

**TRABAJO ESPECIAL DE GRADO**

**ESTUDIO PETROGRÁFICO DE LAS ROCAS DEL MACIZO  
ÁVILA, RECOLECTADAS ENTRE LOS RÍOS MIGUELENA Y  
CAMURI CHICO, Y LAS QUEBRADAS  
TACAMAHACA Y CHACAÍTO.  
ESTADOS VARGAS Y MIRANDA**

Presentado ante la Ilustre  
Universidad Central de Venezuela  
para optar al Título de Ingeniero Geólogo  
Por las Brs. Leila M. Angulo M. y  
Maryuly Y. Jurado G.

Caracas, marzo 2004

## **TRABAJO ESPECIAL DE GRADO**

# **ESTUDIO PETROGRÁFICO DE LAS ROCAS DEL MACIZO ÁVILA RECOLECTADAS ENTRE LOS RÍOS MIGUELENA Y CAMURI CHICO, Y LAS QUEBRADAS TACAMAHACA Y CHACAÍTO. ESTADOS VARGAS Y MIRANDA**

TUTORES ACADÉMICOS: Prof. Sebastián Grande  
Prof. Franco Urbani  
TUTOR INDUSTRIAL: Dr. Víctor Vivas

Presentado ante la Ilustre  
Universidad Central de Venezuela  
para optar al Título de Ingeniero Geólogo  
Por las Brs. Leila M. Angulo M. y  
Maryuly Y. Jurado G.

Caracas, marzo 2004

**Angulo M., Leila M.  
Jurado G., Maryuly Y.**

**ESTUDIO PETROGRAFICO DE LAS ROCAS DEL MACIZO  
ÁVILA, RECOLECTADAS ENTRE LOS RÍOS MIGUELENA Y  
CAMURI CHICO Y LAS QUEBRADAS TACAMAHACA Y  
CHACAÍTO. ESTADOS VARGAS Y MIRANDA**

**Tutor Académico: Prof. Sebastián GRANDE. Cotutor Académico: Prof. Franco URBANI. Tutor Industrial: Dr. Víctor VIVAS. Tesis. Caracas, UCV. Facultad de Ingeniería. Escuela de Geología, Minas y Geofísica. Año 2004, 600 p.**

**Palabras Claves:** Cordillera de La Costa, Petrografía de las rocas del Macizo Ávila.

**Resumen**

Fueron recolectadas rocas rodadas en siete cuencas fluviales de la Cordillera de la Costa (Macizo Ávila, flancos norte y sur), entre los ríos Miguélana- Camurí Chico y las quebradas Tócome y Chacaíto, en los estados Vargas y Miranda. El análisis petrográfico y de muestras de mano de estas rocas permitió clasificarlas en las siguientes agrupaciones de tipos litológicos, a saber: esquisto moteado, esquisto, meta-psefita, brecha, mármol, epidosita, cuarcita y eclogita, meta-ígneas (graníticas como: augengneis y gneis; intermedias como: metatonalitas y metadioritas; máficas como: meta gabro, anfíbolita; y ultramáficas como: serpentinitas y hornblendita). Gracias a los deslaves ocurridos en diciembre de 1999, el análisis petrográfico en cantos rodados se propone por motivación a encontrar y reconocer la mayor variedad de tipos litológicos del Macizo Ávila, ya que existen tipos de roca que no han sido cartografiadas por encontrarse en zonas de difícil acceso o afloramientos cubiertos.

El estudio se realizó entre Julio del 2002 y Diciembre del 2003, y consistió en el reconocimiento de campo, recolección de cantos rodados en las partes bajas de los cauces y recopilación de información bibliográfica sobre trabajos realizados anteriormente en la zona, así como búsqueda de documentos e información teórica

básica, lo que condujo a la elaboración de tablas de datos en base a los resultados del análisis petrográfico y mapas de ubicación de muestras.

Como resultado de este análisis se pudieron: **a)** compilar siete tablas de tipos litológicos, correspondientes a las siete cuencas estudiadas, **b)** comparar unidades formales con los tipos litológicos identificados haciendo secciones N-S entre cuencas contiguas, obteniendo correspondencia de los resultados de cuencas adyacentes, **c)** realizar una tabla de identificación de ciclos tectónicos, donde se identificaron por lo menos tres ciclos tectónicos, a través de la comparación de las rocas de la Cordillera del Caribe, Andes Venezolanos y las rocas del Escudo de Guayana. Estos ciclos corresponden al Proterozoico (Precámbrico), Paleozoico y Mesozoico, lo que ayuda a un mejor entendimiento de la historia geológica de la Cordillera de la Costa **d)** elaborar tablas de facies metamórficas, donde se reconocen las facies esquistos verdes, anfíbolita epidótica, anfíbolita almandínica y eclogita, lo evidencia la compleja naturaleza de la melange tectónica (en parte ofiolítica) que integra a dicha cordillera, **e)** elaborar tablas de clasificación textural, química y genética, donde se indicó el posible protolito de las rocas metamórficas, y **f)** cotejar la información conocida y publicada por otros autores con los resultados de nuestros análisis.

Uno de los resultados más relevantes de este estudio es el haber identificado tipos litológicos nunca antes descritos en esta zona de la Cordillera de la Costa, algunos de ellos van ayudar a una mejor comprensión de su compleja génesis.

Los gneises y rocas metaígneas, de composición granítica recolectados de carácter sódico (granodiorita, tonalita, trondhjemitita y diorita), resultaron ser muy parecidos en composición a las rocas graníticas pertenecientes al Complejo de Supamo, del Escudo de Guayana Complejo de Supamo. Los augengneises potásicos (Peña de Mora) recolectados se pueden comparar con rocas del Granito de Parguaza, incluso arrojan una edad Rb-Sr de 1.560 Ma muy similar a la de los granitos anorogénicos del Grupo Suapure, de carácter potásico, con texturas porfiríticas, sobre todo del tipo rapakivi.



Por lo que estas rocas recolectadas del Macizo Ávila podrían interpretarse como bloques de macizos precámbricos emplazados tectónicamente en la Cordillera de la Costa.

A través del análisis petrográfico se lograron identificar en esquistos pertenecientes al Complejo de San Julián el mineral sillimanita, reportado en la zona de La Entrada Naguanagua, edo. Carabobo (AGUILERA & VALLENILLA, 1985), URBANI *et al.* (1989) en el Gneis de Cabriales, edo. Carabobo, y reconocido también por OMAÑA (2002), en esa misma unidad; este mineral pudiera indicar a un evento metamórfico en la facies de la anfibolita almandínica del metamorfismo barroviario, de P/T intermedia. La sillimanita probablemente represente una reliquia de los eventos orogénicos del Paleozoico temprano a medio, ocurridos durante la orogénesis caledoniana, también reconocidas en el núcleo de los Andes venezolanos, por lo que estas rocas pudieran ser, a su vez, bloques tectónicamente emplazados de orógenos paleozoicos en la ya tan compleja Cordillera de la Costa..

El Complejo de San Julián, posee los más variados tipos litológicos, siendo uno de los más característicos un tipo litológico conocido como esquistos moteados (cuarzo-plagioclásico-micáceo  $\pm$  anfíbol  $\pm$  epidoto), por presentar grandes porfidoblastos ovoidales de albita; otra característica distintiva de estas rocas son sus muestras limpias, donde cada mineral visto en sección fina se destaca nítidamente de los que lo rodean. Los esquistos moteados se encuentran en todas las cuencas fluviales de la zona de estudio y los hay también en la zona de las Trincheras-El Cambur en el estado Carabobo (GRANDE, 1982) y AZPIROZ (1982). Muchos autores, a partir de evidencias petrográficas, interpretan que entre esta amplia gama de litologías, aquellas más ricas en feldespatos corresponden a rocas metaígneas félsicas, las esquistosas ricas en micas pueden ser producto de un protolito sedimentario pelítico, mientras que aquellos esquistos ricos en epidoto, actinolita y clorita podrían ser interpretados como producto del metamorfismo de horizontes volcánicos,

probablemente tobas o lavas. También abundan esquistos híbridos, con mucha mica y anfíbol que podrían indicar un protolito epiclástico.

Las rocas tales como eclogita, anfíbolita, actinolita, epidosita, cuarcita, serpentinita, esquistos filíticos, meta-diabasa, meta-lava y toba, filita y mármol, son atribuidas a la unidad de Esquisto de Tacagua y Mármol de Antímano de la Asociación Metamórfica la Costa. A estas unidades ya estudiadas y cartografiadas por otros autores, se les asigna una edad mesozoica.

## ÍNDICE

### TOMO I

|   | Página |
|---|--------|
| RESUMEN   |        |
| 1. INTRODUCCIÓN   | 1      |
| 1.1 Objetivos y alcance del trabajo                         | 1      |
| 1.2 Localización y extensión del área de estudio            | 1      |
| 1.3 Trabajos previos  | 2      |
| 1.4 Agradecimientos   | 7      |
| 2. METODOLOGÍA  | 13     |
| 2.1 Trabajo de Campo  | 13     |
| 2.1.1 Equipo  | 13     |
| 2.1.2 Vías de acceso  | 14     |
| 2.1.3 Reconocimiento y recolección de muestras              | 14     |
| 2.1.4 Toma de datos y fotografías                           | 16     |
| 2.2 Etapa de laboratorio                                    | 16     |
| 2.2.1 Selección, preparación y registro de las muestras     | 17     |
| 2.2.2 Análisis petrográfico. (marco teórico de petrografía) | 17     |
| 3. GEOGRAFÍA FÍSICA   | 29     |
| 3.1 Relieve   | 29     |
| 3.2 Drenaje   | 30     |
| 3.3 Clima   | 30     |
| 3.4 Vegetación  | 31     |
| 3.5 Geomorfología   | 33     |
| 4. GEOLOGÍA REGIONAL  | 35     |
| 4.1 Generalidades   | 35     |

|       |  |     |
|-------|--|-----|
| 4.2   | Super Asociación Metamórfica de la Cordillera de La Costa  | 37  |
| 4.3   | Super Asociación ígneo-metamórfica de la Cordillera de La Costa                                    | 48  |
| 4.3.1 | Asociación Metamórfica El Ávila  | 49  |
| 4.3.2 | Asociación Metamórfica La Costa  | 55  |
| 5.    | GEOLOGÍA LOCAL   | 59  |
| 5.1   | Generalidades  | 59  |
| 5.2   | Tipos litológicos informales   | 70  |
| 5.2.1 | Río Miguelena  | 70  |
| 5.2.2 | Río Naiguatá   | 71  |
| 5.2.3 | Río San Julián   | 72  |
| 5.2.4 | Río Camurí Chiquito  | 73  |
| 5.2.5 | Quebrada Tacamahaca  | 74  |
| 5.2.6 | Quebrada Tócome  | 75  |
| 5.2.7 | Quebrada Chacaíto  | 76  |
| 5.3   | Correspondencia de cuencas contiguas   | 77  |
| 6.    | TEXTURAS METAMORFICAS  | 84  |
| 6.1   | Descripción de texturas metamórficas   | 84  |
| 6.2   | Relación de texturas con la deformación  | 94  |
| 7.    | METAMORFISMO   | 99  |
| 7.1   | Generalidades  | 99  |
| 7.2   | Asociaciones mineralógicas   | 100 |
| 7.2.1 | Criterios cualitativos para determinar la roca originaria<br>(Protolito) de las rocas metamórficas | 104 |
| 7.3   | Facies metamórficas  | 111 |
| 7.3.1 | Facies de los esquistos azules   | 112 |
| 7.3.2 | Facies de los esquistos verdes   | 113 |
| 7.3.3 | Facies de la anfíbolita  | 114 |

|   |     |
|---|-----|
| 7.3.4 Facies de la granulita                        | 115 |
| 7.3.5 Facies de la eclogita                         | 116 |
| 8. INTERPRETACIÓN DE CICLOS TECTÓNICOS              | 140 |
| 8.1 Pre-cámbrico                                    | 140 |
| 8.2 Paleozoico                                      | 151 |
| 8.3 Mesozoico                                       | 153 |
| 9. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES                   | 156 |
| 10. BIBLIOGRAFÍA                                    | 165 |
| <br><b>TOMO II</b>                                  |     |
| ANEXO 1. ANALISIS PETRÓGRAFICO                      | 176 |
| Generalidades                                       | 176 |
| Reporte petrográfico y tipos litológicos informales | 178 |
| Río Miguelena                                       | 178 |
| Río Naiguatá  | 262 |
| Río San Julián                                      | 317 |
| Río Camurí Chiquito                                 | 383 |
| Quebrada Tacamahaca                                 | 420 |
| Quebrada Tócome                                     | 462 |
| Quebrada Chacaíto                                   | 492 |
| ANEXO 2. FLUJOS TORRENCIALES                        | 546 |
| APÉNDICES   | 567 |

## ÍNDICE DE FIGURAS

|  |     |
|--|-----|
| Figura 1: Entrada de la cuenca del río Miguelena   | 1   |
| Figura 2: Cantos rodados de la quebrada Tacamahaca   | 1   |
| Figura 3: Mapa de ubicación de la zona de estudio  | 3   |
| Figura 4: Carta comparativa para la estimación visual de %   | 19  |
| Figura 5: Triangulo A P Q. Clasificación I.U.G.S   | 20  |
| Figura 6: Ejemplo en Triangulo A P Q. Clasificación I.U.G.S  | 22  |
| Figura 7: Determinación del % de An en las plagioclasas.   | 24  |
| Figura 8: Esquema de tipos de vegetación observados.   | 32  |
| Figura 9: Muestra de cantos rodados de augengneises.   | 61  |
| Figura 10: Muestra de cantos rodados de esquisto y augenesquisto.  | 61  |
| Figura 11: Muestra de cantos rodados de esquistos.   | 62  |
| Figura 12: Muestra de canto rodado de epidosita.   | 63  |
| Figura 13: Muestra de canto rodado de cuarcita.  | 64  |
| Figura 14: Muestra de canto rodado de metaconglomerado/brecha epiclástica.   | 64  |
| Figura 15: Muestra de canto rodado de granodiorita.  | 66  |
| Figura 16: Muestra de canto rodado de tonalita.  | 66  |
| Figura 17: Muestra de canto rodado de trondhjemita.  | 66  |
| Figura 18: Muestra de canto rodado de sienogranito.  | 66  |
| Figura 19: Muestra de canto rodado eclogita.   | 68  |
| Figura 20: Fo Muestra de canto rodado de anfibolita.   | 68  |
| Figura 21: Muestra de canto rodado de meta gabro.  | 68  |
| Figura 22: Muestra de canto rodado de meta diabasa.  | 68  |
| Figura 23: Muestra de cantos rodados de hornblenditas.   | 69  |
| Figura 24: Modelo vertical y lateral de variación de facies de ambientes en superficies y submarina de una isla volcánica explosiva. | 108 |
| Figura 25: Diagrama de facies metamórficas. STEPHEN (2002)   | 111 |
| Figura 26: Diagrama APQ donde se encuentra la zona del Augengneis de Peña de Mora y Complejo de Supamo.                              | 146 |

|   |     |
|---|-----|
| Figura 27A: Fotomicrografía ejemplo con escala.             | 178 |
| Figura 27B: Fotomic. RM-r 33, Augengneis czo-plag-ep-mic    | 179 |
| Figura 28: Fotomic. RM-r 7, Augengneis czo-plag-ep-mic.     | 184 |
| Figura 29: Fotomic. RM-r 14, Gneis czo-plag-ep-mus.         | 189 |
| Figura 30: Fotomic. RM-r 29, Gneis plag-czo-mic-gr.         | 191 |
| Figura 31: Fotomic. RM-r 47, Augenesquistó plag-mus-czo-ep. | 194 |
| Figura 32: Fotomic. RM-r 3, Esquistó plag-czo-mic-gr.       | 198 |
| Figura 33: Fotomic. RM-r 44, Esquistó plag-ep-czo-mic.      | 202 |
| Figura 34: Fotomic. RM-r 8, Esquistó anf-plag-czo-gr.       | 203 |
| Figura 35: Fotomic. RM-r 9, Esquistó plag-czo-bi-brr.       | 208 |
| Figura 36: Fotomic. RM-r 22, Esquistó anf- czo-ep-gr.       | 213 |
| Figura 37: Fotomic. RM-r 26, Esquistó trm-gr.               | 213 |
| Figura 38: Fotomic. RM-r 40, Esquistó plag-czo-mus-gr.      | 221 |
| Figura 39: Fotomic. RM-r 36, Esquistó plag-cl- czo-ep.      | 227 |
| Figura 40: Fotomic. RM-r 6, Esquistó czo-cal-gr.            | 228 |
| Figura 41: Fotomic. RM-r 32, Brecha epiclástica.            | 231 |
| Figura 42: Fotomic. RM-r 46, Mármol tremolítico.            | 233 |
| Figura 43: Fotomic. RM-r 12, Meta-trondhjemitá.             | 237 |
| Figura 44: Fotomic. RM-r 28, Meta-trondhjemitá.             | 238 |
| Figura 45: Fotomic. RM-r 37, Glaucofanita granatífera.      | 242 |
| Figura 46: Fotomic. RM-r 41, Meta-gabro.                    | 250 |
| Figura 47: Fotomic. RM-r 5, Meta-diabasa.                   | 257 |
| Figura 48: Fotomic. RM-r 17, Serpentinita.                  | 260 |
| Figura 49: Fotomic. RN-r 13, Augengneis feld-mic.           | 262 |
| Figura 50: Fotomic. RN-r 3, Gneis czo-plag-mic-gr.          | 265 |
| Figura 51: Fotomic. RN-r 50, Gneis czo-plag-mic.            | 268 |
| Figura 52: Fotomic. RN-r 28, Gneis czo-plag-mic.            | 271 |
| Figura 53: Fotomic. RN-r 8, Esquistó plag-bi-anf.           | 272 |
| Figura 54: Fotomic. RN-r 5, Esquistó plag-bi-ep.            | 274 |
| Figura 55: Fotomic. RN-r 17, Esquistó plag-bi-anf.          | 274 |

