	Ya44-R
Metatrondhjemita	Ya27A-R
Metahornblendita	Ya61-R

##### Meta-anortosita

Se encuentra altamente meteorizada, tiene un color fresco blanco, en ocasiones, posee pequeños lentecitos verdes, un color de meteorización marrón oscuro-ocre blancuzco, tiene un tamaño de grano promedio de 0,7 mm y en algunos sectores presenta textura gnéisica (Fig. 15). Mineralógicamente se puede apreciar plagioclasa, piroxeno o anfíbol, la ilmenita y vetas de cuarzo.



Fig. 15. Meta-anortosita con textura gnéisica. Ya-47.

### Petrografía

La mineralogía se resume en la tabla 13.

Tabla 13. Composición mineralógica de la meta-anortosita.

Muestra	Pl	Ser	Ep	Cpx	Qtz	Cal	Ttn	Leux	Hem	Nombre
Ya-43B	76	20	0	0	1	1	0	1	1	Meta-anortosita
Ya-132	57	40	2	<1	<1	0	<1	1	0	Meta-anortosita
Ya-144	55	45	<1	<1	0	0	0	0	<1	Gneis anortosítico
Prom	63	35	1	<1	1	1	<1	1	1	
Max	76	45	2	<1	1	1	<1	1	1	
Min	55	20	0	0	0	0	0	0	0	

La *plagioclasa (andesina)*, se encuentra sumamente alterada a sericita (Fig. 16a), se observa muy poco las maclas de la ley de albita, su color, debido a la alteración, es terroso oscuro, tiene un tamaño promedio de 1,2 mm y una forma anhedral.

La *sericita* es producto de la alteración de la plagioclasa y tiene un hábito fibroso.

El *epidoto* se presenta en granos dispersos y en vetas junto al cuarzo, es de forma subhedral y es producto de la alteración del clinopiroxeno.

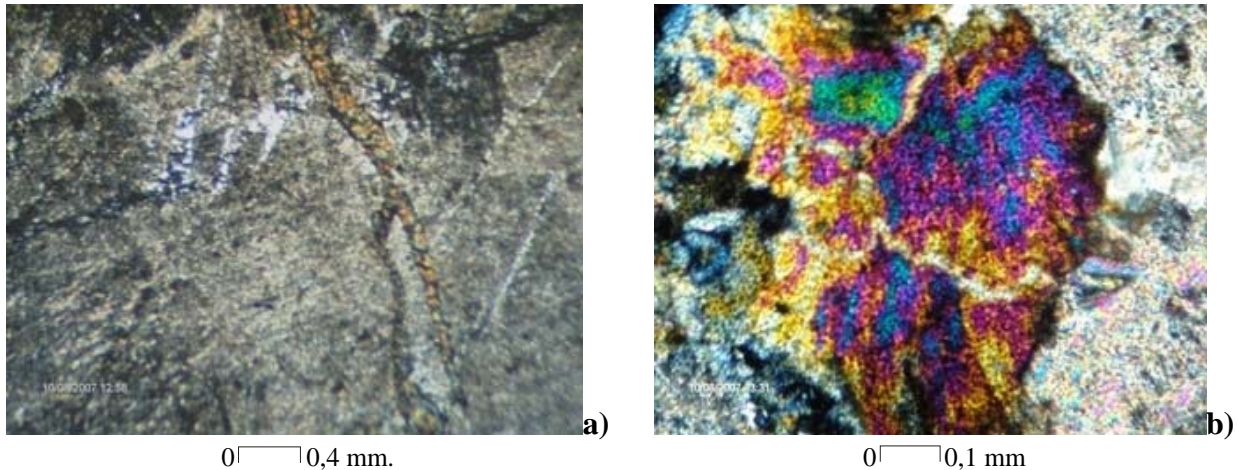
El *clinopiroxeno* se encuentra sumamente epidotizado y fracturado (Fig. 16b), razón, por la cual se dificulta su identificación. Sin embargo se describe un cristal de color verde pálido con leve pleocroismo, un color de interferencia muy alto y se identifica, probablemente como *Augita*.

El *cuarzo* se presenta en vetas junto al epidoto, tiene un tamaño de granos menor a 0,1mm, una extinción ondulatoria y sus contactos son suturados.

La *calcita* se presenta en vetas y rellenando fracturas.

Los cristales de *titanita* están aislados, son de aspecto granular y tienen color marrón oscuro.

Los minerales opacos son *leucoxeno* y *hematita*, presentan un color blanco y negro-rojo bajo luz reflejada, respectivamente y ambos son de forma subhedral.



**Fig. 16. a) Plagioclasa alterada a sericita con vetas de epidoto y cuarzo. Nícoles cruzados. Ya-132.  
b) Piroxeno epidotizado. Nícoles cruzados. Ya-132.**

### Rocas gabroides

Se encuentran sumamente meteorizadas, tienen un color blanco-verde en planos de foliación, textura gnéssica, un color de meteorización pardo-blanco verdoso, tiene un tamaño de grano promedio de 1,2 mm, posee vetas de cuarzo, en ocasiones, esta plegado (Fig. 17) y se observan planos de diaclasa. La mineralogía observada es plagioclasa, piroxeno, anfíbol y cuarzo.



**Fig. 17. Metagabro con textura gnéssica plegada. Ya-31.**

## Petrografía

La mineralogía se resume en las tablas 14, 15 y 16.

## Metagabro

Tabla 14. Composición mineralógica del metagabro.

Muestra	Pl	Ep	Amp	Ser	Chl	Qtz	Cal	Ttn	Hem	Leux	Py	Nombre
Ya-112	60	20	0	0	2	15	0	0	1	2	0	Metagabro epidótico
Ya-116	65	10	0	0	20	3	0	<1	1	0	0	Metagabro clorítico
Ya-147	20	20	25	26	5	2	1	0	0	0	1	Metagabro anfibólico-epidótico
Prom	49	17	8	9	9	7	1	<1	1	1	1	
Max	65	20	25	26	20	15	1	<1	1	2	1	
Min	20	10	0	0	2	2	0	0	0	0	0	

La *plagioclasa (labradorita)* se encuentra sumamente alterada a sericita y epidoto, tiene un maclado tipo albita deformado y son de forma subhedral a anhedral.

El *epidoto* es producto de la alteración del clinopiroxeno, clinoanfíbol y plagioclasa (Fig. 18a). En los dos primeros casos su color de interferencia va desde el amarillo hasta el amarillo-rosado. En el último caso presenta un color de interferencia bajo de primer orden, gris azulado, posiblemente corresponde a *zoisita-clinozoisita*.

El *anfíbol (actinolita)* tiene un color verde pálido con leve pleocroismo, un hábito acicular a tabular, un color de interferencia pardo brillante, se le observa una dirección de clivaje. El borde de ellos se ve menos alterado que el centro de los mismo, donde se observa *clorita* (Fig. 18c). Este borde, en pocas ocasiones es epidótico (Fig. 18d).

La *sericita* es producto de la alteración de la plagioclasa, tiene un hábito fibroso y se dispone sobre la plagioclasa en forma desordenada.

La *clorita* es de color verde claro con leve pleocroismo, tiene un color de interferencia que va desde el gris de primer orden hasta el marrón-azul violeta, es producto de la alteración, posiblemente, del piroxeno o anfíbol.

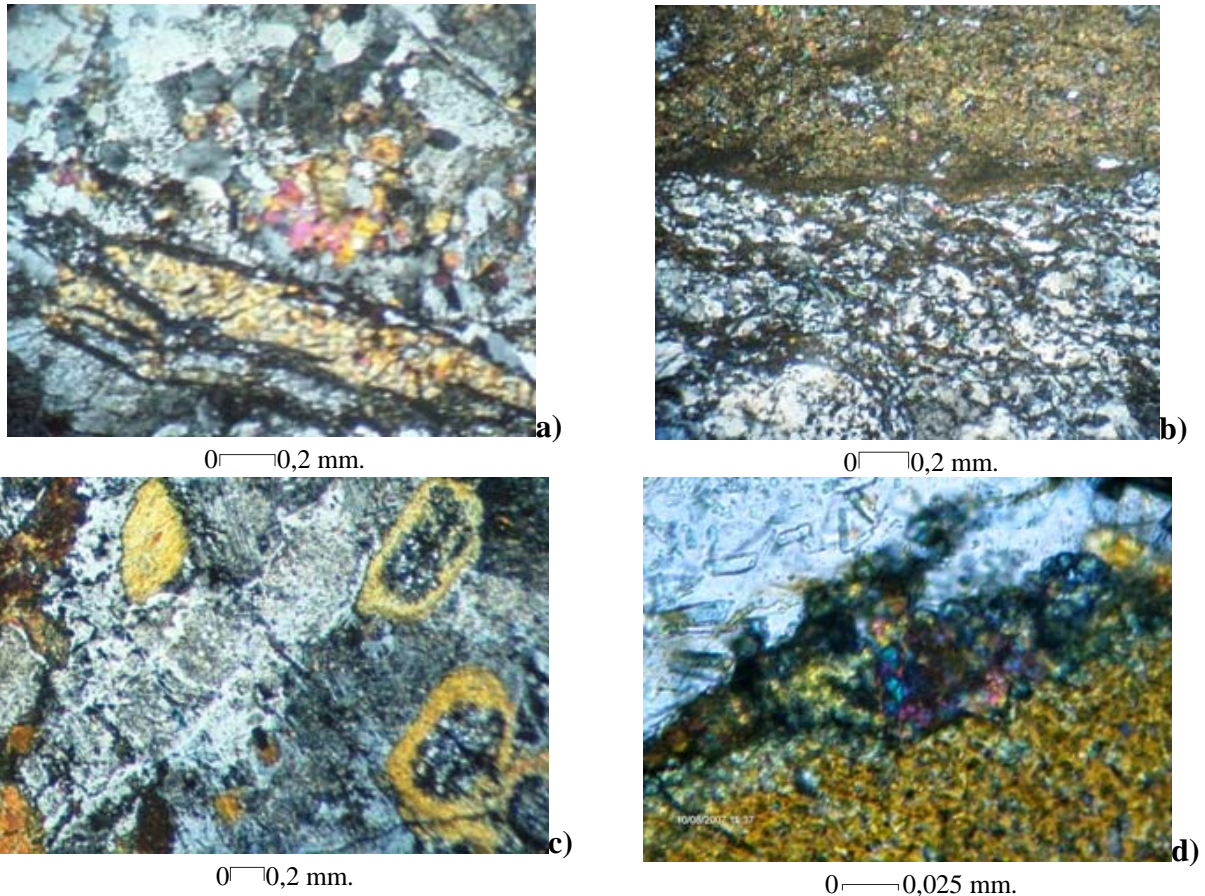
El *cuarzo* se presenta fracturado en dos formas en vetas y granos dispersos, tienen un tamaño promedio de 1,4 mm y una extinción ondulatoria.

La *calcita* se encuentra en forma de vetas.

La *titanita* tiene un color marrón oscuro, un hábito granular y su color de interferencia se ve enmascarado por el color real.

Los minerales opacos son *leucoxeno*, *hematita* y *pirita*. El primero tiene un color blanco, el segundo presenta dos colores negro y rojo, el último tiene un color amarillo latón y todos son de forma subhedral.

Este tipo litológico, en la parte este de la unidad, en muchas ocasiones, se presenta con textura protomilonítica muy avanzadas (Fig. 18b), por consiguiente al nombre se le puede agregar la palabra protomilonítico como sufijo, quedando de la siguiente manera: Metagabro protomilonítico.



**Fig. 18.** a) Piroxeno epidotizado, estirado y cizallado. Nícoles cruzados. Ya-112. b) Trenes de trituración de epidoto y plagioclasa. Nícoles cruzados. Ya-116. c) Anfíbol alterado en el centro a clorita. Nícoles cruzados. Ya-147. d) Borde epidótico del anfíbol. Nícoles cruzados. Ya-147.

**Meta-cuarzo-gabro****Tabla 15. Composición mineralógica del meta-cuarzo-gabro.**

Muestra	Pl	Qtz	Chl	Amp	Ep	Ttn	Zrn	Leux	Hem	Py	Nombre
Ya-35	50	15	10	15	7	1	<1	1	0	1	Meta-cuarzo-gabro anfíbólico-clorítico
Ya-111	50	10	15	0	<1	<1	<1	20	5	0	Meta-cuarzo-gabro clorítico
Prom	50	13	13	8	4	1	<1	11	3	1	
Max	50	15	15	15	7	1	<1	20	5	1	
Min	50	10	10	0	<1	<1	<1	1	0	0	

La *plagioclasa (andesina)*, se encuentra muy alterada a sericita y epidoto, tiene maclado tipo albita deformado y son de forma subhedral a anhedral. En base a el alto grado de alteración que presentan estos cristales, se infiere que han perdido químicamente calcio, por ende se considera que originalmente pudo haber tenido una composición de  $An > 50$  (*labradorita*).

El *cuarzo* se presenta en dos formas, en granos dispersos y en grandes vetas, tiene extinción ondulatoria y un tamaño máximo de 1 mm. En estos granos se observan gran fracturamiento y trituración.

La *clorita* tiene un color verde claro con pleocroismo leve, que va de verde muy claro a verde claro, un color de interferencia marrón azul-violeta y un hábito hojoso, en algunos sectores se encuentra en forma elongada.

El *anfíbol* presente son dos tipos. La *hornblenda* tiene un color pardo verdoso con pleocroismo que va de pardo a pardo verdoso, es de forma subhedral, se encuentra bastante alterada y fracturada. La *tremolita* es incolora con pleocroismo leve, que va de incoloro a verde claro, tiene un hábito fibroso-lamelar y el color de interferencia es amarillo brillante.

El *epidoto* es pardo de tono oscuro, tiene un hábito granular, posiblemente, es producto de los clinopiroxeno preexistentes.

La *titanita* tiene un color marrón oscuro y es de forma subhedral a anhedral.

El *zircón* es incoloro con tonos oscuros, tiene un hábito granular muy redondeado y un color de interferencia bastante alto, marrón-azul-fucsia.

Los minerales opacos son la *pirita*, *hematita* y *leucoxeno*.

Este tipo litológico tiene signos claros de cizalla y trituramiento (Fig. 19a y Fig. 19b), puede adoptar el siguiente nombre: Meta-cuarzo-gabro protomilonítico.

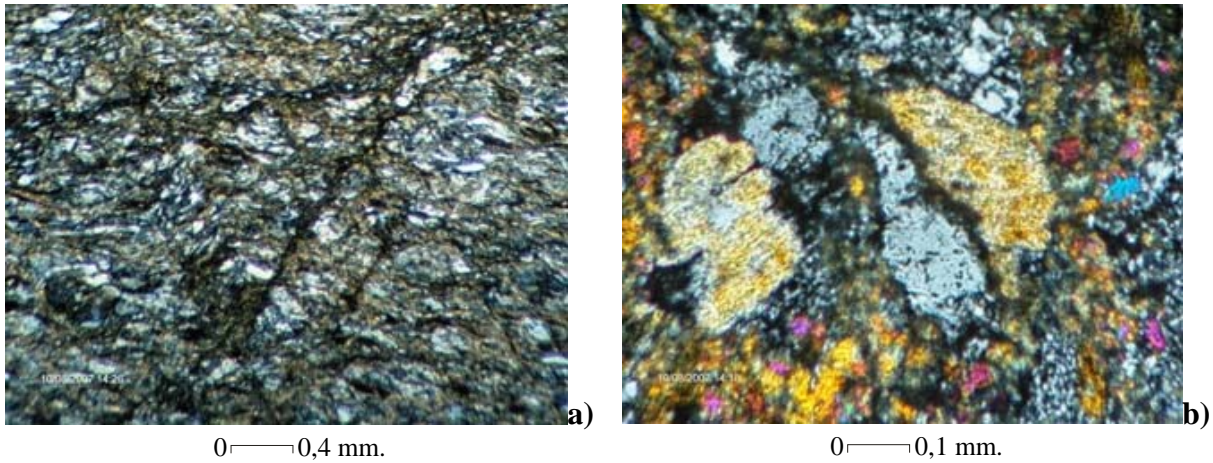


Fig. 19. a) Cuarzo fracturado y triturado junto a la plagioclasa. Nícoles cruzados Ya-111. b) Tremolita, epidoto y cuarzo fracturado-triturados. Ya-35.

### Metamonzogabro

Tabla 16. Composición mineralógica del metamonzogabro.

Muestra	Ser	Pl	Kfs	Cpx	Ep	Qtz	Ttn	Amp	Hem	Nombre
Ya-44-R	30	20	20	15	7	7	1	<1	<1	Metamonzogabro clinopiroxénico

La *sericita* es producto de la alteración de la plagioclasa, se presenta en fibras-lamelar y se encuentra en forma desordenada sobre las plagioclasas (Fig. 20a).

La *plagioclasa (andesina)* presenta un alto grado de alteración a sericita y epidoto, tiene textura antipertítica, el maclado es tipo albíta deformado, tiene borde albítico y es de forma subhedral a anhedral (Fig. 20a y Fig. 20c,d). Debido a el alto grado de alteración que presentan estos cristales, se infiere que han perdido químicamente calcio, por ende se consideran de  $An > 50$  (*labradorita*).

El *feldespato K* se presenta principalmente con textura pertítica, tipo cordado a barra, tiene un tamaño promedio de 1,3 mm (Fig. 20b).

El *clinopiroxeno (augita)* tiene pleocroismo que va de verde muy claro a verde claro, un color de interferencia moderado que varia desde el amarillo claro hasta el dorado brillante. En ocasiones, se observa la textura de espina de pescado (Fig. 20f).

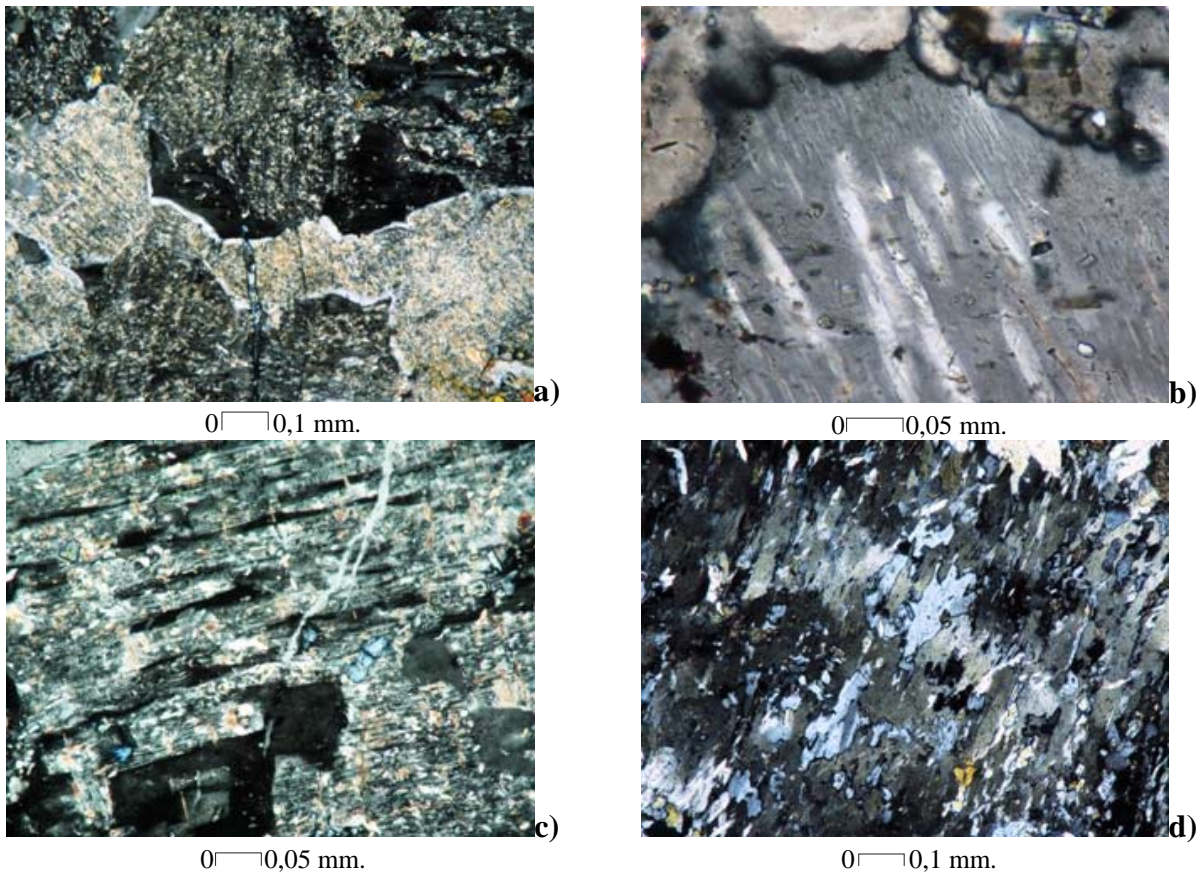
El *epidoto* es producto de la alteración del clinopiroxeno y la plagioclasa. En el primer caso tiene un color de interferencia amarillo-fucsia (Fig. 20e). En el último caso presenta un color de interferencia gris azulado, probablemente corresponde a *zoisita-clinozoisita* (Fig. 20c).

El *cuarzo* se presenta únicamente en vetas.

Los cristales de *titanita* son de forma subhedral, tiene un color marrón oscuro y en ocasiones, posee inclusiones de rutilo.

El *anfíbol* es producto de la transformación del clinopiroxeno, la propiedad óptica que se le puede destacar es el hábito acicular (Fig. 20e).

Los minerales opacos son *hematita*, tienen un color negro y son de forma subhedral.



**Fig. 20. a) Plagioclasa alterada a sericita con borde albítico. Nícoles cruzados. Ya44-R. b) Feldespato K pertítico. Ya44-R. Nícoles cruzados. c) Plagioclasa con textura antipertítica. Nícoles cruzados. Ya44-R. d) Plagioclasa con textura antipertítica. Nícoles cruzados. Ya44-R. e) Piroxeno alterando a anfíbol en el borde bajo-derecho y rodeado de epidoto. Nícoles cruzados. Ya44-R. f) Piroxeno con textura de espina de pescado. Nícoles cruzados. Ya44-R.**

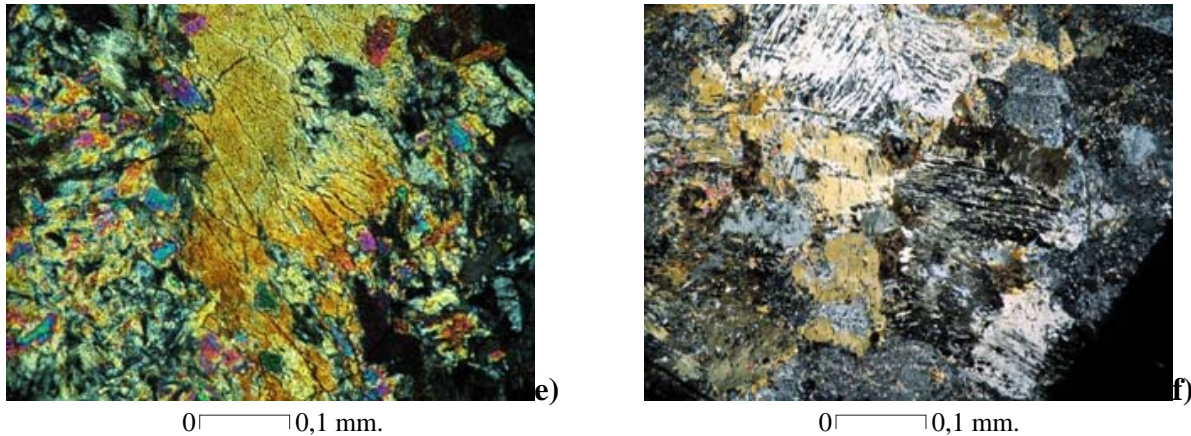


Fig. 20. a) Plagioclasa alterada a sericita con borde albítico. Nícoles cruzados. Ya44-R. b) Feldespato K perfitico. Ya44-R. Nícoles cruzados. c) Plagioclasa con textura antipertítica. Nícoles cruzados. Ya44-R. d) Plagioclasa con textura antipertítica. Nícoles cruzados. Ya44-R. e) Piroxeno alterando a anfíbol en el borde bajo-derecho y rodeado de epidoto. Nícoles cruzados. Ya44-R. f) Piroxeno con textura de espina de pescado. Nícoles cruzados. Ya44-R.

### Metatrandhjemita

Este tipo litológico fue encontrado sólo en canto rodado, tiene un color blanco, un tamaño de grano promedio de 0,6 mm y mineralógicamente, se puede observar cuarzo, plagioclasa y micas.

### Petrografía

La mineralogía aparece en la tabla 17.

Tabla 17. Composición mineralógica de la metatrandhjemita

Muestra	Pl	Ser	Qtz	Cpx	Amp	Chl	Ap
Ya27A-R	33	32	30	5	<1	<1	<1

La *plagioclasa* se encuentra sumamente alterada a sericita, no posee maclado, razón por la cual no se puede definir el %An, por ende, el tipo de plagioclasa, en ocasiones por su alteración adquiere un color marrón. Tiene un tamaño de grano promedio de 1 mm (Fig. 21b).

La *sericita* es producto de la alteración de la plagioclasa, tiene un hábito fibroso-lamelar (Fig. 21b).

El *cuarzo* se presenta, muy triturado, en forma de granos alargados muy fracturados envolviendo a la plagioclasa, en raras ocasiones, se encuentra en cristales redondeados dentro de los cristales de plagioclasa, estos tienen extinción recta, el resto tienen una extinción ondulatoria. Tiene un tamaño de grano promedio de 0,2 mm (Fig. 21c).

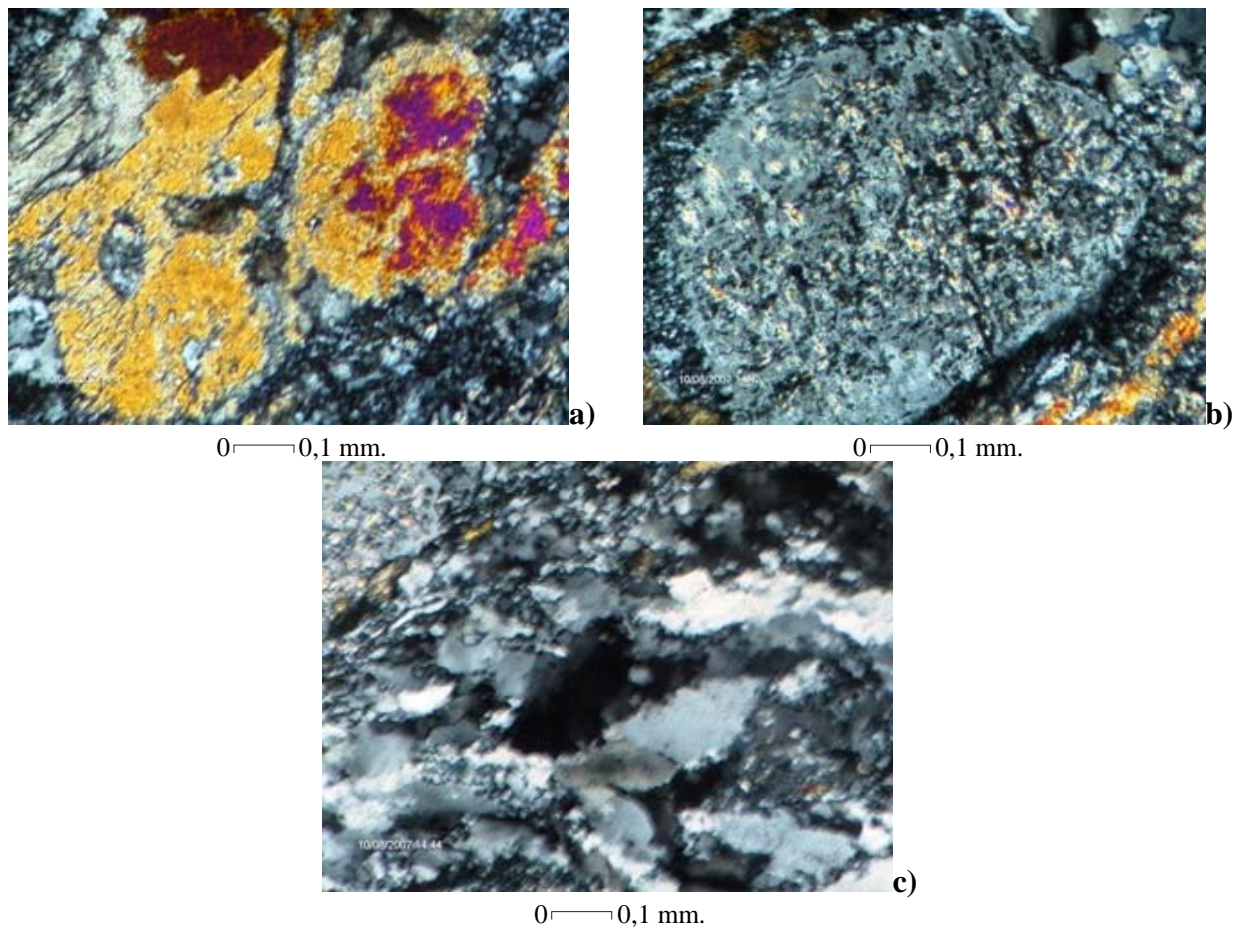
El *clinopiroxeno* (*augita*) tiene un color pardo claro, es de forma anhedral, un color de interferencia moderado-alto, amarillo brillante con tonos fucsia y un tamaño de grano promedio de 0,6 mm (Fig. 21a).

El *anfíbol* (*tremolita*) tiene un hábito acicular y un color de interferencia amarillo claro.

La *clorita* se presenta como de alteración de los minerales máficos.

El *apatito* se presenta en granos aislados, es incoloro, tiene un alto relieve, una forma alargada redondeada, un color de interferencia gris de primer orden y se observa fracturado.

Este tipo litológico tiene textura protomilonítica, por ende, se le puede asignar el siguiente nombre: Metatrondhjemita protomilonítica.



**Fig. 21. a) Clinopiroxeno con forma anhedral. Nícoles cruzados. Ya27A-R. b) Plagioclasa alterada a sericita. Nícoles cruzados. Ya27A-R. c) Cuarzo alargado envolviendo a la plagioclasa. Nícoles cruzados. Ya27A-R.**

### Metahornblendita

Este tipo litológico se encontró sólo en canto rodado, tiene un color verde oscuro, un tamaño de grano promedio de 0,6 mm y se le observa vetas de calcita. Mineralógicamente se observan anfíboles muy poco orientados.

**Petrografía** (Tabla 18).

**Tabla 18. Composición mineralógica de la metahornblendita.**

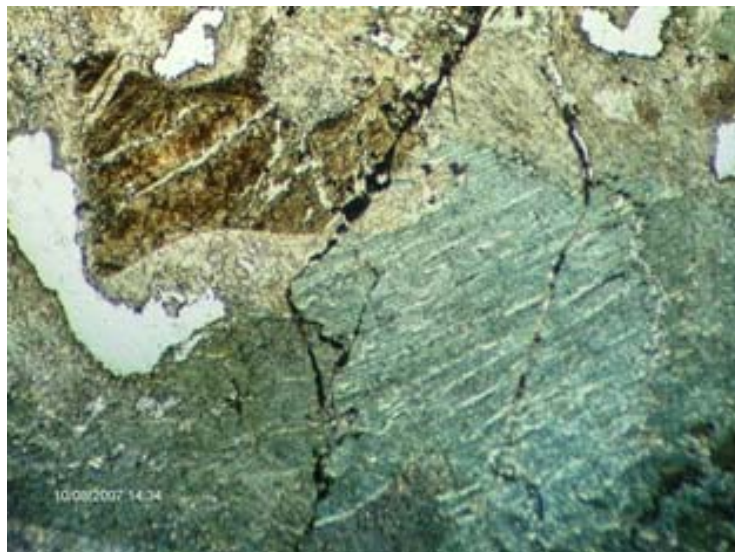
Muestra	Amp	Pl	Ep	Ttn
Ya61-R	97	1	1	1

El *anfíbol* son dos tipos (Fig. 22). La *hornblendita* tiene un color pardo con pleocroismo moderado que va de pardo a pardo oscuro, un tamaño de grano promedio de 0,8 mm y un hábito prismático. La *actinolita* tiene pleocroismo que va de verde a verde oscuro, tiene un hábito acicular a tabular con una leve cloritización y un tamaño de grano promedio de 1 mm.

La *plagioclasa* no se le observa maclado, los cristales tienen un tamaño mínimo de 0,2 mm y máximo de 0,5 mm, tiene una forma anhedral y su extinción es ondulatoria.

El *epidoto* es producto de la alteración de los anfíboles, tiene una forma granular y un color de interferencia amarillo brillante con tonos rosados.

La *titanita* tiene un color marrón oscuro y es de forma euhedral a subhedral.



0 ——— 0,4 mm.  
**Fig. 22. Hornblendita de color pardo junto a la actinolita de color verde. Nícoles paralelos. Ya61-R.**

### 4.3.2. Metavolcanosedimentarias de San Quintín

#### Extensión

Esta unidad se extiende, en la parte sur del macizo y en un lente en la parte norte, desde la carretera 5 hasta la 6 de la colonia agrícola de Yumare, abarcando un área, aproximadamente, de 8 km<sup>2</sup> y cubriendo un 35% del cerro.

#### Contactos

El contacto es abrupto, de naturaleza exacta desconocida, pero probablemente sea de falla de corrimiento, al norte con la unidad litológica Metagabro anortosítico de Yumare (Fig. 23b). Al sur y al oeste con la Formación Capadare, al este con la Formación Casupal y la Formación Capadare, estos son contactos de falla de ángulo alto (probablemente normal).

#### Características de campo

Esta unidad sólo aflora en este macizo, esta compuesta por metalava, metatoba, brechas volcánicas y rocas metasedimentarias.

La **metalava** se presenta en cuerpos ligeramente foliados (Fig. 23a) junto a la metatoba, brecha volcánica, metasedimentaria y meta-anortosita de la unidad litológica Metagabro anortosítico de Yumare (Fig. 23b), tiene un color fresco azul, un color de meteorización ocre claro y tonos violeta, un tamaño de grano promedio de 0,2 mm, se observan vetas de cuarzo y calcita. Su textura es afanítica, pero sin embargo mineralógicamente se puede observar el brillo de las micas presentes.