|  |     |
|--|-----|
| Figura 56: Fotomic. RN-r 38, Esquisto plag-ep-cl-mic.      | 277 |
| Figura 57: Fotomic. RN-r 31, Esquisto plag-ep-cl-mic.      | 279 |
| Figura 58: Fotomic. RN-r 26, Esquisto plag-mic-ep-gr.      | 282 |
| Figura 59: Fotomic. RN-r 43, Esquisto anf-czo-plag-mic.    | 284 |
| Figura 60: Fotomic. RN-r 16, Esquisto czo-anf-ep-gr.       | 287 |
| Figura 61: Fotomic. RN-r 19, Esquisto czo-mus-anf.         | 289 |
| Figura 62: Fotomic. RN-r 14, Esquisto sill-plag-mic.       | 292 |
| Figura 63: Fotomic. RN-r 34, Esquisto bi-feld-czo.         | 294 |
| Figura 64: Fotomic. RN-r 37, Esquisto anf-ep-gr.           | 296 |
| Figura 65: Fotomic. RN-r 1, Esquisto actinolítico.         | 299 |
| Figura 66: Fotomic. RN-r 7, Epidosita.                     | 300 |
| Figura 67: Fotomic. RN-r 30, Cuarcita mic-ep-plag.         | 302 |
| Figura 68: Fotomic. RN-r 10, Actinolita.                   | 304 |
| Figura 69: Fotomic. RN-r 29, Anfibolita gr-plag-mic.       | 304 |
| Figura 70: Fotomic. RN-r 36, Anfibolita plag-ep-gr.        | 307 |
| Figura 71: Fotomic. RN-r 24, Granofels plag-czo-bi.        | 309 |
| Figura 72: Fotomic. RN-r 25, Granofels ep-czo.             | 311 |
| Figura 73: Fotomic. RN-r 9, Meta-trondhjemitita (gr.).     | 313 |
| Figura 74: Fotomic. RN-r 39, Meta-trondhjemitita (mcr).    | 315 |
| Figura 75: Fotomic. RN-r 41, Meta-sienogranito.            | 315 |
| Figura 76: Fotomic. RSJ-r 43, Augengneis czo-plag-mic.     | 318 |
| Figura 77: Fotomic. RSJ-r 32, Augengneis czo-plag-mic.     | 324 |
| Figura 78: Fotomic. RSJ-r 52, Augengneis czo-plag-mic.     | 325 |
| Figura 79: Fotomic. RSJ-r 20, Gneis feld-czo-mic-gr.       | 328 |
| Figura 80: Fotomic. RSJ-r 53, Augengneis czo-anf-cl.       | 333 |
| Figura 81: Fotomic. RSJ-r 57, Esquisto ep-anf-czo.         | 338 |
| Figura 82: Fotomic. RSJ-r 10, Esquisto czo-bi-ep-plag.     | 344 |
| Figura 83: Fotomic. RSJ-r 23, Esquisto anf-ep-cl.          | 348 |
| Figura 84: Fotomic. RSJ-r 46, Esquisto czo-plag-ep-cl-cal. | 354 |
| Figura 85: Fotomic. RSJ-r 16, Esquisto mus-czo-ep.         | 358 |



|  |     |
|--|-----|
| Figura 86: Fotomic. RSJ-r 4, Esquisito czo-plag-ep.          | 362 |
| Figura 87: Fotomic. RSJ-r 11, Esquisito czo-ep-gr.           | 365 |
| Figura 88: Fotomic. RSJ-r 28, Cuarcita.                      | 368 |
| Figura 89: Fotomic. RSJ-r 25, Anfibolita gr.                 | 371 |
| Figura 90: Fotomic. RSJ-r 36, Anfibolita gr.                 | 375 |
| Figura 91: Fotomic. RSJ-r 49, Granofels anf-ep-czo.          | 378 |
| Figura 92: Fotomic. RSJ-r 3, Meta-trondhjemita.              | 378 |
| Figura 93: Fotomic. RCCh-r 54, Augengneis feld-czo-mic.      | 383 |
| Figura 94: Fotomic. RCCh-r 30, Augengneis feld-czo-mic.      | 386 |
| Figura 95: Fotomic. RCCh-r 46, Augengneis feld-czo-mic.      | 386 |
| Figura 96: Fotomic. RCCh-r 6, Augengneis feld-czo-mic.       | 386 |
| Figura 97: Fotomic. RCCh-r 31, Augen-esquistos feld-czo-mus. | 389 |
| Figura 98: Fotomic. RCCh-r 17, Esquisto (mot) anf-plag-ep.   | 392 |
| Figura 99: Fotomic. RCCh-r 39, Esquisto (mot) anf-plag-ep.   | 392 |
| Figura 100: Fotomic. RCCh-r 5, Esquisto ep-plag-anf.         | 395 |
| Figura 101: Fotomic. RCCh-r 50, Esquisto plag-czo-mic.       | 397 |
| Figura 102: Fotomic. RCCh-r 52, Esquisto anf-ep-plag.        | 399 |
| Figura 103: Fotomic. RCCh-r 15, Esquisto anf-ep-czo.         | 400 |
| Figura 104: Fotomic. RCCh-r 35, Esquisto anf-ep-czo.         | 400 |
| Figura 105: Fotomic. RCCh-r 43, Esquisto plag-mic-ep-gr.     | 403 |
| Figura 106: Fotomic. RCCh-r 44, Meta-conglomerado.           | 405 |
| Figura 107: Fotomic. RCCh-r 2, Mármol tremolítico.           | 408 |
| Figura 108: Fotomic. RCCh-r 42, Mármol tremolítico.          | 408 |
| Figura 109: Fotomic. RCCh-r 26, Serpentinita.                | 409 |
| Figura 110: Fotomic. RCCh-r 12, Eclogita anf-prg.            | 410 |
| Figura 111: Fotomic. RCCh-r 24, Anfibolita plag.             | 411 |
| Figura 112: Fotomic. RCCh-r 33, Anfibolita ep.               | 414 |
| Figura 113: Fotomic. RCCh-r 19, Anfibolita plag-cal-czo.     | 415 |
| Figura 114: Fotomic. RCCh-r 9, Meta-trondhjemita.            | 417 |
| Figura 115: Fotomic. RCCh-r 56, Meta-trondhjemita.           | 419 |

|  |     |
|--|-----|
| Figura 116: Fotomic. RT-r 18, Augengneis czo-mic-plag-ep.      | 421 |
| Figura 117: Fotomic. RT-r 18, Augengneis czo-mic-plag-ep.      | 422 |
| Figura 118: Fotomic. RT-r 26, Augen-esquistos czo-mic-plag-ep. | 427 |
| Figura 119: Fotomic. RT-r 6, Esquistos anf-bi-cl-ep.           | 429 |
| Figura 120: Fotomic. RT-r 24, Esquistos czo-mus-ep-gr.         | 432 |
| Figura 121: Fotomic. RT-r 25, Esquistos czo-mic-ep-cl.         | 435 |
| Figura 122: Fotomic. RT-r 8, Epidosita.                        | 437 |
| Figura 123: Fotomic. RT-r 31, Cuarcita.                        | 440 |
| Figura 124: Fotomic. RT-r 32, Anfíbolita ep-cl-czo.            | 444 |
| Figura 125: Fotomic. RT-r 41, Hornblendita.                    | 444 |
| Figura 126: Fotomic. RT-r 10 y 11, Meta-gabro.                 | 444 |
| Figura 127: Fotomic. RT-r 1A y 1B, Granofels (brechoide).      | 449 |
| Figura 128: Fotomic. RT-r 40, Granofels (brechoide).           | 451 |
| Figura 129: Fotomic. RT-r 5, Meta-tonalita.                    | 453 |
| Figura 130: Fotomic. RT-r 12, Meta-tonalita.                   | 456 |
| Figura 131: Fotomic. RT-r 36, Meta-granodiorita.               | 460 |
| Figura 132: Fotomic. RTo-r 16, Augengneis feld-czo-mic.        | 462 |
| Figura 133: Fotomic. RTo-r 1, Gneis feld-czo-mic.              | 465 |
| Figura 134: Fotomic. RTo-r 25, Gneis feld-czo-mic.             | 466 |
| Figura 135: Fotomic. RTo-r 36, Gneis feld-czo-mic.             | 466 |
| Figura 136: Fotomic. RTo-r 15, Esquistos plag-anf-bi-ep.       | 469 |
| Figura 137: Fotomic. RTo-r 52, Esquistos plag-mic-ep-gr.       | 469 |
| Figura 138: Fotomic. RTo-r 8, Esquistos czo-plag-cl.           | 474 |
| Figura 139: Fotomic. RTo-r 20, Esquistos anf-plag-ep.          | 475 |
| Figura 140: Fotomic. RTo-r 51, Esquistos anf-plag-ep.          | 476 |
| Figura 141: Fotomic. RTo-r 48, Esquistos ep-czo-cl.            | 479 |
| Figura 142: Fotomic. RTo-r 27, Cuarcita plag-mic.              | 480 |
| Figura 143: Fotomic. RTo-r 5, Cuarcita plag-mic.               | 481 |
| Figura 144: Fotomic. RTo-r 26, Anfíbolita plag-ep-cl.          | 483 |
| Figura 145: Fotomic. RTo-r 17, Meta-gabro.                     | 485 |

|   |     |
|---|-----|
| Figura 146: Fotomic. RTo-r 41, Meta-gabro.                | 487 |
| Figura 147: Fotomic. RTo-r 34, Meta-diabasa.              | 488 |
| Figura 148: Fotomic. RTo-r 3, Meta-trondhjemita.          | 490 |
| Figura 149: Fotomic. QCh-r 40, Augengneis czo-feld-mic.   | 492 |
| Figura 150: Fotomic. QCh-r 3, Gneis plag-mic-czo-ep.      | 496 |
| Figura 151: Fotomic. QCh-r 5, Gneis plag-mic-ep.          | 498 |
| Figura 152: Fotomic. QCh-r 35, Gneis plag-czo-ep.         | 501 |
| Figura 153: Fotomic. QCh-r 14, Esquisto anf-plag-ep-cl.   | 503 |
| Figura 154: Fotomic. QCh-r 1, Esquisto plag-anf-bi-ep.    | 503 |
| Figura 155: Fotomic. QCh-r 6, Esquisto anf-plag-ep-gr.    | 504 |
| Figura 156: Fotomic. QCh-r 52, Esquisto czo-ep-plag-cl.   | 507 |
| Figura 157: Fotomic. QCh-r 21, Esquisto czo-plag-ep-cl.   | 510 |
| Figura 158: Fotomic. QCh-r 22, Esquisto czo-cl-ep.        | 512 |
| Figura 159: Fotomic. QCh-r 19, Esquisto anf-plag-ep.      | 514 |
| Figura 160: Fotomic. QCh-r 50, Meta-conglomerado/brecha.  | 516 |
| Figura 161: Fotomic. QCh-r 17, Cuarcita plag-mic.         | 518 |
| Figura 162: Fotomic. QCh-r 34, Cuarcita plag-mic.         | 518 |
| Figura 163: Fotomic. QCh-r 24, Meta-trondhjemita.         | 521 |
| Figura 164: Fotomic. QCh-r 39, Meta-trondhjemita.         | 523 |
| Figura 165: Fotomic. QCh-r 29, Meta-granodiorita.         | 525 |
| Figura 166: Fotomic. QCh-r 47, Meta-tonalita.             | 527 |
| Figura 167: Fotomic. QCh-r 41, Anfibolita czo-plag-ep-gr. | 530 |

## ÍNDICE DE TABLAS

|   |     |
|---|-----|
| Tabla 1: Abreviaturas para los minerales.   | i   |
| Tabla 2: Escala gráfica para observar los minerales al microscopio.   | 24  |
| Tabla 3: Planilla de control petrográfico.  | 27  |
| Tabla 4: Clasificación textural, química y Protolito (modelo).  | 28  |
| Tabla 5: Resumen de trabajos geológicos de la Cordillera de la Costa.   | 37  |
| Tabla 6: Esquema de las principales características de las unidades de la Asociación Metamórfica Ávila, presentes en el área de estudio.    | 49  |
| Tabla 7: Esquema de las principales características de las unidades de la Asociación Metamórfica la Costa, presentes en el área de estudio. | 55  |
| Tabla 8: Tamaño de grano de rocas ígneas.   | 60  |
| Tabla 9: Criterios en la clasificación de rocas metamórficas.   | 60  |
| Tabla 10: Tipos litológicos del río Miguelena.  | 70  |
| Tabla 11: Tipos litológicos del río Naiguatá.   | 71  |
| Tabla 12: Tipos litológicos del río San Julián.   | 72  |
| Tabla 13: Tipos litológicos del río Camuri Chico.   | 73  |
| Tabla 14: Tipos litológicos de la quebrada Tacamahaca.  | 74  |
| Tabla 15: Tipos litológicos del río Tócome.   | 75  |
| Tabla 16: Tipos litológicos de la quebrada Chacaíto.  | 76  |
| Tabla 17: Contenido mineralógico porcentual de las cuencas aluviales.   | 76  |
| Tabla 18: Correspondencia de tipos litológicos entre las cuencas Miguelena y Tacamahaca.  | 77  |
| Tabla 19: Correspondencia de tipos litológicos entre las cuencas Camuri Chico y Chacaíto.   | 78  |
| Tabla 20: Correspondencia general entre cuencas continuas, transecto norte-sur.   | 80  |
| Tabla 21: Conjunto de minerales en rocas pelíticas según tipo textural.   | 101 |
| Tabla 22: Minerales índices en rocas pelíticas.   | 102 |
| Tabla 23: Asociación mineralógica y facies metamórficas.  | 102 |

|   |     |
|---|-----|
| Tabla 24: Clasificación textural, química y genética de las rocas estudiadas.                                 | 118 |
| Tabla 25: Facies y relación P / T.  | 133 |
| Tabla 26: Resumen de la evolución tectónica del Escudo de Guayana.  | 148 |
| Tabla 27: Resumen de la evolución geológica del Escudo de Guayana.  | 149 |
| Tabla 28: Síntesis del proceso tectónico.   | 150 |
| Tabla 29: Cuadro comparativo entre los tipos litológicos de la Cordillera de la Costa y el Escudo de Guayana. | 155 |
| Tabla 30: Contenido mineralógico porcentual de las cuencas aluviales.   | 531 |
| Tabla 31: Características principales distintivas de los flujos torrenciales fangosos y granulares.           | 555 |
| Tabla 32. Características distintivas de los flujos torrenciales.   | 558 |

## CAPÍTULO I

### 1. INTRODUCCIÓN

#### 1.1 Objetivos y alcances del trabajo

Este trabajo tiene como finalidad el estudio petrográfico de cantos rodados encontrados en las zonas bajas de los cauces para establecer la variedad litológica presente en las respectivas cuencas de drenaje (Figs. 1 y 2).

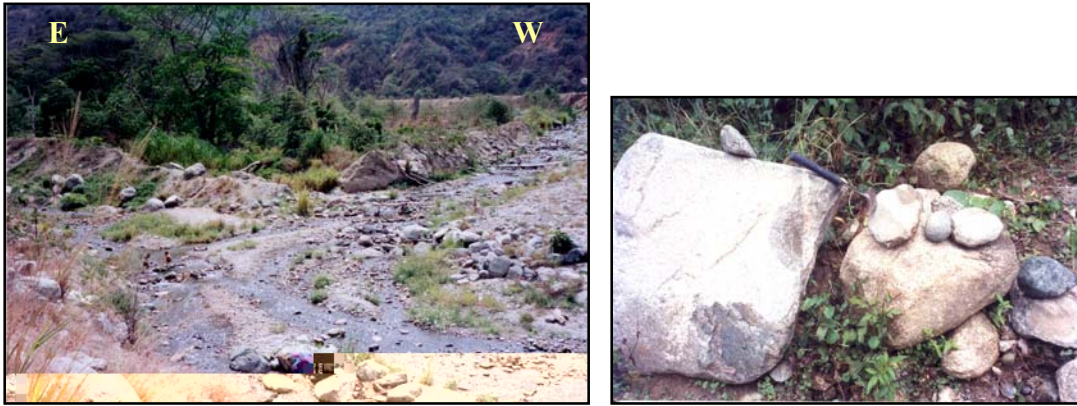


Fig. 1. (izq.) Entrada de la cuenca del Río Miguelena (aguas arriba)

Fig. 2. (der.) Cantos rodados de la Qda. Tacamahaca.

El objetivo principal es el de encontrar, reconocer y reportar diversidad de tipos litológicos presentes en el área de estudio, a través del análisis petrográfico en cantos rodados.

Para cumplir con este objetivo se consideran los siguientes alcances:

- Reconocimiento de campo.
- Revisión y recopilación bibliográfica de trabajos anteriores, realizados en la zona y áreas adyacentes.
- Recolección de cantos rodados y su respectivo análisis petrográfico, donde se obtiene como producto el reconocimiento de las asociaciones mineralógicas, relaciones texturales, identificación de tipos de roca e interpretación de sus protolitos.
- Cotejar los resultados obtenidos con trabajos anteriores realizados en las zonas estudiadas.

- Por medio de los tipos litológicos obtenidos se quiere verificar la correspondencia entre cuencas contiguas, con transeptos norte-sur, entre los ríos Miguelena – Tacamahaca y Camuri Chico - Chacaíto respectivamente.

- A través de las clasificaciones y resultados petrográficos, se requiere interpretar facies metamórficas, relaciones aproximadas de P/T, eventos ígneo-metamórficos, así como los ambientes tectónicos en los cuales las rocas del área de estudio pudieron haber sido metamorfozadas.

## **1.2 Localización del área de estudio**

El área de estudio se encuentra en ambos flancos del Macizo Ávila, perteneciente a la Cordillera de La Costa, entre los estados Vargas y Miranda. Las localidades o puntos de muestreo comprenden las cuencas en el flanco norte de este a oeste: Miguelena, Naiguatá, San Julián y Camuri Chico; y en el flanco sur de este a oeste: Tacamahaca, Tócome y Chacaíto.

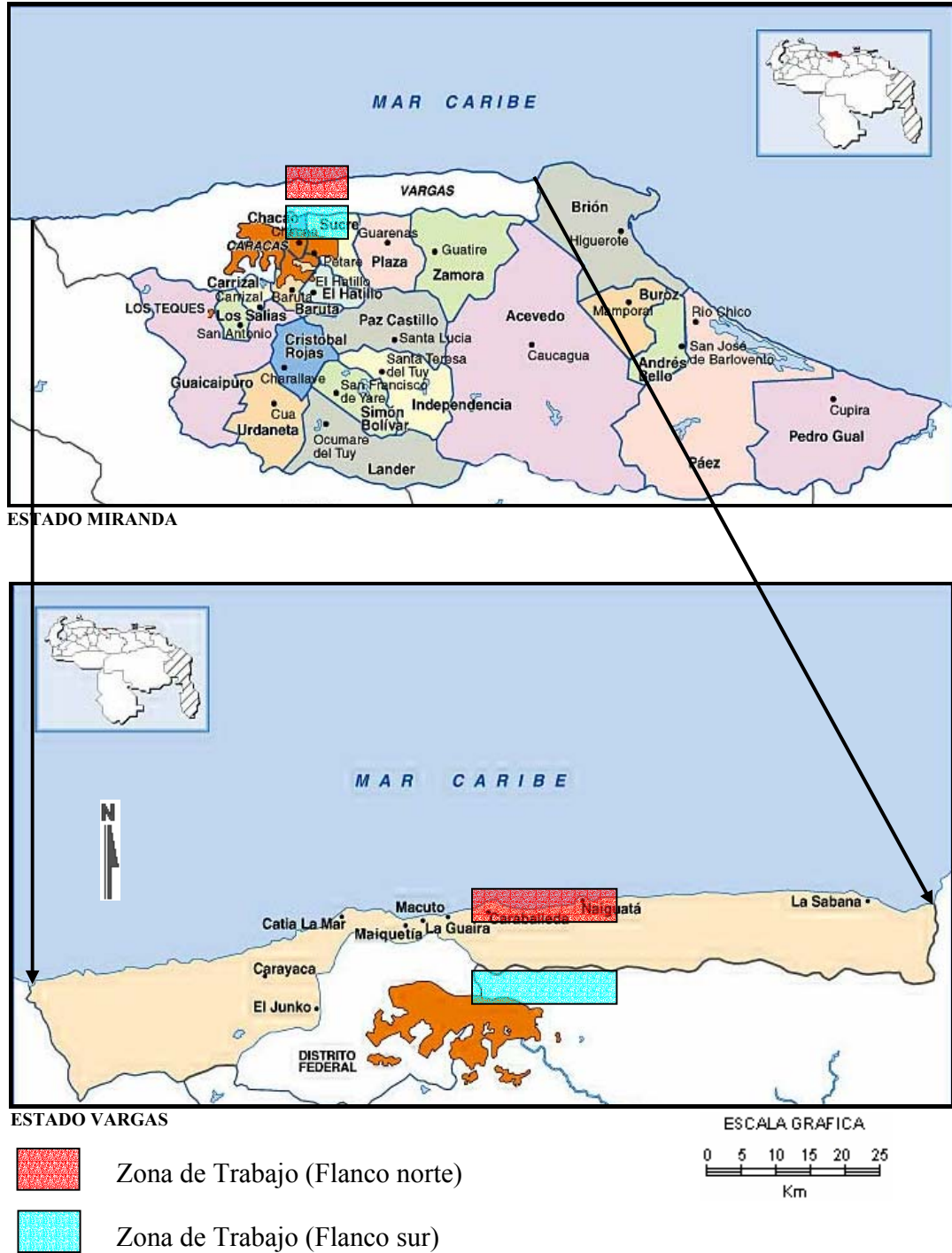
Dicha área limita la norte con el Mar Caribe entre las quebradas Miguelena y Camuri Chico y al sur con la avenida Boyacá al oeste y la carretera vieja Petare-Guarenas entre las quebradas Tacamahaca y Chacaíto (fig. 3).

## **1.3 Trabajos previos**

URBANI & OSTOS (1988)

Efectuaron la cartografía geológica en el macizo montañoso el Ávila, redefiniendo unidades antiguamente cartografiadas como las formaciones Las Brisas y Peña de Mora, denominándolas actualmente como Complejo Ávila, estando integrado por el Esquisto de San Julián y el Augengneis de Peña de Mora. También se localizan varios cuerpos meta-ígneos algunos con estructuras migmatíticas.

**Fig. 3. Mapa de ubicación.**





**RÍOS (1989)**

Realizó estudios en un área correspondiente a un segmento de la Cordillera de la Costa entre Macuto y Naiguatá y los Ocumitos-Turgua. El autor reunió de acuerdo a características texturales, asociaciones mineralógicas y ubicación geográfica, la definición de nueve (9) unidades litológicas informales y las cuales correlacionó con diferentes unidades formales descritas por diferentes autores.

**GARCÍA (1994)**

Realizó un reconocimiento geológico de la cuenca del río Tócome ubicado en el Parque Nacional el Ávila, estado Miranda, donde definió unidades litológicas informales definidas principalmente por los tipos litológicos que las componen, características texturales y situación geográfica esencialmente.

Encontró evidencias de deformación cataclástica, observando rocas miloníticas y blastomiloníticas con cuarzo recristalizado.

**SABINO (1995)**

Hizo la cartografía geológica a escala 1:10.000 de las rocas metamórficas que afloran en el macizo del Ávila, en el flanco sur del Pico Naiguatá, al noreste de Caracas, haciendo énfasis en los aspectos litológicos y estructurales. Además realizó un levantamiento radiométrico con escintilómetro ponátil en caminos y senderos, para una mejor delimitación de las unidades.

**ARANGUREN (1996)**

Trabaja en la cuenca del río El Encantado, Define las unidades informales: gneis y esquisto cuarzo feldespático, sub-unidad de meta-ígneas máficas, unidad de meta-tonalitas, meta-granitos, esquistos cuarzo micáceos grafitosos y calcáreos.

Estima orígenes monzogranitos, granitoides, toba volcánica, gabros, basaltos, sienogranitos, tonalitas, lutitas, ortocuarzitas y calizas.

**Uzcátegui (1997)**

Trabaja en el flanco sur de La Silla de Caracas estableciendo unidades de gneis plagioclásico cuarzo micáceo, augengneis plagioclásico cuarzo micáceo y augengneis plagioclásico micáceo epidótico con probable origen sedimentario e ígneo.

**URBANI *et al.* (1997)**

Realizan el estudio en el flanco sur del parque Nacional El Ávila, comprendiendo la zona entre Mariperez y Caucagüita. Agrupan las unidades: Grupo Caracas: formaciones Las Brisas y Las Mercedes, Complejo Ávila: Esquisto de San Julián, Metaígneas de Tócome, Metagranito de Naiguatá y augengneis de Peña de Mora. Trabajan con la compilación de los trabajos de GARCÍA (1994), SABINO (1995), ARANGUREN (1996) y UZCATEGUI (1997).

**CONTRERAS & URBANI (1997)**

Reconocieron la parte media del río Tócome en el sector denominado El Paraíso, entre el pico Oriental de la Silla de Caracas y Topo Galindo, Parque Nacional El Ávila, observando un cuerpo de rocas metaígneas, mayoritariamente de rocas máficas.

**BAENA (1998)**

Efectuó un reconocimiento geológico en la cuenca del río Tacamahaca, con el fin de establecer unidades aflorantes, con principal importancia en los aspectos litológico y estructural, definiendo unidades informales como: Unidad de Esquisto calcáreo cuazoso y Esquisto cuarzo micáceo grafitoso, Unidad de Gneis y Esquisto cuarzo feldespático micáceo, Subunidad de Metaígneas Máficas compuestas sólo por Esquistos anfibolíticos y la Unidad de Metagranodiorita.

**CANO & MELO (2001)**

Realizaron la cartografía geológica de una zona comprendida entre las cuencas de Quebrada Seca y el Río Care, pertenecientes al flanco norte del macizo de el Ávila,

estado Vargas. Publicaron que en dicha zona afloran una unidad de rocas sedimentarias y dos asociaciones metamórficas, a su vez subdivididas en siete unidades litodémicas.

#### BARBOZA & RODRÍGUEZ (2001)

Efectuaron la integración de la cartografía geológica existente para el estado Vargas, ya que como consecuencia del evento de flujos torrenciales en diciembre de 1999, se pudo determinar que la información geológica se encontraba dispersa y por lo cual no se disponía de mapas a escala 1:25.000 necesarios para la elaboración de los mapas de riesgo y su consiguiente ordenación del territorio de la región.

#### CASTILLO & SUÁREZ (2001)

Realizan la cartografía geológica a escala 1:25.000 con levantamiento geológico en la vertiente norte del macizo Ávila, entre los tramos Anare y Osma, donde definen el Mármol de Antímamo, Esquisto de Tacagua, Complejo San Julián, Augengneis de Peña de Mora y metaígneas plutónicas. Para el esquisto de Tacagua reportan bajo contenido de biotita (<1%) a falta de condición química original o alteración total a clorita. Reportan presencia de la barroisita.

#### BRAVO & VILAS (2002)

Realizan un estudio microtectónico en la vertiente norte del Macizo Ávila, Estado Vargas, entre las cuencas Punta Care y Piedra Azul. Efectúan la petrografía de las unidades litodémicas Augengneis de Peña de Mora, Complejo San Julián, Mármol de Antímamo y el Esquisto de Tacagua, trabajando tablas de porcentaje mineral con sus modas, máximos y mínimos, definiendo subtipos litológicos. Su estudio radica en la comprobación de la dirección del vector de compresión principal de la zona, a partir de la deformación de minerales en secciones finas.

URBANI (2002)

Trabajo de la geología del área de la Autopista y carretera vieja Caracas La Guaira, Distrito Capital y Edo. Vargas. Guía de excursión. Establece en resumen que la Asociación Metamórfica la Costa representa una unidad con muchos elementos ofiolíticos, la Asociación Metamórfica Ávila con rocas de un margen continental pasivo y exhumado formando el núcleo de la Serranía y la Asociación Metasedimentaria Caracas de una configuración de margen continental pasivo.

#### **1.4 Agradecimientos**

Reciba el principal agradecimiento la Ilustre Universidad Central de Venezuela (U.C.V), nuestro segundo hogar y casa de estudio donde obtuvimos conocimiento, vida social, compañerismo, enseñanzas, entre muchas otras cosas inolvidables para nuestras vidas.

Agradecemos profundamente al apoyo y valiosa colaboración prestada durante años al Departamento de Geología, Minas y Geofísica, así como a nuestros amigos y principales colaboradores, como lo son la lic. Morela Castillo y Eduardo, y demás personal de la biblioteca de la Escuela de Geología, Minas y Geofísica, por su constante atención y colaboración prestada.

Al profesor Sebastián Grande, tutor académico, quien brindo desde el primer día de nuestro trabajo, la mayor colaboración, paciencia y algo muy importante como lo es su valiosa enseñanza y experiencia, recibida con el más grande de los gustos.

Eterno agradecimiento a nuestro cotutor académico, el profesor Franco Urbani, por aceptar compartir la tutoría, brindando la mayor colaboración y dedicar tan valioso tiempo, apoyo, conocimiento y enseñanza en campo, siempre al pendiente de nuestro trabajo, desde lo más sencillo y mínimo hasta lo más general.

Mil gracias al apreciado y querido Dr. Víctor Vivas, quien además de tutor industrial demostró ser nuestro gran amigo además de un padre. ¡Eso vale oro!. A su vez agradecemos su constancia, tiempo, dedicación y paciencia, así como el apoyo y su valioso conocimiento y enseñanza.

Agradecimientos en general al Instituto Nacional de Geología y Minería (INGEOMIN), por la valiosa colaboración y apoyo durante todo nuestro trabajo, en especial a las Coordinaciones de Cartografía Geológica Regional y Coordinación de Inventario y Evaluación de Recursos Minerales (Digitalización), pertenecientes a la Gerencia de Investigaciones Geológicas de Recursos Minerales.

Y por último, pero el principal de los agradecimientos, ante todo a el mejor e incondicional amigo que estuvo, está y siempre estará dentro de nuestros corazones, Dios, y a la Santísima Virgen, nuestra madre, quien nos llena de amor hoy y siempre.

#### **De Leila Angulo:**

Agradezco muy especialmente a mis padres Lupe y Francisco quienes me dieron la oportunidad de nacer, crecer y estudiar, y con ello sentir y experimentar la emoción que se siente al culminar tan importante meta.

A mis hermanos Lenny y Francisco por todo su apoyo en cuanto a computadoras se refiere, y por algunas veces desvelarse conmigo mientras yo madrugaba realizando este trabajo.

A toda la FAMILIA MORA, les agradezco su entusiasmo y su apoyo y el siempre estar pendiente de mi durante el desarrollo de esta tesis.

A mi novio Joan Rodríguez, le agradezco todo su apoyo durante todo el tiempo que duró mi vida académica y quien sufrió conmigo todos los momentos de angustia

y felicidad en la realización y culminación de este trabajo especial de grado, por su amor, paciencia y constancia.

Maryuly Jurado, mi inseparable amiga y compañera de tesis, doy mil gracias por su fuerza, conocimientos, resistencia, humor y por todos los consejos y vivencias que compartí a su lado en estos dos últimos años.

Gracias a la familia Jurado Gayo (Sr. Samuel, Sra. Ana, Katty y Abuelita), por darme calor de hogar y hacerme sentir una más de la familia.