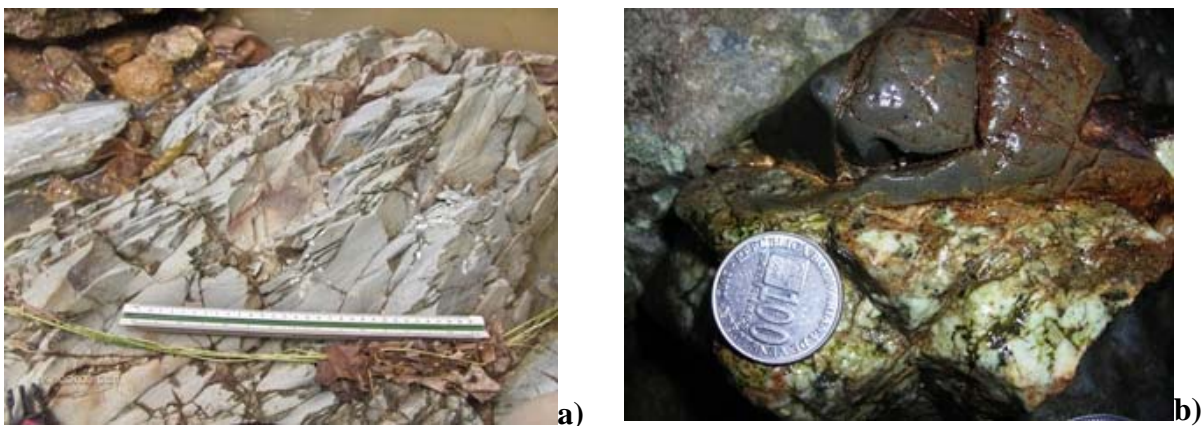


Fig. 23. a) Planos de foliación y diaclasa que presenta la metalava. Ya-115. b) Contacto de la metalava con meta-anortosita. Ya-144.

La **metatoba** se presenta junto a la metalava, brecha volcánica y rocas de la unidad litológica Metagabro anortosítico de Yumare, tiene un color fresco gris oscuro, un color de meteorización ocre-gris verdoso, un tamaño de grano promedio de 0,07 mm, se observan planos paralelos muy finos, claro-oscuro (Fig. 24) y en ocasiones, se encuentra plegada. Mineralógicamente se observa cuarzo, micas y plagioclasa.



Fig. 24. Planos finos, claro-oscuro paralelos de la metatoba. Ya-28.

La **brecha volcánica** se presenta en forma masiva junto a la metalava, metatoba y rocas de la unidad litológica Metagabro anortosítico de Yumare, tiene un color fresco azul con clástones mayores a 64 mm de color morado oscuro (Fig. 25).



Fig. 25. Clástones de la brecha volcánica. Ya-41.

La **metasedimentarias** se presentan muy fracturadas con la metalava y las rocas de la unidad Metagabro anortosítico de Yumare (Fig.26), son metarenisca tienen un color fresco gris claro, un color de meteorización ocre verdoso, un tamaño de grano promedio de 0,2 mm, se observan muchos planos de diaclasa y mineralógicamente tienen cuarzo, plagioclasa, micas y vetas de calcita.



**Fig. 26. Metarenisca con muchos planos de diaclasa. Ya-124.**

### **Tipos litológicos**

La definición de los diferentes tipos litológicos en esta unidad fue en base, principalmente, con lo observado en la muestra de mano y el análisis petrográfico (Tabla 19).

**Tabla 19. Tipos litológicos de la Metavolcanosedimentarias de San Quintín.**

<b>Tipo litológico</b>	<b>Muestra con sección fina</b>
Metabasalto	Ya-41, Ya-128, Ya-144
Metadacita	Ya-127
Metatoba de cristales finos	Ya-43A
Metatoba cristalina	Ya-40
Metatoba híbrida	Ya-42, Ya-113
Metarenisca	Ya-124A, Ya-126

## Rocas metavolcánicas

### Metabasalto

En una muestra de este tipo litológico se hizo difracción de rayos X y se obtuvo que la mineralogía consta de: clinocloro, albita y posiblemente titanita.

### Petrografía

La mineralogía se resume en la tabla 20.

Tabla 20. Composición mineralógica del metabasalto.

Muestra	Ser	Pl	Qtz	Chl	Px	Cal	Hem	Matriz	Nombre
Ya-41	0	50	3	7	3	0	20	17	Metabasalto clinopiroxénico
Ya-128	30	25	5	<1	0	3	30	7	Metabasalto
Ya-144	5	10	0	2	1	0	2	80	Metafenobasalto piroxénico
Prom	12	28	3	3	1	1	18	35	
Max	30	50	5	7	3	3	30	80	
Min	0	10	0	<1	0	0	2	7	

### Metabasalto clinopiroxénico

Este tipo litológico se presenta en los clastos de la brecha volcánica de la unidad Metavolcanosedimentarias de San Quintín (Fig.25).

La *plagioclasa (labradorita-bytownita)*, es de forma subhedral a euhedral, tiene un tamaño de grano promedio de 0,1 mm, un hábito tabular y esta distribuido aleatoriamente rodeado por la matriz (Fig. 27).

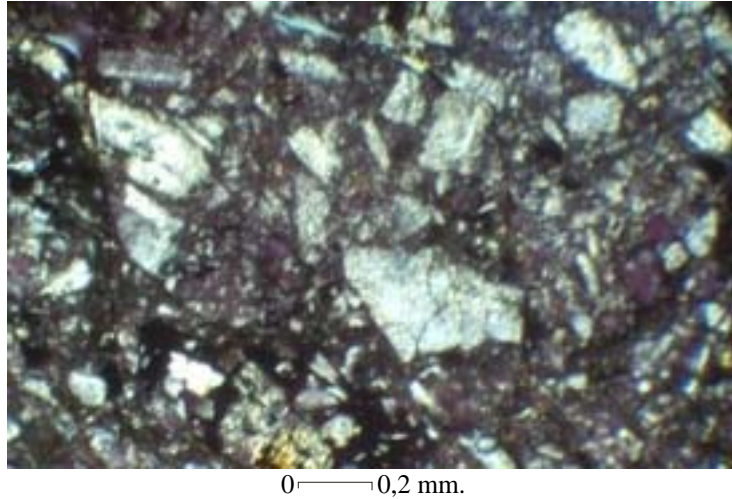
La *clorita* es producto de la alteración de la biotita y el piroxeno en menor proporción, tiene un color verde claro, un color de interferencia azul-violeta hasta marrón y un hábito hojoso-fibroso.

El *cuarzo* se presenta en granos dispersos, tiene contactos rectos y una extinción ondulatoria.

El *clinopiroxeno (augita)* tiene un color de interferencia amarillo brillante y esta alterado levemente a clorita (Fig. 27).

Los minerales opacos son *hematita*.

La matriz tiene de composición mineralógica indefinida, probablemente una mezcla de plagioclasa, opacos y muy poco cuarzo.



**Fig. 27. Plagioclasa, opacos y augita en el metabasalto clinopiroxénico. Nícoles cruzados. Ya-41.**

### **Metabasalto**

La *sericita* es producto de la alteración de la plagioclasa, tiene un hábito fibroso y se encuentra desordenada sobre la plagioclasa.

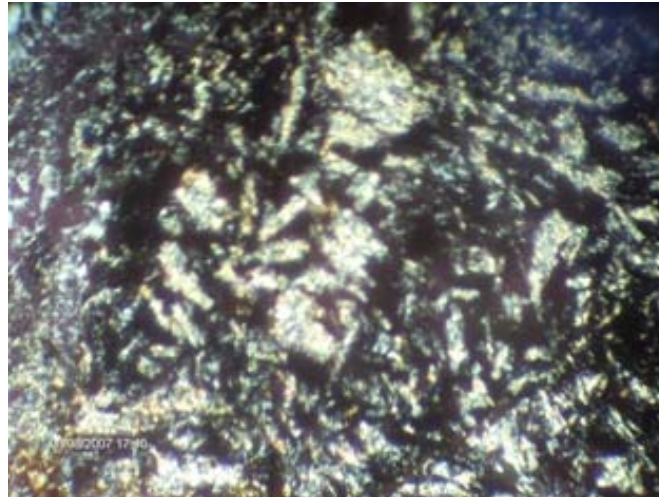
La *plagioclasa* se encuentra muy alterada a *sericita*, no se le observa maclado, se presume que originalmente tuvo en su composición un %An > 50 (*labradorita*), tiene forma anhedral, por su alteración adquiere un color marrón y su tamaño promedio es de 0,045 mm (Fig. 28).

El *cuarzo* se presenta en dos formas, en vetas y en de granos dispersos.

La *calcita* se presenta en vetas y tiene un maclado deformado.

La *hematita* se presenta entre los cristales de la plagioclasa y es de color negro (Fig. 28).

La matriz es de color muy oscuro, su composición mineralógica es no identificable.



0 ——— 0,1 mm.

**Fig. 28. Plagioclase alterada a sericita y un mineral o matriz opaca entre ella. Nícoles cruzados. Ya-128.**

### **Metafenobasalto piroxénico**

La *plagioclase* se presenta muy alterada a sericita, no se le observa maclado, se presume que originalmente tuvo en su composición el %An>50 (*labradorita*), por su alteración adquiere un color marrón, tiene un tamaño de grano promedio de 0,4 mm y es de forma euhedral a subhedral en cristales tabulares (Fig. 29).

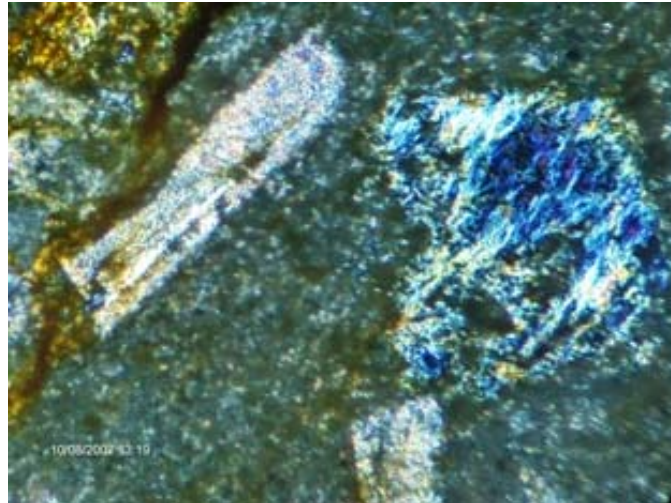
La *sericita* es producto de la alteración de la plagioclase, es de hábito fibroso.

La *clorita* es producto de la alteración de los piroxenos, tiene un hábito hojoso, un pleocroismo leve que va de verde muy claro a verde pálido, un color de interferencia azul-violeta-grisáceo y se encuentra relleno los espacios que anteriormente ocuparon los cristales de piroxeno (Fig. 29).

El *piroxeno* se encuentra totalmente cloritizado, sólo se preserva, como reliquia, su forma euhedral a subhedral. Tiene un tamaño de grano promedio de 0,2 mm (Fig. 29).

La *hematita* es de forma euhedral y tiene un color rojo.

La matriz tiene un color marrón oscuro y es de textura afanítica, posiblemente, fue anteriormente vidrio volcánico.



0 0,1 mm.

**Fig. 29. Piroxeno cloritizado y la plagioclasa alterada a sericita. Nícoles cruzados. Ya-144.**

## Metadacita

### Petrografía

La mineralogía se resume en la tabla 21.

**Tabla 21. Composición mineralógica de la metadacita.**

Muestra	Ser	Qtz	Pl	Ms	Cal	Leux	Ilm	Hem
Ya-127	50	15	5	5	5	10	5	5

La *sericita* es producto de la alteración de la plagioclasa, tiene un hábito fibroso.

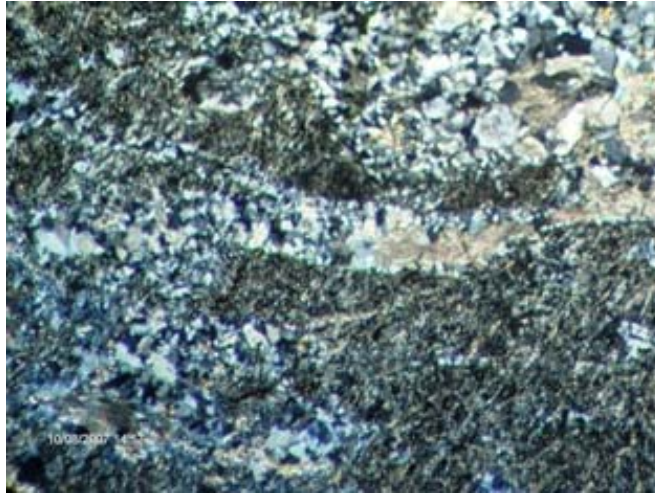
El *cuarzo* se presentan con una leve orientación, un hábito granular y extinción ondulatoria.

La *plagioclasa* se encuentra sumamente alterada a sericita, no se observa maclado, razón por la cual no se puede definir el %An, por ende, el tipo de plagioclasa, tiene forma anhedral (Fig. 30).

La *muscovita* se presenta de forma fibrosa.

La *calcita* se presenta en forma de vetas (Fig. 30).

Los minerales opacos son el *leucoxeno*, *hematita* e *ilmenita*. El primero tiene un color blanco y forma masiva, los dos últimos un color negro y son de forma euhedral a subhedral.



0 ——— 0,4 mm.

**Fig. 30.** Alteración de la plagioclasa a sericita y la disposición de los granos de cuarzo con las vetas de calcita. Nícoles cruzados. Ya-127.

### Metatoba de cristales finos

#### Petrografía

La mineralogía aparece en la tabla 22.

**Tabla 22. Composición mineralógica de la metatoba de cristales finos.**

Muestra	Ser	Chl	Pl	Hem	Matriz	Nombre
Ya-43A	29	5	1	5	60	Metatoba micácea de cristales finos

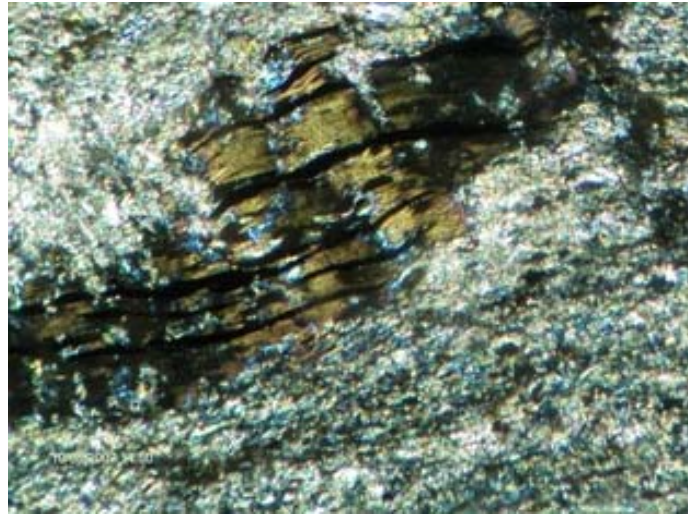
La *sericita* es producto de la alteración de la plagioclasa, esta orientada y se encuentra en la matriz.

La *clorita* tiene un pleocroísmo leve que va de verde muy claro a verde claro, tiene un color de interferencia marrón oscuro en el centro y azul-violeta en los bordes, un hábito hojoso en forma elongada. Dentro de ella se observan minerales opacos, estos también con forma elongada (Fig. 31).

La *plagioclasa* se encuentra, casi totalmente, alterada a sericita, sigue una orientación junto a la matriz.

La *hematita* se encuentra en granos individuales, entre la clorita y la matriz, tiene un color negro bajo luz reflejada.

La matriz es incolora, tiene un color de interferencia marrón oscuro con destellos brillantes amarillo-azul-rosado. Su composición mineralógica se basa en opacos y micas.



0 — 0,1 mm.  
**Fig. 31. Clorita con forma elongada con orientación. Nícoles cruzados. Ya-43A.**

### Metatoba cristalina

Este tipo litológico se presenta como la parte más fina (matriz) de la brecha volcánica (Fig.25).

#### Petrografía

La mineralogía se muestra en la tabla 23.

**Tabla 23. Composición mineralógica de la metatoba cristalina.**

Muestra	Pl	Qtz	Chl	Hem	Leux	Matriz
Ya-40	40	5	5	15	5	30

La *plagioclasa (labradorita)*, generalmente es de forma subhedral a euhedral en cristales tabulares, distribuida aleatoriamente en contacto principal con la matriz. Tiene un tamaño de grano promedio de 0,12 mm.

El *cuarzo* se presenta en vetas, en raras ocasiones se encuentra en cristales dispersos, se el observa una extinción ondulatoria.

La *clorita* tiene un pleocroismo leve que va de verde muy claro a verde claro, un color de interferencia marrón-azul, principalmente, se presenta en forma de vetas en la matriz, sin embargo, en ocasiones se observa en cristales con una forma masiva. Es posible que sea producto de la alteración de piroxenos que existieron anteriormente.

Los minerales opacos son *hematita* de color rojo y *Leucoxeno* de color blanco. Ambos tienen una forma subhedral.

La matriz está compuesta mineralógicamente por una masa muy fina de cristales de plagioclasa, de cuarzo y clorita, esta última sólo en vetas.

### Metatoba híbrida

**Petrografía** (tabla 24).

**Tabla 24. Composición mineralógica de la metatoba híbrida.**

Muestra	Qtz	Chl	Pl	Ser	Ms	Hem	Matriz	Nombre
Ya-42	77	5	1	2	1	4	10	Metatoba híbrida cuarzo-micácea
Ya-113	8	2	2	1	0	<1	88	Metatoba híbrida cuarzosa
Prom	43	4	2	2	1	2	49	
Max	77	5	2	2	1	4	88	
Min	8	2	1	1	0	<1	10	

El *cuarzo* se presenta en dos formas, en vetas y granos dispersos, tienen una leve orientación, una extinción ondulatoria y un tamaño de grano promedio de 0,03 mm (Fig. 32).

La *clorita* tiene un pleocroísmo de verde muy claro a verde claro, un color de interferencia azul grisáceo y un hábito hojoso.

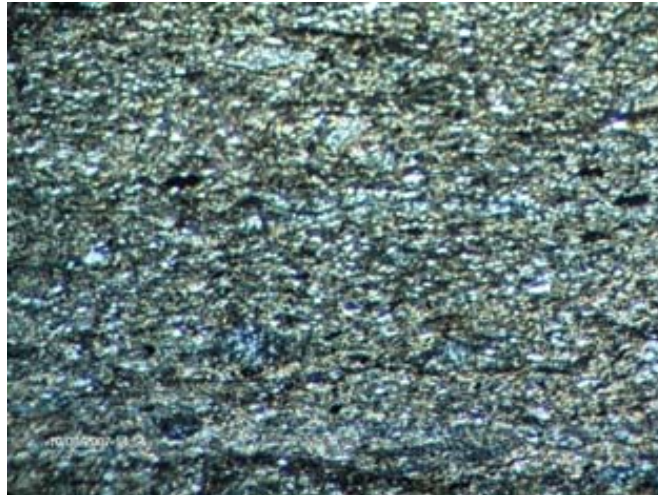
La *plagioclasa* se encuentra muy alterada a sericita, no se observa maclado y tiene una forma anhedral.

La *sericita* es producto de alteración de la plagioclasa y tiene un hábito en fibras.

La *muscovita* se presenta con hábito tabular-fibroso.

Los minerales opacos son *hematita*, tiene un color negro y una forma subhedral.

La matriz es de textura afanítica, pero se puede observar en su composición mineralógica micas.



0 — 0,4 mm.

**Fig. 32.** Granos de cuarzo, plagioclasa y opacos levemente orientados en la metatoba híbrida. Nícoles cruzados. Ya-113.

## Rocas metasedimentarias

### Metarenisca

#### Petrografía

La mineralogía se muestra en la tabla 25.

**Tabla 25. Composición mineralógica de la metarenisca.**

Muestra	Qtz	Pl	Ser	Cal	Chl	Hem	Zrn	Matriz	Nombre
Ya-124A	35	10	10	5	0	15	<1	25	Metarenisca cuarzosa
Ya-126	35	6	10	6	3	10	<1	30	
Ya-131	27	20	10	0	0	7	1	35	
Prom	32	12	10	4	1	11	1	30	
Max	35	20	10	6	3	15	1	35	
Min	27	6	10	5	0	7	<1	25	

El *cuarzo* tiene un tamaño máximo de 0,3 mm, mínimo de 0,05 mm, una extinción ondulatoria, se encuentra levemente orientado y esta en contacto mayormente con la matriz.

La *plagioclasa (albita)*, se encuentra medianamente alterada a sericita, tiene un tamaño máximo de 0,2 mm, mínimo de 0,05 mm y se encuentra en contacto, principalmente, con la matriz y en segundo orden con los granos de cuarzo, tipo longitudinal-tangencial (Fig. 33).

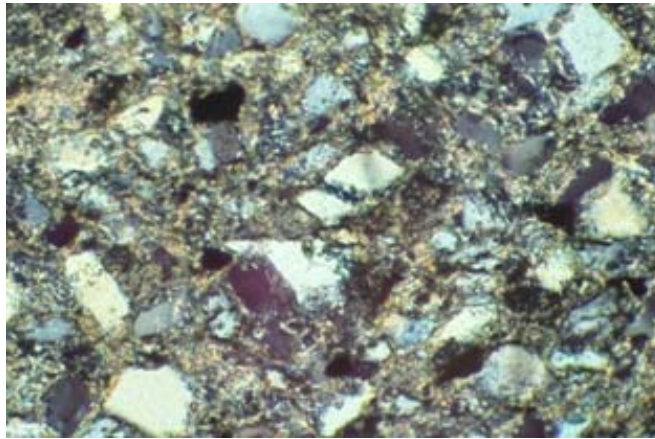
La *sericita* es producto de la alteración de la plagioclasa, se encuentra en la matriz.

La *calcita* se presenta solamente en vetas.

La *clorita* se encuentra en la matriz, tiene un pleocroismo leve que va de color verde claro a verde.

Los minerales opacos son *hematita*, tienen un color negro y una forma subhedral a euhedral.

La matriz es de textura afanítica, su composición mineralógica es de micas, opacos y microcristales no identificables.



0 0,1 mm.  
**Fig. 33. Cristales de cuarzo y plagioclasa embebidos en la matriz afanítica. Nícoles cruzados. Ya-126.**

#### 4.4. MACIZO LA ZURDA

##### 4.4.1. Metagabro anortosítico de Yumare

###### Extensión

Esta unidad se extiende en todo el macizo, desde la carretera 8 hasta la carretera 18 de la colonia agrícola de Yumare, abarca un área aproximada de 15 km<sup>2</sup>, cubriendo un 95% del cerro.

###### Contacto

La unidad en el norte tiene un contacto de inconformidad con la Formación Casupal y un contacto de falla (inferido de corrimiento) con dos cuerpos alargados de la Formación La Luna. Al sur, este y oeste esta cubierto por depósitos cuaternarios (aluvión).

###### Tipos litológicos

Los diferentes tipos litológicos se establecieron basándose en la descripción que se hizo a la muestra de mano y el análisis petrográfico (Tabla 26).

**Tabla 26. Tipos litológicos del Metagabro anortosítico de Yumare en el macizo La Zurda.**

Tipo litológico	Muestra con sección fina
Metaclinopiroxénita	Ya71A-R
Metagabro	Ya49-R, Ya-92, Ya-95B, Ya137-R
Meta-cuarzo-gabro	Ya-88
Metamonzogabro	Ya71C-R
Meta-cuarzo-monzogabro	Ya-86B, Ya-89
Metagranodiorita	Ya-70
Metamonzonita	Ya136-R, Ya-139
Granofiro	Ya77D-R, Ya-141A, Ya-152

### Metaclinopiroxenita

Este tipo litológico se presenta prácticamente inalterado, sólo se encontró en canto rodado, tiene un color fresco negro y en su mineralogía se puede observar los cristales de piroxeno con un tamaño promedio de 1 mm.

**Petrografía** (Tabla 27).

**Tabla 27. Composición mineralógica de la metaclinopiroxénita.**

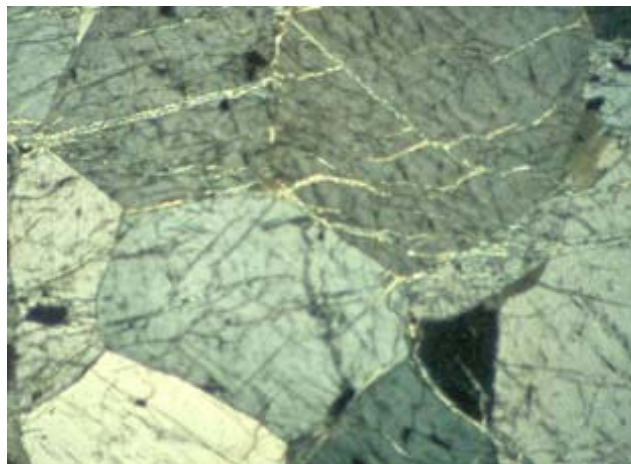
Muestra	Cpx	Opx	Chl	Hem
Ya71A-R	75	5	15	5

El *clinopiroxeno* (*augita*) tiene un hábito prismático, euهدral, un color de interferencia gris de primer orden y su contacto con el ortopiroxeno y el mismo forman  $120^\circ$  perfectos (Fig.34).

El *ortopiroxeno* (*hipersteno*) tiene leve pleocroismo que va de verde pálido a rojo pálido, un hábito prismático, euهدral y su contacto con el resto de los cristales forma  $120^\circ$  perfectos. Se presenta con inclusiones no identificables.

La *clorita* se presenta como alteración de los piroxenos, se encuentra entre los contactos de los mismos y tiene un color verde claro.

Los minerales opacos son *hematita* tienen una forma euهدral a subهدral y un color negro.



0 — 0,2 mm.

**Fig. 34. Piroxenos con un contacto a  $120^\circ$ . Nícoles cruzados. Ya71A-R.**

### Rocas gabroides

Se presentan foliadas con textura esquistosa, muy meteorizadas, tienen un color fresco blanco y verde negruzco (Fig. 35), un color de meteorización pardo verdoso, un tamaño de grano promedio de 1,3 mm, tiene vetas de cuarzo y se observan muchos planos de diaclasa. Mineralógicamente se observa plagioclasa, cuarzo, piroxeno y anfíbol.

En una muestra de roca gabroide (Ya141-R) se hizo difracción de rayos X y se obtuvo que la mineralogía esta constituida por: 34% plagioclasa, 19% Hornblenda, 3% cuarzo, 7% clorita, 22% Enstatita y 15% muscovita.

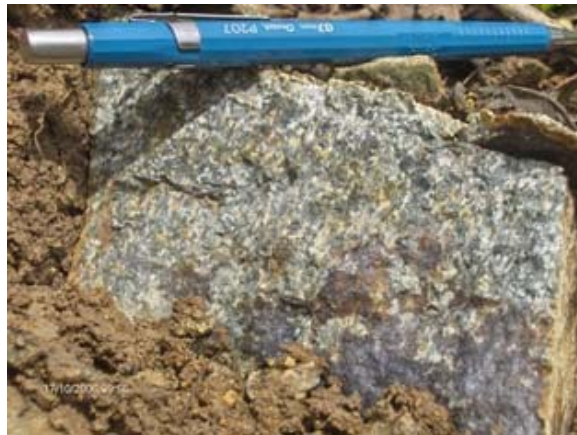


Fig. 35. Color fresco del metagabro foliado. Ya-92.

### Metagabro

**Petrografía** (Tabla 28).

Tabla 28. Composición mineralógica del metagabro.

Muestra	Pl	Amp	Cpx	Opx	Ep	Ser	Qtz	Ttn	Ap	Leux	Hem	Nombre
Ya49-R	40	0	50	10	0	0	<1	0	0	0	0	Metagabro piroxénico
Ya-95B	48	10	15	0	10	15	1	0	1	0	0	Metagabro clinopiroxénico-anfibólico
Ya-92	35	30	<1	<1	20	14	0	0	0	0	1	Metagabro anfibólico-epidótico
Ya137-R	45	40	0	0	10	0	1	1	0	3	0	
Prom	42	20	16	3	10	7	1	1	1	1	1	
Max	48	40	50	10	20	15	1	1	1	3	1	
Min	35	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	

La *plagioclasa (andesina)*, se encuentra alterada a sericita y epidoto (Fig. 36a), tiene un maclado tipo albita deformado y una forma anhedral. En base a la gran alteración que tienen estos cristales se considera que han perdido químicamente calcio (Ca), por ende, pudo haber sido el %An>50 (*labradorita*).

El *anfíbol* son dos tipos. La *hornblenda* tiene un pleocroísmo que va de verde a pardo claro, un color de interferencia dorado claro brillante y tiene un hábito prismático, subhedral a euhedral. La *actinolita* tiene un hábito prismático-acicular, subhedral, un pleocroísmo que va de incoloro a verde claro y un color de interferencia alto, dorado-fucsia-azul (Fig. 36a).

El *clinopiroxeno (augita)* se presenta con un hábito prismático, subhedral a euhedral, tiene un color neutro a pardo oscuro y un color de interferencia moderado, amarillo pálido brillante a marrón claro (Fig. 36a).

El *ortopiroxeno (enstatita)* se presenta muy alterado y fracturado, es incoloro a pardo, tiene un hábito prismático, subhedral a anhedral y un color de interferencia bajo de primer orden, gris-amarillo pálido.

El *epidoto* es producto de la alteración de los piroxenos y la plagioclasa, tiene un hábito tabular-granular.

La *sericita* es producto de la alteración de la plagioclasa, tiene un hábito fibroso.

El cuarzo se presenta en vetas, en raras ocasiones como granos aislados, tiene extinción ondulatoria y un tamaño máximo de 1,2 mm.

La *titanita* se presenta en granos aislados, tiene un hábito prismático, subhedral a anhedral, un alto relieve y un color marrón oscuro.

El *apatito* se presenta en granos dispersos, alargado-redondeado muy fracturado (Fig. 36b).

Los minerales opacos son *hematita* y *leucoxeno*, el primero tiene un color rojo y negro, el segundo un color blanco, ambos tienen una forma subhedral.

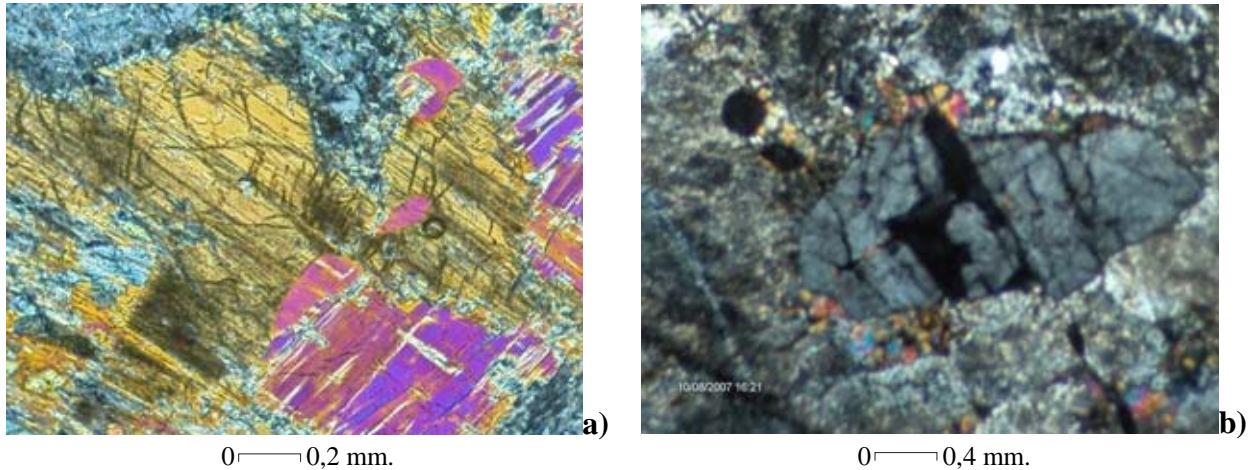


Fig. 36. a) Clinopiroxeno con el clinoanfíbol y la plagioclasa alterada a sericita y epidoto. Nícoles cruzados. Ya-92. b) Apatito fracturado y disuelto. Nícoles cruzados. Ya-95B.

### Meta-cuarzo-gabro

Petrografía (Tabla 29).

Tabla 29. Composición mineralógica del meta-cuarzo-gabro.

Muestra	Pl	Ep	Chl	Qtz	Hem	Zrn	Nombre
Ya-88	40	25	20	10	5	<1	Meta-cuarzo-gabro epidótico-clorítico

La *plagioclasa* (*andesina*) se encuentra muy alterada a epidoto, tiene maclado tipo albita deformado, una forma anhedral y presenta textura antipertítica, tipo cordado. En base a la gran alteración que tienen estos cristales se considera que han perdido calcio, por ende, pudo haber sido el %An>50 (*labradorita*).

El *epidoto* es producto de la alteración de la plagioclasa y de los piroxenos preexistentes, tiene un hábito tabular-granular.

La *clorita* tiene un pleocroismo leve que va de color verde muy claro a verde claro, tiene un hábito hojoso y un color de interferencia gris amarillento, en ocasiones algo violeta.

El *cuarzo* se presenta en granos dispersos, tiene una extinción ondulatoria y un tamaño mínimo de 0,05 mm y máximo de 2 mm.

Los minerales opacos son *hematita* y tienen un color negro-azul oscuro grisáceo.

Este tipo litológico presenta textura cataclástica (Fig. 37), por ende, puede adoptar el siguiente nombre: Meta-cuarzo-gabro cataclástico.

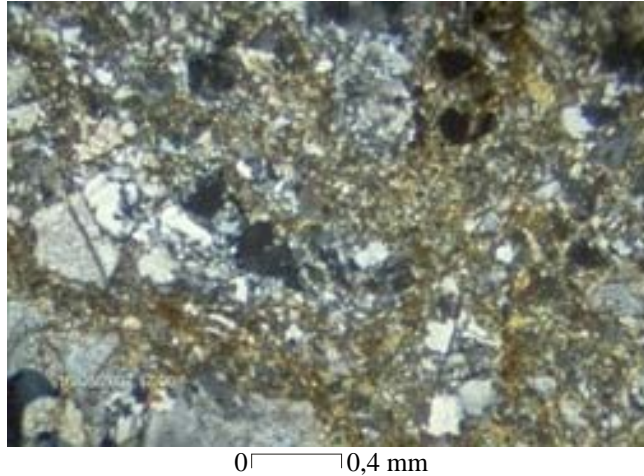


Fig. 37. Textura cataclástica en el meta-cuarzo-gabro. Nícoles cruzados. Ya-88.

### Metamonzogabro

Este tipo litológico sólo se encuentra en canto rodado.

**Petrografía** (Tabla 30).

Tabla 30. Composición mineralógica del metamonzogabro.

Muestra	Amp	Pl	Ep	Kfs	Ser	Ttn	Qtz	Ms	Hem	Nombre
Ya71C-R	68	10	10	5	5	2	<1	<1	<1	Meta-melanomonzogabro anfibólico

El *anfíbol* es de dos tipos. La *actinolita* tiene un gran pleocroísmo que va de color verde a verde oscuro, un hábito prismático, euhedral, un color de interferencia alto, azul-rosado brillante y se le observa una sola dirección de clivaje. La *tremolita* tiene un pleocroísmo leve que va de incoloro a verde claro y un hábito lamelar.

La *plagioclasa (andesina)*, se encuentra alterada a epidoto y sericita, tiene una textura antipertítica, un tamaño de grano promedio de 1,5 mm y una forma anhedral. En base a la gran alteración que tienen estos cristales se considera que han perdido calcio, por ende, pudo haber sido el %An>50 (*labradorita*).