Agradezco profundamente a Atilio D' Elia y su familia, por todo su apoyo y ánimo, y sobre todo por prestarse para todas las diligencias y agilizarnos con su carro las veces que teníamos que andar de un lado para otro.

A mi queridísimo amigo Tulio Peraza, que actuó de alguna manera como mi tutor personal, quien de corazón se leyó y corrigió cada una de estas páginas y me regaló todos sus conocimientos y experiencias. Por todo mil gracias.

A La Sra. Assunta, agradezco por aconsejarme como mi madre y darme palabras de aliento cuando más lo necesitaba.

Gracias a Gelvis Díaz, José Carpio y Susana Alfonso, por facilitarnos material, por los interminables y deliciosos almuerzos, detalles, y sobre todo por su amistad.

Argenis Bravo y Brian Vilas, miles de gracias por brindarnos sus conocimientos en computación y en geología y por estar siempre atentos a cualquier error cometido.

A mis amigos y compañeros de universidad Rosaura Avendaño, Sergio Cáceres, Juan Carlos Sousa y Saileth Cortez, agradezco por estar siempre dispuestos a ayudar y regalarme una sonrisa en los momentos más difíciles.

Alfredo Aranguren, gracias por compartir conmigo un pedacito de tu espacio, agradezco tus conocimientos y apoyo brindados.

A mis amiguitos Fabian Ribas y William Pedroza, por siempre estar pendiente por si algo necesitaba.

A todo el personal de vigilancia de INGEOMIN (Sr. Rebolledo, Sr. Espinosa y Sr. Uzcátegui), por permitirnos la entrada los fines de semana al instituto y por su cariño y simpatía.

Agradezco a Omar Suarez, por trasladarnos en el jeep con mucho cuidado a todas las zonas de trabajo y por sus sabios concejos.

Betty, María y Marielys de Carmen de Úrea, miles de gracias por prestarnos su casa mientras estuvimos de campo y recibimos siempre con una sonrisa y una cervecita bien fría.

### **De Maryuly Jurado:**

#### **Agradezco: a la Santísima Virgen y a Dios!**

El principal de mis agradecimientos va para las personas más importantes de mi vida, mis lindos padres Ana y Samuel, sin ellos no formara parte de este sueño hecho realidad. Por aguantarme, apoyarme y participar durante el tiempo de mi carrera, Mil gracias y si volviera a nacer los elegiría como padres de nuevo!

Agradezco inmensamente a mi hermosa abuelita (mi nona), que más linda y bondadosa no me la pudo dar Dios. Te amo Nona!

Mil gracias a mi hermana Kathis, por ser más que eso amiga (algunas veces hasta hermana mayor), por tu infinito apoyo en todos los aspectos, y por escucharme en todo momento. Te amo y cuentas conmigo siempre!!

Gracias a mi compañerita y nueva amiga Leila (Leilita) por la grande y bonita amistad que logramos crear y mantener durante nuestro trabajo. Por tu gran esfuerzo, paciencia y constancia, en especial por creer y dar el máximo de dedicación y valiosos conocimientos.

Inmensas gracias a quien compartió, vivió y soportó bien de cerca toda mi carrera (por llenar de chocolates), con sonrisas y lagrimas, enseñándome a su vez el amor. Formas parte en tan importante etapa de mi vida, Jarrinzón Javier, mimor!. Mi

agradecimiento también por que sé que estas y estarás siempre allí! Y gracias por Roe!

Infinitas gracias a Celina, a quien considero hoy como mi segunda madre, por su inmenso apoyo y sus palabras de aliento que nunca faltaron durante toda mi carrera. Y a Williams, quien con su mal humor y todo siempre estuvo dispuesto a ayudarme y apoyarme.

A mi familia de Caracas: mis tios Merardo y Gladis y mis primos Leo y Kari, siempre estuvieron pendiente de mis logros.

Al resto de mi familia, los Jurado Florez y los Gayo Duque, en especial a mis primos Hector y Maira y mi Tio Juan.

Dejo un agradecimiento especial a mi “familia especial” la de crianza, a la familia Lizarazo, principalmente a mis tías Nena y Lucy, mi primo Gian y mi padrino Gomez, por formar parte importantísima en mi niñez y por su interes y apoyo de siempre en mi vida!

A mi gran amiga Regina y mis princesas Gabi (mi ahijada preciosa) y Estefany, y a su familia, por sus palabras de apoyo que no faltaron nunca!

Agradezco de alma y corazón que hayas aparecido en mi vida, y en tan importante etapa final, estás y estarás siempre en mi corazón Brian Vilas (mi niño lindo), por la inmensa ayuda y apoyo en todo! En especial por el gran amor que brindas a mi vida de ahora en adelante y por siempre! Gracias por creer en tan bonita historia!

Mil gracias a el lindo de Argenis Bravo y a su esposa! Dejo un eterno agradecimiento por su valiosa amistad y demostrarlo ante todo!

Agradezco por tener tan extraordinario cuñado: Fabián (Favis), de quien jamás he escuchado un “no” desde que lo conozco, por su gran apoyo y valiosa ayuda y porque sé que podré contar con ello siempre! Gracias cuñis por tantos momentos de alegrías y risas que trajiste a mi vida en tan especial etapa de mi carrera! Y al combo de tus amigos por sus palabras: Adrian, Raul, Guilleermo y Pedrin! Gracias!

Infinitas gracias a un excelente amigo: Atilio José, por su buen humor y el desinteresado apoyo y ayuda que brindó a toda hora. – Amigo: te calaste la peor y más fuerte de la etapa de estrés, pero eso valora muchísimo más la bonita amistad que nace desde ahora y por siempre! Cuentas con migo para todo!

A quienes aún considero buenos amigos y a sus familias, que en algún momento dieron sus palabras de apoyo en tan arduo trabajo: Jamil, Laurie y Ronal Daniel, Rolando, Engels, Alejandro (mi loco), Marco, Johana, Luisa, Darling, Piña, Michael y Daniel.

Al especial apoyo que dieron desinteresadamente y con cariño, en algún momento, tres buenos e inolvidables amigos: Capino, José Manuel y Yonatan.

Agradezco a mis compañeros de la universidad, por compartir muy buenos momentos y por sus palabras de apoyo, que en algún momento escuche. A mi gran amiga de siempre Sailleth Cortez (mi Ami) y Silvano D., Darwin R. y Diego B., Vanesa O., Elias y Julio, Yulner y Roger y sus amigos, a mi excelente equipo y compañeros de campo “los mejores”: Paty, Antonio, Feliz y Gregory y Johan, Omarelis, Gulle, Ivan A. E Ivan B.

A buenos compañeros de INGEOMIN, que apoyaron desde el comienzo este trabajo: José Carpio, Susana junto a sus encantadores nenes Jesús y Gabriel, Gelvis,



Ritmar, el Sr. Rodolfo y la Sra. Idahis, a la Sra. Rosa Benites, a Nayiris, Franklin y la Sra. Elda. Al personal de seguridad, en especial a los señores Rebolledo, Hugo y Bernardo. A la Sra. Rosario, Mariela y la Sra. Argelia.

Agradezco a los ingenieros José A. Chaparro y Alfredo Aranguren, por el gran apoyo en campo en gran parte de nuestro trabajo.

Eternas gracias a mis profesores: a la memoria del profesor Omar Rojas (QEPD), a Paul R., Mederos, Ricardo A., Egle Z., Sherer y Javier, ya que forman importante papel en mi formación profesional.

A mis amigas de siempre: Isis y Magce y a sus lindas familias.

No pueden faltar mis agradecimientos a mis agradables, pequeños y rebeldes primitos: Catherine, Angelo, Katerin, alexandra, javier y Edinson, y bien a sus padres, mis tios Chucho, Rosa y Aida, por estar en todo momento pendientes en la culminación de mi meta.

### **Mi dedicatoria.**

**A Dios por permitirme la vida y sentirlo siempre a mi lado en tan inmenso logro. Este maravilloso y grandioso trabajo esta dedicado en especial a mis padres: Ana y Samuel, a Kathi y a mi nona.**

**Ante todo a "mi misma" por el esfuerzo, dedicación y constancia que mantuve durante toda mi carrera. A Jarrinzon, Celina y Williams por tan especial afecto y apoyo de siempre, a mi familia, a Leila Angulo mi compañera y buena amiga, a Brian y Argenis quienes pusieron su 100% de apoyo, a mi tutorcito y gran amigo Victor Vivas, de quien aprendí y seguiré aprendiendo el resto de mi vida profesionalmente, a Favis mi cuñadito extraordinario y cómico, y a mis niños preciosos, en quienes creo y confío en que serán excelentes personas de bien y de futuro: Catherine (mikis), Angelo y Catherine (mis ahijados lindos), Alexandra y Javier, Andrea, Madelein y Edinson, Gabi y Estefani, Jennifer y Leonardo, Williams Alejandro (Willijandro), Grace Alejandra, Andrea, Yeina y Yinet, Nani, Yenny y Eguita, y Gabriel y Jesús. Deseándoles inmensas fuerzas, muchísima suerte y todo el amor para que nunca dejen de creer en ustedes y mantengan sus esfuerzos y ganas de estudiar siempre!**

## CAPÍTULO II

### 2. METODOLOGÍA

#### 2.1 Trabajo de campo

Este trabajo fue realizado en 7 cuencas pertenecientes a la Cordillera de la Costa tanto del flanco norte como del sur, donde fueron recolectados cantos rodados para su posterior estudio petrográfico. Los ríos Miguelena, Naiguatá, Camurí Chico y San Julián, se encuentran en la vertiente norte del Macizo; y los ríos Tacamahaca, Tócome y Chacaito son los que comprenden el flanco sur. En ambos casos estos ríos se encuentran ordenados de este a oeste.

##### 2.1.1 Equipo

Para realizar el trabajo se hizo indispensable utilizar los siguientes implementos, además del equipo personal:

- Martillo, piqueta y mandarria.
- Lápices y marcadores.
- Libreta de campo.
- Bolsas clip.
- Lupa con aumento de 10x y 15x.
- Sacos.
- Solución de ácido clorhídrico (HCl) al 10%.
- Mapas topográficos escala 1: 25.000.
- Cámara fotográfica.
- Equipo de Sistema de Posicionamiento Global (GPS).
- Tirro.

Para los traslados fue utilizado un vehículo de doble tracción, y para los accesos a los ríos a pie, fueron requeridos 2 baqueanos o guías de la zona.

### **2.1.1. Vías de acceso**

La principal vía de acceso para el estudio de las cuencas ubicadas en el flanco norte, fue la Autopista Caracas – La Guaira. Ubicados en Vargas se recorrió la carretera de la Costa conocida también como la Troncal 2, que comunica a todas las poblaciones costeras del Litoral Central. A través de esta carretera se acceden a las vías secundarias que comunican hacia las cuatro cuencas estudiadas: Miguelena, Naguayá, Camuri Chico y San Julián.

Para el recorrido de las cuencas del flanco sur, la vía de acceso principal fue la Av. Boyacá (Caracas) que conduce hacia la quebrada Chacaito, así como también a las vías que conducen al Parque Los Chorros (Urb. Los Chorros) para lograr la entrada al río Tócome que es la principal atracción de dicho parque. El acceso al Parque Nacional El Ávila se hizo por la entrada de San Bernardino, recorriendo luego el corta fuegos hasta llegar al puesto de Guarda Parques de Chacaito, donde se autorizó la entrada a la quebrada a pie.

La carretera vieja Petare – Guarenas, fue utilizada para llegar al pueblo de Caucaguita. De allí existe un camino que conduce hacia las haciendas La Encantada y Tacamahaca y llegar así a la cuenca del río Tacamahaca.

El acceso a las cuencas fue realizado a pie, siguiendo el curso de los ríos.

### **2.1.2. Reconocimiento, delimitación de la zona, registro y recolección de muestras**

Al llegar a las cuencas se hizo primeramente un recorrido previo de estas, observando los obstáculos y los peligros que podrían retrasar el trabajo. Luego de verificar la seguridad del lugar se observaron las variedades litológicas depositadas en los cauces.

## CRITERIOS USADOS PARA LA RECOLECCIÓN DE MUESTRAS EN EL CAMPO.

Se dividió la zona en estaciones de trabajo (1, 2, 3, etc.), de 10 m<sup>2</sup> de área aproximadamente, donde se observasen los cantos con “mayor variedad litológica”. Por estación se recolectaron de 20 a 30 muestras, tomando en cuenta:

- **Color:** Para darnos una visión general acerca de si la roca es de composición máfica o félsica, los colores más claros característicos de los minerales como cuarzo, plagioclasa y feldespato potásico (blancos, grises claros blanquecinos, etc.), nos representan las rocas más cercanas a composiciones félsicas, y los minerales más oscuros como anfíboles, piroxenos, biotita y opacos (gris oscuro, gris verdoso, verde, verde oscuro, verde grisáceo, etc.), representan aquellas rocas de composición máfica.
- **Tamaño de grano:** va a representar y subdividir la granularidad de las rocas, diferenciando las afaníticas de las feneríticas y sus variedades (grano fino, medio, grueso y muy grueso). La mayoría de las rocas plutónicas son faneríticas mientras que las volcánicas presentan matriz afanítica y escasos fenocristales.
- **Foliación (foliadas y no foliadas):** Esta característica da una aproximación de si la roca es ígnea o metamórfica. La mayoría de las rocas metamórficas poseen foliación, tales como filitas, esquistos, gneises y augengneises (respecto a su tamaño de grano) y algunas anfíbolitas. En cambio, las rocas ígneas no presentan estas características ya que los minerales exhiben una fábrica desordenada.
- **Grado de meteorización:** se recolectaron aquellas rocas más frescas posibles para la elaboración de secciones finas, para lograr con ello una mejor apreciación en la descripción petrográfica tanto microscópica como macroscópicamente.

Los cantos rodados fueron registrados bajo la siguiente nomenclatura:

$(R/Q) NC - M/A - rN^0$       donde:

R: río.

Q: quebrada.

NC: nombre de la cuenca.

M/A: mes y año de recolección.

r N<sup>o</sup>: rodado y número de muestra recogida.

Las siglas correspondientes a los ríos y quebradas son las siguientes:

RT: Río Tacamahaca

RTo: Río Tócome.

QCh: Quebrada Chacaito.

RM: Río Miguelena.

RN: Río Naiguatá.

RCCh: Río Camuri Chico.

RSJ: Río San Julián.

Ejemplos:

RT – 602 – r1

Esto indica que la muestra pertenece al río Tacamahaca y fue recolectada en el mes de junio del año 2002, y representa el rodado número 1 recogido.

RN – 802 – r8

Esto indica que la muestra pertenece al río Naiguatá y fue recolectada en el mes de agosto del año 2002, y representa el rodado número 8 recogido.

#### **2.1.4. Toma de datos y fotografías**

En la libreta de campo se llevaron las siguientes anotaciones:

- Fecha, hora y lugar de recolección.
- Participantes.
- N<sup>o</sup> de muestras recolectadas.
- Lecturas de GPS.
- Características de importancia del lugar.
- Características de importancia de las rocas recolectadas (texturas, color, etc.).
- Nombre y ubicación de algunos afluentes de interés.

Las fotografías tomadas comprenden una vista general de la cuenca, estaciones de trabajo, texturas resaltantes de los bloques de roca observados y vías de acceso.

## **2.2. Etapa de laboratorio**

Una vez recolectadas las muestras, estas fueron ingresadas al laboratorio para comenzar con el proceso de selección y por consiguiente su preparación para la elaboración de secciones finas.

### **2.2.1. Selección y preparación de las muestras**

Para hacer la selección de las muestras, estas fueron colocadas en una mesa por cuenca. Se observó la variedad litológica y se agruparon según sus semejanzas texturales (esquisto, gneis, metaígneas, etc.), y luego según su tamaño de grano y color. Después fueron escogidas las más representativas y frescas de cada clase para su posterior elaboración en sección fina.

### **2.2.2. Análisis petrográfico y marco teórico**

Una vez obtenidas las secciones finas estas fueron analizadas bajo el microscopio según como sigue:

Primero se identificaron los minerales presentes en cada sección.

Se hizo una lista con los porcentajes modales (% en volumen) de los minerales esenciales de la roca (se consideran esenciales cuando están presentes en más del 1% en volumen), incluyendo también los minerales accesorios (los que se encuentran en menos del 1% en volumen). Una vez hecho esto se reconoce si la muestra es ígnea o metamórfica.

Si se tiene duda se recurre a la muestra de mano para afinar este reconocimiento.

Los siguientes principios definen la naturaleza de la roca en cuestión tanto al microscopio como en muestra de mano:

**ROCA METAMÓRFICA:** aquella que posee minerales alineados (posee foliación), y según su tamaño de grano se clasifican en: pizarra, filita, esquisto o gneis. No todas ellas tienen foliación o minerales alineados pero son tan metamórficas como las otras.

**ROCA ÍGNEA PLUTÓNICA:** toda roca con textura fanerítica, es decir, formada exclusivamente por cristales o granos minerales visibles a simple vista o con lupa a 10X. La roca puede estar compuesta por una matriz fanerítica, cuya mineralogía puede ser visible a simple vista, en la cual estén embebidos cristales grandes (fenocristales).

**ROCA ÍGNEA VOLCÁNICA:** toda roca con textura afanítica, es decir, conteniendo un porcentaje elevado de matriz microcristalina, criptocristalina o vítrea. Algunas de estas rocas contienen cristales grandes visibles y bien formados (fenocristales), pero si hay una matriz afanítica la roca es volcánica. Las rocas formadas por acumulaciones de cenizas y otros fragmentos de explosiones volcánicas se consideran como piroclásticas y no se clasifican según este esquema.

Cuando la naturaleza de la roca ha sido identificada y se conoce la lista de minerales con sus respectivos porcentajes que integran la muestra se procede de la siguiente manera:

Cuando una muestra contiene plagioclasa, se debe indicar siempre la composición exacta o aproximada de la misma siempre y cuando se pueda.

Para las rocas metamórficas se coloca primero el nombre textural (esquisto, gneis, augengneis, etc.), seguido por los tres minerales con mayor porcentaje de abundancia, de mayor a menor.

Para la estimación visual del porcentaje en volumen de los minerales observados en el microscopio se utilizó la siguiente tabla (Fig. 4):

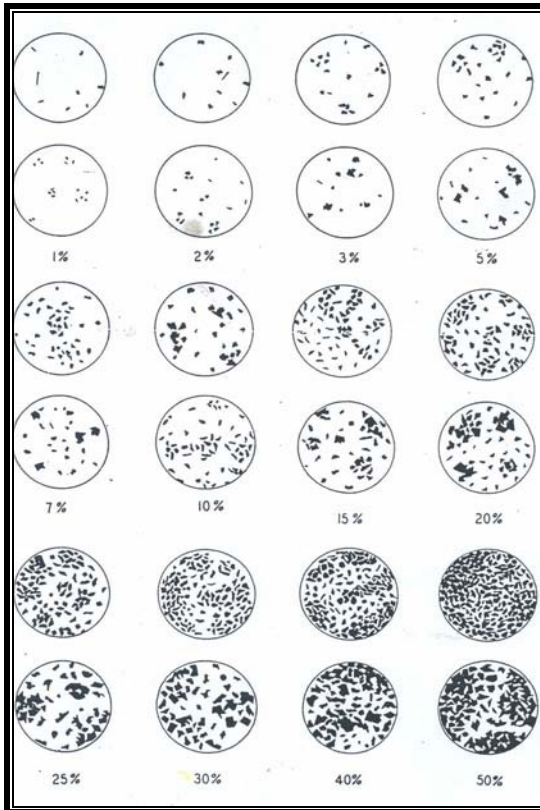


Fig. 4. Carta comparativa para la estimación visual de %

Preparado por Richard D. Terry y Jorge V. Chilingar, Allen Hancock Foundation, Los Angeles, Cali.  
Tomado de Jour. Sed. Petrol. Vol. 25, N° 3, pp. 229-234, Sep. 1955.

**Ejemplo:** En una muestra se tienen los siguientes minerales con su correspondiente porcentaje, esta resulta ser un esquisto.

Anfíbol: 40%

Plagioclasa: 20%

Esfena: 1%

Pirita: 1%

Epidoto: 15%

El nombre de la muestra es: **Esquisto anfibólico plagioclásico epidótico.**

Las rocas ígneas fueron analizadas según la clasificación **I.U.G.S. ( International Union of Geological Sciences )** propuesta por STRECKEISEN (1972), donde ideó triángulos de clasificación para las rocas plutónicas y volcánicas las cuales son universalmente aceptados (Fig. 5).



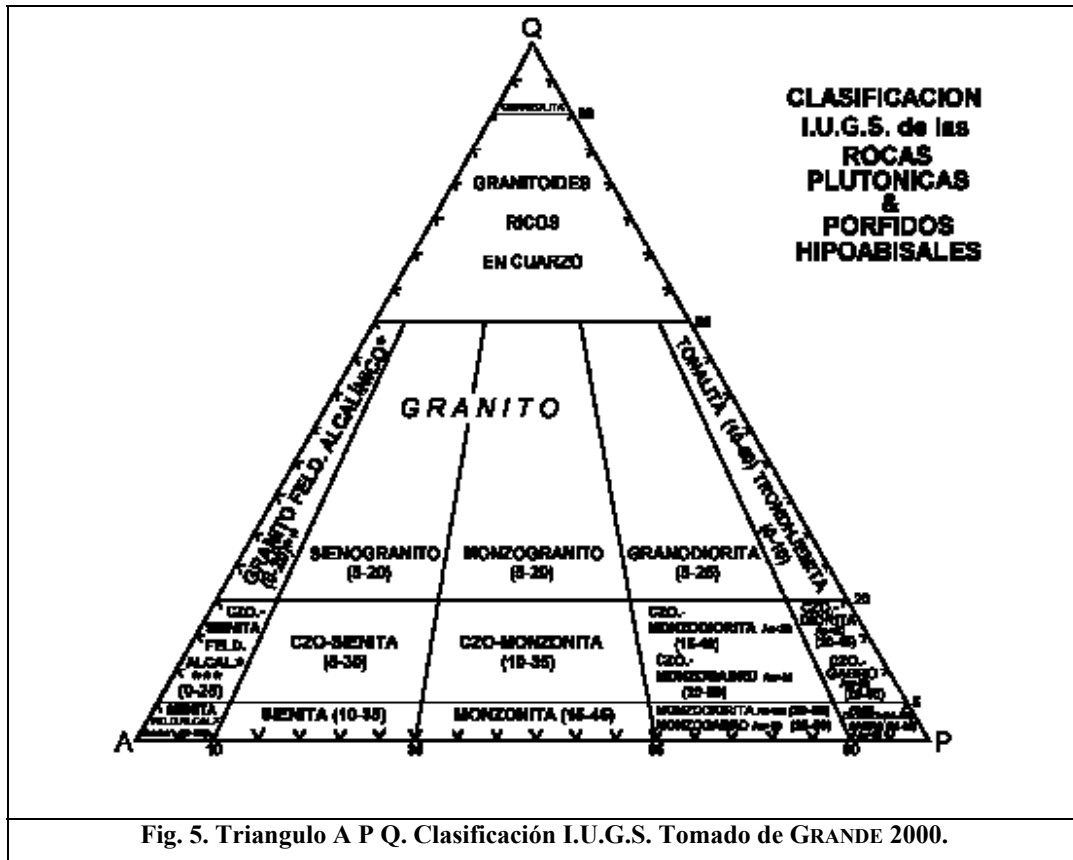


Fig. 5. Triangulo A P Q. Clasificación I.U.G.S. Tomado de GRANDE 2000.

Donde:

**A: Feldespatos Alcalinos.** Potásicos (ortosa, microclino, sanidina).

Sódicos (albita(plag 0-5% An), anortoclasa).

**P: Plagioclasas.** Serie continua de Bowen. Albita (An 5-10) y demás plagioclasas con An>10, y las escapolitas, cuando son producto de alteración de plagioclasas cálcicas.

**Q: Cuarzo.** Polimorfos de SiO<sub>2</sub> de baja presión, cuarzo α y β, tridimita.

**I.C: Índice de color.** Sumatoria de los minerales máficos presentes. Se incluyen todos los de la serie discontinua de Bowen, los opacos (magnetita, hematita, ilmenita, rutilo, sulfuros, etc.), circón, esfena, granate, allanita, melilita, y otros anfíboles y piroxenos ferromagnesianos, incluyendo los de las series alcalinas y peralcalinas, tanto ortorrómbicos como monoclinicos.

Aquí se tiene un ejemplo de cómo utilizar el triángulo.

Dada la mineralogía (% en volumen) de una roca ígnea clasificarla según el sistema I.U.G.S. Textura: fanerítica ; Tamaño de grano: grueso

|                    |           |
|--------------------|-----------|
| Cuarzo:            | 15%       |
| Ortosa:            | 45%       |
| Oligoclasa (An32): | 23%       |
| Hornblenda:        | 12%       |
| Biotita:           | 4%        |
| Magnetita:         | <u>1%</u> |

Total: 100%

La sumatoria de % en volumen de todos los minerales presentes en una muestra debe ser 100%.

a) Se definen los parámetros  $A^1$ ,  $P^1$  y  $Q^1$ , provisionales, su sumatoria S y el I.C.

$$A = 45\%$$

$$P = 23\%$$

$$Q = 15\%$$

$$S = 83\%$$

$$I.C. = 12 + 4 + 1 = 17\%$$

b) Se verifica si  $S > 10\%$ , para poder utilizar el triángulo APQ. Si se cumple.

c) Se recalculan los parámetros provisionales al 100% para obtener parámetros APQ definitivos.

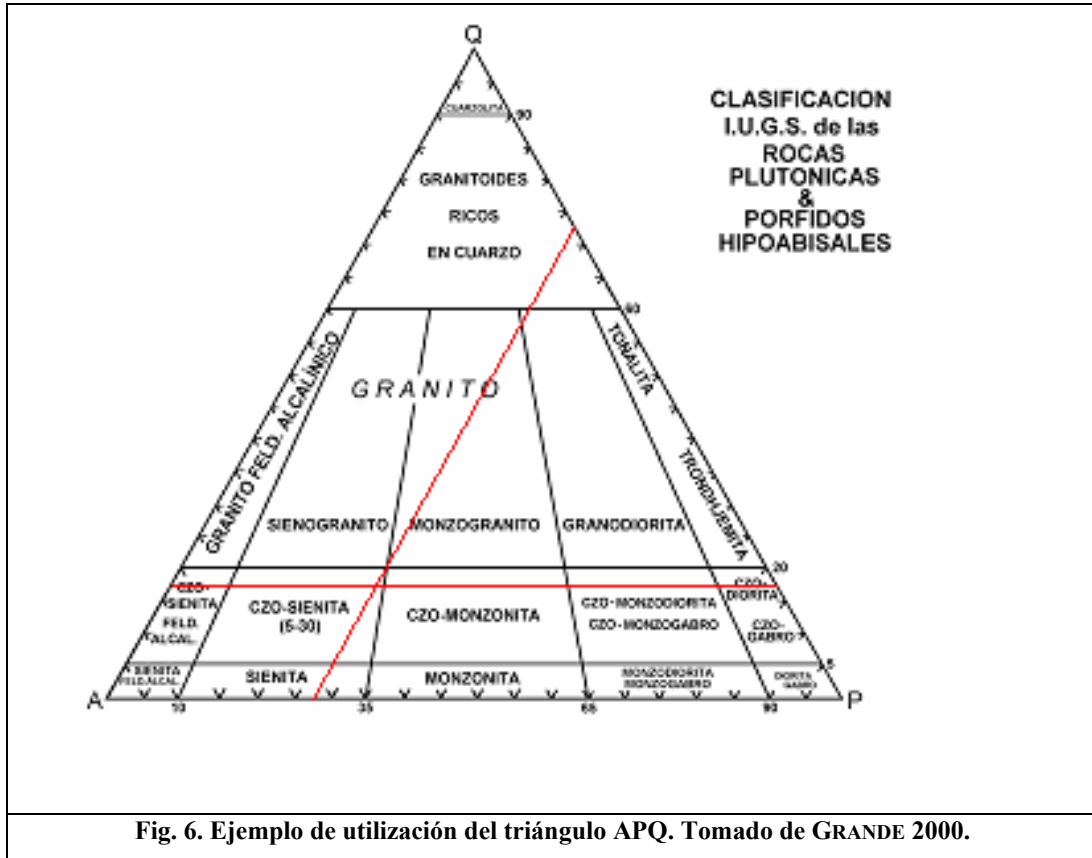
$$A = 45 \times 100/83 = 52.4 \%$$

$$P = 23 \times 100/83 = 27,7 \%$$

$$Q = 15 \times 100/83 = \underline{18,1 \%$$

$$\text{Total} = 100 \%$$

d) Se ubica Q en una recta horizontal (paralela a AP) situada a 18,1 % de la distancia de la base al vértice , luego, se ubica el menor de los dos restantes, en este caso  $P = 27,7 \%$ . Se traza una línea paralela a AQ a 27,7 % de distancia entre AQ y el vértice P. (Fig. 6 ).



El cruce entre estas dos rectas nos dará el punto buscado.

e) La roca tiene entonces el nombre raíz de: Sienita cuarcífera y un IC dentro del rango estadístico que aparece en ese campo (5-30).

**Propiedades petrográficas a describir en los minerales**

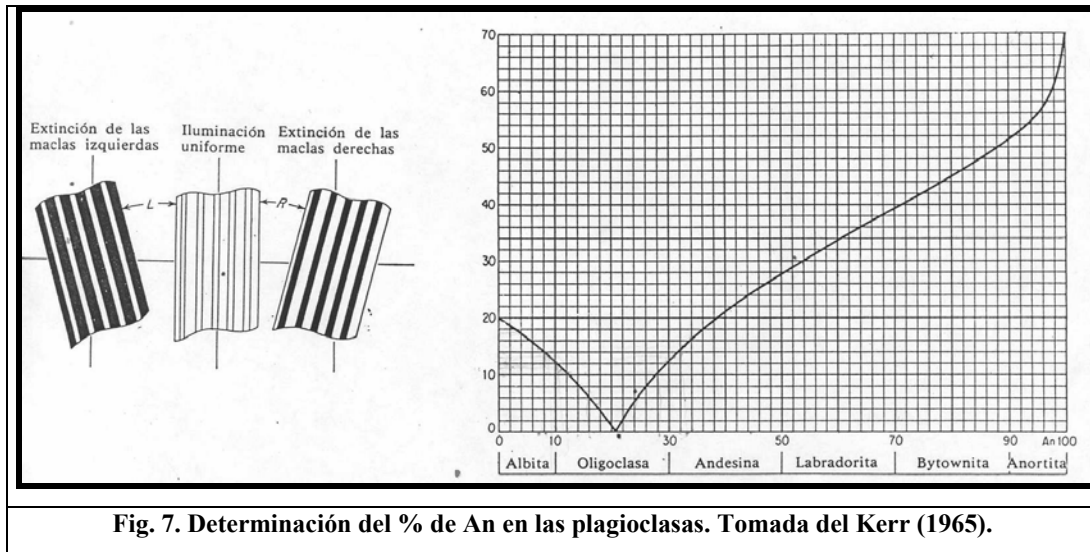
- Color (nícoles paralelos)
- Pleocroismo (fuerte, débil o moderado, describiendo su rango de variación).
- Forma (anhedral, subhedral, euhedral)
- Bordes (corroídos, irregulares, rectos, etc.).
- Hábito (prismático, acicular, laminar, hojoso, tabular, granular, etc.).
- Alteración (a que minerales y en que proporción).
- Asociación (mineral(es) que esta(n) asociado(s) con el mineral descrito).
- Distribución (regular, irregular u homogénea a lo largo y ancho de la lámina).
- Tipo de plagioclasas (según su ángulo de extinción y % de An).

**Método para determinación de C. Q. de las plagioclasas mediante ángulo de extinción.**

- En nícoles cruzados colocar los planos de macla paralelos al hilo N-S. Se anota la medición del ángulo que se observa en la platina.
- Girar a la derecha hasta que una de las dos primeras tandas de individuo alternos de macla llegue a una extinción perfecta. Se anota el ángulo que indica la platina.
- Realizar la diferencia de lecturas.
- Este es el ángulo de extinción medido a la derecha.
- Regresar al paralelo de las trazas N-S.
- Rotar hacia la izquierda hasta que la segunda tanda de individuos alternos alcancen extinción perfecta. Se copia el ángulo de esta posición.
- Esta segunda diferencia de ángulos es el ángulo de extinción medido a la izquierda.
- Si la diferencia de ángulo de extinción der – izq:
  - Es  $< (4-6)^{\circ}$  se promedian los dos valores. (Fig. 7).
  - Si es mayor a  $6^{\circ}$  (repetir con otro grano).