El *epidoto* es producto de la alteración de la plagioclasa y de los minerales máficos, formando una aureola alrededor de estos (Fig. 38).

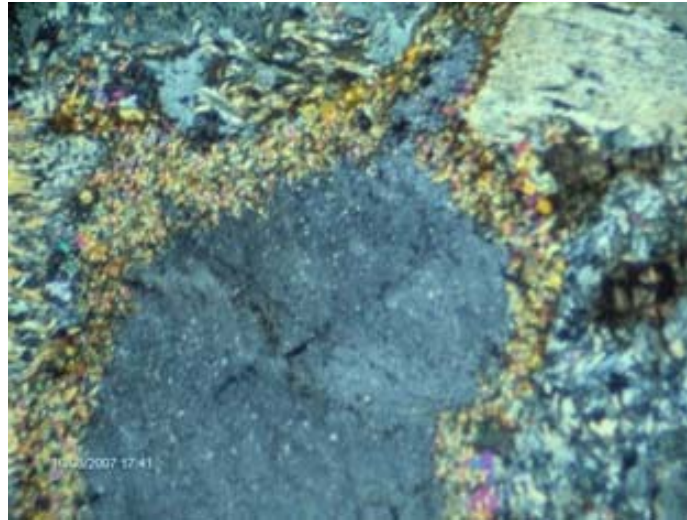
El *feldespatos k* se presenta principalmente con textura pertítica, tipo cordado.

La *sericita* es producto de la alteración de la plagioclasa y tiene un hábito fibroso.

La *titanita* se presenta en granos aislados, tiene una forma subhedral a euhedral.

El *cuarzo* se presenta en vetas.

Los minerales opacos son *hematita*.



0 0,4 mm.  
**Fig. 38. Aureola epidótica alrededor de la plagioclasa y piroxeno. Nícoles cruzados. Ya71C-R.**

### Meta-cuarzo-monzogabro

**Petrografía** (Tabla 31).

**Tabla 31. Composición mineralógica del meta-cuarzo-monzogabro.**

Muestra	Pl	Ep	Chl	Kfs	Qtz	Amp	Cpx	Zrn	Hem	Nombre
Ya-86B	40	15	7	15	10	10	<1	<1	3	Meta-cuarzo-monzogabro epidótico-anfibólico
Ya-89	25	30	25	10	7	<1	0	<1	3	Meta-melanocuarzo-monzogabro epidótico-clorítico
Prom	33	23	16	13	9	5	<1	<1	3	
Max	40	30	25	15	10	10	<1	<1	3	
Min	25	15	7	10	7	<1	0	<1	3	

La *plagioclasa (labradorita)*, se encuentra muy alterada a epidoto, tiene una forma anhedral y presenta textura antipértica, tipo cordado.

El *epidoto*, es producto de la alteración de la plagioclasa y de los minerales máficos.

La *clorita* es producto de la alteración del anfíbol, tiene un pleocroismo leve que va de color verde muy claro a verde claro.

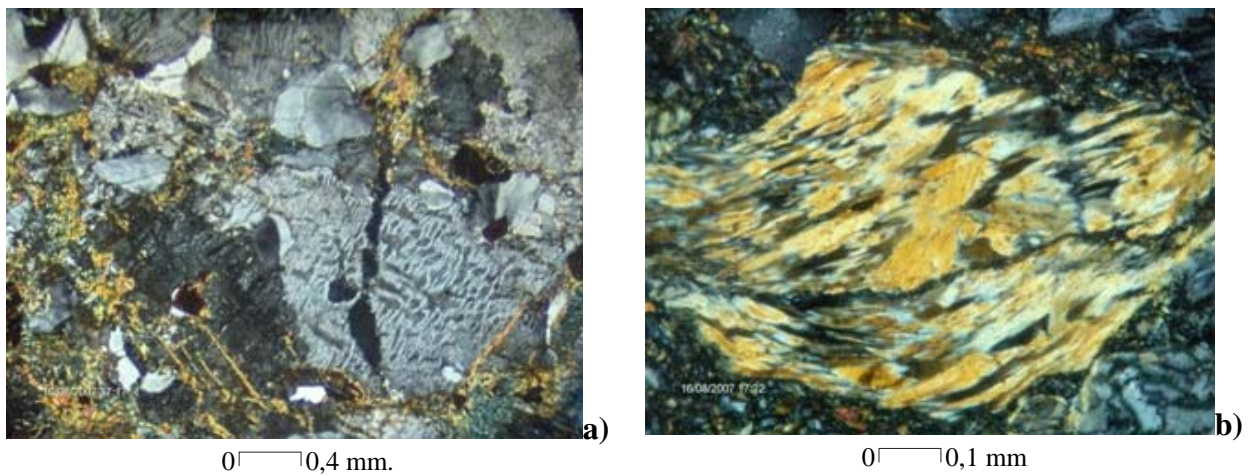
El *feldespato K* se presenta principalmente con textura pértica, tipo cordado (Fig. 39a).

El *cuarzo* se presenta en granos dispersos, en ocasiones se observa con característica cataclástica, bastante triturado, tiene una extinción recta a ondulatoria, un tamaño mínimo de 0,23 mm y máximo de 1 mm.

El *anfíbol* es de dos tipos. La *tremolita* se presenta alterada a clorita y tiene un hábito fibrolaminar (Fig. 39b). La *actinolita* tiene un pleocroísmo que va de color verde a verde oscuro y un hábito lamelar-fibroso.

El *clinopiroxeno (augita)* tiene un hábito prismático, subhedral y un color de interferencia gris amarillento.

Los minerales opacos son *hematita*, tienen un color negro y rojo.



**Fig. 39. a) Feldespato K con textura perthítica. Nícoles cruzados. Ya-89. b) Tremolita en el meta-cuarzo monzogabro. Nícoles cruzados. Ya-86B.**

### Metagranodiorita; Metamonzonita

Estos tipos litológicos en afloramiento tienen aspecto de roca gabroide (Fig. 40), tiene un color fresco en bandas verde oscuro y blanco (foliación) y un tamaño de grano promedio de 1,1 mm. Mineralógicamente se observa plagioclasa, cuarzo, piroxeno y anfíbol.



Fig. 40. Foliación que presenta la metagranodiorita. Ya-70.

### Petrografía

La mineralogía de la metagranodiorita y metamonzonita aparece en las tablas 32 y 33, respectivamente.

Tabla 32. Composición mineralógica de la metagranodiorita.

Muestra	Pl	Qtz	Kfs	Chl	Ser	Cpx	Zrn	Hem
Ya-70	42	35	8	5	5	2	1	2

La *plagioclasa (andesina)*, se encuentra muy alterada a sericita, tiene textura antipertítica-mesopertítica, tipo cordado-barra, bordes albítico y una forma anhedral (Fig. 41).

El *cuarzo* se presenta en granos dispersos, tienen contactos irregulares y una extinción ondulatoria.

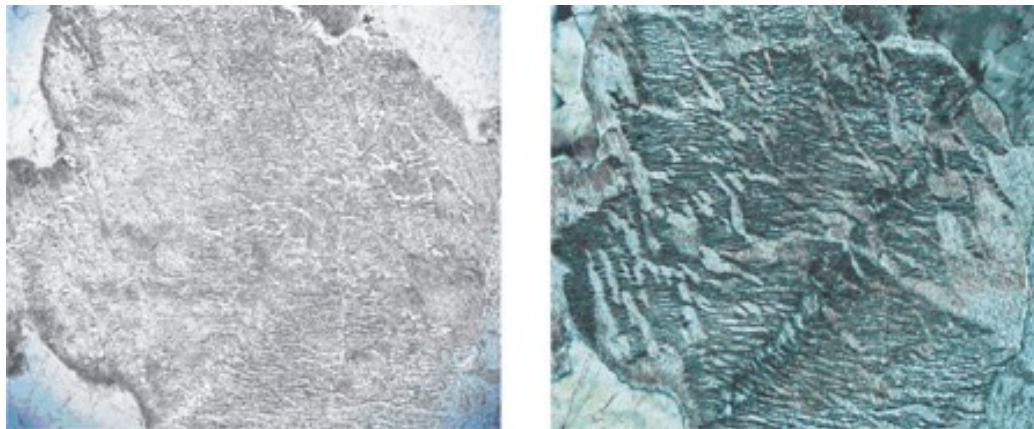
El *feldespato potásico* se presenta principalmente con textura pertítica, tipo cordado y tiene un tamaño de grano promedio de 1 mm.

La *clorita* es producto de la alteración de los piroxenos, se encuentra rellenando fracturas, en general es masiva, tiene un pleocroismo leve que va de verde muy claro a verde claro y una extinción ondulatoria.

La *sericita* es producto de la alteración de la plagioclasa y tiene un hábito fibroso.

El *clinopiroxeno* se observa sumamente alterado a clorita, tiene un color marrón rojizo, posiblemente teñido por óxido de hierro de los minerales opacos, no presenta pleocroísmo y se identifica, probablemente como *augita*.

Los minerales opacos son *hematita*, tienen un color negro y se presentan generalmente, interdigitados con el piroxeno o clorita.



0 0,1 mm.

**Fig. 41.** Cristal de plagioclasa alterado generando una imagen “nublada” en nícoles paralelos (izq), con textura antipertítica y mesopertítica, nícoles cruzados (der). Ya-70.

**Tabla 33.** Composición mineralógica de la metamonzonita.

Muestra	Pl	Kfs	Amp	Cpx	Ep	Chl	Qtz	Cal	Zrn	Hem	Nombre
Ya136-R	50	30	<1	12	<1	3	<1	0	0	5	Metamonzonita clinopiroxénica
Ya-139	15	25	35	3	15	0	2	5	<1	0	Meta-melanomonzonita anfíbólica-epidótica
Prom	33	28	18	8	8	2	1	3	<1	3	
Max	50	30	35	12	15	3	2	5	<1	5	
Min	15	25	<1	3	<1	0	<1	0	0	0	

La *plagioclasa* (*andesina*), se encuentra alterada a *sericita* y *epidoto*, tiene en ocasiones, textura antipertítica, tipo barra, un maclado tipo albita deformado y una forma subhedral a anhedral.

El *feldespato potásico* se presenta en dos formas, el primer caso es con textura perfitica, tipo cordado y el último caso es con un maclado en rejilla típico del *microclino*. Tiene un tamaño de grano promedio de 1,2 mm (Fig. 42a).

El *anfíbol* es de dos tipos. La *hornblenda* tiene un pleocroismo leve que va de color marrón pálido a marrón, un hábito prismático, subhedral y un color de interferencia dorado brillante. La *tremolita* tiene un hábito fibroso-lamelar. Ambos se encuentran bastante alterados.

El *clinopiroxeno (augita)* se encuentra medianamente alterado a clorita y epidoto, tiene un hábito prismático, subhedral, un color de interferencia gris pálido a dorado oscuro, un tamaño de grano promedio de 1 mm y en ocasiones se le observa textura de espina de pescado (Fig. 42b).

El *epidoto* es producto de la alteración de la plagioclasa y del clinopiroxeno, tiene un hábito granular-tabular.

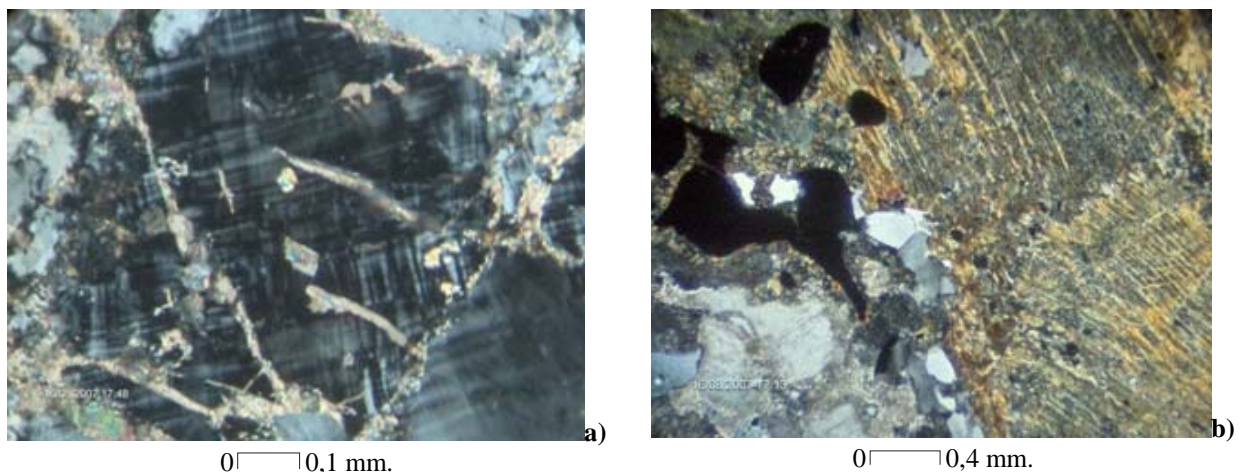
La *clorita* es producto de la alteración de los piroxenos, tiene un pleocroismo leve que va de color verde claro a verde y un color de interferencia gris de primer orden.

El *cuarzo* se presenta en granos dispersos y tienen una extinción ondulatoria.

La *calcita* se presenta en vetas y rellenando fracturas.

Los minerales opacos son *hematita* y tienen un color negro.

Este tipo litológico, en ocasiones presenta textura protomilonítica, por ende, se puede llamar: Metamonzonita protomilonítica.



**Fig. 42. a) Maclado del microclino. Nícoles cruzados. Ya-139. b) Piroxeno con textura de espina de pescado. Nícoles cruzados. Ya136-R.**

### Granofiro

Se presenta muy meteorizado, interestratificado con las rocas gabroides metamorfizadas, tiene un color fresco blanco azulado, un color de meteorización pardo claro blancuzco, un tamaño de grano promedio de 2,3 cm y tiene cristales de cuarzo en textura gráfica. Mineralógicamente se observa plagioclasa y cuarzo azul (Fig. 43). A este tipo litológico, en la parte blanca, se le hizo difracción de rayos X y se obtuvo que mineralógicamente, esta fracción se compone por un 65% de microclíno y un 35% por albita.

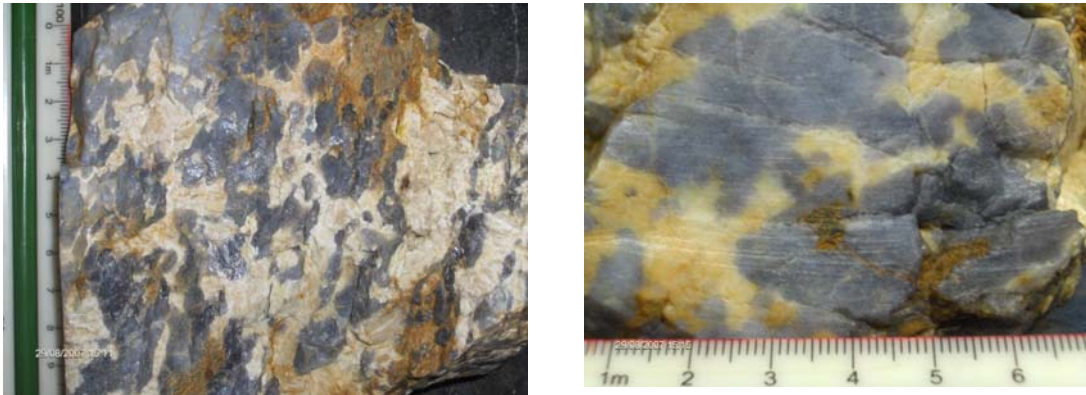


Fig. 43. Textura gráfica que tienen los granofiro. Ya69-R.

### Petrografía (Tabla 34).

Tabla 34. Composición mineralógica del granofiro.

Muestra	Kfs	Qtz	Cpx	Pl	Opx	Bt	Chl	Ser	Ms	Cal	Ttn	Zrn	Hem	Lim	Nombre
Ya77D-R	18	45	0	15	0	8	2	10	2	0	<1	<1	<1	0	Granofiro (Meta Monzo granito)
Ya-141A	30	40	11	2	3	0	0	1	2	5	0	<1	6	0	Granofiro (Meta granito microclínico)
Ya-152	73	20	0	4	0	0	1	1	0	0	0	0	0	1	Granofiro (Meta leucogranito microclínico)
Prom	40	35	4	7	1	3	1	4	1	2	<1	<1	2	1	
Max	73	45	11	15	3	8	2	10	2	5	<1	<1	6	1	
Min	18	20	0	2	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	

### Granofiro (Metamonzogranito)

El *feldespato potásico* se presenta con textura pertítica, tipo cordado y un maclado tipo “carlsbad” (Fig. 44b).

El *cuarzo* se presenta en granos dispersos, tienen un tamaño promedio de 1,3 mm y una extinción ondulatoria.

La *plagioclasa (andesina)*, se encuentra muy alterada a sericita, tiene un maclado tipo albita deformado, en ocasiones una textura antipertítica, tipo cordado y una forma anhedral.

La *sericita* es producto de la alteración de la plagioclasa y tiene un hábito fibroso.

La *biotita* en algunos sectores esta alterada a clorita (Fig. 44a), tiene un pleocroismo que va de color pardo a verde claro y un hábito hojoso.

La *clorita* es producto de la alteración de la biotita, tiene un pleocroismo que va de color verde claro a verde, un hábito hojoso y un color de interferencia gris azulado de primer orden.

La *muscovita* se presenta con un hábito tabular-fibroso.

La *titanita* se presenta en granos aislados, con una forma subhedral.

Los minerales opacos son *hematita* y tienen un color negro.

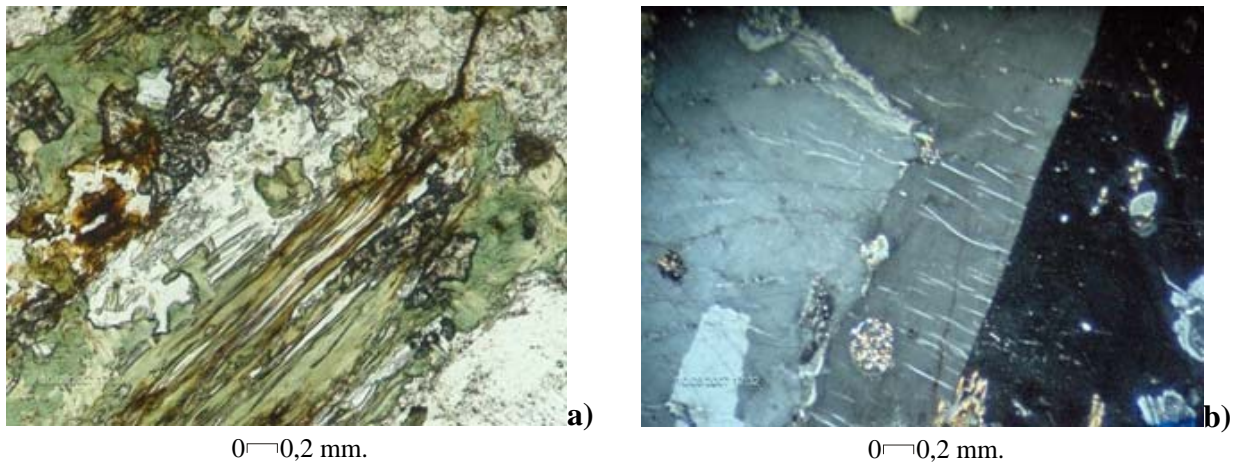


Fig. 44. a) Biotita alterando a clorita. Nícoles paralelos. Ya77D-R. b) Feldespato K con maclado tipo carlsbad y Textura pertítica. Nícoles cruzados. Ya77D-R.

### Granofiro (Metagranito microclínico)

El *feldespato potásico* se presenta principalmente con un maclado en rejilla típico del *microclíno* y tiene un tamaño de grano promedio de 0,6 mm.

El *cuarzo* tiene un tamaño máximo de 2 mm y mínimo de 0,3 mm y una extinción ondulatoria.

El *clinopiroxeno* son dos tipos: La *augita* tiene un hábito prismático, subhedral y un color de interferencia gris a amarillo pálido de primer orden (Fig. 45a); El *diopsido* es incoloro, tiene un hábito prismático, subhedral y un color de interferencia muy alto, dorado fucsia.

La *plagioclasa (andesina)*, se encuentra alterada a *sericita*, tiene un maclado tipo *albita* deformado y una forma anhedral.

El *ortopiroxeno (hipersteno)*, se encuentra bastante alterado y fracturado, tiene un gran pleocroismo que va de color pardo oscuro a pardo oscuro rojizo y una forma anhedral (Fig. 45b).

La *sericita* es producto de la alteración de la *plagioclasa* y tiene un hábito fibroso.

La *muscovita* se presenta con un hábito tabular-fibroso.

La *calcita* se presenta en vetas. (Fig. 45a).

Los minerales opacos son *hematita* tienen un color negro a gris oscuro.

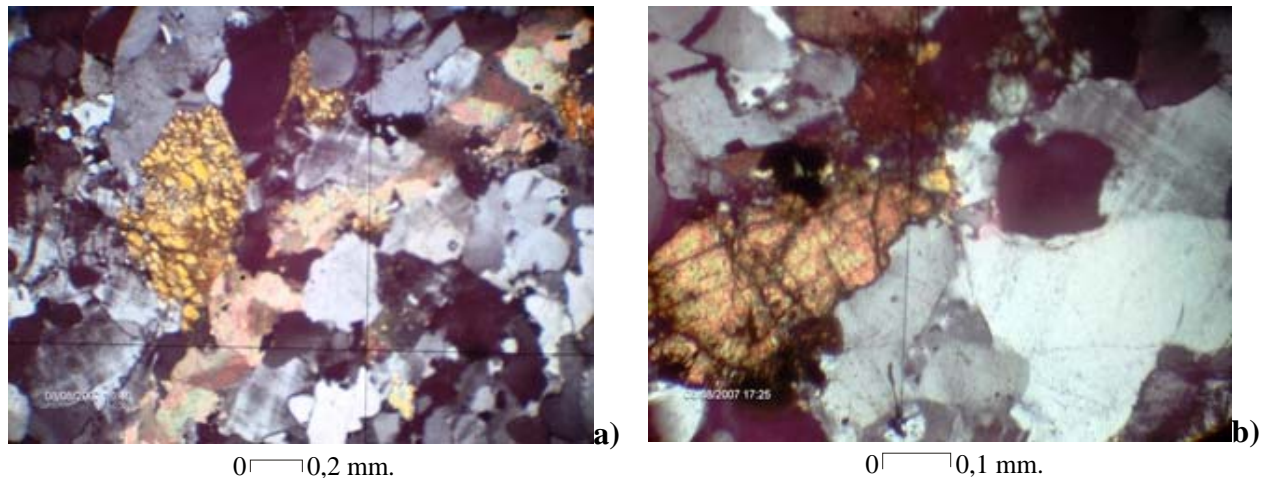


Fig. 45. a) Augita con microclíno, cuarzo, opacos y veta de calcita. Nícoles cruzados. Ya-141A. b) Hipersteno con microclíno, cuarzo y opacos. Nícoles cruzados. Ya-141A.

**Granofiro (Meta-leucogranito microclínico)**

El *feldespato potásico* tiene un tamaño máximo de 3 mm y mínimo de 0,7 mm, se presenta principalmente con una textura pertítica, tipo barra a cordado (Fig. 46).

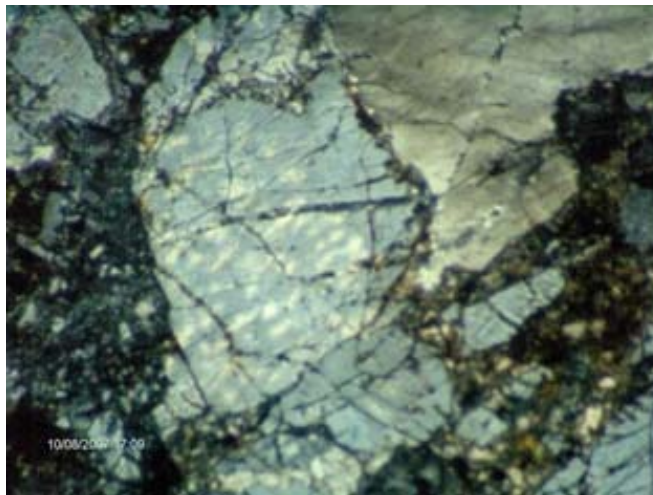
El *cuarzo* se presenta en granos dispersos y tienen una extinción ondulatoria.

La *plagioclasa (andesina)*, se encuentra alterada a *sericita*, tiene un maclado tipo albita y una forma subhedral a anhedral.

La *clorita* tiene un pleocroismo leve que va de color verde muy claro a verde claro, un hábito hojoso y un color de interferencia marrón oscuro.

La *sericita* es producto de la alteración de la plagioclasa y tiene un hábito fibroso.

Los minerales opacos son *limonita* tienen un color pardo amarillento.



0 ───────── 0,4 mm.

**Fig. 46. Textura pertítica en feldespato K del meta-leucogranito microclínico. Nícoles cruzados. Ya-152.**

## 4.5. MACIZO SALSIPUEDES

### 4.5.1. Metagabro anortosítico de Yumare

#### Extensión

En este macizo, la unidad aflora entre las carreteras 24 y 34 y por el este por la vía abandonada del viejo ferrocarril Bolívar (Aroa-Tucacas). El mejor acceso al macizo es por la carretera 28, de donde se obtuvo la mejor sección. Ocupa un área aproximada de 12 km<sup>2</sup>, que representa un 80% del cerro.

#### Contactos

Esta unidad se encuentra en contacto de falla con la Formación Matatere al norte y noreste, inconforme con la Formación Casupal al noroeste-oeste, al sur-sureste y al este con la Formación Capadare y al este y suroeste esta cubierto con el aluvión.

#### Tipos litológicos

En esta unidad se establecen los diferentes tipos litológicos basándose en la descripción de la muestra de mano y el análisis petrográfico (Tabla 35).

**Tabla 35. Tipos litológicos del Metagabro anortosítico de Yumare en el macizo Salsipuedes.**

Tipos litológicos	Muestras con sección fina
Metagabro	Fa-20
Metatrondhjemita	Fa27A-R
Metatonalita	Fa-55
Gneis hornbléndico-epidótico	Fa-43
Granofiro	No tiene
Esquisto cuarzo-feldespático-micáceo	Fa-13*, Fa-15, Fa-16B, Fa-18, Fa-21, Fa-38, Fa-39, Fa-44, Fa29C-R

\*La muestra Fa-13 es un gneis de grano fino (CONTRERAS, 1988). Presenta la misma mineralogía que el resto de las muestras y por lo tanto se incluyen es este tipo litológico.

## Metagabro

Se presenta con un alto grado de meteorización, sin embargo el color fresco apreciable es blanco y verde (plagioclasa y anfíboles y/o piroxenos), meteoriza a tonos oscuros marrón y negro y pardo claro. Tiene un tamaño de grano promedio de 1,4 mm (Fig. 47).



Fig. 47. Afloramiento de metagabro intercalado con granodiorita. Fa-55.

## Petrografía

La mineralogía se muestra en la tabla 36.

Tabla 36. Composición mineralógica del metagabro.

Muestra	Pl	Amp	Ep	Chl	Ser	Ap	Py	Nombre
Fa-20	45	15	15	20	1	1	3	Metagabro anfibólico

La *plagioclasa (andesina)* tiene, en algunos granos, un maclado polisintético, se encuentra sumamente alterada generando cristales de epidoto. El tamaño máximo observado en la plagioclasa es de 2,4 mm. Se considera que fue *labradorita* antes de ser alterada y perder Ca.

El *anfíbol (actinolita)*, tiene un pleocroísmo que va de color verde claro a verde, un hábito hojoso y rómbico. El color de interferencia es pardo oscuro (Fig. 48).

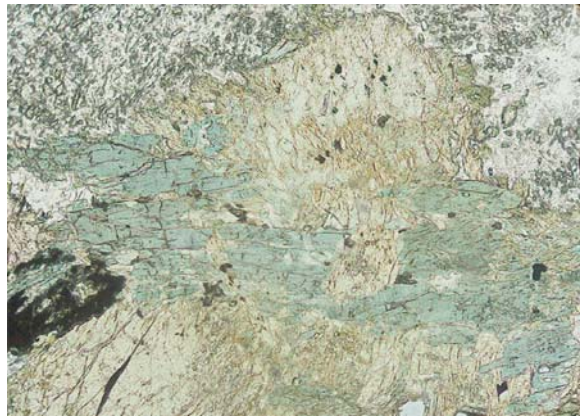
El *epidoto* tiene un hábito tabular y se genera a partir de la plagioclasa. Su color de interferencia es amarillo con manchas de color rosado o fucsia, algunos se encuentran perfectamente zonados y otros poseen maclado. El máximo tamaño alcanzado por estos cristales es de 0,3 mm.

La *clorita* es de dos tipos. Una de color verde y forma elongada, proveniente de la alteración de un anfíbol, verificado en algunos granos, los cuales tienen características reliquias, como el clivaje y la forma rómbica. El otro tipo tiene un hábito hojoso, un color verde muy claro y proveniente de la alteración de la biotita. Ambos tipos de clorita tienen un pleocroismo leve que va de verde claro a verde.

El *mineral opaco* observado tiene un color bajo luz reflejada amarillo latón, indicando la presencia de *pirita*.

El *apatito* es de hábito granular, algunos levemente fracturados.

La *sericita* tiene tamaños muy pequeños y está asociada a la plagioclasa como mineral secundario.



0 ┆ 0,1 mm.

**Fig. 48. Actinolita en contacto con plagioclasa alterada en el metagabro. Fa-20.**

### Metatrondhjemita

Este tipo litológico sólo se presenta en canto rodado, tienen un color fresco blanco, un tamaño de grano promedio de 2 mm y mineralógicamente se observa cuarzo y plagioclasa.

**Petrografía** (Tabla 37).

**Tabla 37. Composición mineralógica de la metatrondhjemita.**

Muestra	Qtz	Pl	Kfs	Bt	Ms	Ser	Aln
Fa27A-R	45	35	5	10	4	1	<1

El *cuarzo* está medianamente fracturado, tiene un tamaño de grano entre 0,03 y 2,5 mm, presenta una orientación con los cristales de mica y tiene extinción recta.

La *plagioclasa (andesina)* se encuentra sumamente alterada a *sericita*.

La *biotita* tiene un pleocroismo que va de color pardo a pardo oscuro y un hábito hojoso.

El *feldespato potásico* presenta extinción recta, textura pertítica, tipo cordado y el tamaño de grano está entre 1 y 2 mm.

La *allanita* tiene un pleocroismo que va de color marrón a marrón oscuro y presenta textura zonada.

El contacto entre granos es suturado en su totalidad, los cristales de cuarzo, biotita y muscovita se encuentran triturado-orientados y presenta textura tipo “augen”, textura mirmekítica (Fig. 49) y pertítica. El nombre adecuado para esta roca es metatrondhjemita protomilonítica.



0 ─ 0,02 mm.

**Fig. 49. Textura mirmekítica en la metatrondhjemita. Nícoles cruzados. Fa27A-R.**

### Metatonalita

**Petrografía** (Tabla 38).

**Tabla 38. Composición mineralógica de la metatonalita.**

Muestra	Pl	Qtz	Chl	Ep	Hem	Amp
Fa-55	45	25	20	9	1	<1

El *cuarzo* tiene un tamaño de grano entre 0,07 y 0,5 mm y una extinción ondulatoria.

La *plagioclasa (labradorita)* se encuentra sumamente alterada a epidoto.

La *clorita* tiene un pleocroismo que va de color verde muy claro a verde claro, un hábito hojoso y el color de interferencia es gris verdoso.

Los minerales opacos son *leucoxeno* y *hematita*.

El *anfíbol* (*tremolita*) tiene un hábito lamelar, un color de interferencia amarillo brillante y presenta forma subhedral (Fig.50a).

El contacto entre granos es longitudinal – suturado.

El nombre adecuado para este tipo litológico sería metatonalita cataclástica, debido a la textura cataclástica que presenta. Tiene un tamaño de grano promedio de 0,3 mm (Fig. 50b).

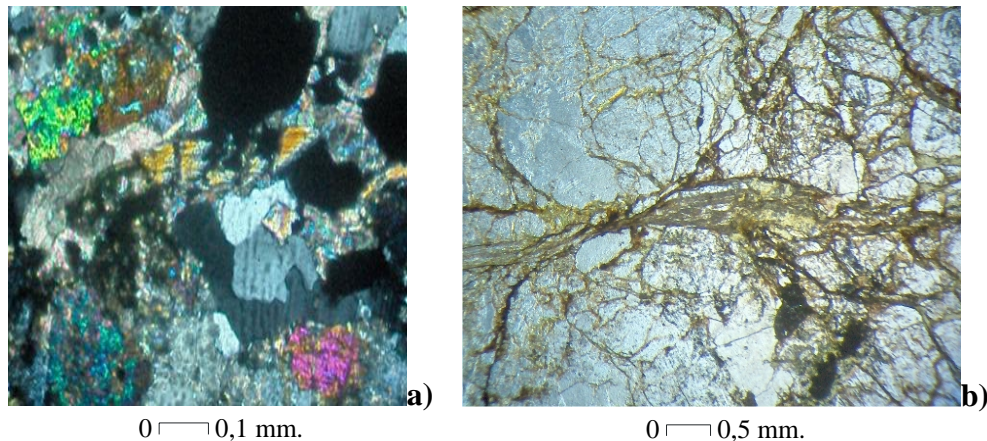


Fig. 50. a) Tremolita en la metatonalita. Nícoles paralelos. Fa-55. b) Textura cataclástica en la metatonalita. Nícoles cruzados. Fa-55.

### Gneis hornbléndico-epidótico

Este tipo litológico tiene un color fresco en bandas de color verde oscuro y blanco, un color de meteorización pardo verdoso y tiene un tamaño de grano promedio de 0,7 mm.

**Petrografía** (Tabla 39).

Tabla 39. Composición mineralógica del Gneis hornbléndico-epidótico

Muestra	Pl	Amp	Ep	Qtz	Ser	Chl	Bt	Ttn	Py
Fa-43	40	36	10	5	5	2	2	<1	<1

La *plagioclasa* (*andesita*), se encuentra alterada a sericita y epidoto, tiene un maclado tipo albita, posiblemente antes de la alteración de estos cristales eran *labradorita*, %An>50 (Fig. 51a).

El *anfíbol* es de dos tipos. La *hornblenda* está bien preservada, tiene un pleocroismo que va de color verde oscuro a pardo claro, un tamaño de grano promedio de 1,5 mm, un hábito prismático y un color de interferencia pardo oscuro brillante (Fig. 51b). La *tremolita* tiene un pleocroismo que va de incoloro a color verde, un hábito tabular y un color de interferencia dorado brillante.