**Propiedades vistas en las muestras de mano.**

- Color.
- Tamaño de grano.
- Grado de meteorización..
- Orientación.
- Homogeneidad (distribución de minerales)
- Hábito.



**Fig. 7. Determinación del % de An en las plagioclasas. Tomada del Kerr (1965).**

Para el estudio petrográfico se utilizó el microscopio de luz polarizada (SM-LUX-POL), donde se resalta, a continuación, la escala y objetivo más utilizados para las descripciones y microfotografías de las secciones estudiadas para el trabajo. (Tabla 2).

**Tabla 2. Escala gráfica utilizada para observar los minerales al microscopio**

| <b>Objetivo</b> | <b>Tamaño del campo (radio) mm.</b> |
|-----------------|-------------------------------------|
| 2.5 / 0.08      | 3,45                                |
| <b>4 / 0.12</b> | <b>2,25</b>                         |
| 10 / 0.25       | 0,90                                |
| 16 / 0.40       | 0,55                                |
| 25 / 0.50       | 0,35                                |
| 40 / 0.65       | 0,225                               |
| 63 / 0.85       | 0,14                                |

**Características observables en muestras de mano y sección fina de las rocas.**

**CRISTALINIDAD O COMPOSICIÓN** : Relación en el grado de la cristalización de una roca, HEINRICH (1972).

**Holocristalina**: Roca formada en un 100% por minerales cristalizados y con ausencia de vidrio en la misma. Característica de rocas intrusivas.

**Hipocristalina**: Roca formada por minerales y con presencia de vidrio volcánico, sin embargo aún domina la presencia de fenocristales. Los fenocristales se encuentran embebidos en una matriz vítrea, los cuales son típicos de rocas volcánicas.

**Holohialina**: roca compuesta casi exclusivamente por vidrio volcánico con escasos microcristales.

**GRANULARIDAD**: propiedad que se encuentra relacionada con el tamaño de grano de los cristales, HEINRICH (1972).

Aquellas rocas ígneas donde los cristales que la componen son visibles sin mucho esfuerzo, son llamadas rocas con granularidad **fanerítica**, característica típica de rocas intrusivas, plutónicas e hipoabisales. (Es observable solo en aumento 10x).

Contrariamente, las rocas de granularidad **afanítica**, son aquellas donde los cristales son muy pequeños y no se pueden distinguir individualmente, siendo común característica de la matriz de las rocas volcánicas.

**FÁBRICA**: Relación entre las formas de los granos, HEINRICH (1972).

**Equigranular**: relación de tamaño semejante entre los granos que conforman la roca, esta propiedad es típica en rocas ígneas plutónicas, pero no es exclusiva de ella.

Si los granos presentan tamaño aproximadamente iguales y a su vez muestran un buen desarrollo de sus caras cristalinas, la fábrica se denomina “**Equigranular idiomórfica**” y por el contrario los granos muestran caras cristalinas poco desarrolladas, la fábrica se denomina “**Equigranular Hipidiomórfica**”.

**Inequigranular**: Relación de tamaños diferentes en los granos de una muestra.

Si en la muestra se observa una degradación en el tamaño de grano, nos encontraremos en presencia de una fábrica “**Inequigranular seriada**”.

Si la variación del tamaño de grano en la muestra presente en forma aleatoria, la fábrica de la roca se denomina “**Inequigranular porfirítica**”.

### **Control petrográfico y general para las muestras y secciones finas.**

A continuación se presentan tanto el modelo de planilla para el control petrográfico como una tabla para los datos específicos interpretados de las rocas con el fin de establecer la posible roca origen (protolito), y como base para el trabajo. (Ver Tabla 3 y 4).

La planilla esta basada y modificada tomando en cuenta los datos necesarios tanto en muestra de mano como en sección fina, combinando información de rocas metaígneas y sedimentarias. (Ver Tabla 3).

**Tabla 3. Planilla de control petrográfico.**

| <b>PETROGRAFÍA IGNEO-METAMÓRFICA</b>  |  |   |  |
|---|--|---|--|
| Petrografía por: _____  |  | Fecha: _____  |  |
| Nº de Muestra: _____  |  | Localidad: _____  |  |
| <b>TEXTURAS METAMÓRFICAS</b>  |  | <b>TEXTURAS ÍGNEAS</b>  |  |
| <b>1. - GRANOBLÁSTICA</b><br><input type="checkbox"/> Idioblástica<br><input type="checkbox"/> Hipidioblástica<br><input type="checkbox"/> Xenoblástica | <b>2. - FOLIADA</b><br><input type="checkbox"/> Pizarrosa<br><input type="checkbox"/> Filítica<br><input type="checkbox"/> Esquistosa<br><input type="checkbox"/> Gnéisica | <b>5. - CRISTALINIDAD</b><br><input type="checkbox"/> Holocristalina<br><input type="checkbox"/> Hipocristalina<br><input type="checkbox"/> Holohialina | <b>6. - FÁBRICA</b><br>Equigranular:<br><input type="checkbox"/> Idiomórfica<br><input type="checkbox"/> Hipidiomórfica<br>Inequigranular:<br><input type="checkbox"/> Seriado<br><input type="checkbox"/> Porfíritico |
| <b>3. - CATACLÁSTICA</b><br><input type="checkbox"/> Brecha<br><input type="checkbox"/> Cataclástica<br><input type="checkbox"/> Milonítica             | <b>4. - PORFIDOBLÁSTICA</b><br><input type="checkbox"/> Porfídoblástica<br><input type="checkbox"/> Poiquiblastica<br><input type="checkbox"/> Porfídoclástica             | <b>7. - GRANULARIDAD</b><br><input type="checkbox"/> Fanerítica<br><input type="checkbox"/> Afanítica   |  |
| <b>COMPOSICIÓN MINERALÓGICA</b>   |  |   |  |
| 1. _____ %  | 2. _____ %   | 6. _____ %  | 7. _____ %   |
| 3. _____ %  | 4. _____ %   | 8. _____ %  | 9. _____ %   |
| 5. _____ %  |  | 10. _____ %   |  |
| <b>COMPOSICIÓN DE LA PLAGIOCLASA:</b> _____ % An, <b>TIPO:</b> _____  |  |   |  |
| <b>PORCENTAJE ORIGINAL:</b>   |  | <b>PORCENTAJE RECALCULADO:</b>  |  |
| A: _____ %  | P: _____ %   | A: _____ %  | P: _____ %   |
| Q: _____ %  | I.C: _____ %   | Q: _____ %  |  |
| <b>NOMBRE DE LA ROCA (Textural y Mineralógico):</b> _____<br>_____  |  |   |  |
| <b>METAMORFISMO:</b> _____  |  |   |  |



**Tabla 4. Modelo de tabla de clasificación textural, química y genética de las rocas.**

| TABLA DE CLASIFICACIÓN TEXTURAL, QUÍMICA Y GENÉTICA |                 |               |            |                 |           |
|---|-----------------|---------------|------------|-----------------|-----------|
| CUENCA:   |                 |               |            |                 |           |
| Nº SECC.  | NOMBRE TEXTURAL | CLASE QUÍMICA | NATURALEZA | NOMBRE GENÉTICO | PROTOLITO |
|   |                 |               |            |                 |           |
|   |                 |               |            |                 |           |
|   |                 |               |            |                 |           |
|   |                 |               |            |                 |           |
|   |                 |               |            |                 |           |

Estos datos descritos a continuación es solo para rocas metamórficas.

Donde:

#### **Nº de Sección**

Cumple la función de definir específicamente la sección en estudio, por medio de un rotulado seleccionado donde se integran datos de la cuenca de procedencia, mes y año de toma de la muestra y la abreviación de rodado (r) con la numeración respectiva. Ejemplo: El rodado número 1 tomado en el Río Miguelena en agosto de 2002, corresponde a la muestra **RM-802-r1**.

#### **Nombre Textural**

Es aquella clasificación que se le da a las muestras al nivel microscópico. Para la determinación final se basa en el contenido mineralógico modal (% en volumen ) y texturas. En conjunto se toma en cuenta la clasificación de muestra de mano donde se hace referencia al nombre, definido por observación detallada de la muestra de mano seleccionada, como el color, texturas, tamaño de grano, posible determinación porcentual de minerales y otros. Encontrando una clasificación macroscópica del tipo de roca.

La clase química, naturaleza, nombre genético y protolito, serán descritos en capítulos posteriores.

## CAPÍTULO III

### 3. GEOGRAFÍA FÍSICA

#### 3.1. Relieve

El área de estudio corresponde al macizo de El Ávila (flancos norte y sur), conocido también como Cordillera de la Costa.

En BAENA (1998) y ARANGUREN (1996), la Cordillera de la Costa del litoral central venezolano está compuesta por una cadena de montañas que se extiende en dirección este-oeste y es relativamente angosta en dirección norte-sur, con cimas comprendidas entre 1500 y 2700 metros sobre el nivel del mar (msnm). Al norte de la Cordillera se encuentra el mar Caribe y sus zonas costeras, con alturas de 0 a 50 msnm, donde se asientan varias poblaciones que conforman el Estado Vargas, incluyendo el puerto y el aeropuerto principales de Venezuela. Al sur se abre el valle de Caracas, con elevaciones de entre 700 y 900 msnm.

En el flanco norte el relieve es variable. En las zonas de cotas bajas entre los 0 m y los 250 m, este se presenta con colinas redondeadas de pendientes suaves, con zonas aplanadas y abanicos aluviales correspondientes a los drenajes principales. Entre los 250 hasta los 1600 m de altitud, el relieve se presenta de forma abrupta, formando saltos intercalados con tramos de drenaje de poca pendiente inmersos en valles encajados que tienen forma de “V”. Por encima de los 1600 m de altitud las pendientes se hacen más abruptas, con valles estrechos y encajonados. Al llegar a la fila se observa una superficie de aplanamiento.

Hacia la vertiente sur el relieve corresponde a una zona montañosa, es abrupto en los primeros 900 m, con laderas hasta de 45<sup>0</sup> de inclinación, debido al control estructural del Sistema de fallas del Ávila. En la parte media el relieve es menos pronunciado hasta los 1350 m aproximadamente. Por encima de este nivel, el relieve se hace abrupto nuevamente, observándose paredes y laderas muy inclinadas. Los factores geológicos suelen causar grandes desniveles con barrancos, farallones, cascadas, y los factores hidrológicos causan entallamiento de los cauces creando valles encajados en forma de “V”.

### 3.2. Drenaje

En BAENA (1998) y ARANGUREN (1996), el drenaje está conformado por una serie de ríos y quebradas que evidencian una morfología dendrítica a sub-paralela dependiendo de la litología de la zona. Hacia las partes más altas los ríos y quebradas se hacen más dendriformes, son bien encajados, de pendientes abruptas y con saltos y cascadas de decenas de metros. En la parte media disminuye la pendiente de estos cauces y se observa un ensanchamiento progresivo de los valles aluviales. En las zonas bajas en la zona de los abanicos aluviales la pendiente es mínima, entre  $2^{\circ}$  y  $5^{\circ}$ .

La pendiente promedio del cauce de quebradas y ríos encontrados hacia el este es mayor que las encontradas hacia el oeste del litoral, lo que determina que el descenso de agua sea más rápido.

Cuando se producen lluvias sobre la Cordillera de la Costa, ésta se transforman en flujos superficiales y subterráneos, unos en sentido norte, hacia el litoral, y otros en sentido sur, hacia Caracas. Pero las diferencias de relieve y extensión entre ambos lados, determinan que los cursos de agua que drenan hacia el mar son de una magnitud significativamente mayor que las de los que drenan hacia Caracas.

### 3.3. Clima

La radiación solar con su variación de altura y su ángulo de incidencia sobre la tierra, induce ajustes y transportes de energía que generan déficit energético en los polos, con aire frío y pesado ejercedor de alta presión, y un exceso de energía en el ecuador, con aire caliente y liviano, que asciende fácilmente para formar nubes y ejerce baja presión. Estas diferencias de energía junto con el movimiento de rotación de la tierra sobre su propio eje, terminan por generar las fuerzas que actúan sobre el campo de los vientos, particular para cada lugar y momento sobre la tierra.

En el Macizo El Ávila en las zonas bajas entre los 0 y 600 m, la temperatura promedio es de  $27^{\circ}$  C, presentando baja humedad. En las zonas intermedias entre los 600 y 1500 m, la temperatura promedio fluctúa entre 18 a  $21^{\circ}$  C. Entre los 1500 a 2000 m de altura la temperatura oscila entre los 13 y  $18^{\circ}$  C. Después de los 2000 m de altitud, la temperatura varía de 10 a  $13^{\circ}$  C, pudiendo llegar a temperaturas

menores. Esta zona posee casi todo el año la presencia de pluviosidad al igual que niebla, siendo los meses de sequía de febrero y a abril. BAENA (1998) y ARANGUREN (1996).

### 3.4. Vegetación

La vegetación varía con el régimen estacional de lluvias, y en épocas de sequía ocasionalmente se incendian ciertas áreas, a excepción de las zonas adyacentes a las quebradas, que poseen una vegetación permanente.

En BRAVO & VILAS (2002), de acuerdo al esquema planteado por HUBER (1984), el área de estudio (flanco norte) puede ser separada en cinco tipos de vegetación (fig. 8), los cuales están íntimamente ligados al relieve, clima y suelo. Están enumerados desde la parte más cercana a la costa hasta la zona más elevada, éstos son:

- *Vegetación xerófila*: formada por las especies típicas de zonas secas, tales como matorrales, plantas espinosas, etc., desde los 0 hasta los 300 m aproximadamente.
- *Vegetación de estación seca*: donde crecen arbustos y árboles de madera dura.
- *Bosques de transición*: intervenido por el hombre, que durante muchos años lo usó para los cafetales. Además se han introducido varias especies no autóctonas para dar sombra y frutas, siendo común el platanillo, los árboles de mango, araguaney, eucaliptos, etc. Este tipo de vegetación se encuentra en una pequeña franja que oscila entre los 900 a 1100 m.
- *Bosque nublado*: las copas de los árboles generalmente tienen formas irregulares y no son muy densos, encontrándose también palmas de montaña (araque) y helechos. Gracias a los niveles de humedad altos, las orquídeas y bromelias son abundantes en ramas de las copas de los árboles. Esta vegetación se encuentra entre los 1100 y los 2100 m.
- *Sub-páramo*: esta vegetación es similar al páramo de los Andes, siendo muy común las especies de pequeños tamaños, tal como la hierba de páramo.

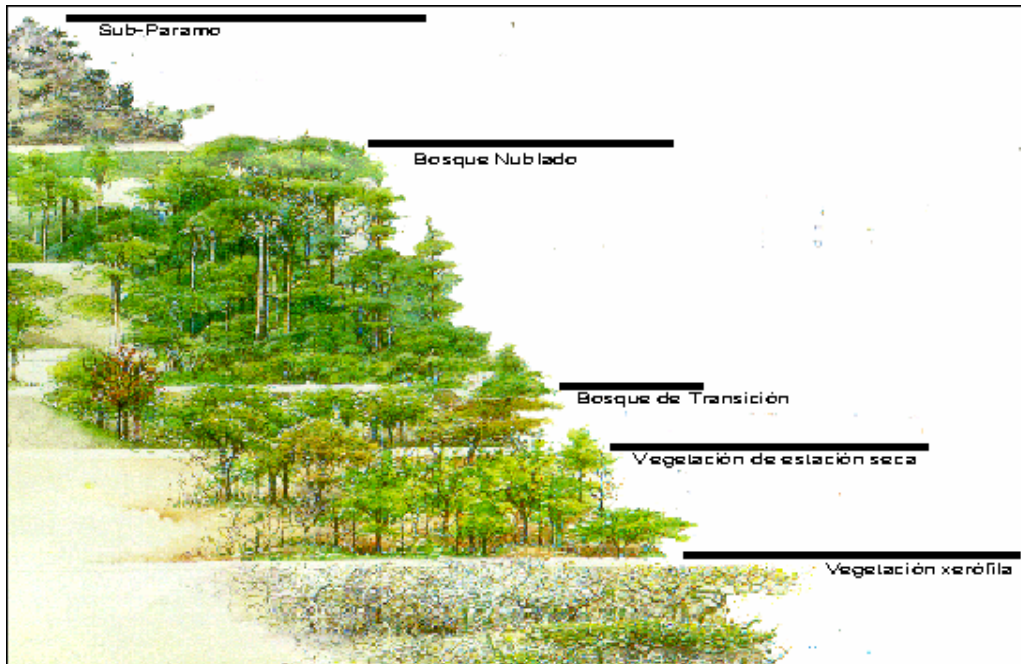


Fig. 8. Esquema de los tipos de vegetación observados en el flanco norte del macizo. (Tomado de HUBER 1984, en BRAVO & VILAS 2002).