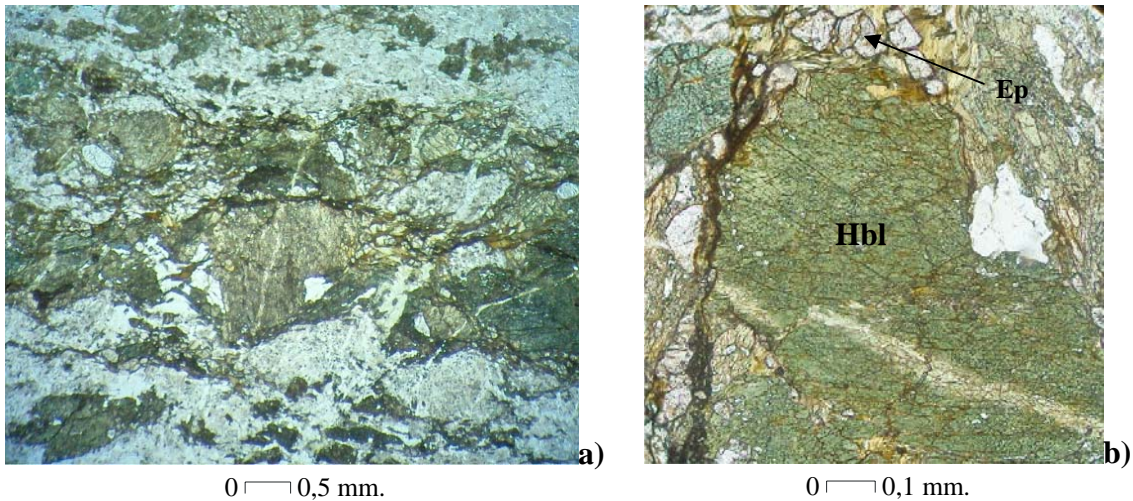
El *epidoto* es producto de la alteración de los minerales máficos y la plagioclasa.

El *cuarzo* se encuentra algo fracturado, extinción ondulatoria, contactos suturados y su tamaño varía entre 0,03 y 0,3 mm.

La *clorita* tiene un pleocroismo que va de color verde claro a verde y un hábito hojoso.

La *biotita* tiene un pleocroismo que va de color marrón a marrón oscuro y un hábito hojoso.

En algunos cristales se observa el paso de este mineral a clorita.



**Fig. 51. a) Textura gnéssica con bandas félsicas de plagioclasa y máficas de hornblenda y epidoto. Nícoles paralelos. Fa-43. b) Detalle de hornblenda y epidoto en gneis. Nícoles paralelos. Fa-43.**

### Granofiro

El granofiro es de color blanco con grandes cristales de cuarzo azul, el color meteorizado es marrón amarillento y tiene un tamaño de grano promedio de 2 mm (fig. 52).

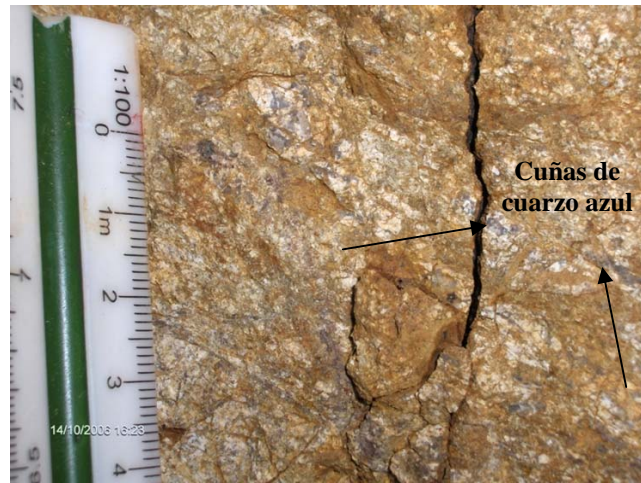


Fig. 52. Detalle de la textura gráfica en el granofiro. Fa-55

### Esquisto cuarzo-feldespático-micáceo

El esquisto y gneis cuarzo-feldespático-micáceo tiene un color fresco que varía entre tonos de grises hasta blanco y negro que meteoriza a gris verdoso, negro verdoso, gris pardo y blanco y negro. La mineralogía observada en general es cuarzo en mayor proporción que la plagioclasa y micas, tanto muscovita como biotita. Tienen un tamaño de grano promedio de 0,9 mm (Fig. 53a,b).



Fig. 53 a) Detalle del esquisto cuarzo-plagioclásico-muscovítico. Fa-44. b) Vista del esquisto cuarzo-plagioclásico-biotítico. Fa-15.

**Petrografía** (Tabla 40).**Tabla 40. Composición mineralógica del esquistos cuarzo-feldespático-micáceo.**

Muestra	Qtz	Pl	Bt	Ms	Kfs	Ep	Hem	Chl	Ser	Amp	Ap	Ttn	Zrn	Nombre
Fa-13	40	45	0	1	10	1	0	1	2	0	0	<1	<1	Gneis feldespático- cuarzoso
Fa-15	40	30	20	4	1	0	5	0	0	0	<1	0	<1	Esquistos cuarzo- plagioclásico- biotítico
Fa-16B	40	45	10	1	2	1	1	<1	0	0	0	0	0	
Fa-18	40	35	15	0	5	3	1	<1	0	<1	0	<1	<1	
Fa-21	40	35	7	0	2	10	5	1	0	0	0	0	0	
Fa29C-R	75	5	<1	20	0	<1	0	0	0	0	0	0	0	Esquistos cuarzo- plagioclásico- muscovítico
Fa-44	45	35	4	15	0	1	<1	<1	0	0	0	0	<1	
Fa-38	70	10	0	5	2	5	2	3	0	0	0	3	<1	Esquistos cuarzo- plagioclásico
Fa-39	65	30	<1	2	0	<1	0	<1	3	0	0	0	0	
Prom	51	30	7	5	3	3	2	1	1	<1	<1	1	<1	
Máx	75	45	20	20	10	10	5	1	3	<1	<1	3	<1	
Mín	40	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	

El *cuarzo* esta fracturado, tiene un tamaño de grano entre 0,02 y 0,8 mm, presenta una orientación con los cristales de mica, tiene extinción ondulatoria y sus contactos son suturados (Fig. 54b y Fig. 55b).

La *plagioclasa* (*andesina-labradorita*), se encuentra sumamente alterada a epidoto y sericita, se observa maclado polisintético tipo albita, su color por el grado de alteración es terroso oscuro, es forma subhedral a anhedral. El tamaño de los cristales varía entre 0,08 y 2,0 mm.

Las micas son *biotita* y/o *muscovita*.

La *biotita* tiene un pleocroismo con un color en el siguiente orden: pardo-pardo verdoso-verde oliva claro y un hábito hojoso. En algunas muestras se observa el paso de esta a clorita.

La *muscovita* esta orientada junto al *cuarzo* y en ocasiones se presenta con extinción ondulatoria (Fig. 54a).

El *feldespato potásico* se encuentra en contacto directo con la plagioclasa y el cuarzo, sobre estos se observan cristales de epidoto, extinción recta u ondulatoria. En algunas muestras presenta textura perítica. El tamaño de grano está entre 0,06 y 0,2 mm. En ocasiones se observa el maclado enrejado típico del microclíno (Fig. 55a).

El *epidoto* es de dos tipos. La *zoisita-clinozoisita* tiene un hábito tabular y color de interferencia gris azulado. El *epidoto* es de color verde amarillento, hábito granular y color de interferencia fuerte rosado pardo.

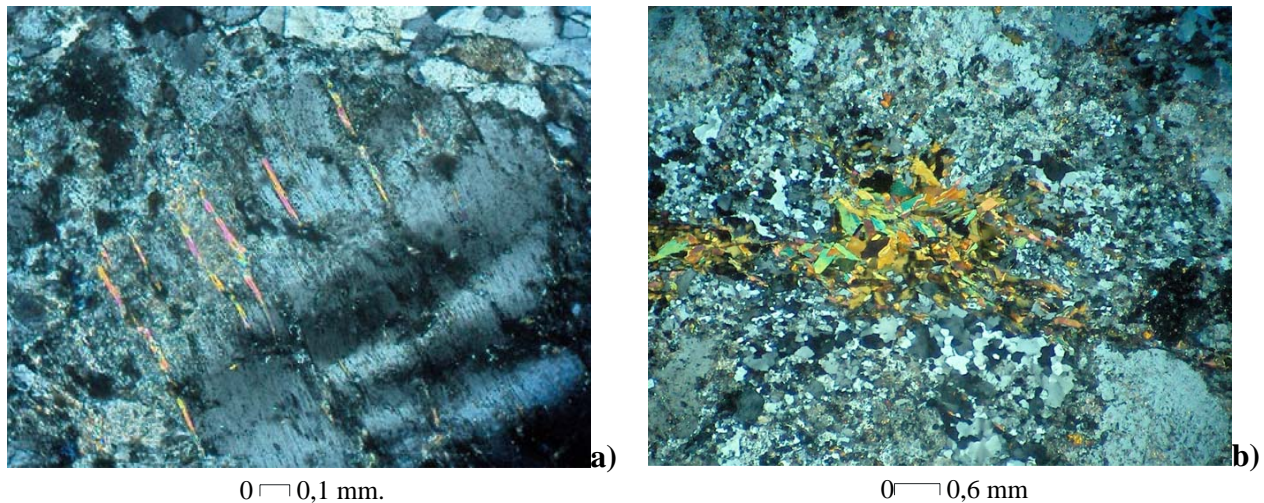
Los minerales opacos son *hematita* y/o *pirita*, el primero tiene dos colores negro y rojo muy oscuro, el otro presenta un color amarillo latón, ambos son subhedral.

La *clorita* es producto de la alteración de la biotita, tiene un pleocroismo que va de un color verde oliva claro a verde, tiene un color de interferencia azul violáceo y marrón con borde azul violáceo.

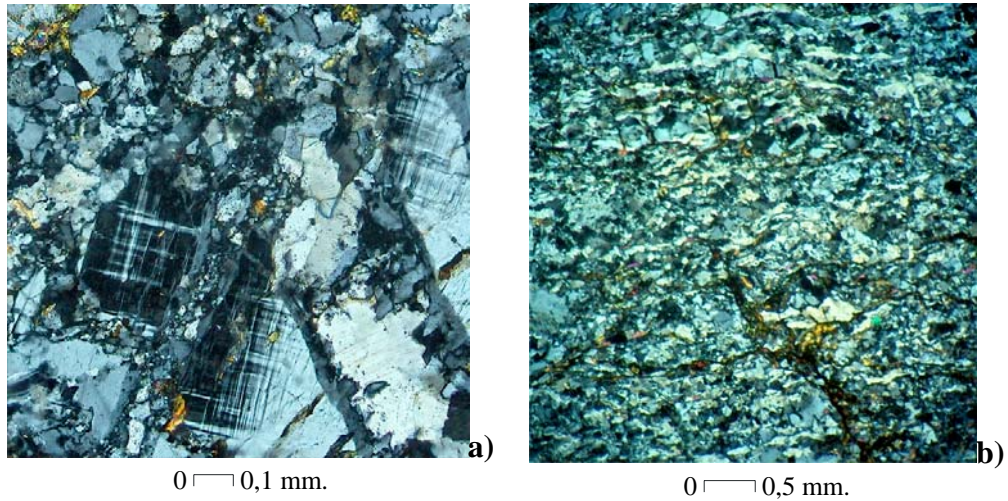
La *sericita* es producto de la alteración de la plagioclasa y tiene un arreglo en fibras sobre los cristales de plagioclasa.

El *anfíbol (tremolita)*, tiene un pleocroismo muy bajo de incoloro a verde pálido, un color de interferencia amarillo naranja fuerte y tiene hábito hojoso.

Los cristales de la *titanita* están aislados y son de aspecto granular.



**Fig. 54. a) Muscovita sobre plagioclasa con extinción ondulatoria y maclas plegadas. Nícoles cruzados. Fa-13.  
b) Trenes de trituración con los granos de cuarzo, plagioclasa y biotita. Nícoles cruzados. Fa-18.**



**Fig. 55 a) Microclino en Esquisto cuarzo-feldespático-micáceo. Nícoles cruzados. Fa-38. b) Orientación del cuarzo con la mica. Nícoles cruzados. Fa-38.**

## 4.6. UNIDADES SEDIMENTARIAS

### 4.6.1. Formación La Luna

#### Ubicación y extensión

La Formación La Luna aflora en el flanco norte del macizo La Zurda y al sur de la quebrada Aguacate, en dos cuerpos alargados en dirección este-oeste, el oriental y occidental, cuya área aproximada ocupa 0,4 km<sup>2</sup> y 0,2 km<sup>2</sup> respectivamente.

#### Contacto

Estos cuerpos se encuentran en contacto de falla (posiblemente de corrimiento) con la unidad Metagabro anortosítico de Yumare. El cuerpo occidental se encuentra en contacto discordante con la Formación Casupal y el cuerpo oriental al norte está cubierto por el aluvión Cuaternario, lo cual enmascara la falla que delimita este cuerpo. Probablemente las rocas del Terciario (Casupal), lo cubre discordantemente.

#### Características de campo

La Formación la Luna se observa principalmente como bloques de caliza embebidos en un suelo residual. La roca predominante es la caliza de color negro y gris oscuro que meteoriza a color gris pardo claro, presenta gran cantidad de vetas de calcita blanca, en ocasiones se observa brechada (Fig. 56).

En cuanto a la topografía, esta unidad muestra la típica erosión cárstica, con laderas de altas pendientes y cimas muy agudas.



Fig. 56. Ocurrencia de los bloques de la Formación La Luna con detalle de las vetas de calcita. Ya-151.

### Petrografía:

Algunas secciones finas de esta unidad fueron examinadas desde el punto de vista micropaleontológico por el Dr. Max Furrer para el trabajo de URBANI *et al.* (2007b), quien identificó la asociación faunal semejante a la Formación La Luna de edad Cretácico tardío (Fig. 57).

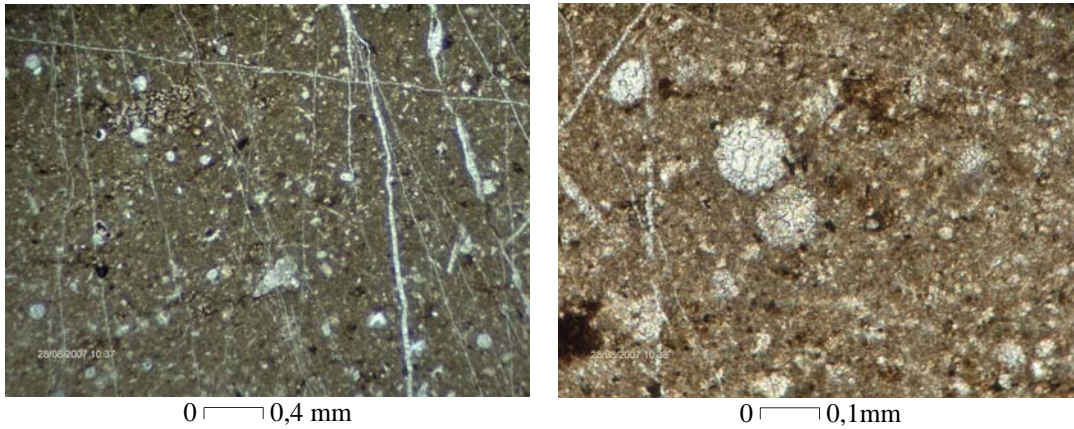


Fig. 57. Microfauna de la Formación La Luna. Nícoles paralelos. Ya58-R.

### 4.6.2. Formación Matatere

#### Ubicación y extensión

La Formación Matatere aflora en el norte y noreste del macizo salsipuedes, en un cuerpo de forma facoidal con un área aproximada de 3,2 km<sup>2</sup>. Este cuerpo es atravesado por la quebrada Salsipuedes.

#### Contacto

Este cuerpo se encuentra en contacto de falla con la unidad Metagabro anortosítico de Yumare al sur, de forma discordante con la Formación Casupal al norte y con el aluvión Cuaternario al este.

#### Características de campo

Esta unidad se caracteriza por la presencia de una secuencia rítmica de arenisca y limolita tipo flysch con niveles de olistolitos de caliza tipo La Luna embebida en la lutita.

La secuencia rítmica se compone de arenisca de grano fino a medio, compacta de color marrón rojizo que meteoriza a color pardo claro, la limolita es de color marrón oscuro y meteoriza a marrón claro y oscuro, está muy laminada y presenta huellas de carga con la arenisca (Fig. 58).

Los bloques de caliza tipo La Luna es de color negro y gris oscuro, el color de meteorización es gris claro, se observa muy brechada con gran cantidad de vetas de calcita. Esta caliza está embebida en una lutita negra muy meteorizada que no se le observa estratificación, presenta vetas de calcita muy fracturadas y concreciones. Esta lutitas son estériles en microfauna.



Fig. 58. Secuencia tipo flysch de la Formación Matatere. Fa-52.

**Tipos litológicos** (Tabla 41).

Tabla 41. Tipos litológicos de la Formación Matatere.

Tipo litológico	Subtipo	Muestra con sección fina
Arenisca	Arenisca feldespática*	Fa-52
	Waca cuarzosa*	Fa-59
Olistolitos	Caliza	Fa-54, Fa-66 y Fa-63
	Metadiabasa	Fa-61

\*Según PETTIJON (1972).

### Petrografía

Se realizó la petrografía de rocas generadas de la Formación propiamente dicho y de los olistolitos que se pudieron encontrar en ella.

#### Arenisca feldespática

La arenisca feldespática presenta tamaño de grano entre 0,02 y 0,03 mm, muy pobremente escogida con baja excentricidad y subangular, está compuesta de granos 98%, matriz 1% y porosidad 1%. La porosidad es interpartícula y por disolución, es isotrópica y los contactos son longitudinales y suturados.

El *cuarzo* constituye el 50% de la roca y es de tres tipos; monocristalino y policristalino plutónico y monocristalino metamórfico.

La *plagioclasa* representa 40%.

Los minerales accesorios ocupan un 8% y se puede tener *muscovita*, *biotita*, *clorita*, *sericita* y *opacos*.

1% está constituido por fragmentos de rocas sedimentarias.

Los efectos diagenéticos de esta roca son: compactación media, disolución de granos y la alteración de *plagioclasa* a *sericita* y de la *biotita* a *clorita*.

### **Waca cuarzosa**

La waca cuarzosa presenta tamaño de grano entre 0,3 y 1 mm, muy pobremente escogida con baja excentricidad y subangular, está compuesta de granos 69%, matriz 30% y porosidad 1%. La porosidad es por disolución, es isotrópica y los contactos son de tipo grano-matriz, tangencial, cóncavo-convexo y suturado.

La composición de los granos se distribuye de la siguiente manera:

El *cuarzo* constituye el 59% y es de tipo monocristalino y policristalino metamórfico.

El *feldespato* representa 5% y está constituido por *plagioclasa*, *ortosa* y *microclino*.

Los minerales accesorios ocupan un 5% y se puede tener *muscovita*, *circón*, *opacos* y *glauconita*.

La matriz es de *cuarzo* y otros minerales no identificables.

Los efectos diagenéticos de esta roca son: compactación baja, disolución de granos y la alteración de los *feldespatos*.

### **Olistolito de caliza tipo La Luna. (Fa-27)**

Las muestras de caliza de esta unidad fueron examinadas por el Dr. Max Furrer de PDVSA-INTEVEP, quien identificó abundantes radiolarios, fragmentos de foraminíferos plácticos, *Hedbergella?*, *Globotruncana?*, *?Heterohelix?*, espinas de equinodermos, la asociación parece característica del Cretácico Tardío, específicamente la Formación La Luna. Además de las muestras tomadas por los suscritos (Fig. 59b), se revisó la muestra 151.500 de la “Colección Creole” de PDVSA-INTEVEP (Fig. 59a,c), tomada por B. NATERA en 1957.

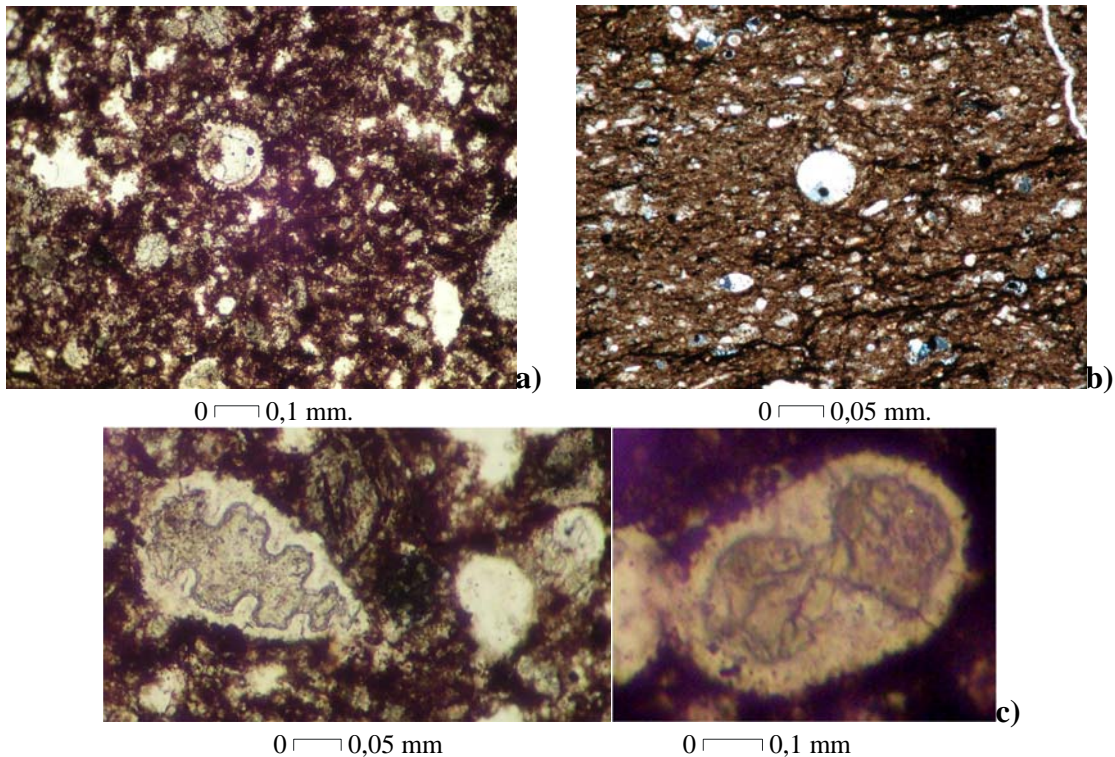
El tamaño del bloque de la muestra Fa-27 cubre un área aproximada de 1 m<sup>2</sup>.

La *calcita* tiene un tamaño que varía entre 0,04 y 1,3 mm.

La matriz es de color marrón oscuro, con fósiles de tamaño 0,1 mm, aproximadamente.

Los minerales opacos tienen un color pardo oscuro con algunas caras bien definidas, posiblemente sea *limonita*.

Los tipos de caliza clasificados según DUNHAM (1962) son wackstone y mudstone.



**Fig. 59 a) Muestra 151.500. Nícoles paralelos. b) Muestra Fa-63. Nícoles cruzados. c) Detalle de la microfauna de la muestra 151.500.**

### **Olistolisto de metadiabasa. (Fa-61)**

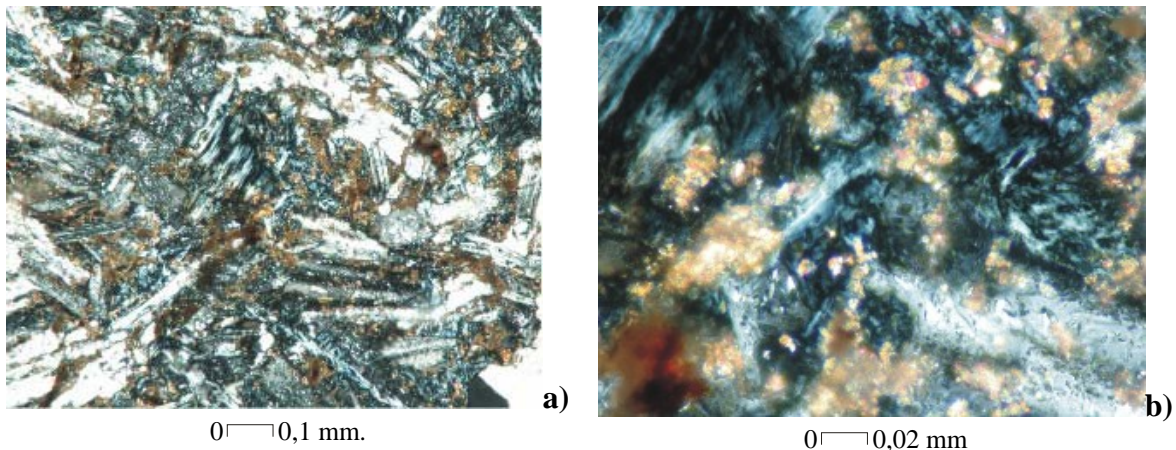
La roca es hipocristalina y fanerítica con textura ofítica reliquia y transformaciones minerales de piroxeno a clorita.

El porcentaje de minerales es: plagioclasa 45%, clorita 25%, piroxeno 12%, calcita (vetas) 10%, opaco (leucoxeno) 7% y granos sedimentarios 1%.

El *piroxeno* se asume como un cristal de gran tamaño, sin apreciarse sus caras cristalinas, se considera que las plagioclasas presentes se encuentran incluidas dentro de este cristal y definen una textura ofítica.

La *clorita* tiene un pleocroismo que va de un color verde muy claro a verde claro, un color de interferencia azul grisáceo con tonos violáceos (Fig. 60b). Se considera como producto de alteración del piroxeno por metamorfismo.

La *plagioclasa* está muy alterada por tal motivo no se pudo determinar el tipo (Fig. 60a).



**Fig. 60. a) Plagioclasa, con clorita y cristalitas de carbonato en la metadiabasa. Nícoles cruzados. Fa-61. b) Clorita y pequeños cristales de carbonato en la metadiabasa. Nícoles cruzados. Fa-61.**

### 4.6.3. Formación Casupal

#### Ubicación y extensión

La Formación Casupal aflora al norte y este de los macizos Tarana y San Quintín. En los macizos La Zurda y Salsipuedes aflora al norte hasta los bordes de los mapas.

#### Contacto

La unidad esta en contacto de inconformidad con las unidades ígneo-metamórficas. En el macizo La Zurda está cubriendo discordantemente a la Formación La Luna y se encuentra en contacto discordante con la Formación Capadare, la Formación Matatere en Salsipuedes y cubierto por el aluvión.

#### Tipos litológicos

En esta unidad se establecen los diferentes tipos litológicos basándose en la descripción de la muestra de mano y el análisis petrográfico (Tabla 42).

**Tabla 42. Tipos litológicos de la Formación Casupal.**

Tipos litológicos	Subtipos	Muestra con sección fina	Localidad
Caliza	Wackstone**	Ya-84	Quebrada Aguacate
Conglomerado	de guijarros	Ya-104A, Ya-104B	Quebrada Yaure
	de bloques*	Fa-53, Fa-53A, Fa-53B, Fa-53C, Fa-54, Fa-67, Fa-67A Fa-67B, Fa-67C, Fa-67D, Fa-67F, Fa-67G, Fa-67H	Quebrada Chepano

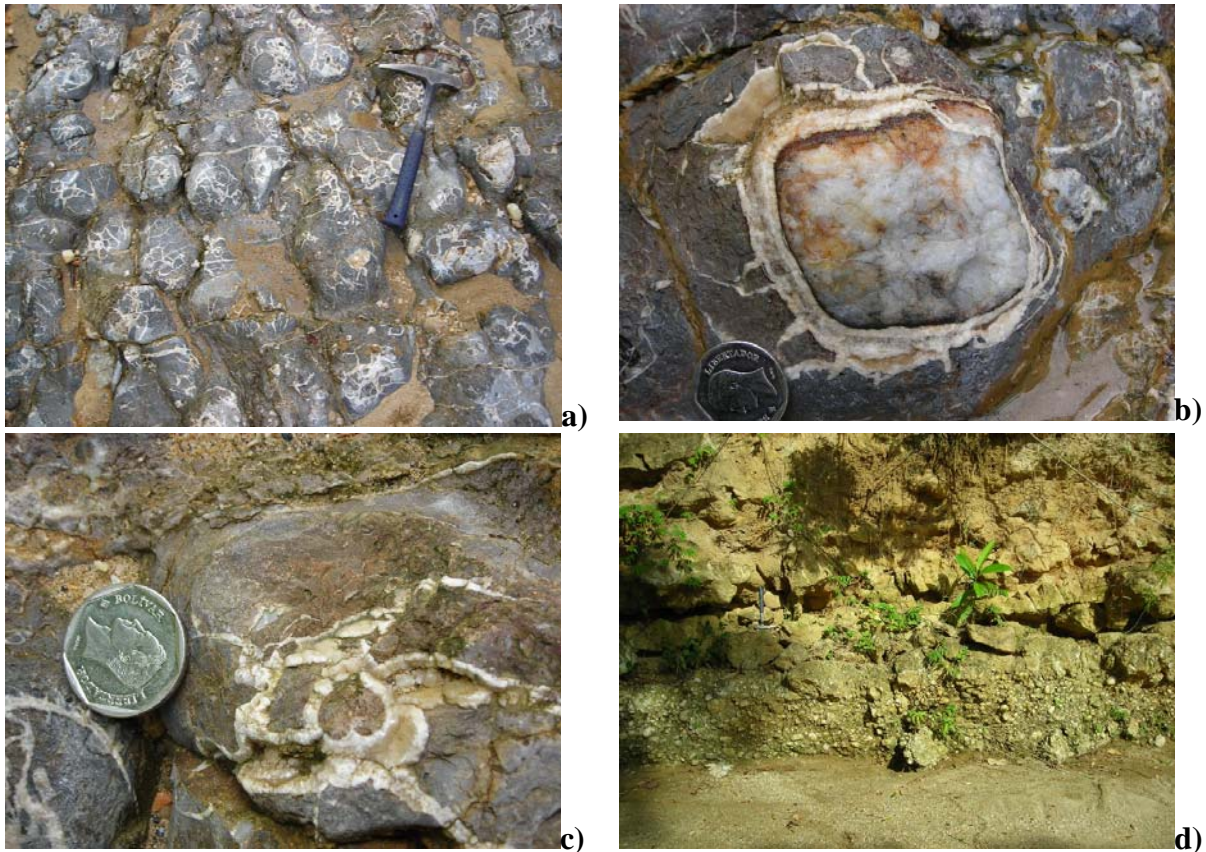
\*Las secciones finas se refieren a las muestras tomadas de los bloques de este conglomerado

\*\*Según DUNHAM (1962)

### **Caliza. (Ya-84 Qda. Aguacate)**

#### **Wackstone**

Al norte del macizo la zurda, en la quebrada Aguacate, la unidad muestra una zona carbonática, aquí se observa un cambio abrupto en la energía del medio de depositación, definido por el contacto directo de caliza sobre conglomerado (Fig. 61d). La caliza es de color azul oscuro y meteoriza azul grisáceo o pardo claro, se observan fragmentos fósiles de bivalvos y gasterópodos (Fig.61c), varias familias de vetas de calcita, tiene forma tabular y en ocasiones la erosión deja ver los cantos del conglomerado infrayacente (Fig. 61b). El conglomerado tiene una matriz azul grisácea con cantos de hasta 10 cm de diámetro de cuarzo lechoso (Fig. 61a).



**Fig. 61.** a) Vista del tope de caliza, se observa como infrayacente el cuarzo del conglomerado. Ya-84. b) Detalle de la caliza donde se observa la erosión deja unas formas redondeadas. Ya-84. c) Algunos fragmentos de microfósiles recristalizados. Ya-84. d) Cambio abrupto en la energía del medio, conglomerado en la base y algunos carbonatos de mezcla sobre este. Ya-85.

### Petrografía

Esta muestra fue examinada por Max Furrer quien observa radiolarios en la matriz y fragmentos de pelecípodos y gasterópodos, no diagnósticos para edad.

Los componentes principales son: extraclastos 3%, aloquímicos 40%, ortoquímicos 55% y la porosidad 2%.

Los *extraclastos* son de cuarzo monocristalino plutónico y metamórfico y como accesorio la muscovita y otros no identificables.

Los *aloquímicos* son los fragmentos fósiles antes mencionados.

Los *ortoquímicos* están compuestos de cemento (espató) 10% y matriz (micrita) 45%.

El efecto diagenético apreciable es la disolución de granos.

Clasificación según FOLK (1962): biomicrita.

### Conglomerado de guijarros (Qda. Yaure)

Se considera que estos cantos se encuentran en la quebrada Yaure por procesos tectónicos y erosionales previos, ya que en esta quebrada y en la quebrada San Quintín, paralela a la anterior, no se observa ningún afloramiento de esta unidad. El conglomerado presenta cantos de cuarzo lechoso con tamaño de hasta 5 cm y una matriz arenosa roja de óxido, en ocasiones presenta alineamiento (Fig. 62a,b).



Fig. 62. a) Canto de conglomerado en la quebrada Yaure. Ya-104. b) Alineamiento de granos de cuarzo en el conglomerado. Ya-104.

### Petrografía

Los componentes principales son: cláustos 90% y matriz 10%.

Los cláustos tienen tamaños entre 0,2 y 8 mm con orientación isotrópica, muy pobremente escogido, subredondeado, excentricidad media a baja. Los contactos presentes son tangenciales, suturados y longitudinales. Según la estabilidad es un conglomerado ortomíctico de tipo monomíctico.

Los cláustos están compuestos de *cuarzo* 87% del tipo monocristalino y policristalino metamórfico, el resto 3% los constituyen fragmentos de roca chert.

La matriz (10%) se define como una arenisca cuarzosa que presenta las siguientes características:

Tamaño de grano varía entre 0,04 y 0,7 mm, pobremente escogido con baja esfericidad y subangular, está compuesta de granos 74%, matriz 25% y porosidad 1%. La porosidad es interpartícula y por disolución, es isotrópica y los contactos son grano-matriz, tangenciales y suturados.

El *cuarzo* constituye el 73% de la roca y es monocristalino y policristalino metamórfico.

La matriz está constituida por óxido de hierro y cuarzo y representa un 25% de la roca.

Los minerales accesorios ocupan el 1% y se puede tener *muscovita*.

La *plagioclasa* es accesorio menor al 1%.

Un porcentaje menor al 1% está constituido por chert.

Los efectos diagenéticos de esta roca son: disolución de granos.

### Conglomerado basal de bloques (Qda. Chepano)

La Formación Casupal en los afloramientos Fa-53, Fa-54 y Fa-67, donde esta en contacto con la Formación Matatere en el macizo Salsipuedes, aflora en un conglomerado basal de peñas y peñones con cantos de varios metros de diámetro de rocas sedimentarias, arenisca, metaígneas, clinopiroxenita y metamórficas, mármol y mármol flogopítico (Fig. 63a,b,c).



Fig. 63. a) Peñón de mármol en el conglomerado. Fa-67. b) Peña de mármol dentro del conglomerado. Fa-67. c) Detalle del mármol flogopítico, en color dorado oscuro se observa la mica. Fa-67.

## **Petrografía**

### **Arenisca cuarzosa (Fa-67B, C, D)**

La arenisca cuarzosa presenta tamaño de grano entre 0,07 y 6 mm, medianamente, pobremente y muy pobremente escogida con baja excentricidad y subangular, está compuesta de granos 93%, matriz 5%, cemento 2% y porosidad 1%. La porosidad es interpartícula y por disolución, es isotrópica y los contactos son longitudinales, grano matriz, tangencial, cóncavo-convexo y suturado.

El *cuarzo* constituye el 72% de la roca y es de tipo monocristalino y policristalino metamórfico.

La *plagioclasa* representa 14%.

La matriz representa un 5% está constituido por *cuarzo* y material carbonático.

El cemento es carbonático y constituye un 2%.

Los minerales accesorios ocupan el 1% y se puede tener *circón*, *muscovita*, *glauconita*, *epidoto*, *sericita* y *opacos*.

Los efectos diagenéticos de esta roca son: compactación media a baja, disolución de granos y la alteración de feldespato.

### **Arenisca feldespática (Fa-53<sub>1, 2 y 3</sub>, Fa-54, Fa-67E)**

La arenisca feldespática presenta tamaño de grano entre 0,07 y 4 mm, muy pobremente escogida con media-baja excentricidad, subredondeada, está compuesta de granos 89%, matriz 10% y porosidad 1%. La porosidad es por disolución, los granos están dispuestos en forma isotrópica y los contactos son tangencial, longitudinal y suturado.

El *cuarzo* constituye el 45% de la roca y es de tipo monocristalino y policristalino metamórfico.

El *feldespato* representa 26% y está constituido por *plagioclasa*, *ortosa* y *microclino*. Se observa textura pertítica y antipertítica en los granos.

La matriz representa un 10% está constituido por *cuarzo* y otros materiales no identificables.

Los minerales accesorios ocupan el 2% y se puede tener *circón*, *clorita*, *sericita* y *opacos*.

Los fragmentos de roca (1%) observados son de chert.

Los efectos diagenéticos de esta roca son: compactación media a baja, disolución de granos y la alteración de feldespato.

**Grauvaca feldespática (Fa-67)**

La grauvaca feldespática presenta tamaño de grano entre 0,07 y 2,2 mm, muy pobremente escogida con baja excentricidad, subangular, está compuesta de granos 79%, matriz 20% y porosidad 1%. La porosidad es por disolución, es isotrópica y los contactos son grano-matriz, longitudinal y suturado.

El *cuarzo* constituye el 39% de la roca y es de tipo monocristalino metamórfico.

La *plagioclasa* representa 30%.

La matriz representa un 20% está constituido por materiales no identificables.

Los minerales accesorios ocupan el 5% y se puede tener *circón*, *muscovita*, *epidoto*, *glauconita*, *sericita* y *opacos*.

Los fragmentos de roca observados representan un 5% son de chert y otras rocas sedimentarias.

Los efectos diagenéticos de esta roca son: compactación media a baja, disolución de granos.

**Mármol laminado (Fa-67F)**

Los constituyentes del mármol laminado son: calcita 98%, cuarzo 1%, piritita 1% y 1% clorita.

La *calcita* está muy cizallada y orientada, esta deformación se observa muy bien en las maclas.

El *cuarzo* tiene extinción ondulatoria y el tamaño de grano varía entre 0,11 y 0,7 mm.

La *clorita* tiene un color verde claro y un color de interferencia gris con extinción radial, es de hábito hojoso lo cual podría estar indicando que su procedencia es debido a la transformación de la biotita.

**Mármol flogopítico (Fa-67A)**

Los constituyentes son: calcita 97%, flogopita 2%, clorita 1%, cuarzo <1%, opaco (pirita) <1% y espinela <1%.

En este tipo litológico se disolvió el carbonato y los insolubles resultaron ser:

Cuarzo

Flogopita

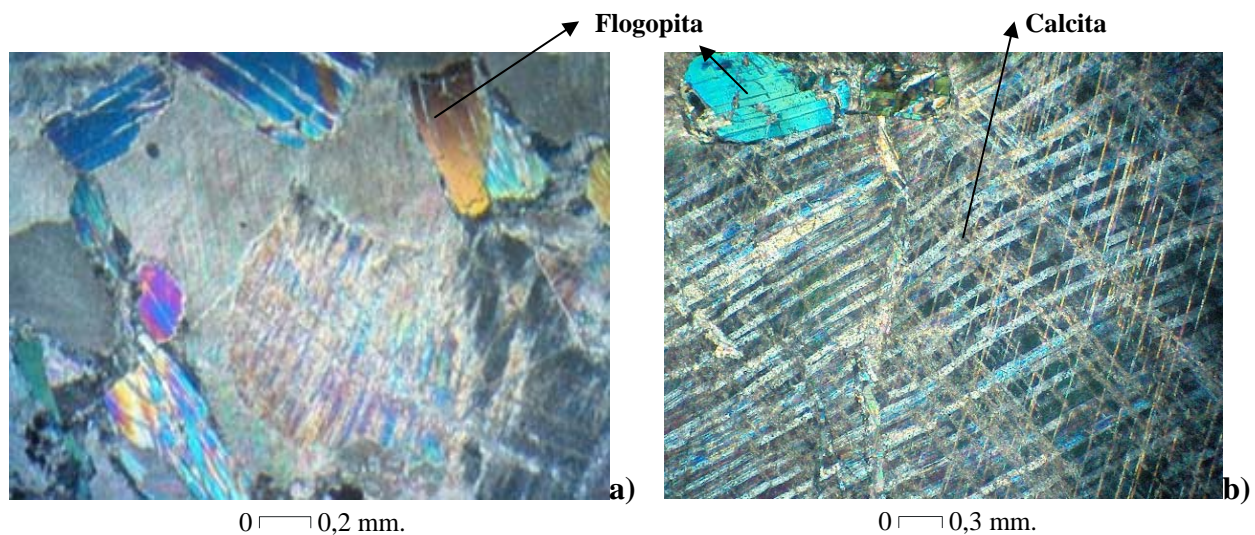
Px (Augita)

Serpentina (Clinocloro)

La *calcita* está muy cizallada y orientada, la deformación se observa muy bien en las maclas (Fig. 64b).

La *flogopita* es de color pardo pálido a incoloro, con débil pleocroismo y color de interferencia alto, tiene un hábito hojoso a tabular, la extinción es ondulatoria y presenta la textura ojo de pájaro típico de este mineral (Fig.64a).

La *clorita* tiene un color verde claro con débil pleocroismo, un color de interferencia gris-azul violáceo, es de hábito hojoso y se encuentra rodeando a la flogopita, se presume que se haya generado la transformación de flogopita a clorita.



**Fig. 64. a) Calcita y flogopita en mármol flogopítico. Nícoles cruzados. Fa-67A. b) Maclas de calcita deformada y flogopita. Nícoles cruzados. Fa-67A.**

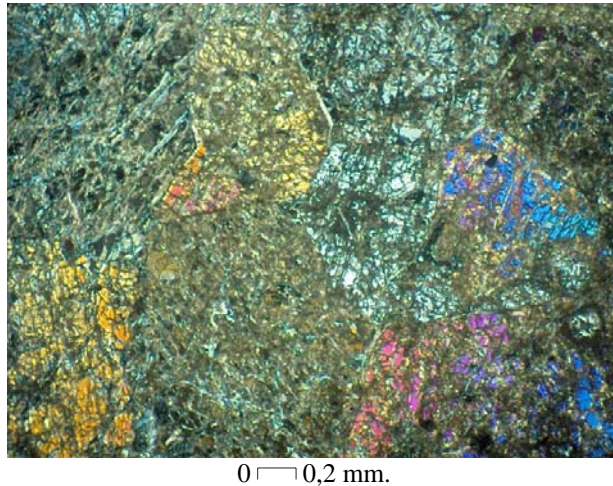
### **Metaclinopiroxenita (Fa-67G)**

Los constituyentes son: clinopiroxeno 61%, clorita 30%, plagioclasa 5%, epidoto 3% y calcita 1%.

El *clinopiroxeno* es de dos tipos. El *diópsido* tiene un color de interferencia dorado-fucsia-azul y la *augita* tiene un color de interferencia amarillo-gris. Ambos son de hábito prismático, subhedral y se encuentran muy alterados (Fig. 65).

La *clorita* es producto de la alteración del clinopiroxeno, tiene un pleocroismo leve que va de un color verde muy claro a verde claro, un color de interferencia gris oscuro, un hábito hojoso y se encuentra rodeando a los piroxenos en forma de venas.

La *plagioclasa* se encuentra muy alterada a epidoto, no se observa maclado.



**Fig. 65. Clinopiroxenita muy alterada con contactos entre granos a 120°. Nícoles cruzados. Fa-67G.**

#### **4.6.4. Formación Capadare**

##### **Ubicación y extensión**

La Formación Capadare aflora al norte y sur de todos los macizos, a excepción del macizo Salsipuedes donde aflora al sur y sureste, se extiende por toda la zona de estudio.

##### **Contactos**

Su contacto al norte de la zona es discordante con la Formación Casupal. Al sur y este del macizo Tarana, está en contacto de inconformidad sobre el Esquisto de Aroa. Al sur del macizo San Quintín está en contacto de falla de ángulo alto con las metavolcanosedimentarias de San Quintín y al sur de los macizos La Zurda y Salsipuedes esta en contacto inconforme con el Metagabro anortosítico de Yumare, esto cubierto por terrazas y aluvión del Cuaternario.

##### **Características de campo**

Esta unidad se distingue por su contenido carbonático y macrofósilífero, son calizas fosilíferas con fragmentos de bivalvos, ostrácodos y turrítelas entre otros, color blanco que meteoriza a tonos rojizos (Fig. 66a). Además de las calizas, se observan también conglomerados carbonáticos de color marrón grisáceo que meteoriza a tonos pardo rojizo (Fig. 66b).

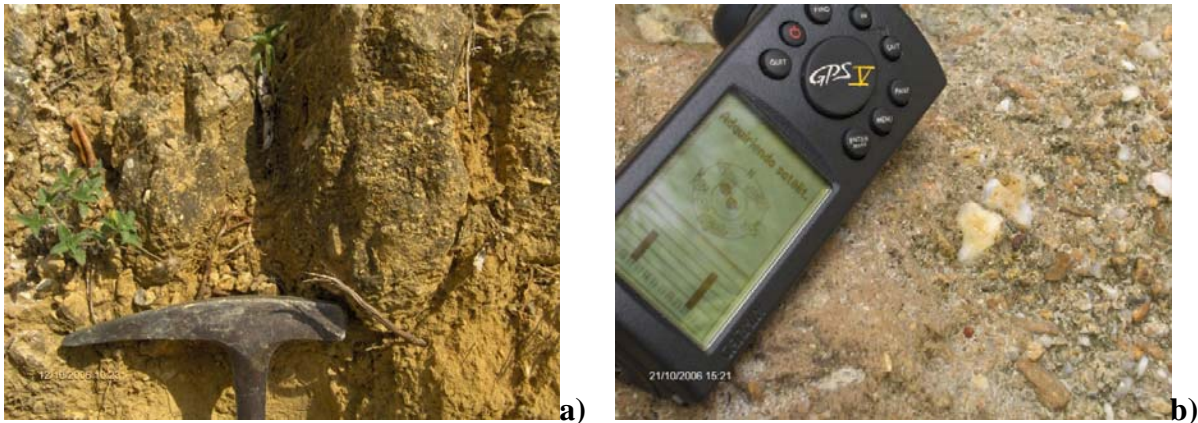


Fig. 66. a) Conglomerado carbonático que aflora en las laderas al sur del macizo Salsipuedes. Fa-35.  
b) Detalle de un conglomerado carbonático que aflora en uno de los afluentes de la quebrada San Quintín. Ya-134.

**Tipos litológicos** (Tabla 43).

**Tabla 43. Tipos litológicos de la Formación Capadare.**

Unidad	Tipos litológicos	Subtipos	Muestra con sección fina
Formación Capadare	Caliza	Rudstone*	Fa-34
	Conglomerado	Gránulos	Fa-35

\*Según DUNHAM (1962).

## Petrografía

### Caliza

#### Rudstone

Los componentes principales son: extraclastos 68%, aloquímicos 2%, ortoquímicos 30% y la porosidad <1%.

Los *extraclastos* son de cuarzo monocristalino y policristalino metamórfico, plagioclasa y como accesorio la muscovita y opacos.

Los *aloquímicos* son fragmentos de moluscos.

Los *ortoquímicos* están compuestos de cemento (microspato) y matriz (micrita) 45%.

El efecto diagenético apreciable es la disolución de granos.

Se puede denominar también micrita fosilífera según FOLK (1962).

## **Conglomerado**

### **Gránulos**

Los componentes principales son: cláustos 70% y matriz 30%

Los cláustos tienen tamaños entre 0,07 y 2,2 mm con orientación isotrópica, muy pobremente escogido, subangular, excentricidad baja. Los contactos presentes son tangenciales, suturados y longitudinales. Según la estabilidad es un conglomerado ortomítico de tipo polimítico.

Los cláustos están compuestos de *cuarzo* 60% del tipo monocristalino y policristalino metamórfico, los feldespatos 5% son *plagioclasa* y los accesorios 5% son muscovita, opacos y fragmentos fósiles.

La matriz (29%) se compone por material carbonático y otros no identificables.

El cemento 1% es de cuarzo y mineral carbonático.

### **4.6.5. Aluvión y terraza**

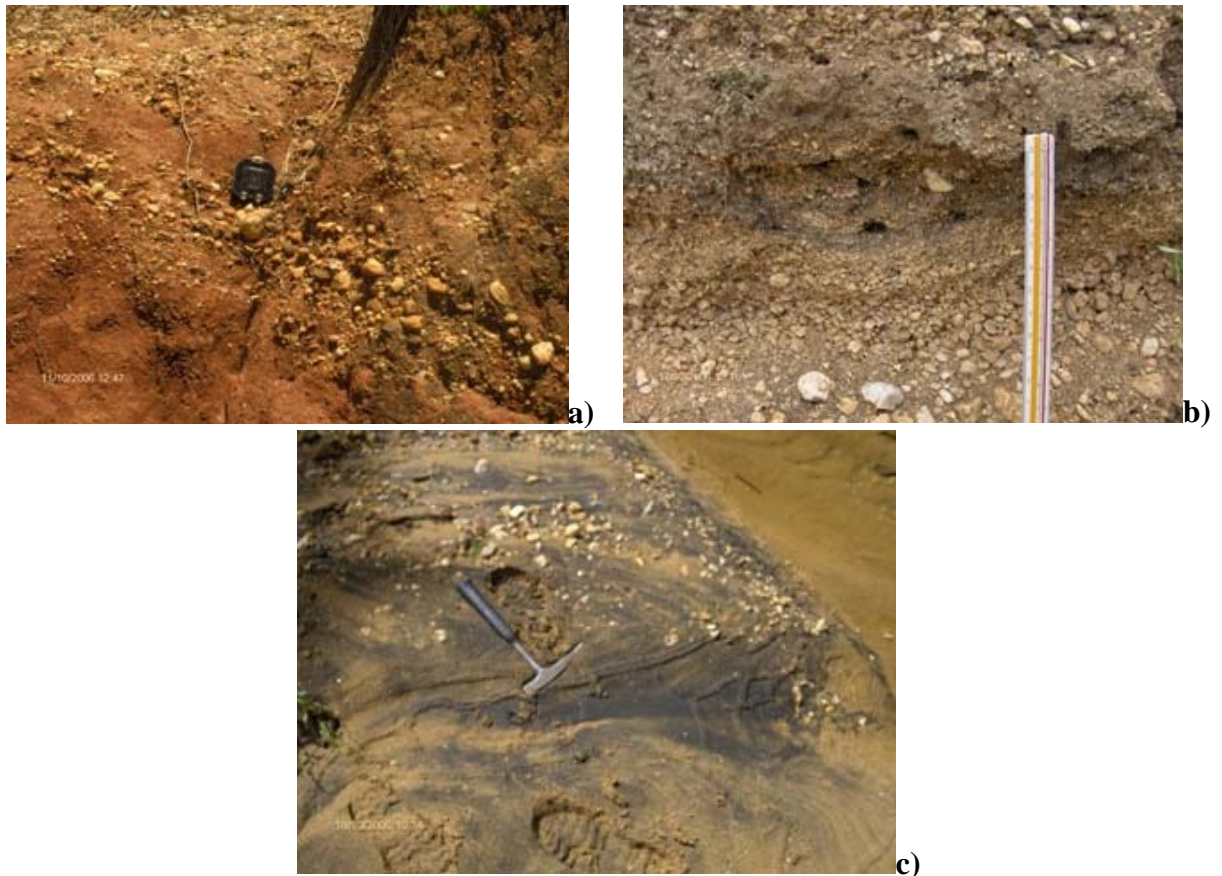
#### **Ubicación y extensión**

El aluvión se encuentra, principalmente al oeste del macizo Tarana, al este de los macizos La Zurda y Salsipuedes y en los trayectos principales de las quebradas. Al sur de los macizos Tarana, La Zurda y Salsipuedes se observa un grupo de terrazas que ocupan un 2 % del área.

#### **Características de campo**

Estas unidades están representadas por acumulaciones de granos limo a grava y en muchas ocasiones, se observan niveles de ilmenita proveniente de la meta-anortosita, tipo litológico del macizo San Quintín. (Fig. 67a,b,c).

En una muestra de suelo con acumulaciones de ilmenita se hizo difracción de rayos X y se obtuvo que la mineralogía consta de: ilmenita, hematita, magnetita, microclino, y cuarzo.



**Fig. 67. a) Terraza con horizontes inclinados 25° al Sur. Fa-30. b) Terraza con nivel de ilmenita. Ya-98. c) Acumulación de ilmenita en el aluvi3n. Ya-99.**

A continuaci3n se presenta una s3ntesis de las unidades geol3gicas que afloran en el 3rea de estudio, ordenados de acuerdo a su edad geol3gica, de joven a antiguo (Tabla 44).

**Tabla 44. Síntesis de las unidades geológicas y tipos litológicos que afloran en el área de estudio.**

Edad	Unidad geológica	Tipo litológico	Sigla	Litología predominante
Cuaternario	Aluvión	Arena y grava	Qal	Granos limo a grava y en muchas ocasiones, se observan niveles de ilmenita.
	Terraza		Qpt	
Mioceno medio	Formación Capadare	Caliza Conglomerado	Tmcd	Rudstone y Gránulos.
Oligoceno-Mioceno medio	Formación Casupal	Conglomerado de guijarros Conglomerado de bloques Caliza	Tm $\phi$ ca	Arenisca cuarzosa, arenisca feldespática, grauvaca feldespática, mármol laminado, mármol flogopítico, metaclinopiroxenita. Wackstone.
Paleoceno-Eoceno medio	Formación Matatere	Arenisca feldespática Waca cuarzosa Caliza Metadiabasa	Tem	Secuencia rítmica de arenisca y limolita tipo flysch con niveles de olistolitos de caliza tipo La Luna embebida en la lutita.
Cretácico Cenomaniense- Campaniense	Formación La Luna	Caliza	KL	Caliza negra con veta de calcita blanca.
Cretácico?	Metavolcanosedimentarias de San Quintín	Metabasalto	Ks	Metabasalto clinopiroxénico, metafenobasalto piroxénico y metabasalto.
		Metadacita		Metadacita.
		Metatoba de cristales finos		Metatoba micácea.
		Metatoba cristalina		Metatoba cristalina.
		Metatoba híbrida		Metatoba cuarzo-micácea y metatoba cuarzosa.
		Metarenisca		Metarenisca cuarzosa.
Cretácico?	Serpentinita	Serpentinita	Ksp	Serpentinita ortopiroxénica y serpentinita.
Jurásico Tardío- Cretácico	Esquisto de Aroa	Esquisto grafitoso-cuarzo-micáceo	Jka	Esquisto grafitoso-cuarzo-micáceo.
		Filita grafitosa-micácea		Filita grafitosa-micácea.
		Mármol		Mármol.

Edad	Unidad geológica	Tipo litológico	Sigla	Litología predominante
Pre-cámbrico (Proterozoico Tardío ?)	Meta-gabro anortosítico de Yumare	Macizo San Quintín		
		Meta-anortosita	Xy	Meta-anortosita y gneis anortosítico.
		Metagabro		Metagabro epidótico, metagabro clorítico y metagabro anfibólico.
		Meta-cuarzo-gabro		Meta-cuarzo-gabro anfibólico y meta-cuarzo-gabro clorítico.
		Metamonzogabro		Metamonzogabro clinopiroxénico.
		Metagranodiorita		Metagranodiorita
		Metatrondhjemita		Metatrondhjemita
		Metahornblendita		Metahornblendita
		Macizo La Zurda		
		Metaclinopiroxenita	Xy	Metaclinopiroxenita.
		Metagabro		Metagabro piroxénico y Metagabro anfibólico-epidótico
		Meta-cuarzo-gabro		Meta-cuarzo-gabro epidótico
		Metamonzogabro		Metamonzogabro anfibólico
		Meta-cuarzo-monzogabro		Meta-cuarzo-monzogabro epidótico y Meta-cuarzo-monzogabro anfibólico.
		Metamonzonita		Metamonzonita clinopiroxénica y Metamonzonita anfibólica.
		Granofiro		Meta-leucogranito microclínico Metagranito microclínico Metamonzogranito
		Macizo Salsipuedes		
		Metagabro	Xy	Metagabro anfibólico
		Metatonalita		Metatonalita
		Metatrondhjemita		Metatrondhjemita
		Gneis hornbléndico-epidótico		Gneis hornbléndico-epidótico
		Granofiro		Metagranito
		Esquisto cuarzo-feldespático-micáceo		Gneis feldespático-cuarzoso, esquisto cuarzo-plagioclásico-micáceo y esquisto cuarzo-plagioclásico.

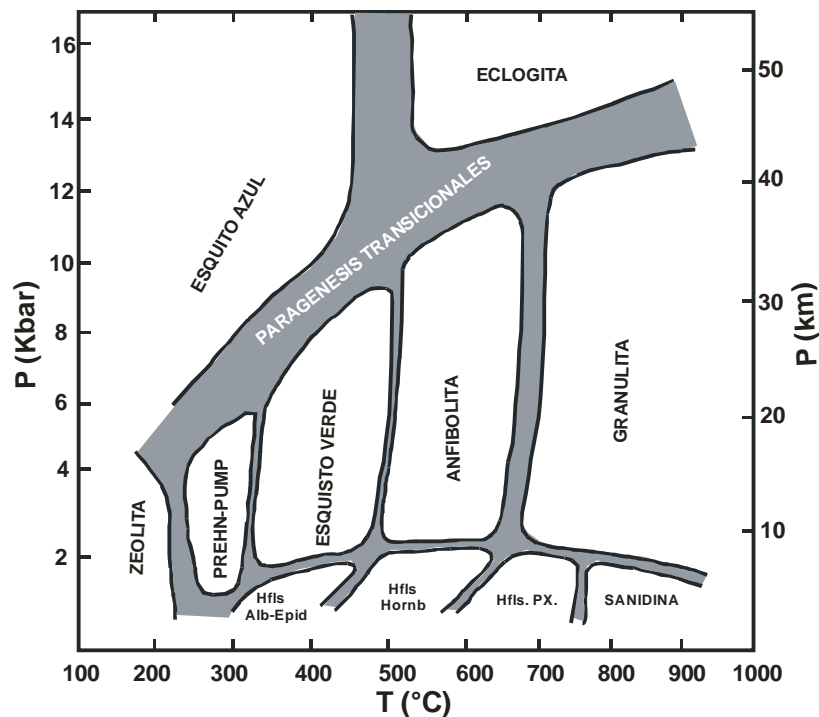
## 5. METAMORFISMO

### 5.1. GENERALIDADES

Para determinar e interpretar los procesos metamórficos que afectaron la zona de estudio se hizo un análisis por separado de cada macizo, de acuerdo a los grupos litológicos. Para dilucidar el protolito de una roca se utilizó el esquema de OSTOS (1981):

- Rocas pelíticas (más de 30% en volumen son filosilicatos)
- Rocas cuarzo feldespáticas (más del 25% en volumen de cuarzo y feldespato)
- Rocas carbonáticas (más del 25% en volumen de calcita)
- Rocas máficas (rocas anfibólicas y anfibolita)
- Rocas ultramáficas (serpentinita)

La determinación de las facies metamórficas se realizó mediante el modelo de TURNER (1981), el cual relaciona presión, temperatura y profundidad a la que fue sometida la roca (Fig. 68).



**Fig. 68. Diagrama de los campos de variaciones de facies metamórficas en función de la presión y la temperatura (TURNER 1981).**

Hfls: hornfels, Alb-Epid: albita-epidoto, Hornb: hornblenda,

PX: piroxeno, PREHN-PUMP: prehnita-pumpellita.

## 5.2. MACIZO TARANA

### Esquisto de Aroa

Esta unidad esta representa por rocas sedimentarias metamorfizadas.

#### **Rocas semipelíticas** (20 a 40% en volumen de filosilicatos)

- Esquisto grafitoso-cuarzo-micáceo: grafito + cuarzo + sericita ± calcita ± epidoto.
- Filita grafitosa-micácea: grafito + sericita + cuarzo + calcita ± epidoto.

#### **Rocas carbonáticas** (>50% en volumen de mineral carbonático)

- Mármol: calcita + muscovita ± cuarzo ± hematita ± pirita.

Las rocas de es unidad en su mayoría son carbonáticas, los sedimentos originales fueron argiláceos. La abundancia de grafito y pirita indica un ambiente sedimentario reductor en aguas de circulación restringida.

Los sedimentos de la cuenca fueron metamorfizados posteriormente a esquisto grafitoso carbonático, filita grafitosa carbonática y mármol laminado. El metamorfismo regional corresponde a la subfacies cuarzo-albita-muscovita-clorita de la facies del esquisto verde.

### Serpentinita

Esta unidad esta representa por rocas de composición ultramáfica.

#### **Rocas ultramáfica**

- Serpentinita: antigorita + ortopiroxeno + crisotilo + talco ± magnetita.

Este tipo litológico se encuentra emplazado tectónicamente dentro del Esquisto de Aroa, se interpreta como una roca ultramáfica afectada por procesos metasomaticos y metamorficos en la facies del esquisto verde y probablemente, subfacies cuarzo-albita-muscovita-clorita.

### 5.3. MACIZOS DE LA ZURDA, SALSIPUEDES Y SAN QUINTÍN

#### Meta-gabro anortosítico de Yumare

Esta unidad en estos macizos está conformada por rocas metaígneas de composición ultramáfica (San Quintín y La Zurda), máfica y félsica. Además (sólo en Salsipuedes) con rocas sedimentarias metamórfizadas.

En el macizo **La Zurda**:

#### Rocas félsicas

- Metagranodiorita: plagioclasa + cuarzo + feldespato potásico + clorita + sericita + clinopiroxeno + zircón + hematita.
- Metamonzonita: plagioclasa + feldespato potásico + hornblenda + tremolita + clinopiroxeno + epidoto + clorita + hematita ± cuarzo ± zircón.
- Metamonzogranito: cuarzo + feldespato potásico + plagioclasa + sericita + biotita + clorita + muscovita ± esfena ± zircón ± hematita.
- Metagranito microclínico: microclino + cuarzo + clinopiroxeno + plagioclasa + ortopiroxeno + sericita + muscovita + hematita ± zircón.
- Meta-leucogranito microclínico: microclino + cuarzo + plagioclasa + clorita + sericita ± limonita.

#### Rocas máficas

- Metagabro: plagioclasa + hornblenda + actinolita + clinopiroxeno + ortopiroxeno + epidoto + sericita ± cuarzo ± esfena ± apatito ± leucoxeno ± hematita.
- Meta-cuarzo-gabro: plagioclasa + epidoto + clorita + cuarzo + hematita ± zircón.
- Metamonzogabro: actinolita + plagioclasa + epidoto + feldespato potásico + sericita + esfena ± cuarzo ± muscovita ± hematita.
- Meta-cuarzo-monzogabro: plagioclasa + epidoto + clorita + feldespato potásico + cuarzo + actinolita + hematita ± clinopiroxeno ± zircón.

#### Rocas ultramáficas

- Metaclinopiroxenita: clinopiroxeno + ortopiroxeno + clorita + hematita.

En el macizo **Salsipuedes**:

**Rocas cuarzo feldespáticas** (>25% en volumen de cuarzo + feldespato)

- Esquisto cuarzo-feldespático-micáceo: cuarzo + plagioclasa + biotita + muscovita + feldespato potásico + epidoto + sericita ± clorita ± tremolita ± esfena ± apatito ± zircón.

**Rocas félsicas**

- Metatrondhjemita: cuarzo + biotita + plagioclasa + feldespato potásico + muscovita + sericita ± allanita.
- Metatonalita: cuarzo + plagioclasa + clorita + epidoto ± hematita ± leucoxeno.

**Rocas máficas**

- Metagabro: plagioclasa + clorita + epidoto + actinolita + sericita + apatito + pirita.

Gneis hornbléndico-epidótico: hornblenda + plagioclasa + epidoto + sericita + cuarzo + biotita + clorita ± esfena ± pirita.

En el macizo **San Quintín**:

**Rocas félsicas**

- Metatrondhjemita: plagioclasa + sericita + cuarzo + clinopiroxeno ± tremolita ± clorita ± apatito.
- Meta-anortosita: plagioclasa + sericita + epidoto ± clinopiroxeno ± esfena ± leucoxeno ± hematita.

**Rocas máficas**

- Metagabro: plagioclasa + epidoto + actinolita + clorita + cuarzo ± esfena ± hematita ± leucoxeno ± pirita.
- Metamonzogabro: sericita + plagioclasa + feldespato potásico + clinopiroxeno + epidoto + cuarzo ± esfena ± anfíbol ± hematita.
- Meta-cuarzo-gabro: plagioclasa + cuarzo + clorita + hornblenda + tremolita + epidoto + leucoxeno + hematita ± esfena ± zircón ± pirita.

### **Rocas ultramáficas**

- Metahornblendita: hornblenda  $\pm$  plagioclasa  $\pm$  epidoto  $\pm$  esfena.

Las rocas máficas y félsicas, de los macizos San Quintín, La Zurda y Salsipuedes, probablemente han sufrido dos procesos metamórficos, así como efectos cataclásticos tardíos, principalmente evidenciado en las maclas deformadas de la plagioclasa y los cristales triturados formando trenes orientados y plegados.

El primer proceso metamórfico que se postula es de alto grado, alcanzando, posiblemente la facies de la granulita, generando un conjunto de rocas charnockíticas, como lo sugiere la presencia de piroxenos y las abundantes texturas antipertíticas y mirmekíticas.

Estas rocas de alto grado (charnockitas), posiblemente se originaron en un proceso de orogénesis por colisión continente-continente, que se ha interpretado como debido a la posible delaminación del manto litosférico WASTENEYS *et al.* (1999, en GRANDE 2007) y se colocan en contacto directo la astenosfera con la base de la corteza continental, implicando una gran elevación de las isothermas originando el metamorfismo de alto grado y la generación de magma en condiciones no subductivas. La temperatura pudo haber alcanzado un intervalo 650 a 800 °C y la presión en un intervalo 3 a 12 kb.

Un segundo proceso metamórfico, ya en ámbito caribeño, se observa mediante la asociación de minerales, actinolita-epidoto-clorita de la facies del esquisto verde de una serie probablemente de media relación P/T, alcanzando temperaturas de un intervalo 300 a 450 °C y presiones de un intervalo 2 a 5 kb.

En el macizo la Zurda se encontró una roca ultramáfica donde sólo se observa cloritización en los contactos de los cristales, producto de un metamorfismo de muy bajo grado de la facies del esquisto verde, zona de la clorita.

En el macizo Salsipuedes las rocas cuarzo feldespática reflejan un metamorfismo que alcanza las facies del esquisto verde, zona de la biotita, media relación P/T, verificado en la asociación de minerales, cuarzo-plagioclasa-biotita-muscovita-epidoto-clorita, las temperaturas y presiones alcanzadas son moderadas.

El protolito de algunas de las rocas esquistosas, posiblemente corresponde a sedimentos pelíticos representado por la abundancia de micas (muscovita y biotita) con ausencia de clorita, interestratificados, probablemente con material volcánico que se representa en las zonas ricas en minerales del grupo del epidoto (posible toba híbrida) y el resto de rocas gnéisicas son claramente de protolito ígneo.

### **Metavolcanosedimentarias de San Quintín**

Esta unidad esta representada por rocas volcánicas de composición máfica a félsica y rocas sedimentarias metamórfizadas.

#### **Rocas semipelíticas (20 a 40% en volumen de filosilicatos)**

- Metarenisca: cuarzo + plagioclasa + muscovita + clorita + hematita ± zircón.

#### **Rocas piroclásticas**

- Metatoba de cristales finos: muscovita + clorita + plagioclasa + hematita.
- Metatoba cristalina: plagioclasa + cuarzo + clorita + hematita + leucoxeno.
- Metatoba híbrida: cuarzo + clorita + plagioclasa + sericita + hematita ± muscovita.

#### **Rocas félsicas**

- Metadacita: sericita + cuarzo + plagioclasa + muscovita + leucoxeno + ilmenita + hematita.

#### **Rocas máficas**

- Metafenobasalto piroxénico: plagioclasa + sericita + clorita + piroxeno + hematita.
- Metabasalto: sericita + plagioclasa + cuarzo + hematita ± clorita.
- Metabasalto clinopiroxénico: plagioclasa + clorita + cuarzo + clinopiroxeno + hematita.

Las rocas de esta unidad se interpretan que su metamorfismo alcanzó la facies del esquisto verde en la zona de la clorita, en una serie P/T intermedia, la temperatura alcanzada esta en el rango 350 a 450 °C y la presión en el rango 2 a 5 kb.