La vegetación presente en el flanco sur, es controlada principalmente por la altura y la cantidad de humedad y agua disponible en el ambiente.

En la parte más baja de la zona, se encuentran sembradíos efectuados por el hombre, propiamente en la sabana, tales como sembradíos de café, chayotas, arbustos de cambur y plátano, así como la usual vegetación de las zonas bajas como enredaderas, corocillo, jala pa' tras y otros.

En ARANGUREN (1996) las formaciones vegetales según la clasificación de HENRY PITTIER (1983) para el Parque Nacional el Ávila son:

- *Sabana de Montaña*: se presenta entre los 1000 y 1600 m de altitud. Estas sabanas son originadas por la regresión del bosque debido a causas humanas, en especial las talas y los incendios. Su fisonomía es la de una alfombra de plantas herbáceas en la que predominan las gramíneas, salpicadas de árboles y arbustos, según el grado de degradación en que se encuentre. Las especies más características

son: capin melao, micay, gamelote, toporón, hipericón, salvia, hayuelo, tamarilla, quiripiti, mameicillo y mentequero.

- *Selva nublada*: característica de altitudes que varían entre los 900 y los 2500 m. Los árboles son de porte elevado y alcanzan los 20-30m de altura y están siempre verdes. Cuando las corrientes de aire suben por las laderas de las montañas son calentados por el sol, el vapor de agua se va condensando y se forman extensas nubes que envuelven al bosque con una húmeda neblina la cual, al llegar al punto de saturación, produce cortas lluvias. Esta humedad es la causa que estos bosques tengan una gran variedad de especies de la familia de las Orquídeas, Helechos, Bromiliáceas, Aráceas, Peperomias, Cesneriáceas, Rubiáceas y Mirtáceas. Además son abundantes los helechos arborescentes, así como una gran variedad de bambucillos y palmeras. Las especies más representativas son: guayabo de hierro, muchas especies de matapalo, almendro, santa maría, quina, quesillo y varias especies de copey. Esta zona es de difícil acceso y de poca vulnerabilidad al fuego. Genera un microclima estable durante la mayor parte del año.

Se genera también en la vertiente sur la vegetación de *sub-páramo*, y se ubica en las cotas superiores a los 2200 m de altura. Sus especies vegetales son de características similares a algunas de las ubicadas en el páramo andino.

### 3.5. Geomorfología

WEHRMANN (1972) menciona que el paralelismo entre la Cordillera y la costa y la presencia de extensos valles intramontanos se deben a los grandes sistemas de fallas longitudinales tales como fallas del Caribe (prolongación de la falla de Oca), El Pilar, Casanay y la Victoria. La falla de Tacagua y el sistema de fallas del Ávila, al sur del macizo del mismo nombre, abren un surco que se extiende desde la quebrada Tacagua hasta las llanuras de Barlovento y separa una importante unidad fisiográfica, estructural y estratigráfica que es el anticlinorio del Ávila.

En BRAVO & VILAS (2002), la orogénesis que ha producido el levantamiento de la Cordillera de la Costa es el proceso endógeno más importante que ha actuado y actúa hoy en día y corresponde a la dinámica de toda la región del Caribe. Se caracteriza

por drenajes colgados que indican movimientos verticales, escarpes de falla, fallas paralelas y subparalelas de dirección este-oeste y en algunas zonas de ensilladuras alineadas y paralelas a la misma dirección. SINGER (1977) propone una estructura de horst para la cordillera. La meteorización y erosión son los procesos exógenos – dinámicos que actúan en la zona, produciendo una degradación físico químico de los macizos rocosos. Esto se evidencia con la presencia de diaclasas y saprolitos. Geoformas de tipo cónico como son los abanicos aluviales, donde predominan los sedimentos tamaño arena, y dos niveles de terrazas con sedimentos de distinto tamaño.

SINGER (1977) menciona la existencia de tres superficies de aplanamiento en la Cordillera de la Costa, las cuales denomina como S<sub>1</sub>: Colonia Tovar mayor a los 2.000 m, S<sub>2</sub>: San Antonio de los Altos ubicada entre 1.500 y 1.250 m; y S<sub>3</sub>: Los Teques ubicada entre 1.200 y 900 m. Estas superficies de aplanamiento, S<sub>1</sub>, S<sub>2</sub> y S<sub>3</sub>, se han intentado relacionar con otras de la cordillera, más sin embargo no han podido hacerse visibles en ésta.

LOYO (1986) señala, unos remanentes de superficies de aplanamiento en las cotas de 1000, 800 y 600 m, ubicados al norte del sistema de fallas de La Victoria.

## CAPÍTULO IV

### 4. ASPECTOS REGIONALES

#### 4.1 Generalidades

URBANI (2002), asentó que las observaciones geológicas de la Cordillera de la Costa comienzan con el recorrido que hacen Alejandro de Humboldt y Aimé Bompland, entre finales de 1799 y comienzos de 1800, haciendo las publicaciones de los resultados en 1814 y años sucesivos.

HUMBOLDT (1991). En 1800 llega a la cumbre de la Silla de Caracas en recorrido del Pico Oriental y la Silla de Caracas informa y describe la litología de gneis, reportando la presencia de cuerpos graníticos sobre la cumbre de la Silla, diferenciándose en cuanto a textura y haciendo referencia a la presencia de anfíboles, a la poca orientación de la mica y a la ausencia de granate. A su vez establece, sobre el flanco norte de la Cordillera, el cambio textural del gneis al esquisto micáceo, de igual manera que el cambio del esquisto clorítico al hornbléndico. Sugiriendo, además que la Cordillera de la Costa completa fue levantada.

BOUSSINGAULT (1974). En 1823 sube a la Silla de Caracas y al Pico Oriental, haciendo referencia y corroborando las descripciones realizadas por Humboldt.

Para la geología regional de la Cordillera de la Costa es tomado como trabajo pionero el presentado ante el primer Congreso Geológico Venezolano por AGUERREVERE & ZULOAGA (1937), donde establecen las bases de los estudios y nomenclaturas empleadas. Declaran que la composición de la Cordillera de la Costa esta dada por el Augengneis granítico, proponiendo que su formación viene de inyecciones, *lit-par-lit* de un magma granítico dentro de una roca laminar conglomerática en localidades de origen sedimentario. Asignándole con el nombre de Augengneis de Peña de Mora.



Existen otros buenos trabajos puntuales como los de LAMARE (1928) y RUTTEN (1940). A su vez en la primera cartografía geológica de la transversal en el Meridiano de la Guaira – Caracas – Paracotos, realizada en las tesis doctorales de DENGÓ (1951) y SMITH (1952). Posteriormente, se extiende una superior cartografía regional con el trabajo de WEHRMANN (1972). La seguida densificación de información ha sido realizada y recopilada por tesis de la UCV (1975 – 2003). Las cuales presentaran un resumen específico detallado a continuación, sobre las siguientes tablas tomadas y modificadas de los mismos.

## 4.2 GEOLOGÍA REGIONAL

A continuación se presenta una serie de tablas (tabla 5), con datos tomados y modificados de trabajos especiales de grado anteriores, realizados por los autores: BAENA (1998), CASTILLO & SUAREZ (2001), CANO & MELO (2001) y BRAVO & VILAS (2002). Amoldando los datos a nuestro especial interés de trabajo petrográfico.

**Tabla 5. Resumen de trabajos geológicos realizados en la Cordillera de la Costa.**

| AUTORES (AÑO)                  | LOCALIDAD  | LITOLOGÍA   | EDAD | PROTOLITO  | FACIES METAMÓRFICA | OBSERVACIONES PETROGRÁFICAS  | OBSERVACIONES   |
|--------------------------------|--|---|------|--|--------------------|--|---|
| HUMBOLDT et A. BONPLAND (1991) | Ascenso a la Silla de Caracas y al Pico Oriental (1800)  | Rocas del Macizo: gneis, cuerpos graníticos y esquistos micáceos. Cantos rodados de cuarzo. |      |  |                    | En el flanco norte establece el cambio textural del gneis al esquistó micáceo.           | Hace referencia a la diferenciación de texturas, ausencia de Granates y presencia de anfíboles.   |
| BOUSSINGAULT (1862)            | Ascenso a la Silla de Caracas y al Pico Oriental.(1823)  |   |      |  |                    |  | Corroborar las descripciones realizadas por HUMBOLDT en 1800.   |
| AGUERREVERE & ZULOAGA (1937)   | Cordillera de la Costa: Silla de Caracas. Carretera vieja de La Guaira. Carretera Maracay-Ocumare de La Costa. | Como núcleo de La Cordillera: augengneis y gneis graníticos                                 |      | Inyecciones de magma granítico en rocas sedimentarias, laminares semi-conglomeráticas. |                    | Describen las rocas que suprayacen como metamórficas, con numerosas intrusiones félsicas | Postulan estas rocas como núcleo de La Cordillera / basamento del Grupo Caracas.<br>Se inician estudios modernos y establecen el nombre de Augengneis de Peña de Mora.  |
| HESS (1950)                    | Región del Caribe.   |   |      |  |                    |  | Resume investigaciones Geofísicas del Caribe enunciando la importancia del estudio geológico de la Cordillera de la Costa incitando a los estudios posteriores de DENGU (1951), SMITH (1952), SEIDERS (1965), MENENDEZ (1966), entre otros. |

| AUTORES (AÑO)   | LOCALIDAD  | LITOLOGÍA   | EDAD                       | PROTOLITO  | FACIES METAMÓRFICA  | OBSERVACIONES PETROGRÁFICAS  | OBSERVACIONES  |
|-----------------|--|---|----------------------------|--|---|--|--|
| DENGO (1951)    | Macizo del Ávila.<br>Boquerón en la Autopista Caracas La Guaira. | Gneis y augengneis feldespático cuarzo biotítico, gneis granatíferos-muscovíticos y Mármoles tremolíticos diopsídicos.  | Grupo Caracas – Mesozoico. | Sedimentario modificado por inyecciones aplíticas.                                     | Facies de los esquistos verdes, facies de la anfíbolita y de la eclogita (epidótica).   | Describe la estructura clásica del augen, de granularidad gruesa y bandas de biotita alternadas con bordes de feldespato y cuarzo. Define un gneis granatífero correlacionándolo con la formación las brisas ya que petrográficamente es similar a la facie granatífera del esquistos de la misma. | Amplia el nombre de augengneis de Peña de Mora y da la posibilidad de que las rocas augengneísticas sean incluidas en Sebastopol.  |
| WEHRMANN (1972) | Región Guatire – Colonia Tovar                                   | Define Formación Peña de Mora como complejo ígneo-metamórfico conformado por: variedad de gneis, cuarcitas, mármoles, esquistos cuarzo muscovítico granatífero, clorítico, rocas ígneas ácidas, básicas y ultrabásicas y calizas. | Cretácico                  | El augengneis viene de una facies migmatítica, producidas cerca de una masa granítica. | Metamorfismo de bajo grado entre las subfacies cuarzo albita epidoto biotita y cuarzo albita epidoto almandino, pertenecientes a la facie de los esquistos verdes. Aporta que estas rocas fueron alteradas por metasomatismo alcalino en principio. | Realizó estudios mineralógicos. Presenta la siguiente mineralogía promedio: cuarzo (35%), plagioclasa (albita-oligoclasa) (25%), microclino (20%), muscovita (8%), epidoto (5%) y menores proporciones de biotita, clorita granate zircón, opacos y apatitos                                       | Las rocas fueron alteradas a profundidad por un metasomatismo alcalino y emplazaron en superficie por sistemas de fallas por el empuje de un magma granítico.<br><br>Señala que el complejo de Sebastopol es una unidad ígneo metamórfica en la que descansa el Grupo Caracas y constituye una de las unidades más antiguas del Macizo de La cordillera de La Costa. |
| SINGER (1977)   | Valle de Caracas   |   |                            |  |   |  | Hace referencia a las cumbres achatadas de La Cordillera de la Costa del trabajo de AGUERREVERE & ZULOAGA (1937). Estableciendo la dificultad de correlación de los niveles de aplanamientos debidos a los intensos dislocamientos que sufrió la cadena litoral hasta el Cuaternario Superior.   |

| AUTORES<br>(AÑO)                   | LOCALIDAD  | LITOLOGÍA  | EDAD   | PROTOLITO | FACIES<br>METAMÓRFICA   | OBSERVACIONES<br>PETROGRÁFICAS  | OBSERVACIONES   |
|------------------------------------|--|--|--|-----------|---|---|---|
| AZPIRITXAGA<br>(1979)              | Flanco norte del Macizo del Ávila                  | Establece cinco unidades:<br>Esquisto y gneis feldespático cuarzo micáceo, esquisto actinolítico, esquisto epidótico y esquisto calcáreo cuarzo grafitoso, serpentinitas y unidad de anfífolitas y mármoles.   |  |           | Facies de los esquistos verdes de intermedia P en la zona de clorita-biotita y el granate, evidenciando con ello un inicial evento metamórfico de alta P/T. |   | Primer reporte de la Barroisita   |
| OSTOS<br>(1981)                    | Autopista Caracas – La Guaira y el estribo Galindo | Como unidades informales: gneis y esquisto feldespático micáceo, mármoles, esquistos calcáreos y actinolítico-epidóticos, esquisto cuarzo muscovítico y gneis cuarzo feldespático, augengneis feldespático micáceo, esquisto anfibólico y anfíbolitas y unidad de serpentinitas. |  |           | Facies de los esquistos verdes de intermedia P/T y facies de los esquistos azules de alta P/T.  |   |   |
| AGUILERA &<br>VALLANILLA<br>(1985) | Zona La Entrada Naguanagua, Estado Carabobo        | Extienden la cartografía del Gneis de Cabriales, en esta zona.<br>Denominaron unidad de gneis sillimanítico (Ugn).   |  |           | Facies de los esquistos verdes.   | El esquisto sillimanítico, presenta su aspecto granítico y tamaño de grano más fino que el de las rocas de la unidad de gneis porfidooclástico. | El reporte de sillimanita para el momento del estudio no ha sido reportada su existencia en la Cordillera de la Costa.  |
| OSTOS &<br>NAVARRO<br>(1986)       | Cordillera de la Costa                             | Rocas graníticas y gneis   | Basamento del Grupo Caracas, el mismo colocado como sedimentos del Jurásico tipo plataforma. |           | Régimen de P/T alta a intermedia.   |   | Interpretan sobre la evolución tectónica de la zona, en donde consideran al Grupo Villa de Cura como remanente arco/surco, originando una cuenca marginal ubicada al sur de la Cordillera de la Costa.<br>Indicando la litología como áreas positivas al sur de donde se generó una cuenca flysch asociada a la colisión. |

| AUTORES<br>(AÑO) | LOCALIDAD | LITOLOGÍA | EDAD | PROTOLITO | FACIES<br>METAMÓRFICA | OBSERVACIONES<br>PETROGRÁFICAS | OBSERVACIONES |
|------------------|-----------|-----------|------|-----------|-----------------------|--------------------------------|---------------|
|------------------|-----------|-----------|------|-----------|-----------------------|--------------------------------|---------------|