## 5.4. DISCUSIÓN

Los resultados del análisis del metamorfismo se pueden resumir como sigue:

- La unidad litológica Esquisto de Aroa está conformada por rocas pelíticas y carbonáticas que fueron metamorfizadas en la facies del esquisto verde, subfacies cuarzo-albita-muscovita-clorita.
- La serpentinita emplazada tectónicamente rodeada del Esquisto de Aroa igualmente alcanzó la facies del esquisto verde, probablemente también afectada por la subfacies de cuarzo-albita-muscovita-clorita.
- La unidad litológica Metavolcanosedimentarias de San Quintín tiene rocas metamorfizadas en la facies del esquisto verde, subfacies cuarzo-albita-muscovita-clorita.
- La unidad litológica Metagabro anortosítico de Yumare en los macizos San Quintín, La Zurda y Salsipuedes, se observa afectada por procesos metamórficos que probablemente alcanzaron, primeramente, la facies de la granulita y posterior a ello, la facies del esquisto verde, zona de la clorita y probablemente zona de la biotita (sólo en Salsipuedes). Además a esto se le suman los extensos procesos cataclásticos.
- La fase metamórfica caribeña (esquisto verde), probablemente estuvo acompañada particularmente por procesos metasomáticos especialmente en el caso de la serpentinita, dado que requiere la introducción de  $\text{SiO}_2$  para poder producir serpentina. Además se llevó a cabo en un ambiente hidratado que pudo estar acompañado de efectos hidrotermales, probablemente locales, como para poder producir la gran cantidad de epidoto, tanto en las rocas como vetillas de ese mismo mineral.
- Las rocas de alto grado (probable facies de la granulita), según interpretaciones de GRANDE (2007) posiblemente se originaron en un proceso de orogénesis por colisión, una macrocolisión continente-continente, donde es posible la delaminación del manto litosférico, fenómeno descrito por WASTENEYS *et al.* (1999) y entran contacto directo la astenosfera con la base de la corteza continental, implicando una gran elevación de las isothermas originando el metamorfismo de alto grado y la generación de magma en condiciones no subductivas. Este proceso probablemente ocurrió hace unos 1200 a 850 Ma, en la formación del supercontinente Rodinia, lo cual implicó el choque y sutura terminal de todas las masas continentales existentes durante el Proterozoico temprano a medio que concluyó con la generación del orógeno Grenville.

- Finalmente se menciona que debido a los efectos del segundo evento metamórfico en la facies del esquisto verde y efectos cataclásticos tardíos, se ha enmascarado mucho las características propias de un metamorfismo de alto grado de la facies de la granulita, dado que la asociación mineralógica original ha sido muy alterada e hidratada durante la segunda etapa metamórfica de ámbito caribeño.
- En la tabla 45 se resume la información de este capítulo.

**Tabla 45. Cuadro comparativo referente a las facies metamórficas y sus respectivas asociaciones mineralógicas de las rocas que afloran en el área de estudio.**

Macizo	Unidad litodémica	Tipo litológico	Protolito estimado	Asociación mineralógica	Facies metamórfica alcanzada e interpretada
Tarana	Esquisto de Aroa	Esquisto grafitoso-cuarzo-micáceo	Sedimentos argiláceos	Graf + Qtz + Ser ± Cal ± Ep	Esquisto verde subfacies cuarzo-albita-muscovita-clorita
		Filita grafitosa-micácea		Graf + Ser + Qtz + Cal ± Ep	
		Mármol		Cal + Ms ± Qtz ± Hm ± Py	
	Serpentinita	Serpentinita	Ultramáfico	Atg + Opx + Ctl + Tlc ± Mgt	Esquisto verde
San Quintín	Metavolcanosedimentarias de San Quintín	Metarenisca	Sedimentos semipelíticos	Qtz + Pl + Ms + Chl + Hm ± Zrn	Esquisto verde zona de la clorita
		Metatoba híbrida	Rocas piroclásticas	Qtz + Chl+ Pl + Ser + Hm ± Ms	
		Metatoba cristalina		Pl + Qtz + Chl + Hm+ Leux	
		Metatoba de cristales finos		Ms + Chl + Pl + Hm	
		Metadacita	Félsico	Ser + Qtz + Pl + Ms+ Leux + Ilm+ Hm	
		Metabasalto clinopiroxénico	Máfico	Pl + Chl+ Qtz + Cpx + Hm	
		Metafenobasalto piroxénico		Pl + Ser+ Chl+ + Px + Hm	
	Metabasalto	Ser+ Pl + Qtz+ Hm ± Chl			
	Metagabro anortosítico de Yumare	Metatrandhjemita	Félsico	Pl + Ser + Qtz + Cpx ± Tr ± Chl ± Ap	Granulita y Esquisto verde zona de la clorita
		Meta-anortosita		Pl + Ser + Ep ± Cpx ± Ttn ± Leux ± Hm	
		Metagabro	Máfico	Pl+ Ep + Act + Chl + Qtz ± Ttn ± Hm ± Leux ± Py	
		Metamonzogabro		Ser + Pl+ Kfs + Cpx + Ep + Qtz ± Ttn ± Amp ± Hm	
		Meta-cuarzo-gabro		Pl+ Qtz + Chl + Hbl + Tr+ Ep + Leux + Hm ± Ttn ± Zrn	
Metahornblendita		Ultramáfico		Hbl ± Pl ± Ep ± Ttn	

Macizo	Unidad litodémica	Tipo litológico	Protolito estimado	Asociación mineralógica	Facies metamórfica alcanzada e interpretada
La Zurda	Metagabro anortosítico de Yumare	Metagranodiorita	Félsico	Pl+ Qtz + Kfs + Chl + Ser + Cpx + Zrn + Hm	Granulita y Esquisto verde zona de la clorita
		Metamonzonita		Pl + Kfs + Hbl + Tr + Cpx + Ep + Chl + Hm ± Qtz ± Zrn	
		Metamonzogranito		Qtz + Kfs + Pl + Ser+ Bt + Chl + Ms ± Ttn ± Zrn ± Hm	
		Metagranito microclínico		Kfs + Qtz + Cpx + Pl + Opx + Ser + Ms + Hm ± Zrn	
		Meta-leucogranito microclínico		Kfs + Qtz + Pl + Ser + Chl ± Lim	
		Metagabro	Máfico	Pl + Hbl+ Act+ Cpx + Opx + Ep + Ser ± Qtz ± Ttn ± Ap ± Leux ± Hm	
		Meta-cuarzo-gabro		Pl + Ep+ Chl+ Qtz + Hm ± Zrn	
		Metamonzogabro		Act + PL+ Ep + Kfs + Ser + Ttn ± Qtz ± Ms ± Hm	
		Meta-cuarzo-monzogabro		Pl + Ep + Chl+ Kfs + Qtz+ Act + Hm ± Cpx ± Zrn	
		Metaclinopiroxenita	Ultramáfico	Cpx + Opx + Chl + Hm	
Salsipuedes	Metagabro anortosítico de Yumare	Metatrandhjemita	Félsico	Qtz+ Bt+ PL + Kfs + Ms + Ser ± Aln	Granulita y Esquisto verde zona de la clorita
		Metatonalita		Qtz+ Pl + Chl + Ep ± Hm ± Leux	
		Metagabro	Máfico	Pl + Chl + Ep+ Act+ Ser+ Ap + Py	
		Gneis hornbléndico-epidótico		Hbl + Pl + Ep+ Ser+ Qtz+ Bt + Chl ± Ttn ± Py	
		Esquisto cuarzo-feldespático-micáceo	Félsico y sedimentos pelíticos	Qtz + Pl + Bt + Ms+ Kfs + Ep + Ser ± Chl ± Tr ± Opx ± Ttn ± Ap ± Zrn	Esquisto verde zona de la biotita

Graf = Grafito, Qtz = Cuarzo, Ser= Sericita Cal= Calcita, Ep= Epidoto, Ms= Muscovita, Hm= Hematita, Py= Pirita, Atg= Antigorita, Ctl= Crisotilo, Tlc= Talco, Mgt= Magnetita, Pl= Plagioclasa, Tr= Tremolita, Chl= Clorita, Ap= Apatito, Ttn= Titanita, Leux= Leucoxeno, Act= Actinolita, Kfs= Feldespato potásico, Hbl= Hornblenda, Zrn= Zircón, Bt= Biotita, Lim= Limonita, Cpx= Clinopiroxeno, Opx= Ortopiroxeno, Aln= Allanita, Ilm= Ilmenita, Amp= Anfíbol, Px= Piroxeno.

## 6. GEOLOGÍA ESTRUCTURAL

### 6.1. GEOLOGÍA ESTRUCTURAL REGIONAL

El complejo orográfico en la región norte costera del país, esta formado por una superposición de napas, en su parte central, es donde esta mejor representado, comprende: Napa Costera, Napa Ávila, Napa Caracas, Napa Caucagua-El Tinaco, Napa Loma de Hierro, Napa de Villa de Cura y Napa Piemontina.

MENÉNDEZ (1966), BELLIZZIA (1972) y BELLIZZIA & LÓPEZ (1972) incluyen a las rocas de Yumare en la faja Caucagua-El Tinaco. Posteriormente, BELLIZZIA & RODRÍGUEZ (1976) proponen cambiar el nombre a napa Caucagua-El Tinaco-Yumare-Siquisique. STEPHAN (1985, en BELLIZZIA 1985: 6697) agrupa los afloramientos de esta zona en dos asociaciones:

- La Unidad de Yumare, constituida por un basamento pre-Mesozoico y una cobertura volcanosedimentaria del Cretácico que aflora en la región de Yumare y Los Algodones.
- La Unidad Ofiolítica desmembrada de Siquisique, que aflora al norte de la población del mismo nombre y considera que ocupa una posición comparable con la ofiolita de Loma de Hierro.

OSTOS (1990) propone un modelo de tectónica de placas para explicar la evolución del norte de Suramérica. En su modelo los cinturones tectónicos este-oeste del norte de Suramérica son alóctonos y fueron deformados como el resultado de la colisión de un microcontinente y un arco de islas contra el oeste-noroeste de Suramérica durante el Neocomiense (fig. 69). Los cinturones fueron inicialmente sobrecorridos en el margen oeste-noroeste de la placa suramericana, pero debido al ángulo alto de oblicuidad en el borde de placas, los cinturones fueron transportados transpresionalmente hacia el noreste.

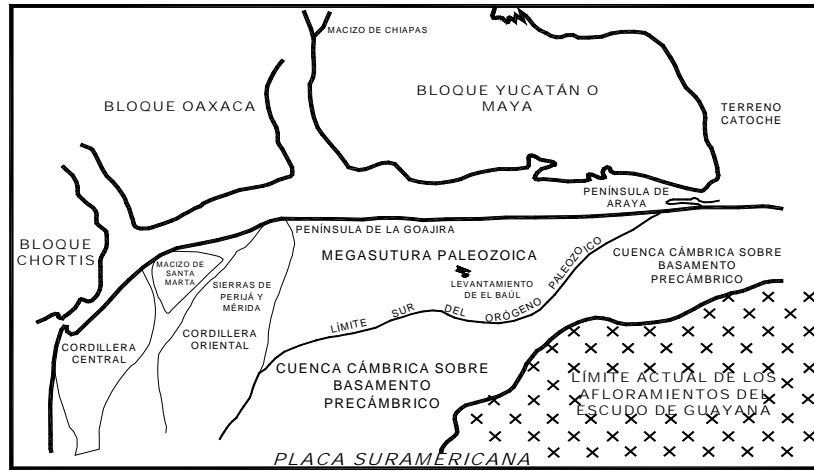


Fig. 69a. Reconstrucción del Triásico tardío – Jurásico temprano.

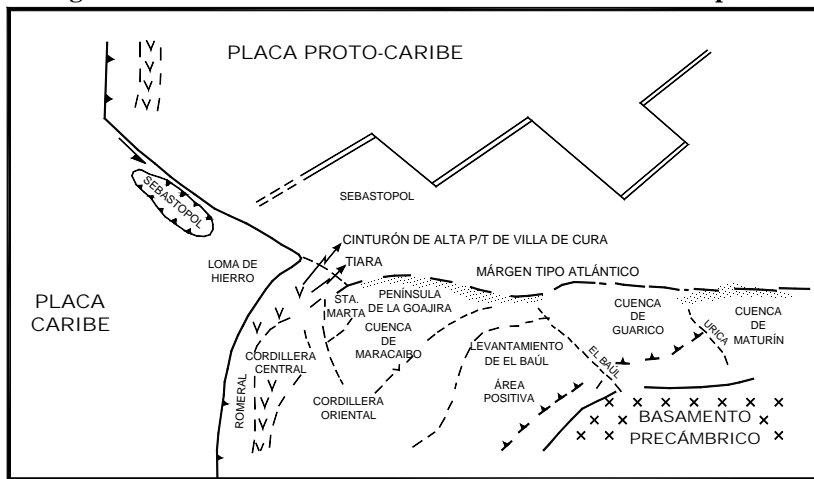


Fig. 69b. Evolución tectónica durante el Neocomiense (144 Ma).

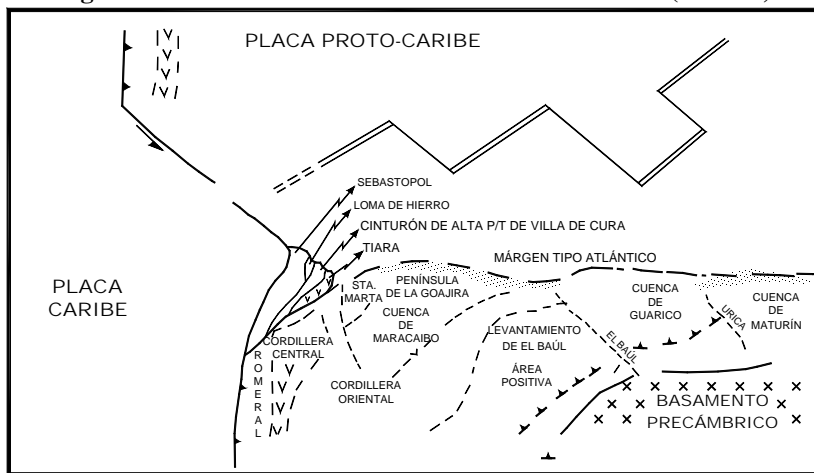


Fig. 69c. Evolución tectónica durante el Neocomiense (125 Ma).

Fig. 69. Evolución geológica del norte de Suramérica, modificado de OSTOS (1990)

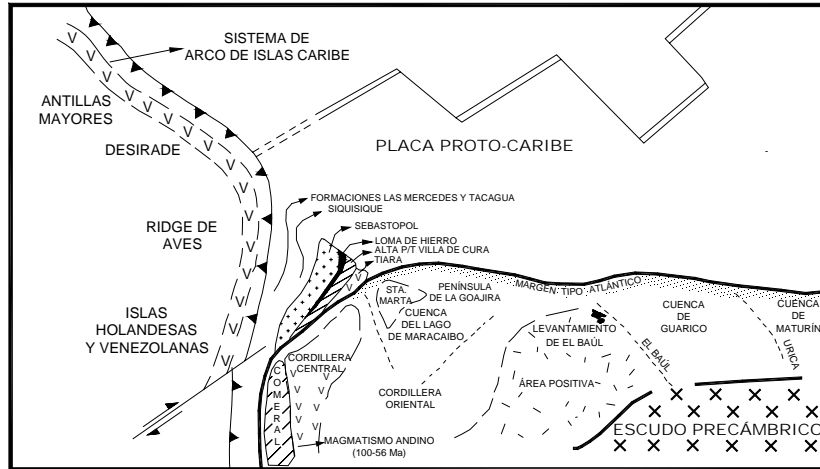


Fig. 69d. Evolución tectónica para el Albiense tardío (100 Ma).

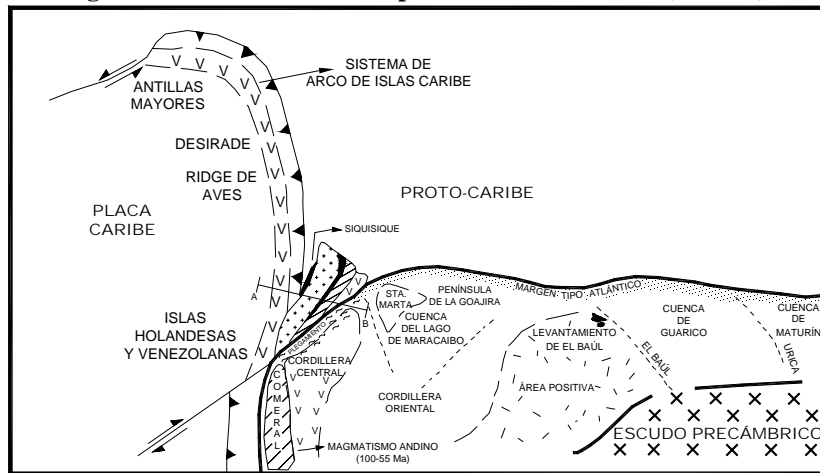


Fig. 69e. Evolución tectónica desde el Santoniense a Eoceno temprano.

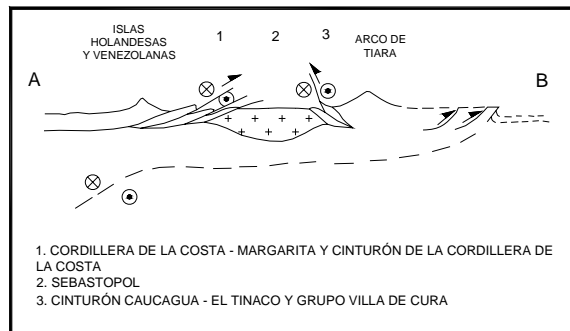


Fig. 69e.1. Perfil A-B Santoniense a Eoceno temprano.

Fig. 69. Evolución geológica del norte de Suramérica, modificado de OSTOS (1990).

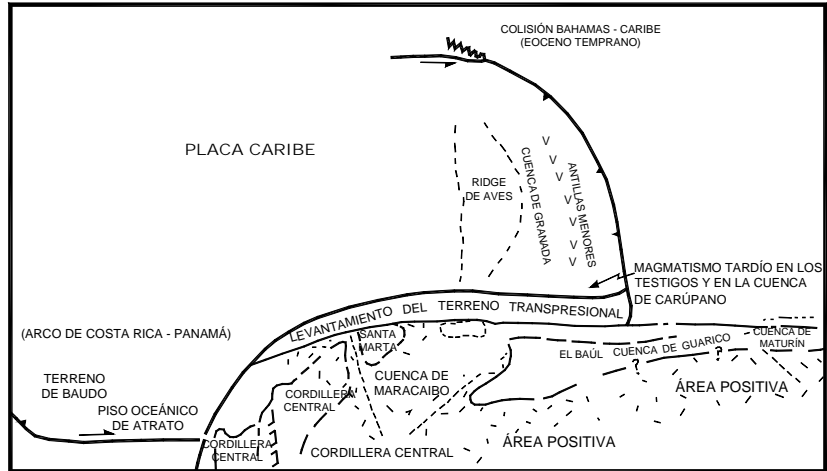


Fig. 69f. Reconstrucción del Eoceno (40 Ma).

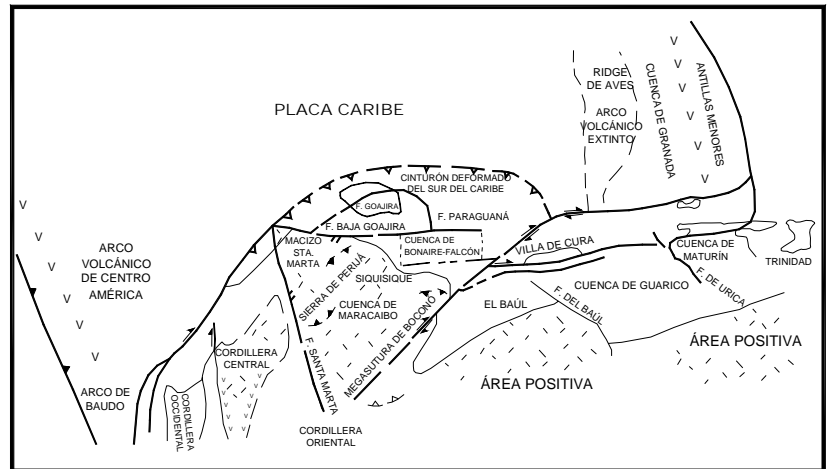


Fig. 69g. Reconstrucción del Oligoceno tardío.

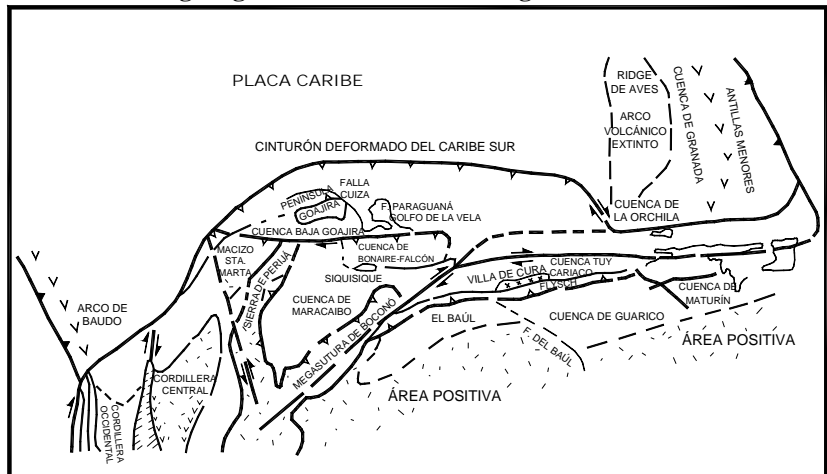
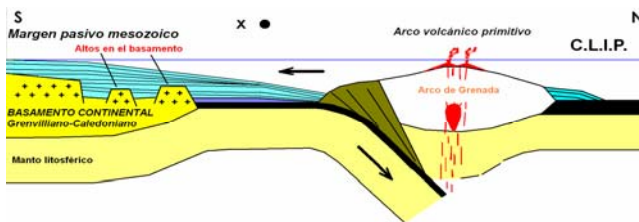


Fig. 69h. Reconstrucción del Mioceno tardío.

Fig. 69. Evolución geológica del Norte de Suramérica, modificado de OSTOS (1990).

GRANDE (2007) reconoce la presencia de un basamento de alto grado al noroeste de Venezuela, que asocia a la megasutura rodiniana, ocurrida en la orogénesis grenvilliana entre 1200 y 850 Ma en el Proterozoico tardío. Este autor, por medio de núcleos extraídos en la ensenada de La Vela (MENDI *et al.* 2005), afloramientos en la carretera San Felipe-Guama (cerro El Guayabo), xenolitos en las lavas miocenas de cerro Atravesado GRANDE (2006), cantos rodados en los ríos Bocoy y Riecito y cantos en conglomerado de las formaciones Matatere (Lara) (MARTÍNEZ & VALLETA 2007) y Casupal (macizo Salsipuedes, Yaracuy) (este trabajo), propone que estos hallazgos parecen indicar, si no la presencia de un bloque continuo, de al menos grandes fragmentos de un basamento de estas rocas de alto grado de edad Proterozoico tardío y no relacionado con el Complejo de Imataca, muy parecidos pero mucho más joven. La principal correlación de estos cuerpos con la orogénesis grenvilliana es el mármol con forsterita, diópsido y flogopita asociado con rocas charnokíticas máficas y félsicas, gneis sillimanítico, anortosita y clinopiroxenita, por medio del cual el autor propone un modelo tentativo de formación de estos cuerpos (fig. 70).

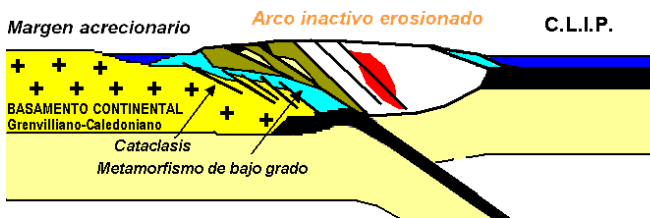
120-80 Ma



**Etapa de Subducción**

Secuencias plataformales y de talud (A.M.Caracas) son depositadas en el margen pasivo de Sudamérica. El sistema arco-trinchera activo de Grenada se aproxima de manera muy tangencial al margen pasivo.

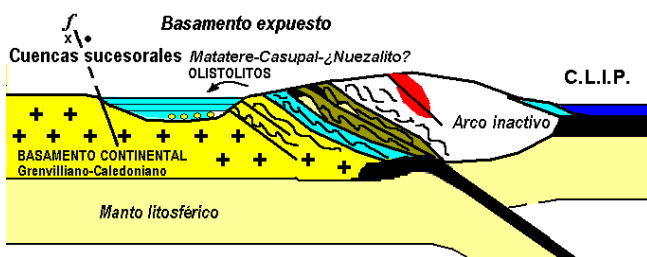
80-65 Ma



**Etapa de Colisión**

Secuencias plataformales y de talud (A.M.Caracas) son metamorizadas a bajo grado junto con altos del basamento y las partes basales del prisma de acreción del arco (A.M. La Costa). La cataclasis afecta a todas estas litologías.

65-33 Ma



**Etapa de Denudación**

Secuencias de *wildflysch* con olistolitos son depositadas en cuencas sucesorales (Fm. Matatere, Casupal, ¿Nuezalito?)

**Fig. 70. Modelo tentativo propuesto por GRANDE (2007).**

A. M. Caracas= Asociación Metasedimentaria Caracas, A. M. La Costa= Asociación Metamórfica La Costa.

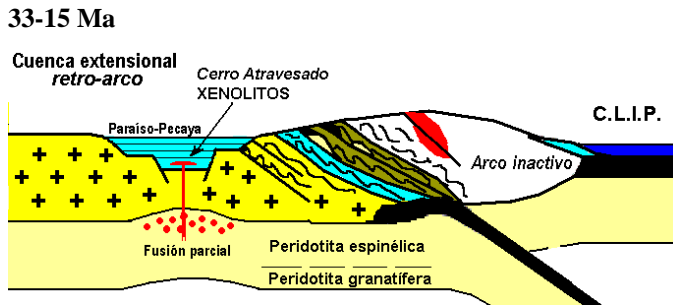


Fig. 70. Modelo tentativo propuesto por GRANDE (2007).

### Etapa Extensional

Secuencias marinas someras a profundas se depositan en una cuenca retro-arco extensional. El adelgazamiento litosférico genera un efímero magmatismo basanítico que trae los xenolitos corticales y mantelares a la corteza superior.

### Tectónica regional

BELLIZZIA & RODRÍGUEZ (1976) hacen referencia a que estructuralmente la región del área de estudio, a escala megascópica, resulta altamente compleja por el intenso plegamiento, el desarrollo de estructuras superpuestas, el fuerte cizallamiento de las unidades metamórficas y la escasez de estructuras sedimentarias primarias. Los elementos planar-estructurales de la región son los siguientes:

- (1) Bandeamiento litológico: lateralmente persistente; muchas capas de anfibolita, mármol, cuarcita, y gneis, algunos macizos de varios metros de espesor, son continuos sobre largas distancias sin cambios notables de espesor.
- (2) Bandeamiento composicional: de varios centímetros de espesor, también lateralmente persistente.
- (3) Laminación composicional interna: de pocos milímetros de espesor, a veces muy pronunciada dentro de los bandeamientos mencionado anteriores.
- (4) Foliación metamórfica (esquistosidad): definida preferentemente por la orientación de las micas y en menor escala, por la de los anfíboles, paralela al bandeamiento litológico y composicional.

Los mismos autores, se adhieren al criterio de que los bandeamientos litológicos composicionales son estructuras planares paralelas a la estratificación, en el caso de rocas metasedimentarias. La foliación metamórfica sería estratiforme, resultado de una cristalización mimética que reproduce la anisotropía de las rocas pre-existentes, es decir, su fábrica sedimentaria. Sin embargo, cabe señalar que aunque esta característica podría cumplirse en las rocas de la unidad Meta-gabro anortosítico de Yumare y Esquisto de Aroa, se observa con frecuencia un clivaje de cizallamiento o clivaje corrugado, localmente dominante y causante del traslado de la estratificación a lo largo de estrechas bandas paralelas. El desplazamiento sistemático de microlitones de pocos mm desarrolla una foliación secundaria de plano axial sub-paralela al plano axial de los micropliegues. Aunque este clivaje ya es típico de las rocas esquistosas y filíticas, los planos penetrantes de deformación pueden continuar a estratos más competentes en forma de superficies limpias estrechamente asociadas, bajo la forma de clivaje de fractura.

En las rocas esquisto-pelíticas del Esquisto de Aroa, en muchas ocasiones, se observan bandas y pliegues de flexión y pliegues "chevron", como pequeñas estructuras plegadas que desarrollan una foliación de plano axial, subparalela al plano axial de los micropliegues; en los esquistos esto se manifiesta como un sistema paralelo de superficies axiales de micropliegues que deforman y escalonan tanto a la foliación como al clivaje de corrugación en ángulos altos y frecuentemente paralelos al diaclasado.

En las secuencias metamórficas de grano grueso se notó un bandeamiento composicional y segregación paralela de minerales que imprimen a la secuencia metamórfica una similitud con la estratificación de las rocas sedimentarias. En las rocas pelíticas se puede notar el fenómeno de transposición (descripción según TURNER & WEISS 1963).

Para finalizar, En la mayoría de las cadenas orogénicas, donde predominan rocas de grado metamórfico bajo y medio, la foliación axial es la estructura planar dominante, pero en estas cordilleras, persiste también la estratificación original o remanentes conspicuos de la misma y se pueden observar las relaciones de estas superficies planares en el campo; en muchos casos se desarrolla además una foliación paralela a la estratificación que puede ser localmente dominante.

**Fallamiento**

En la región del área de estudio se destacan:

La falla de Boconó, que atraviesa el valle del río Yaracuy, el graben de Aroa y graben de Yaracuy, ubicados al sur de la zona de estudio (Fig. 71).

Al norte de los macizos ígneo-metamórficos se presenta una zona de fallas, que se extiende hacia el oeste, a lo largo del valle del río Tocuyo (hasta la región de Siquisique) y mucho más al oeste, hasta unirse con la Falla de Oca-Ancón. La presencia de esta geofractura está oscurecida por la cubierta sedimentaria del Terciario inferior de la cuenca de Falcón y el fallamiento transcurrente posterior (Fig. 71).

En las características neotectónicas de la región del área de estudio se observa, al sur de los cerros ígneo-metamórficos y sedimentarios, un frente inverso de corrimiento, la falla de Socremo que tiene un rumbo aproximado W-E (Fig. 5). Además al sur de los macizos ígneo-metamórficos existen frentes inversos de corrimiento sobre los cerros sedimentarios con rumbo aproximado, W-E (Fig. 72).

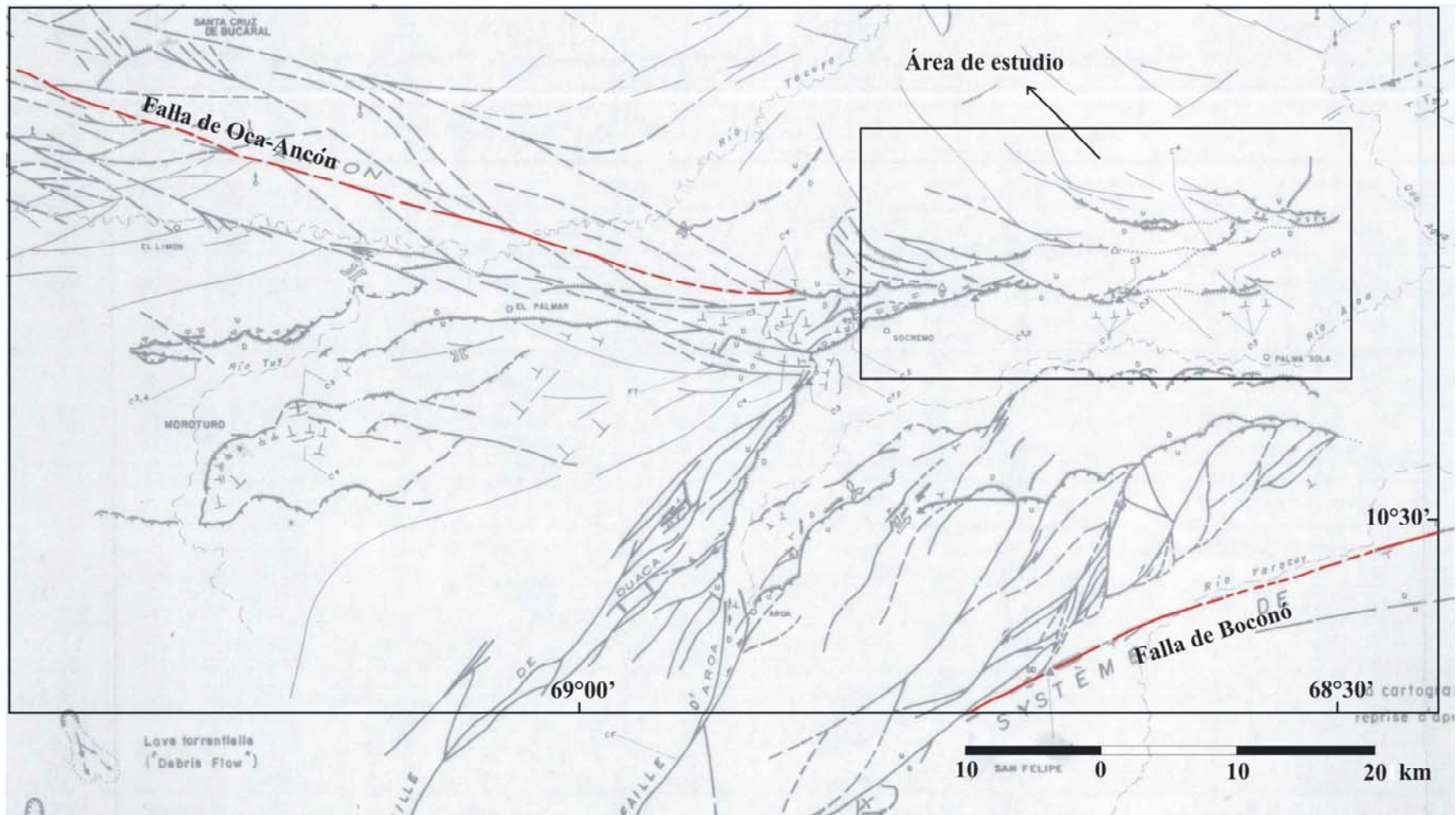


Fig. 71. Mapa neotectónico de la región del área de estudio. Tomado de AUDEMARD *et al.* (1992).

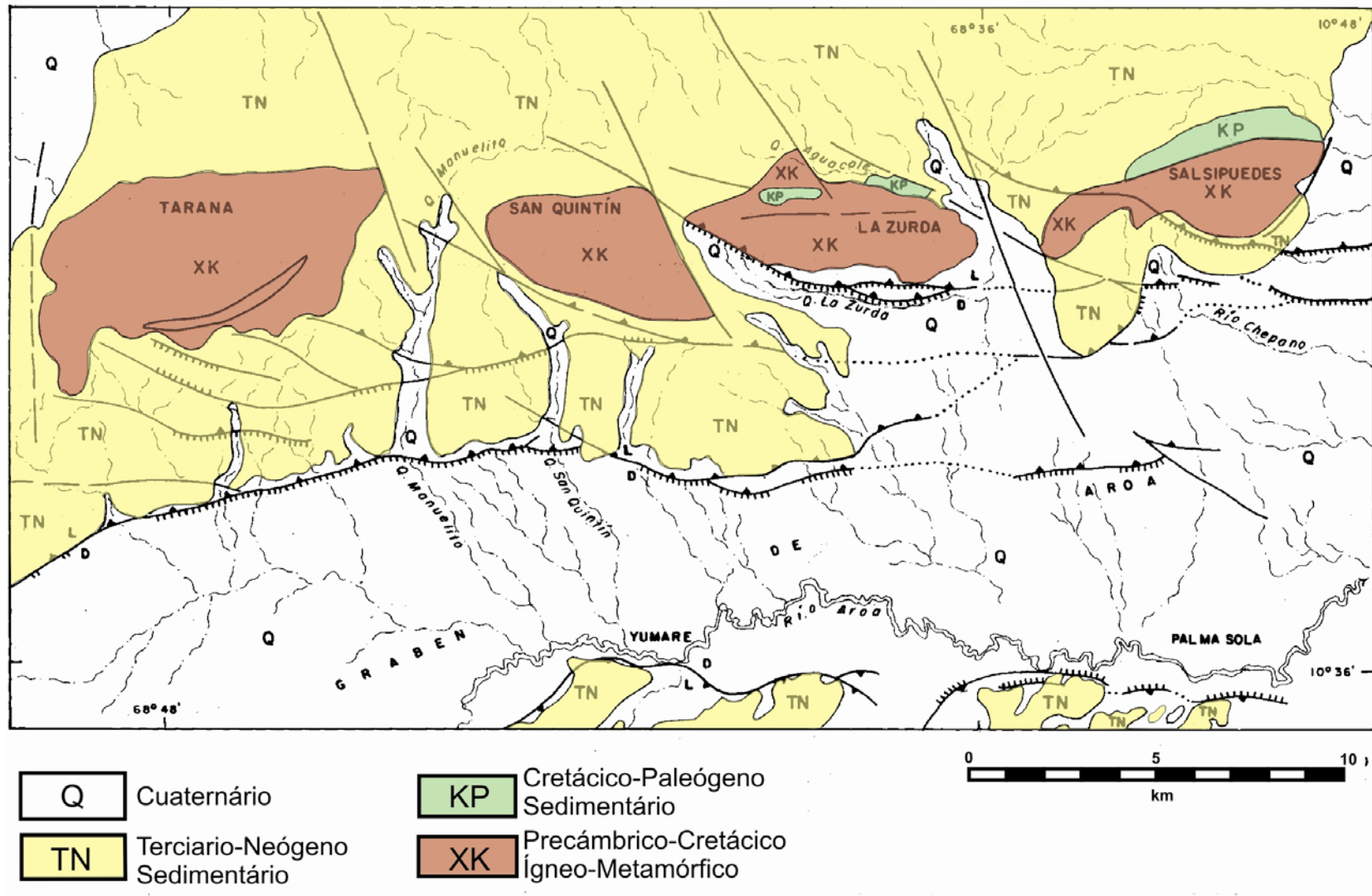


Fig. 72. Mapa neotectónico de la región de Yumare.  
 Mapas base: Geología según BELLIZZIA *et al.* (1968).  
 Fallas cuaternarias según AUDEMARD *et al.* (1992).

## 6.2. GEOLOGÍA ESTRUCTURAL LOCAL

### 6.2.1. MACIZO TARANA

#### 6.2.1.1. Foliación

La foliación es la estructura predominante en este macizo, el valor promedio de los rumbos y buzamientos son como sigue a continuación:

##### Esquisto de Aroa

- Filita grafitosa-micácea.

En la parte:

Norte-central, la foliación posee un rumbo promedio N84°W y N42°E, con buzamientos en un intervalo de (60-70)° N y (48-66)° S.

Noroeste, la foliación tiene un rumbo y buzamiento promedio N53°E 67° N.

Suroeste, la foliación tiene un rumbo y buzamiento promedio N42°E 39° S.

- Esquisto grafitoso-cuarzo-micáceo y mármol.

En la parte:

Noreste, la foliación tiene un rumbo promedio N51°W y N73°E, con buzamientos en un intervalo de (75-83)° N y (59-83)° S.

Sur-central, la foliación tiene un rumbo promedio N56°W y N62°E, con buzamientos en un intervalo de (51-55)° N.

Sureste, la foliación presenta un rumbo y buzamiento promedio N80°W 60°S.

Suroeste, la foliación presenta un rumbo promedio N72°E, con buzamiento promedio 48°N y 53°S.

##### Serpentinita

En la serpentinita la foliación se presenta con un rumbo y buzamiento promedio N75°E 50°N.

#### 6.2.1.2. Plegamiento

El Esquisto de Aroa al noroeste de este macizo, presenta una estructura plegada en la filita grafitosa-micácea, un antiformal (Fig. 75), el eje del plano axial tiene un rumbo, aproximado N30°E. Además de esta estructura principal se observan pliegues menores internos en la filita, esquisto y mármol (Fig. 73a y b).

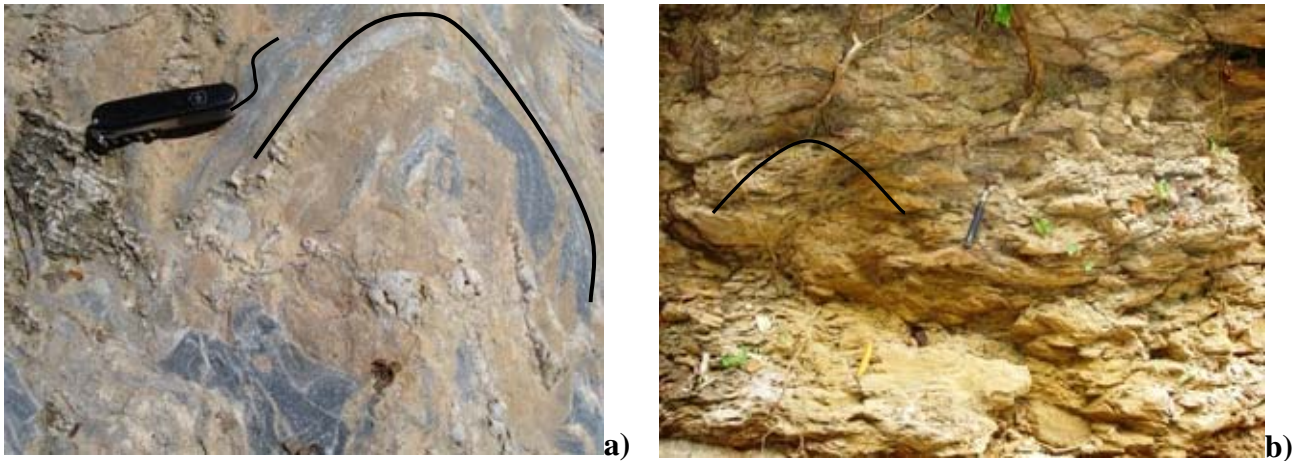


Fig. 73. a) Mármol con vetas de calcita plegada. Fa-12. b) Esquisto levemente plegado. Ya-13.

### 6.2.1.3. Fallamiento

En el área del macizo Tarana se establecieron tres tipos de fallas (Fig. 74), a saber:

- **Falla de ángulo alto, observada**

Falla de gran extensión, se encuentra al noreste del macizo y tiene un rumbo aproximado N25°W.

- **Fallas de ángulo alto, inferida**

Fallas de poca extensión, se encuentran al oeste del macizo, tienen rumbos N-S y N55°E, aproximadamente, formando dos sistemas, uno de movimiento dextral y el otro sinistral.

- **Fallas inversas**

Estas fallas se encuentran dentro del macizo, son subparalelas. Al norte, en el contacto de la filita con el esquisto y mármol (Esquisto de Aroa), con una extensión oeste-este y rumbo aproximado N80°E. En la parte sur-central, en el contacto de la unidad de Serpentinita con el Esquisto de Aroa, tienen una extensión oeste-este y rumbo aproximado N80°E (Fig. 74 y Fig. 75).

### 6.2.1.4. Diaclasas

Se observaron 5 familias de diaclasa, a saber:

E-W 40°S.

N25°W 51°N.

N12°W 85°S.

N70°W, plano vertical.

N12°E 65°N.

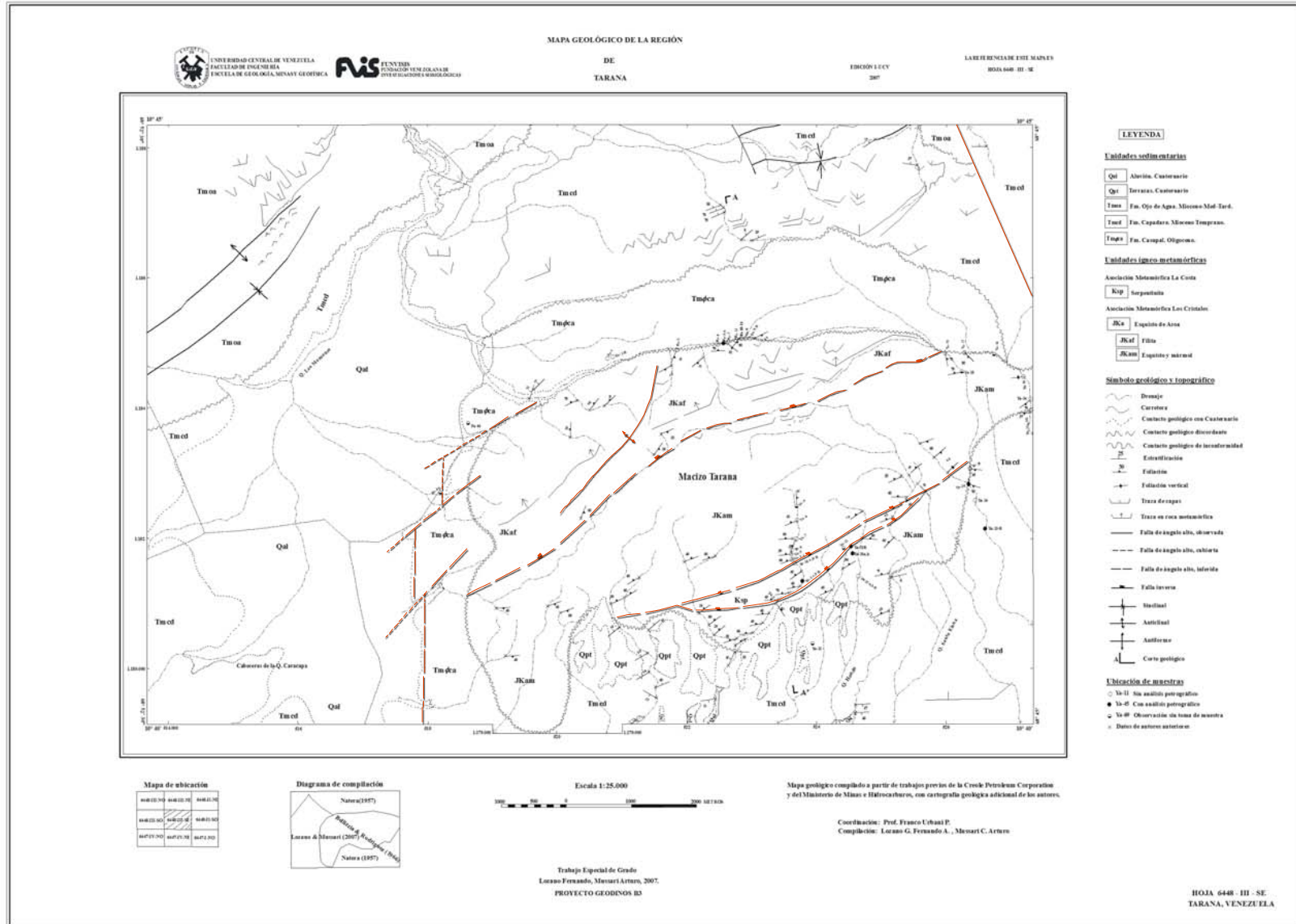
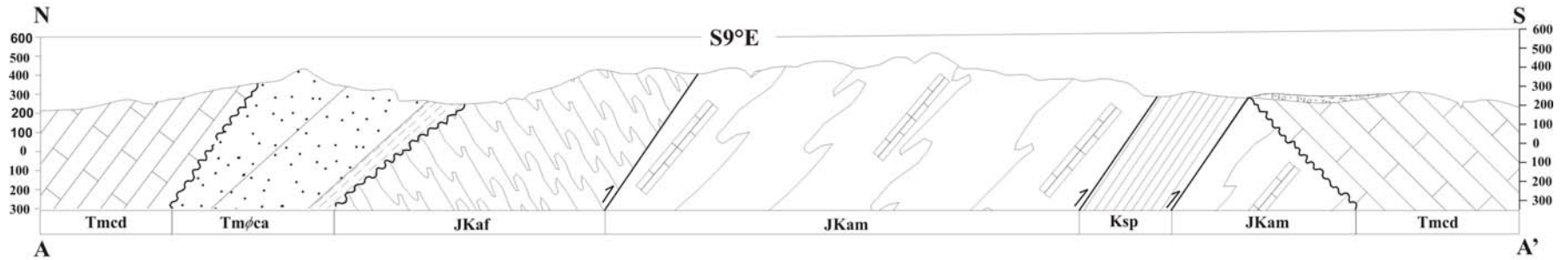











Fig. 74. Mapa geológico de la región de Tarana.

**Corte geológico del macizo Tarana**  
**A-A'**



**Leyenda**

- 0 1000 2000 m
-  Qpt. Terraza. Cuaternario.
  -  Tmed. Formación Capadare. Caliza fosilífera. Mioceno medio.
  -  Tmφca. Formación Casupal. Arenisca y lutita. Oligoceno-Mioceno medio.
  -  Ksp. Serpentinita. Cretácico.
  -  JKaf. Esquisto de Aroa. Filita grafitosa-micácea. Jurásico tardío-Cretácico.
  -  JKam. Esquisto de Aroa. Esquisto grafitoso-cuarzo-micáceo y mármol. Jurásico tardío-Cretácico.
  -  Contacto geológico discordante.
  -  Contacto geológico de inconformidad.
  -  Falla inversa.

**Fig. 75. Corte geológico del macizo Tarana.**

## 6.2.2. MACIZO SAN QUINTÍN

### 6.2.2.1. Foliación

La foliación es la estructura principal en este macizo, tiene rumbos y buzamientos distintos, de acuerdo a la unidad litológica y ubicación en el cerro.

#### Meta-gabro anortosítico de Yumare

Los diferentes tipos litológicos de esta unidad tienen rumbos y buzamientos que a continuación se presentan. En la parte:

Norte-central, la foliación tiene un rumbo promedio N48°W y N68°E con buzamientos en un intervalo de (48-60)° N y 50°S.

Noreste, la foliación presenta un rumbo promedio N44°W y N72°E con buzamientos en un intervalo de (51-60)° N y 61° S.

Noroeste, la foliación presenta un rumbo promedio N56°W y N69°E con buzamientos en un intervalo de (59-67)° N y 50° S.

Sureste, la foliación posee un rumbo promedio N88°W y N51°E con buzamientos 46°N y 38°S.

#### Metavolcanosedimentarias de San Quintín

En esta unidad se presentan los rumbos y buzamientos promedios de acuerdo al tipo litológico:

- Metatoba, la foliación tiene un rumbo promedio N67°W y N66°E con buzamientos en un intervalo de (46-60)° N y (33-50)° S.
- Metabasalto, la foliación tiene un rumbo promedio N74°W y N72°E con buzamientos en un intervalo de (55-65)° N.
- Metasedimentarias, la foliación tiene un rumbo promedio N59°W y N75°E con buzamiento promedio 62°N.

### 6.2.2.2. Plegamiento

Este tipo de estructura se presenta internamente en los diferentes tipos litológicos de las unidades encontradas en este macizo, pliegues tipo isoclinal y cerrados o apretados (Fig. 76 y Fig. 17).



Fig. 76. Metatoba plegada, tipo isoclinal. Ya-38.

### 6.2.2.3. Fallamiento

Este macizo esta asociado a un sólo tipo de falla, a saber:

- **Fallas de ángulo alto, inferida**

Estas fallas tienen una gran extensión, al oeste del macizo se presentan, en el recorrido principal y ramales de la quebrada Manuelito, tres fallas, dos de ellas son subparalelas y tienen un rumbo aproximado,  $N35^{\circ}W$ , la última tiene un rumbo aproximado,  $N10^{\circ}E$ . Al este se encuentra otro sistema de falla de este tipo, tienen un rumbo aproximado,  $N20^{\circ}W$ . Al sur, se tiene una falla de este tipo, en el contacto de la unidad Metavolcanosedimentarias de San Quintín con la Formación Capadare, tiene un rumbo aproximado  $N65^{\circ}W$  (Fig. 77 y Fig. 78).

### 6.2.2.4. Diaclasas

Se observaron 4 familias de diaclasa, principalmente en la metatoba (Metavolcanosedimentarias de San Quintín) y el metagabro (Metagabro anortosítico de Yumare), como sigue:

$N42^{\circ}W$   $59^{\circ}N$ .

$N74^{\circ}E$   $51^{\circ}N$ .

$N28^{\circ}E$ , plano vertical.

$N43^{\circ}E$   $50^{\circ}S$ .

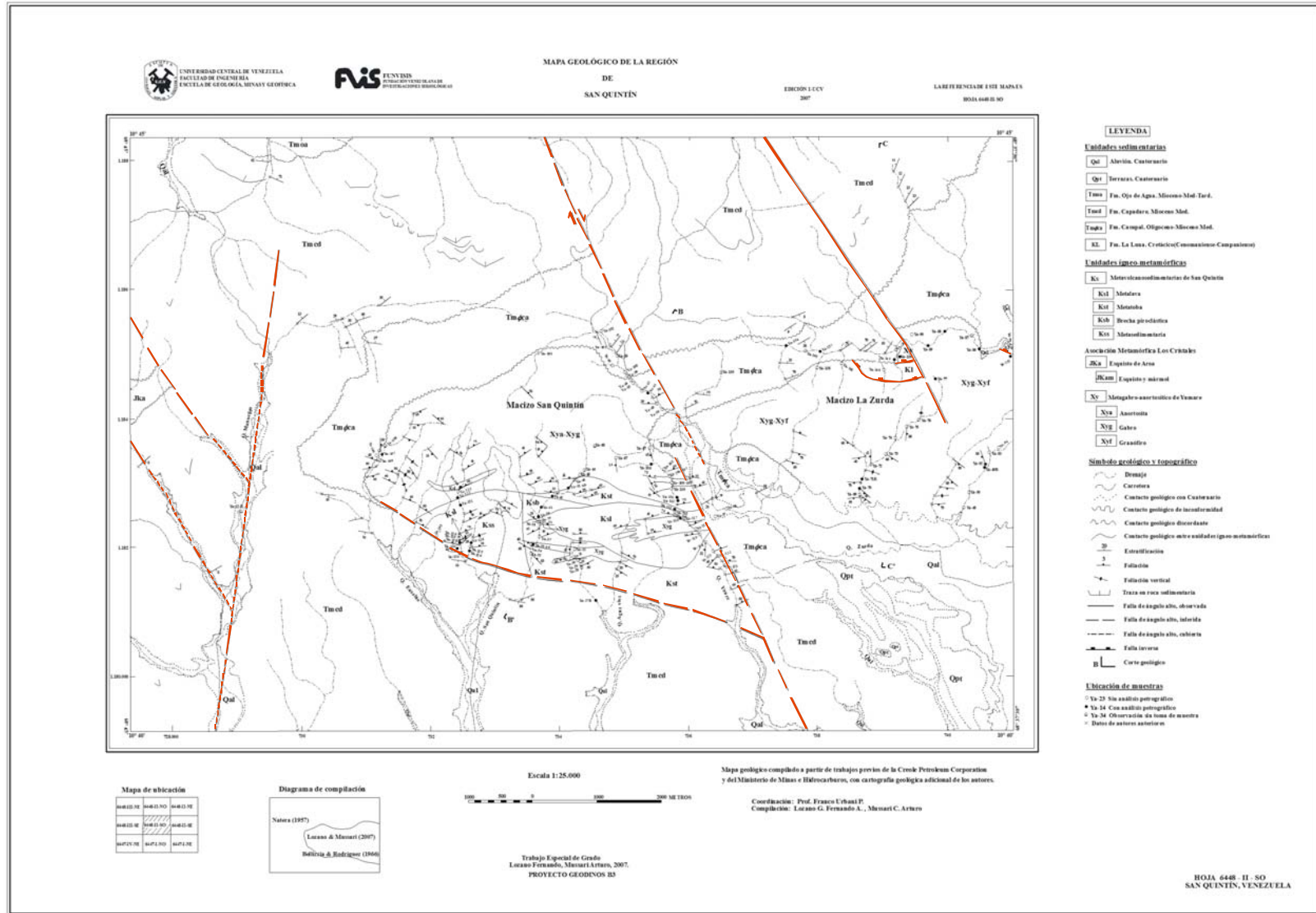
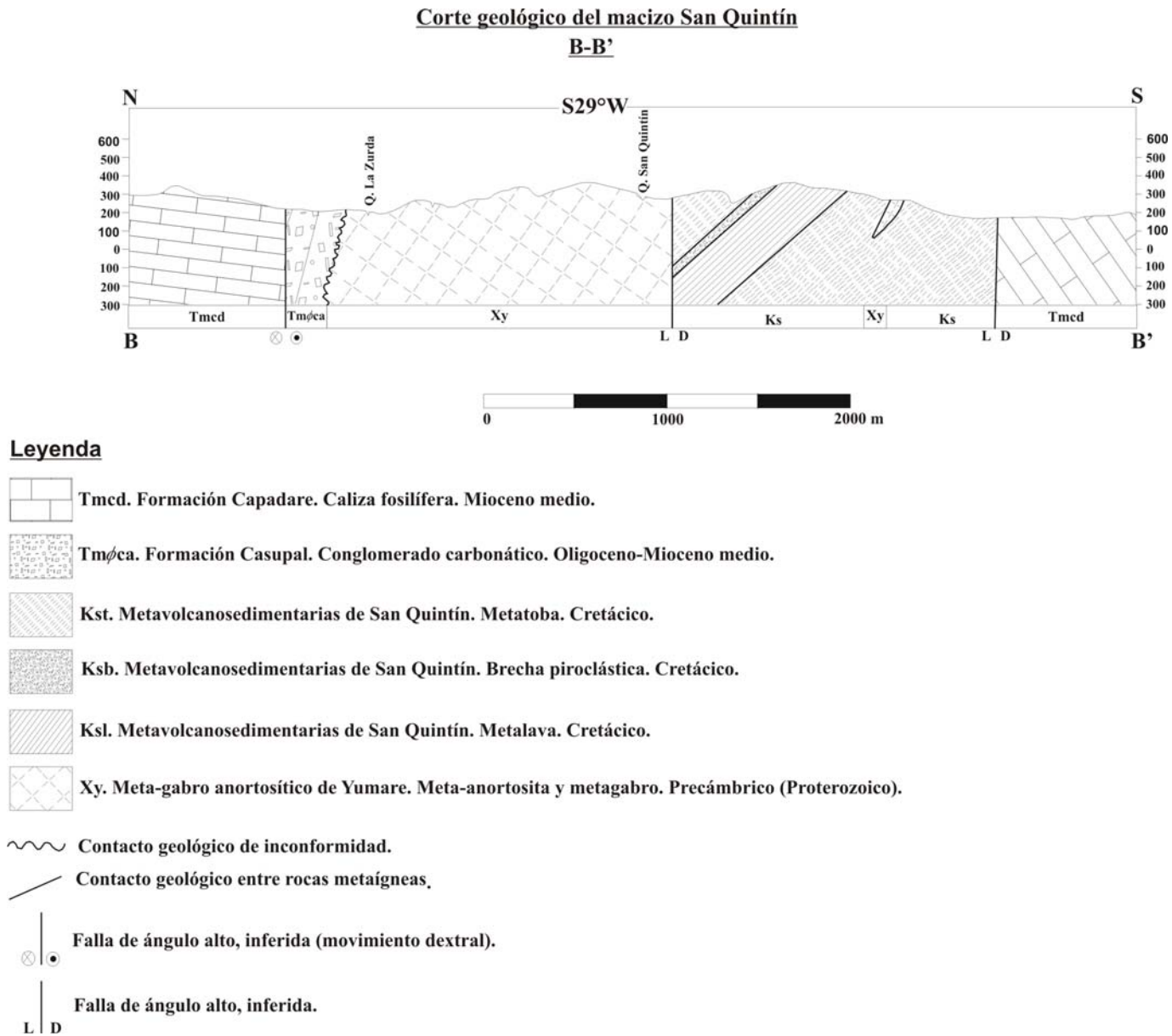


Fig. 77. Mapa geológico de la región de San Quintín.



**Fig. 78. Corte geológico del macizo San Quintín.**

### 6.2.3. MACIZO LA ZURDA

#### 6.2.3.1. Foliación

La foliación es la principal estructura de este macizo, posee rumbos y buzamientos que a continuación se presentan.

#### Meta-gabro anortosítico de Yumare

Esta unidad, única aflorante en el macizo, presenta la foliación siguiente.

En la parte:

Oeste, la foliación tiene un rumbo promedio  $N66^{\circ}W$  y  $N45^{\circ}E$  con un buzamiento promedio  $61^{\circ}S$ .

Central, la foliación se presenta con rumbo promedio  $N51^{\circ}W$  y  $N56^{\circ}E$  con buzamientos  $70^{\circ}S$  y  $60^{\circ}N$ .

Este, la foliación se presenta con rumbo promedio  $N46^{\circ}W$  y  $N66^{\circ}E$  con buzamientos en un intervalo de  $(49-65)^{\circ}N$  y  $58^{\circ}S$ .

#### 6.2.3.2. Plegamiento

En el área del macizo se presentan las estructuras plegadas internamente en los tipos litológicos, clasificados como suaves o muy abiertos (Fig. 79).



Fig. 79. Metagabro levemente plegado, suave o muy abierto. Ya-54.

### 6.2.3.3. Fallamiento

Este macizo se encuentra asociado a tres tipos de fallas:

- **Falla de ángulo alto, observada**

Esta falla es de gran extensión y se presenta en la parte central del macizo, tiene un rumbo aproximado N35°W (Fig. 77).

- **Falla de ángulo alto, inferida**

Esta falla es de gran extensión y se presenta al este del macizo, tiene un rumbo aproximado N35°W, en su mitad sur se encuentra cubierta por el aluvi3n Cuaternario (Fig. 83).

- **Fallas inversas**

Estas fallas se encuentran al norte del macizo, en el contacto de las unidades litol3gicas Formaci3n La Luna y Meta-gabro anortos3tico de Yumare, son de poca extensi3n y tienen un rumbo aproximado W-E (Fig. 77, Fig. 80, Fig. 81 y Fig.83).

### 6.2.3.4. Diaclasas

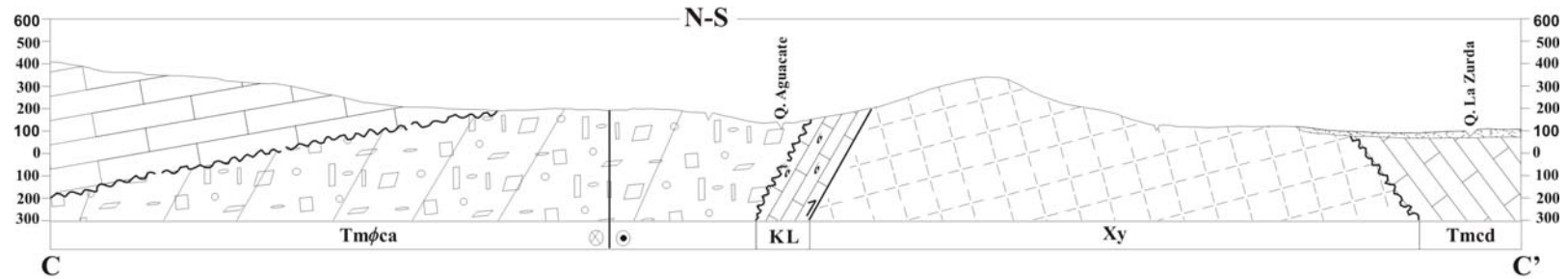
Se observaron 3 familias de diaclasa, como sigue:

N45°E 52°S.

N45°W, plano vertical.

N80°E 64°N.

**Corte geológico del macizo La Zurda**  
**C-C'**



**Leyenda**



Qal. Aluvión. Cuaternario.



Tmed. Formación Capadare. Caliza fosilífera. Mioceno medio.



Tmøca. Formación Casupal. Conglomerado carbonático. Oligoceno-Mioceno medio.



KL. Formación La Luna. Caliza negra microfosilífera. Cretácico (Cenomaniense-Campaniense).



Xy. Meta-gabro anortositico de Yumare. Granófiro y metagabro. Precámbrico (Proterozoico).

~ ~ ~ Contacto geológico discordante.

~ ~ ~ Contacto geológico de inconformidad.



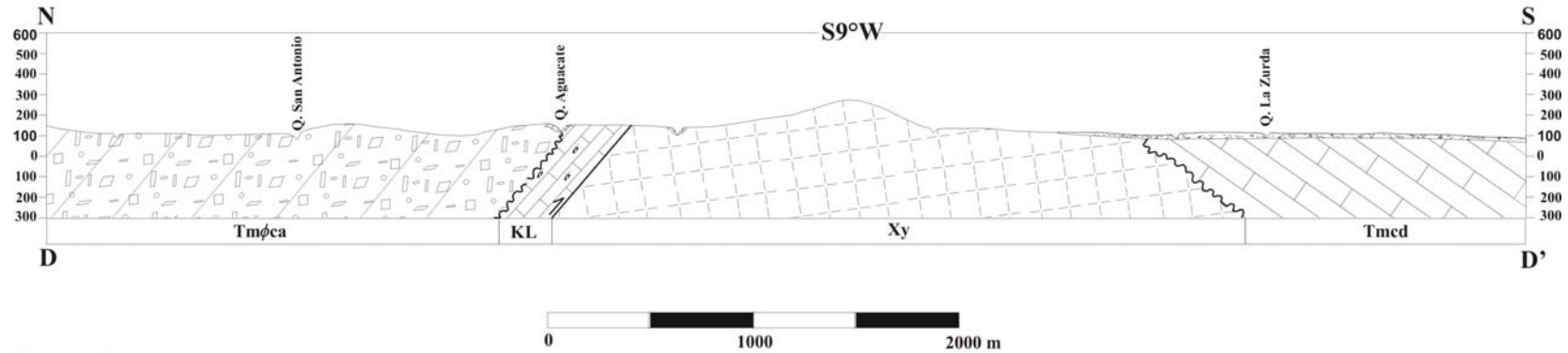
Falla de ángulo alto, inferida (movimiento dextral).



Falla inversa.

**Fig. 80. Corte geológico C-C' del macizo La Zurda.**

**Corte geológico del macizo La Zurda**  
**D-D'**



**Leyenda**



Qal. Aluvión. Cuaternario.



Tmcd. Formación Capadare. Caliza fosilífera. Mioceno medio.



Tmφca. Formación Casupal. Conglomerado carbonático. Oligoceno-Mioceno medio.



KL. Formación La Luna. Caliza negra microfossilífera. Cretácico (Cenomaniense-Campaniense).



Xy. Meta-gabro anortositico de yumare. Granófiro y metagabro. Precámbrico (Proterozoico).

~ ~ ~ Contacto geológico discordante.

~ ~ ~ Contacto geológico de inconformidad.



Falla inversa.

**Fig. 81. Corte geológico D-D' del macizo La Zurda.**

## 6.2.4. MACIZO SALSIPUEDES

### 6.2.4.1. Foliación

La foliación como estructura principal se presenta con rumbos y buzamientos diferentes, ubicados en la parte oeste, central y este del macizo.

#### Meta-gabro anortosítico de Yumare

En la parte:

Oeste, la foliación se presenta con rumbo promedio  $N61^{\circ}W$  y  $N72^{\circ}E$  con buzamiento promedio  $60^{\circ}S$ .

Central, la foliación tiene un rumbo promedio  $N53^{\circ}W$  y  $N43^{\circ}E$  con buzamientos en un intervalo de  $(53-68)^{\circ}N$  y  $64^{\circ}S$ .

Este, la foliación tiene un rumbo promedio  $N32^{\circ}W$  y  $N69^{\circ}E$  con buzamiento promedio  $56^{\circ}N$ .

### 6.2.4.2. Plegamiento

En este macizo no se observó ninguna estructura plegada, la estructura principal es la foliación laminar, subparalela al bandeamiento litológico y composicional (Fig. 82).



Fig. 82. Foliación laminar en los esquistos cuarzo-feldespático-micáceo, definida principalmente por los minerales filosilicatos. Fa-44.

### **6.2.4.3. Fallamiento**

En este macizo se ubica un solo tipo falla:

- **Falla inversa**

Esta falla se encuentra al norte del macizo, en el contacto de las unidades Formación Matatere y Meta-gabro anortosítico de Yumare, tiene gran extensión oeste-este y un rumbo aproximado, W-E (Fig. 83 y Fig. 84).

### **6.2.4.4. Diaclasas**

Se presentan 4 familias de diaclasa, a saber:

N29°W 41°N.

N28°E 62°N.

N59°W 61°S.

N20°E 42°S.

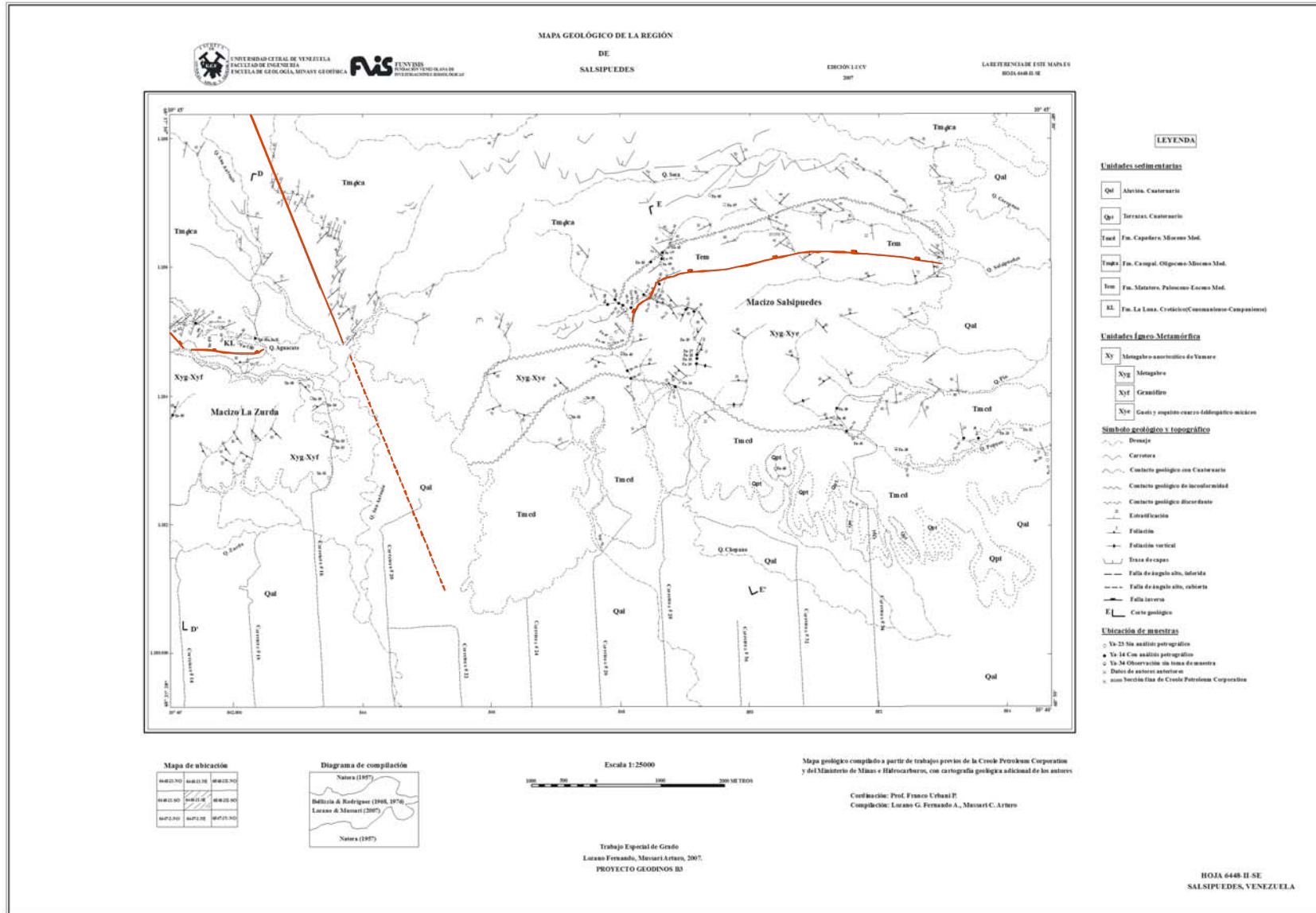
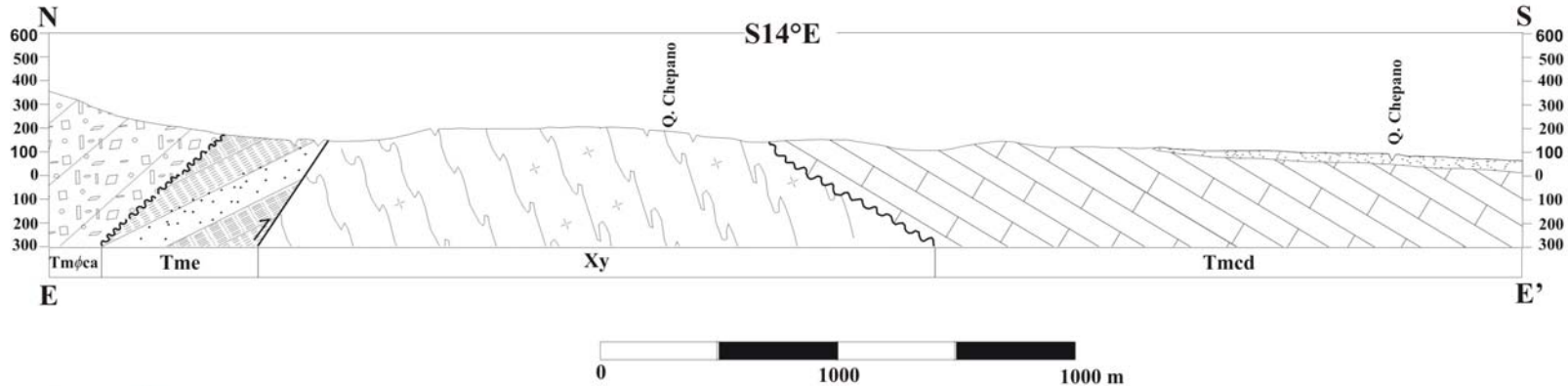


Fig. 83. Mapa geológico de la región de Salsipuedes.

### Corte geológico del macizo Salsipuedes

E-E'



#### Leyenda



Qal. Aluvión. Cuaternario



Tmcd. Formación Capadare. Caliza fosilífera. Mioceno medio.



Tmøca. Formación Casupal. Conglomerado carbonático. Oligoceno-Mioceno medio.



Tme. Formación Matatere. Alternancia de arenisca, limolita y lutita. Paleoceno-Eoceno medio.



Xy. Meta-gabro anortosítico de Yumare. Gneis y esquistos cuarzo-feldespático-micáceo, granófiro y metagabro. Precámbrico (Proterozoico).

~~~~~ Contacto geológico discordante.

~~~~~ Contacto geológico de inconformidad.



Falla inversa.

Fig. 84. Corte geológico del macizo Salsipuedes.

### 6.3. DISCUSIÓN

El análisis estructural de la zona de estudio se puede resumir como sigue:

- Las rocas ígneo-metamórficas aflorantes en la zona de estudio pertenecen al complejo orográfico de la región norte costera del país, que está formado por una superposición de napas. En el macizo Tarana se encuentra la unidad Esquisto de Aroa, correspondiente a la Napa Caracas, en el macizo San Quintín se encuentran las unidades Meta-gabro anortosítico de Yumare y Metavolcanosedimentarias de San Quintín, en los macizos La Zurda y Salsipuedes se encuentra la unidad Metagabro anortosítico de Yumare, estos tres últimos cerros fueron interpretados como correspondientes a la Napa Caucagua-El Tinaco-Yumare-Siquisique, llamado así por BELLIZZIA & RODRÍGUEZ (1976). Pero esta apreciación tiene muchas interrogantes y por lo contrario también hay posibles correlaciones con rocas de la Napa Ávila o inclusive de la Costera.

- Estas rocas de Yumare, posiblemente son alóctonas y fueron incorporadas a la placa suramericana a través de los procesos caribeños ocurridos durante el período Mesozoico-Cenozoico explicado, entre otros por OSTOS (1990).

- Las rocas de alto grado metamórfico (Metagabro anortosítico de Yumare), forman parte, posiblemente de un bloque continuo o de al menos grandes fragmentos de un basamento de probable edad Proterozoico tardío, al noroeste de Venezuela que pudiera interpretarse como Grenvilliano (GRANDE 2007) y probablemente están asociadas a la megasutura rodiniana, ocurrida en la orogénesis grenvilliana entre 1200 y 850 Ma en el Proterozoico tardío. La principal correlación de estos tipos litológicos con la orogénesis grenvilliana es la presencia de rocas, que anteriormente a los eventos caribeños, eran charnokíticas máficas y félsicas, asociada con la meta-anortosita, meta-clinopiroxenita y granófiro.

- En el área de estudio los suscritos apoyan parcialmente lo señalado por BELLIZZIA & RODRÍGUEZ (1976), que los bandeamientos litológicos composicionales, en las rocas metaígneas de grano grueso, principalmente son estructuras planares paralelas a la “estratificación” ígnea original. Sin embargo en rocas pelíticas del Esquisto de Aroa no puede haber tal paralelismo con la estratificación original de la roca sedimentaria precursora, dada la foliación de planos axiales de pliegues y los fenómenos de transposición.

- La estructura principal que se encuentra en los macizos ígneo-metamórficos es la foliación, en segundo orden es la diaclasa y por último son los pliegues internos que presentan los diferentes tipos litológicos (Tabla 46).

**Tabla 46. Cuadro Comparativo de los rumbos y buzamientos promedios de las estructuras principales presentes en los macizos ígneo-metamórficos.**

| Macizos     | Tipos litológico                            | Estructuras |          | Rumbo y buzamiento promedio  |  |
|-------------|---|-------------|----------|--|--|
|             |   |             |          |  |  |
| Tarana      | Filita grafitosa-micácea                    | Foliación   | Diaclasa | <u>En la parte:</u><br><b>Norte-central</b> , N84°W y N42°E;<br>65°N y 57°S.<br><b>Sureste</b> , N42°E 39°S<br><b>Noroeste</b> , N53°E 67°S  | E-W 40°S;<br>N25°W 51°N; N12°W 85°S;<br>N70°W, plano vertical;<br>N12°E 65°N |
|             | Esquisto grafitoso-cuarzo- micáceo y mármol | Foliación   |          | <u>En la parte:</u><br><b>Noreste</b> , N51°W y N73°E; 79°N y 71°S.<br><b>Sur-central</b> , N56°W y N62°E;<br>53°N.<br><b>Sureste</b> , N80°W 60°S.<br><b>Suroeste</b> , N72°E; 48°N y 53°S. |  |
|             | Serpentinita                                | Foliación   |          | N75°E 50°N   |  |
| San Quintín | Metatoba                                    | Foliación   | Diaclasa | N67°W y N66°E; 53°N y 42°S.  | N42°W 59N; N74°E 51°N; N28°E, plano vertical; N43°E 50°S.                    |

|             |   |           |          |  |   |
|-------------|---|-----------|----------|--|---|
| San Quintín | Metabasalto   | Foliación | Diaclasa | N74°W y N72°E; 60°N  | N42°W 59N; N74°E 51°N; N28°E, plano vertical; N43°E 50°S. |
|             | Metasedimentarias   |           |          | N59°W y N75°E; 62°N.   |   |
|             | Meta-anortosita<br>Metagabro<br>Meta-cuarzo-gabro<br>Meta-monzogabro<br>Metatrondhjemita<br>Metahornblendita  | Foliación | Diaclasa | <u>En la parte:</u><br><b>Norte-central</b> , N48°W y N68°E; 54°N y 50°S.<br><b>Noreste</b> , N44°W y N72°E; 56°N y 61°S.<br><b>Noroeste</b> , N56°W y N69°E; 63°N y 50°S.<br><b>Sureste</b> , N88°W y N51°E; 46°N y 38°S. |   |
| La Zurda    | Metaclinopiroxenita<br>Metagabro<br>Meta-cuarzo-gabro<br>Metamonzogabro<br>Meta-cuarzo-monzogabro<br>Metagranodiorita<br>Metamonzonita<br>Granófiro | Foliación | Diaclasa | <u>En la parte:</u><br><b>Oeste</b> , N66°W y N45°E; 61°S.<br><b>Central</b> , N51°W y N56°E; 70°S y 60°N.<br><b>Este</b> , N46°W y N66°E; 57°N y 58°S.  | N45°E 52°S; N45°W, plano vertical; N80°E 64°N.            |
| Salsipuedes | Metagabro<br>Metatonalita<br>Metatrondhjemita<br>Gneis hornbléndico-epidótico<br>Gneis y Esquisto<br>cuarzo-feldespático-micáceo                    | Foliación | Diaclasa | <u>En la parte:</u><br><b>Oeste</b> , N61°W y N72°E; 60°S.<br><b>Central</b> , N53°W y N43°E; 61°N y 64°S.<br><b>Este</b> , N32°W y N69°E; 56°S.   | N29°W 41°N; N28°E 62°N; N59°W 61°S; N20°E 42°S.           |

- En las características neotectónicas del área de estudio se puede observar, al sur de los macizos ígneo-metamórficos, un frente inverso de corrimiento sobre las unidades sedimentarias Terciarias. A su vez se observa el frente inverso de los cerros sedimentarios, la falla de Socremo.
- La fallas asociadas a los macizos son de tres tipo (Tabla 47):

**Tabla 47. Tipos de fallas del área de estudio**

| Macizos     | Tipo de falla                   | Rumbo aproximado           |
|-------------|---------------------------------|----------------------------|
| Tarana      | Falla de ángulo alto, observada | N25°W                      |
|             | Falla de ángulo alto, inferida  | N-S; N55°E                 |
|             | Falla inversa                   | N80°E                      |
| San Quintín | Falla de ángulo alto, inferida  | N35°W; N20°W; N65°W; N10°E |
| La Zurda    | Falla de ángulo alto, observada | N35°W                      |
|             | Falla de ángulo alto, inferida  |                            |
|             | Falla inversa                   | W-E                        |
| Salsipuedes | Falla inversa                   |                            |

- El esfuerzo principal de deformación en el área de estudio tiene dirección NW al SE, interacción entre la placa Caribe y la placa Suramericana (OSTOS 1990).

## 7. SUMARIO, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El estudio geológico de los macizos ígneo-metamórficos de Tarana, San Quintín, La Zurda y Salsipuedes, como sigue:

- El área de estudio se encuentra enclavada en la región Centro-Occidental. La zona aledaña al área de estudio, fisiográficamente se puede subdividir en dos conjuntos topográficos distintos: sierras y grabens:

Sierra de Aroa, ubicada al suroeste de los macizos ígneo-metamórficos.

Parte oriental de la serranía de Agua Fría, definida por los cerros ígneo-metamórficos y sedimentarios.

Graben de Aroa y Graben de Yaracuy, ubicado al sur del área de estudio.

- En el área de estudio afloran unidades de rocas ígneo-metamórficas y sedimentarias (Tabla 48).

**Tabla 48. Unidades geológicas aflorantes en el área de estudio.**

| Edad                                  | Siglas       | Unidades geológicas                     |
|---------------------------------------|--------------|---|
| Cuaternario                           | Qal          | Aluvión                                 |
|                                       | Qpt          | Terraza                                 |
| Mioceno medio                         | Tmcd         | Formación Capadare                      |
| Oligoceno-Mioceno medio               | Tm $\phi$ ca | Formación Casupal                       |
| Paleoceno-Eoceno medio                | Tem          | Formación Matatere                      |
| Cretácico<br>Cenomaniense-Campaniense | Kl           | Formación La Luna                       |
| Cretácico?                            | Ks           | Metavolcanosedimentarias de San Quintín |
|                                       | Ksp          | Serpentinita                            |
| Jurásico tardío-Cretácico             | Jka          | Esquisto de Aroa                        |
| Precámbrico<br>(Proterozoico Tardío?) | Xy           | Metagabro anortosítico de Yumare        |

- Las unidades ígneo-metamórficas afloran en los macizos, como sigue:

En el macizo **Tarana** aflora la unidad Esquisto de Aroa, en su parte norte por filitas grafitosas-micáceas y la parte sur por esquisto grafitoso-cuarzo-micáceo y mármol. En el centro de la mitad sur se encuentra un cuerpo alargado de serpentinita, interpretado como correspondiente a la Asociación Metamórfica La Costa.

En el macizo **San Quintín** afloran dos unidades litológicas. La unidad Metavolcanosedimentarias de San Quintín, se encuentra en la mitad sur y lentes en la mitad norte del macizo, consta de rocas metavolcánicas (metabasalto, metadacita, metatoba y brecha piroclástica) y rocas metasedimentarias (metarenisca). La unidad Meta-gabro anortosítico de Yumare, se encuentra en la mitad norte y cuerpos alargado en la mitad sur del macizo, se caracteriza con rocas gabroides metamórfizadas (metagabro, meta-cuarzo-gabro y metamonzogabro), metatrondhjemita, metahornblendita y meta-anortosita.

En el macizo **La Zurda** aflora únicamente la unidad Meta-gabro anortosítico de Yumare se caracteriza con rocas gabroides metamórfizadas (metagabro, meta-cuarzo-gabro, metamonzogabro y meta-cuarzo-monzogabro), metaclinopiroxenita, metagranodiorita, metamonzonita y granófiro (metamonzogranito, metagranito microclínico y meta-leucogranito microclínico).

En el macizo **Salsipuedes** sólo aflora la unidad Meta-gabro anortosítico de Yumare, se define con rocas gnéissicas y esquistosas cuarzo-feldespáticas-micáceas, metagabro, metatonalita, metatrondhjemita y granófiro.

- Las unidades sedimentarias afloran alrededor o en cuerpos alargados en los macizos, como sigue:

La **Formación La Luna** aflora en dos cuerpos alargados ubicados al norte del macizo La Zurda, se caracteriza con rocas de caliza microfosilífera. Los contactos con el Metagabro anortosítico de Yumare es de falla, posiblemente de corrimiento, el contacto con la Formación Casupal es discordante.

La **Formación Matatere** aflora al norte del macizo Salsipuedes, en un cuerpo alargado, se caracteriza por presentar una alternancia de arenisca, limolita y lutita. Además, en ocasiones se encuentran bloques (olistolitos) de caliza tipo La Luna y de metadiabasa dentro de una matriz lutítica (secuencia tipo flysch). El contacto con la unidad Metagabro anortosítico de Yumare es de falla, probablemente de corrimiento. Con la Formación Casupal es discordante.

La **Formación Casupal** aflora extensamente en el área de estudio, al norte y oeste del macizo Tarana (arenisca y lutita), al norte y suroeste del macizo La Zurda (caliza, arenisca y conglomerado carbonático), al norte de los macizos San Quintín y Salsipuedes (conglomerado). El contacto que presenta con la unidad Metagabro anortosítico de Yumare es inconforme y con las formaciones Capadare y La Luna es discordante.

La **Formación Capadare** aflora extensamente en el área de estudio, al sur y este del macizo Tarana, al sur y oeste del macizo San Quintín y al sur del macizo Salsipuedes. Esta conformada por rocas de caliza fosilífera. El contacto que presenta con las unidades ígneo-metamórficas es inconforme y con la Formación Casupal es discordante.

El **aluvión** se encuentra, al oeste del macizo Tarana, al oeste y este del macizo Salsipuedes y en los trayectos principales de las quebradas. Se caracteriza por presentar acumulaciones de granos limo a grava.

Las **terrazas** se observan al sur de los macizos Tarana, La Zurda y Salsipuedes. Se caracterizan con capas de granos limo a grava, poco consolidadas, en ocasiones presentan horizontes inclinados.

- Los eventos metamórficos sobre las rocas de las unidades ígneo-metamórficas aflorantes en el área de estudio se presentaron como sigue:

El Esquisto de Aroa está conformado por rocas pelíticas y carbonáticas que fueron metamorfizadas en la facies del esquisto verde, subfacies cuarzo-albita-muscovita-clorita.

La serpentinita emplazada tectónicamente rodeada del Esquisto de Aroa igualmente alcanzó la facies del esquisto verde, probablemente también afectada por la subfacies de cuarzo-albita-muscovita-clorita.

Las Metavolcanosedimentarias de San Quintín tienen rocas metamorfizadas en la facies del esquisto verde, subfacies cuarzo-albita-muscovita-clorita.

La unidad Metagabro anortosítico de Yumare en los macizos San Quintín, La Zurda y Salsipuedes, se observa afectada por procesos metamórficos que probablemente alcanzaron, primeramente, la facies de la granulita y posterior a ello, la facies del esquisto verde, zona de la clorita y probablemente zona de la biotita (sólo en Salsipuedes). Además a esto se le suman los extensos procesos cataclásticos.

La fase metamórfica caribeña (esquisto verde), probablemente estuvo acompañada particularmente por procesos metasomáticos especialmente en el caso de la serpentinita, dado que requiere la introducción de  $\text{SiO}_2$  para poder producir serpentina. Además se llevó a cabo en un ambiente hidratado que pudo estar acompañado de efectos hidrotermales, probablemente locales, como para poder producir la gran cantidad de epidoto, tanto en las rocas como vetillas de ese mismo mineral.

- Las rocas de alto grado metamórfico (Metagabro anortosítico de Yumare) forman parte, posiblemente de un bloque continuo o de al menos grandes fragmentos de un basamento de probable edad Proterozoico tardío, al noroeste de Venezuela que pudiera interpretarse como Grenvilliano (GRANDE 2007). Estas rocas probablemente, se encuentran asociadas a la megasutura rodiniana, ocurrida en la orogénesis grenvilliana entre 1.200 y 850 Ma en el Proterozoico tardío. En esta etapa fue posible la delaminación del manto litosférico y se colocó en contacto directo la astenosfera con la base de la corteza continental, implicando una gran elevación de las isotermas originando el metamorfismo de alto grado.

- A lo largo de muchos sectores del cinturón grenvilliano se generó la suite ígnea AMCG (anortosita-mangerita-charnockita-granito), la principal correlación de los tipos litológicos que afloran en el área de estudio con la orogénesis grenvilliana es la presencia de rocas, que anteriormente a los eventos caribeños, eran charnokíticas máficas (metagabro charnokítico, etc.) y félsicas (metamonzonita charnokítica, etc.), asociada con la meta-anortosita, meta-clinopiroxenita y granófiro (metagranito microclínico, etc.)

- El macizo Tarana ha sido interpretado como correspondiente a la Napa Caracas, esto debido a la similitud del Esquisto de Aroa con el Esquisto de Las Mercedes de la Asociación Metasedimentaria Caracas. Los macizos San Quintín, La Zurda y Salsipuedes fueron interpretados como correspondientes a la Napa Caucagua-El Tinaco-Yumare-Siquisique, llamado así por BELLIZZIA & RODRÍGUEZ (1976). Pero esta apreciación tiene muchas interrogantes y por lo contrario también hay posibles correlaciones con rocas de la Napa Ávila (Complejo San Julián).

- La estructura principal que se encuentra en los macizos ígneo-metamórficos es la foliación, en segundo orden son las diaclasas y por último son los pliegues formados en régimen dúctil que presentan los diferentes tipos litológicos.

- En el área de estudio los suscritos apoyan parcialmente lo señalado por BELLIZZIA & RODRÍGUEZ (1976), que los bandeamientos litológicos composicionales, en las rocas metaígneas de grano grueso, principalmente son estructuras planares paralelas a la “estratificación” ígnea original. Sin embargo en rocas pelíticas del Esquisto de Aroa no puede haber tal paralelismo con la estratificación original de la roca sedimentaria precursora, dada la foliación de planos axiales de pliegues y los fenómenos de transposición.

- En las características neotectónicas de la región de Yumare se puede observar, al sur de los macizos ígneo-metamórficos y sedimentarios, un frente inverso de corrimiento, la falla de Socremo.

- Según OSTOS (1990) el esfuerzo principal de deformación en el área de estudio tiene dirección NW al SE, interacción entre la placa Caribe y la placa Suramericana.

### **RECOMENDACIONES**

- Se recomienda realizar un estudio de estos macizos por separado, debido a su complejidad litológica y estructural.

- Realizar un estudio químico a los diferentes tipos litológicos planteados en este proyecto para así refinar el contenido o porcentaje de los minerales presentes en los mismos.

- Realizar un estudio detallado del conglomerado basal de la Formación Casupal, para poder determinar exactamente las diferentes rocas fuente del mismo.
  
- Realizar el levantamiento geológico detallado, del cuerpo alargado de la Formación Matatere, al norte del macizo Salsipuedes, para tratar de delimitarlo con mayor exactitud.
  
- Por último, debido a que las edades de estas rocas han sido inferidas por correlación, se recomienda realizar la datación radiométrica de los tipos litológicos planteados en este trabajo.

## 8. 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.
- AUDEMARD F., A. SINGER, C. BELTRAN & J. A. RODRIGUEZ. 1992. *Failles actives Quaternaires de la région du Falcón*. En: Franck AUDEMARD-M. *Néotectonique, sismotectonique et aléas sismique du Nord-Ouest du Vénézuéla (Système de failles d'Oca-Ancón)*. Université de Montpellier II. These du Doctorat, 369 p. 1993.
- 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. & C. LÓPEZ E. 1972. Gabro versus "pseudogabro" en el complejo ultramáfico de Tinaquillo (Resumen). *Mem. IV Congr. Geol. Venez.* (Caracas) Tomo IV, p. 2138.
- BELLIZZIA A. & D. RODRÍGUEZ G. 1966. *Mapa geológico de la región de Yumare*. Min. Minas Hidrocarburos, Dir. Geología. Mapa 1:25.000, inédito.
- BELLIZZIA A. & D. RODRÍGUEZ G. 1967. Guía de la excursión a la región de Duaca-Barquisimeto-Bobare. *Bol. Geol.* (Caracas) 8(16): 289-309.
- BELLIZZIA A. & D. RODRÍGUEZ G. 1976. Geología del estado Yaracuy. *Mem. IV Congr. Geol. Venezolano*, Caracas 1969. *Bol. Geol. Public. Esp.* 5(6): 3317-3417.
- BELLIZZIA A., D. RODRÍGUEZ G. & E. ZAMBRANO. 1968. *Mapa geológico del estado Yaracuy*. Min. Minas Hidrocarburos, Dir. Geología. Mapa 1:100.000, inédito.
- BERMUDEZ P. J. & D. RODRÍGUEZ G. 1962. Nota sobre la presencia de *tintínidos o calpionelas* en Venezuela. *Asoc. Venez. Geol., Min. y Petrol. Bol. Inform.* 5(2): 51-57.
- BOESI T., F. A. GALEA, G. ROJAS, M. L. LORENTE, I. DURÁN & M. VELÁSQUEZ. 1988. Estudio estratigráfico del Flanco Norandino en el sector Lobatera-El Vigía. III Simposio Bolivariano Exploración Petrolera de las Cuencas Subandinas. *Soc. Ven. Geólogo. Mem.* (Caracas) I: 1-41.
- BUSHMAN J. R. 1959. Geology of the Barquisimeto area- A summary report. *Asoc. Venez. Geol. Min. y Petrol. Bol. Inform.* 2(4): 65-84.
- BUSHMAN J. R. 1960. Guía para la excursión C-9. Carretera Barquisimeto-Carora, Estado Lara. *III Cong. Geol. Venez. Mem.* 1959 (Caracas) 1: 99-124.
- BUSHMAN J. R. 1965. Geología del área de Barquisimeto, Venezuela. *Bol. Geol.* (Caracas) 6(11): 3-111.
- CAMACHO A., M. MIJARES & W. SCHERER 1988. Geología de la zona de Sanare Buena Vista, sector Agua Linda, Estado Falcón, Venezuela. *Geos* 29: 18-24.
- COPLANARH. 1975. Estudio geomorfológico de las regiones costa noroccidental, centro occidental y central. *Inventario nacional de tierras* (Caracas). 44: 216 p.
- CORONEL G. & O. RENZ. 1960. Los deslizamientos submarinos al Noroeste de Barquisimeto, estado Lara. *Bol. Geol. Esp.* 3: 743-760.

- CONTRERAS O. J. 1988. *Geología de la región Valencia-Mariara, Estado Carabobo*. 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, 173 p.
- CVET- COMISIÓN VENEZOLANA DE ESTRATIGRAFÍA Y TERMINOLOGÍA. 1956. Léxico Estratigráfico de Venezuela. *Bol. Geol. Publ. Esp.* 1, 728 p.
- DEN BOLD W. A. 1972. Ostrácodos del post-eoceno de Venezuela y regiones vecinas. *Mem. IV Cong. Ven.* p. 999-1072.
- DÍAZ DE GAMERO M. L. 1985. Estratigrafía de Falcón Nororiental. *VI Congr. Geol. Venez.* Man I: 454-502.
- DUNHAM R. J. 1962. Classification of carbonate rocks according to depositional texture. En HAM W. E. Edr. *Classification of carbonate rocks*. Memoir of the American Association of Petroleum Geologists. 1: 108-121.
- FOLK R. L. 1962. *Spectral subdivisión of limestone types*. Memoir of the American Association of Petroleum Geologists. 1: 62-85.
- FORD R. & J. J. H. T. HOUBOLT. 1963. Las microfacies del Cretáceo de Venezuela occidental. *Internat. Sed. Petrog. Serv.* 6: 67, 109 lám. E. J. BRILL (Leiden) Holanda. Resumen (1966) *En Asoc. Venez. Geol. Min. y Petról.* Bol. Inform. 6(5): 151.
- GARNER A. H. 1926. Suggested nomenclature and correlation of the geological formations in Venezuela, *Am. Inst. Min. Metall. Eng.* Tr. p. 677-684.
- 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 E. 1979. Rocas volcánicas en Falcón suroriental, Venezuela. *Mem. IV. Congr. Latinoamericano de Geología, Trinidad y Tobago*, p. 459-461.
- 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.
- GONZÁLEZ DE JUANA C., J. M. ITURRALDE DE A. & X. PICARD. 1980a. *Geología de Venezuela y de sus cuencas petrolíferas*. Eds. Foninves (Caracas) 1031 p.
- GRANDE S. 2006. Mármoles de alto grado probablemente grenvillianos en el noroeste de Venezuela. JIFI 2006, Facultad de Ingeniería, UCV, Caracas.
- GRANDE S. 2007a. Presencia de un basamento grenvilliano de alto grado en Venezuela noroccidental. *Mem. IX Congr. Geol. Venezolano*, Caracas 2007.
- GRANDE S. 2007b. Xenolitos en las lavas del cerro Atravesado, Cuenca de Falcón Central. *Mem. IX Congr. Geol. Venezolano*, Caracas 2007.
- 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/>.

- HEDBERG H. D. 1931. Cretaceous limestone as petroleum source rock in northwestern Venezuela, *Am. Assoc. Petrol. Geol. Bull.* (15): 229-246.
- HEDBERG H. D. & L. C. SASS. 1937. Synopsis of the geologic formations of the western part of the Maracaibo basin, Venezuela. *Bol. Geol. y Min. (Venezuela)* 1(2-4): 73-112.
- 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.
- LIDDLE R. 1946. *The geology of Venezuela and Trinidad.* (2nd. Eds.) Paleont. Res. Inst. Ithaca, New York. 890 p.
- LÓPEZ V. M., J. C. DAVEY & R. RUBIO. 1944. Informe geológico y minero de los yacimientos de cobre de Aroa, estado Yaracuy. *Rev. Foment.* (Caracas) 6(56): 11-66.
- MACLAREN. 1933. *Código Geológico de Venezuela. Aroa, Formación.* <http://pdvsa.com/lexico>. Consulta mayo 2007.
- MARAVEN. 1976. *Imagen de radar, NC19-7.* Imagen 1:250.000.
- 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, en preparación.
- 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 [+presentación de 42 láminas en CD].
- MÉNDEZ J. G. 1967. Definición de la Formación Agua Linda, Sección de referencia de la Formación Casupal y descripción litológica de algunas secciones de esta formación en la parte sur-oriental de la sub-cuenca de Falcón. *Soc. Ven. Geol. Min. y Petr. Bol. Inform.* 10(4): 111-119.
- MENÉNDEZ A. 1966. Tectónica de la parte central de las montañas occidentales del Caribe, Venezuela. *Bol. Geol.* 8(15):154-155.
- NATERA B. R. 1957a. *Geology of the lower rio Tocuyo basin.* Creole Petroleum Corp. Informe inédito no. 4330.11-42.
- NATERA B. R. 1957b. Geología de Superficie. Hoja C-6-C. Creole Petroleum Corp. Mapa 1:50.000, inédito.
- OSTOS M. 1981. *Geología de una zona ubicada entre la autopista Caracas-La Guaira y el estribo Galindo, Parque Nacional El Ávila, D.F.* UCV. Escuela de Geología, Trabajo de ascenso, inédito. 279 p.
- OSTOS M. 1990. Evolución tectónica del margen sur-central del Caribe basado en datos geoquímicos. *Geos (Caracas)* (30): 1-294.
- OSTOS M, E. NAVARRO & F. URBANI. 1989. Edad Rb/Sr. del Augengneis de Peña de Mora, Cordillera de la Costa. *Mem. VII Congreso Geológico Venezolano.* (Barquisimeto) 1: 127-136.

- 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/>.
- RODRÍGUEZ S. E. 1975a. *Anortositas titaníferas del Complejo de San Quintín, estado Yaracuy*. Ministerio de Energía e Hidrocarburos, Dirección de Geología, División de Recursos Minerales, inédito, 25 p.
- RODRÍGUEZ S. E. 1975b. *Evaluación de los yacimientos de ilmenita-hematita del Complejo de San Quintín, estado Yaracuy*. Ministerio de Energía e Hidrocarburos, Dirección de Geología, División de Recursos Minerales, inédito, p 1-18 y 26-39.
- RODRÍGUEZ S. E. & G AÑEZ 1978. Los depósitos de la mena titanífera de San Quintín central, estado Yaracuy, génesis, caracteres geológicos, y estimación de reservas. *Bol. Geol* (Caracas), 13(24): 87-95.
- ROHR K. 1955. *Información fotogeológica. Hoja C-6-C*. Creole Petroleum Corp. Mapa 1:50.000, inédito.
- ROMERO L. M. & F. A. GALEA. 1995. Campanian Bolivinoïdes and microfacies from the La Luna Formation, western Venezuela. *Marine Micropaleontology*. (26): 385-404.
- SENN A. 1940. Paleogene of Barbados and its bearing on history and structure of Antillean-Caribbean region, *Am. Assoc. Petrol. Geol. Bull.* 24(9): 1548-1610.
- SPRY A. 1969. *Metamorphic Texturas*. Pergamon press: F.H.T. Rhodes Eds. 350 p.
- STAINFORTH R. M. 1968. El desarrollo de la terminología estratigráfica en el estado Lara. *Asoc. Venez. Geol. Min. y Petról. Bol. Inform.* 11(9): 243-253.
- STEPHAN J. F. 1982. *Evolution Géodynamique du Domine Caraïbe Andes et Chaîne Caraïbe 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 Caraïbe Andes et Chaîne Caraïbe sur la Transversale de Barquisimeto (Vénézuéla). In MASCLE A. Edr., TECHNIP. Eds. *Symposium "Geodynamique des Caraïbes"*. (Paris) p. 505-530.
- 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. 1992. Las minas de Cobre de Aroa a la luz de la relación de Manuel Gaytán de Torres, 1621. *Boletín Geológico Minero. Mem.* (España). Conmemorativo al V centenario, 103(2): 156-185.
- URBANI F. 2001. Revisión de las unidades de rocas ígneas y metamórficas de la Cordillera de la Costa, Venezuela. *Geos* (UCV, Caracas) 33(1999): 1-170.
- URBANI F. 2007. Las regiones de rocas ígneas y metamórficas del norte de Venezuela. *Mem. IX Congr. Geol. Venezolano, Caracas 2007. Bol. Geol* (Caracas), en prensa.

- URBANI F. & S. GRANDE. 2005. Abreviaturas de minerales formadores de rocas. *Geos* (Caracas) 38:126.
- URBANI F. & D. MENDI. 2007. Consideraciones geológicas y geoquímicas de la zona de Yumare, estados Falcón y Yaracuy, Venezuela. *Mem. IX Congr. Geol. Venezolano*, Caracas 2007.
- URBANI F., A. MARTÍNEZ, A. GONZÁLEZ, D. MENDI & L. A. CAMPOSANO. 2007. Consideraciones geológicas y geoquímicas de la zona de Yumare, estados Falcón y Yaracuy, Venezuela. *Boletín de la Academia de Ciencias Físicas, Matemáticas y Naturales*. (Caracas).
- 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].
- WASTENEYS H., J. MCLLELLAND & S. LUMBERS. 1999. Precise zircon geochronology of the Adirondack Lowlands and implications for revising plate tectonic models of the Central Metasedimentary Belt and Adirondack Mountains, Grenville Province. Ontario and New York: *Canadian Jour. of Earth Sciences*, 36: 967-984.
- WHEELER C. B. 1960. Estratigrafía del Oligoceno y Mioceno Inferior de Falcón Occidental y Nororiental. *III Cong. Geol. Venez.* Tomo I. Bol. Geol. Public. Espec. (3): 407-465.
- WIEDENMAYER C. 1924. Zur Geologie von Ost-Falcon (Nordwest Venezuela). *Eclog. Helv.* 18(4):508-512.

## **9. ANEXOS**