SÁNCHEZ &  
SILVA

| AUTORES<br>(AÑO)                  | LOCALIDAD  | LITOLOGÍA   | EDAD  | PROTOLITO | FACIES<br>METAMÓRFICA  | OBSERVACIONES<br>PETROGRÁFICAS | OBSERVACIONES   |
|-----------------------------------|--|---|---|-----------|--|--------------------------------|---|
| URBANI, <i>et al.</i><br>(1989)   | Poblados de El Palito,<br>Valencia y Marariara,<br>estado Carabobo.                                  | Definen tres fases:<br><i>Fase Tacagua</i> : esquistos<br>actinolítico albítico,<br>esquistos clorítico albítico.<br><i>Fase Nirgua</i> : esquistos y<br>gneis plagioclásico<br>cuarcítico muscovítico,<br>anfíbolita granatífera,<br>cuarcita muscovítica<br>epidótica.<br><i>Fase Antimano</i> : anfíbolita<br>granatífera clinopiroxénica,<br>anfíbolita granatífera,<br>cuarcita y serpentinitas. | El esquistos de<br>San Julián es<br>del Paleozoico.   |           | Facies de los esquistos<br>verdes de la zona de la<br>clorita, facies de la<br>anfíbolita de la zona de la<br>anfíbolita epidótica y zona<br>de la actinolita con<br>relación baja de P/T, en<br>coexistencia de la biotita<br>y el granate. |                                | Declaran que los contactos son de<br>falla de corrimiento de la Fase<br>Nirgua (Anfíbolita de Nirgua) con la<br>serpentinita. |
| URBANI, <i>et al.</i><br>(1989 a) | Poblaciones de Oritapo,<br>Chirimena, Carenero,<br>Curiepe y Capaya.                                 | Establecen tres fajas:<br><i>Septentrional</i> : fase Nirgua<br>y rocas metaígneas.<br><i>Central</i> : augengneis de Peña<br>de Mora rodeado de<br>metasedimentos, cuerpos de<br>tonalita y anfíbolita.<br><i>Metasedimentos del Grupo<br/>Caracas</i> : Form. Las Brisas<br>y Las Mercedes.   | El complejo<br>Ávila de edad<br>Paleozoico y el<br>Grupo Caracas<br>constituido por<br>meta-<br>sedimentos del<br>Mesozoico.  |           | Facies de la anfíbolita<br>epidótica en la zona de la<br>actinolita y facies de los<br>esquistos verdes en la<br>zona de la clorita.   |                                |   |
| URBANI &<br>OSTOS<br>(1989)       | Cordillera de La Costa<br>Al norte de los valles de<br>Valencia – Maracay,<br>Caracas – Cabo Codera. | Redefinen las fajas:<br><i>Septentrional</i> : complejo la<br>Costa con facies Nirgua,<br>Tacagua, Antimano y<br>ultramáficas.<br><i>Central</i> : complejo Ávila<br>subdividida en augengneis<br>de Peña de Mora y esquistos<br>de San Julián.<br><i>Meridional</i> : grupo Caracas<br>con las Brisas y las<br>Mercedes.   | Augengneis de<br>Peña de Mora<br>del Paleozoico<br>– Precámbrico<br>(1560Ma).<br>Complejo de<br>San Julián del<br>Paleozoico. |           | Zona de la biotita y el<br>almandino, con relación<br>de intermedia a baja P/T.  |                                | Determinan la edad de Peña de Mora<br>a través del método Rb/Sr.  |

| AUTORES<br>(AÑO)               | LOCALIDAD                           | LITOLOGÍA  | EDAD | PROTOLITO                   | FACIES<br>METAMÓRFICA   | OBSERVACIONES<br>PETROGRÁFICAS   | OBSERVACIONES   |
|--------------------------------|-------------------------------------|--|------|-----------------------------|---|--|---|
| BECK<br>(1985)                 | Cordillera de La Costa              |  |      |                             |   |  | Menciona presencia de napas: ofiolítica costanera, de la Cordillera de la Costa, Caucagua-el Tinaco, Loma de Hierro, Villa de Cura y Pie Montina.   |
| BELLIZZIA &<br>DENGO<br>(1990) | Cordillera de La Costa              |  |      |                             |   |  | Mencionan que la zona esta compuesta por complejas unidades tectónicas formadas por superposición de varias napas.  |
| OSTOS<br>(1990)                | Margen Sur – Central<br>del Caribe. |  |      |                             |   |  | Presenta un estudio geoquímico-estructural con fin de la interpretación a la evolución tectónica.<br><br>Propone la presencia de una cuenca marginal en el norte de Venezuela durante el Cretácico. |
| GARCÍA<br>(1994)               | Cuenca del Río<br>Tócome.           | Establece unidades informales:<br>Esquisto plagioclásico micáceo epidótico y gneis plagioclásico cuarzo micáceo, subunidades de esquistos anfibólicos y plagioclásico cuarzo epidótico, esquisto plagioclásico epidótico, unidades de metaígneas y metagranitos. |      | Origen ígneo y sedimentario | Facies de los esquistos verdes de la zona de la biotita.<br>Afectadas por metamorfismo de bajo grado y una intermedia relación P/T. | Encontró evidencias de deformación cataclástica, observando rocas miloníticas y blastomiloníticas con cuarzo recristalizado. | La deformación encontrada es típica de profundidades cercanas a los 15 Km y temperatura próxima a los 300 °C.   |

| AUTORES<br>(AÑO)    | LOCALIDAD                           | LITOLOGÍA   | EDAD | PROTOLITO  | FACIES<br>METAMÓRFICA   | OBSERVACIONES<br>PETROGRÁFICAS | OBSERVACIONES                             |
|---------------------|-------------------------------------|---|------|--|---|--------------------------------|---|
| SABINO<br>(1995)    | Flanco sur del Pico Naiguatá.       | Establece siete unidades informales:<br>Esquisto grafitoso y mármol, esquisto cuarzo muscovítico, augenesquisto y gneis feldespático cuarzoso, metagranitos y la subunidad de metaígneas máficas. |      | Estima origen de:<br>arenas normales,<br>arenas calcáreas,<br>calizas, gabros,<br>basaltos,<br>sienogranito,<br>trondhjemita y<br>granodioritas.                   | Facies de los esquistos verdes en la zona de la clorita y la biotita. |                                | Elabora cartografía geológica de la zona. |
| ARANGUREN<br>(1996) | Cuenca de la Quebrada El Encantado. | Define las unidades informales: gneis y esquisto cuarzo feldespático, subunidad de metaígneas máficas, unidad de metatonalitas, metagranitos, esquistos cuarzo micáceos grafitosos y calcáreos.   |      | Estima orígenes:<br>Monzogranitos,<br>granitoides, toba<br>volcánica, gabros,<br>basaltos,<br>sienogranitos,<br>tonalitas, lutitas,<br>ortocuarcitas y<br>calizas. | Facies de los esquistos verdes en la zona de la biotita y la clorita. |                                |   |
| UZCATEGUI<br>(1997) | Flanco sur de la Silla de Caracas.  | Establece las unidades:<br>Gneis plagioclásico cuarzo micáceo, augengneis plagioclásico cuarzo micáceo y augengneis plagioclásico micáceo epidótico.  |      | Origen sedimentario e ígneo.   | Facies de los esquistos verdes en la zona del granate.                |                                |   |



| AUTORES<br>(AÑO)               | LOCALIDAD  | LITOLOGÍA   | EDAD   | PROTOLITO  | FACIES<br>METAMÓRFICA  | OBSERVACIONES<br>PETROGRÁFICAS  | OBSERVACIONES   |
|--------------------------------|--|---|--|--|--|---|---|
| URBANI <i>et al.</i><br>(1997) | Flanco sur del parque Nacional El Ávila, comprendiendo entre Mariperez y Caucagüita. | Agrupar las unidades:<br>Grupo Caracas: formaciones Las Brisas y Las Mercedes.<br>Complejo Ávila:<br>Esquisto de San Julián, Metaígneas de Tócome, Metagrano de Naiguatá y augengneis de Peña de Mora.      | Grupo Caracas del Mesozoico y el complejo Ávila del Pre-mesozoico.   | Complejo Ávila de origen ígneo granítico con intercalaciones de rocas sedimentarias y metavolcánicas. Las metaígneas de Tócome provienen de intrusiones de gabros o diabasas | Facies de los esquistos verdes en la zona de la clorita y la biotita, reportando en algunos casos la presencia del almandino.  |   | Trabajan con la compilación de los trabajos de GARCÍA (1994), SABINO (1995), ARANGUREN (1996) Y UZCATEGUI (1997). |
| AUDEMARD & GIRALDO<br>(1997)   | Región Caribeña.   |   |  |  |  |   | Establecen el no acuerdo con los diferentes modelos geodinámicos propuestos para esta región hasta el momento.    |
| BAENA<br>(1998)                | Cuenca del Río Tacamahaca.   | Define las unidades informales: esquisto calcáreo cuarzoso y esquisto cuarzo micáceo grafitoso, gneis y esquisto cuarzo feldespático micáceo, subunidad de metaígneas máficas y unidad de metagranodiorita. |  | Rocas de origen ígneo (cuarzo feldespáticas) y sedimentario (pelíticas). Reporta influencia volcánica.   | Facies de los esquistos verdes en la zona de la clorita y la biotita. Indicando a su vez una posible zona de mayor rango de P. | Texturas predominantes: foliación y esquistosidad. Advierte la presencia de un anfíbol verde-azul (barroisita?). Informa de alteración en biotitas a cloritas y gran número de inclusiones en feld-K. | Halla composición mineralógica, trabajando con difracción de rayos X y petrografía.                               |
| URBANI<br>(2000)               | Parte central de la Cordillera de La Costa.  | Propone actualización de la nomenclatura de unidades de rocas ígneo-metamórficas, indicadas al final de la tabla<br><br>(* Ver final de tabla)  | Asociación Metamórfica La Costa del Mesozoico.<br>Asociación Metamórfica Ávila del Paleozoico-Precámbrico.<br>Asociación Metasedimentaria Caracas del Mesozoico. |  |  |   | Se adapta a las convenciones internacionales para unidades litodémicas.   |

| AUTORES (AÑO)                | LOCALIDAD   | LITOLOGÍA   | EDAD   | PROTOLITO   | FACIES METAMÓRFICA  | OBSERVACIONES PETROGRÁFICAS   | OBSERVACIONES  |
|------------------------------|---|---|--|---|---|---|--|
| URBANI, <i>et al.</i> (2000) | La Cordillera de La Costa.  | Actualizan nomenclaturas de las unidades litodémicas, para rocas ígneo metamórficas, como: Super Asoc. Metam. de la Cordillera de La Costa y la dividen en tres fajas.                                  | Cinturón ígneo metamórfico paralelo a la costa norte, de edad Precámbrico-Mesozoico. |   |   | No se realizó estudio petrográfico.   | Muestran el acuerdo a trabajos anteriores, en que la serranía Costera de la Cordillera de la Costa es la constitución de tres fajas de unidades fácilmente cartografiables y bien distinguibles en el campo y laboratorio. |
| CANO & MELO (2001)           | Estado Vargas, tramo de Quebrada Seca (Caraballeda) y río Care.     | Establecen siete unidades: Rocas sedimentarias, Mármol de Antímamo, Esquisto de Tacagua, Serpentina, Metagrano de Naiguatá, Complejo de San Julián, Augengneis de Peña de Mora y metaígneas plutónicas. |  |   | Facies de los esquistos verdes en la zona de la clorita y el granate, con evidencias de un metamorfismo de mayor grado.                 | Las rocas presentan foliación promedio de rumbo N60E. Determinaron que la zona fue sometida a esfuerzos en regimenes dúctil y frágil.   | Realizan un reconocimiento geológico. Informan la presencia de reliquias de un posible evento metamórfico anterior en la facies de los esquistos azules.   |
| BARBOZA & RODRÍGUEZ (2001)   | Flanco sur del Macizo Ávila al norte de Caracas y el estado Vargas. | Definen: Rocas sedimentarias, Asoc. Metamórfica la Costa, Asoc. Metasedimentaria Caracas y Asoc. Metamórfica Ávila.   |  |   | Facies de los esquistos verdes en la zona de la clorita, la biotita y almandino y metamorfismo de alta relación P/T. (esquistos azules) |   | Trabajan en la compilación de la cartografía geológica, generando 23 mapas a escala 1:25.000   |
| CASTILLO & SUÁREZ (2001)     | Estado Vargas, tramo del río Anare y Osma.                          | Definen: Mármol de Antímamo, Esquisto de Tacagua, Complejo San Julián, Augengneis de Peña de Mora y metaígneas plutónicas.  |  | Asoc. Metam. La Costa asumen como roca precursora: sedimentaria, Mármol de Antímamo de roca carbonática. Asoc. Metam. Ávila, San Julián: rocas pelíticas, ígneo plutónicas félsicas y máficas plutónicas, posibles piroclásticas. | Facies de los esquistos verdes, subfacies de la clorita y granate. Metamorfismo previo de alta relación P/T (esquistos azules)          | Para el esquisto de Tacagua reportan bajo contenido de biotita (<1%) a falta de condición química original o alteración total a clorita. Reportan presencia de la barroisita. | Realizan cartografía geológica a escala 1:25.000   |

| AUTORES<br>(AÑO)                     | LOCALIDAD   | LITOLOGÍA   | EDAD   | PROTOLITO | FACIES<br>METAMÓRFICA   | OBSERVACIONES<br>PETROGRÁFICAS   | OBSERVACIONES  |
|--------------------------------------|---|---|--|-----------|---|--|--|
| BRAVO &<br>VILAS<br>(2002)           | Vertiente norte del<br>Macizo Ávila.<br>Estado Vargas:<br>Entre las cuencas Punta<br>Care y Piedra Azul.            | Continúan la definición de<br>unidades litodémicas:<br>Asoc. Metam. Ávila:<br>augengneis de Peña de Mora<br>y Complejo San Julián.<br>Asoc. Metam. La Costa:<br>esquisto de Tacagua y<br>Mármol de Antímano.                            | Asoc. Metam.<br>Ávila del Pre-<br>mesozoico y<br>Asoc. Metam.<br>La Costa del<br>Mesozoico sin<br>diferenciar. |           | Facies de los esquistos<br>verdes zona de la clorita y<br>la biotita. | Trabajan con tablas indicando<br>porcentaje de minerales<br>encontrados, media y<br>porcentajes máximos y<br>mínimos de litologías.<br>Definiendo subtipos<br>litológicos.   | Establecen que las estructuras<br>presentes corresponden a diversos<br>períodos de deformaciones, tanto<br>dúctiles como frágiles.<br>La orientación del patrón de<br>inclusiones observadas en las<br>muestras, en relación con la<br>orientación de la foliación, indican<br>una fase tectónica en la etapa sin-<br>tectónica.   |
| RODRÍGUEZ<br><i>et al.</i><br>(2002) | Macizo del Ávila.<br>Vertiente norte: entre<br>Maiquetía y Camurí<br>Grande.<br>Vertiente sur: Valle de<br>Caracas. | Rocas sedimentarias.<br>Asoc. Metam. Las Costa:<br>esquisto de Tacagua.<br>Asoc. Metam. Ávila:<br>Complejo San Julián y<br>Augengneis de Peña de<br>Mora.<br>Asoc. Metased. Caracas:<br>Esquisto Las Mercedes y<br>esquisto Las Brisas. |  |           |   | Menciona los tres tipos de<br>rocas para el esquisto de<br>Tacagua según URBANI <i>et al.</i><br>(2000a).<br>Ver final de tabla (1).   | Trabajo de geología y procesos de<br>agradación ocurridos en 1999.   |
| URBANI<br>(2002)                     | Estado Vargas   | Propone una actualización<br>de unidades Litodémicas:<br>anexas al final de la tabla.<br><br>(**)   | Ver (**)   |           |   | Destaca: el esquisto de<br>Tacagua gruesos niveles de<br>meteorización de tipo<br>laterítico. El grafitoso es de<br>intensa foliación y pueden<br>agradar al aspecto filítico o<br>pizarroso. En Asociación<br>Metamórfica Ávila la<br>composición química-<br>mineralógica es granítica y<br>hacia el Este en ascenso tipos<br>litológicos máficos. | Versión actualizada de URBANI<br>(2000)<br>Trabajo de Consideraciones<br>geológicas de la catástrofe del estado<br>Vargas de 1999.<br><br>Informa que el recién fundado Inst.<br>Nacional de Geología y Minería<br>(INGEOMIN_MEM) adapta la<br>actual nomenclatura de cuerpos de<br>rocas ígneas y metamórficas a las<br>normas de las unidades litodémicas<br>(NACSN 1983, SALVADOR 1994) |

| AUTORES<br>(AÑO) | LOCALIDAD   | LITOLOGÍA  | EDAD   | PROTOLITO | FACIES<br>METAMÓRFICA | OBSERVACIONES<br>PETROGRÁFICAS   | OBSERVACIONES  |
|------------------|---|--|--|-----------|-----------------------|--|--|
| URBANI<br>(2002) | Autopista y carretera<br>vieja Caracas – La<br>Guaira. Distrito Capital<br>y estado Vargas. | Rocas sedimentarias.<br>Asoc. Metam. La Costa:<br>Mármol de Antímano,<br>esquisto de Tacagua y<br>serpentinitas.<br>Asoc. Metam. Ávila:<br>Complejo San Julián y<br>augengneis de Peña de<br>Mora. | Asoc. Metam.<br>La Costa del<br>Mesozoico y<br>Asoc. Metam.<br>Ávila del<br>Paleozoico –<br>Precámbrico. |           |                       | Establece en resumen que la<br>Asoc. Metam. La Costa<br>representa una unidad con<br>muchos elementos ofiolíticos,<br>la Asoc. Metam. Ávila con<br>rocas de un margen<br>continental pasivo y<br>exhumado formando el núcleo<br>de la Serranía y la Asoc.<br>Metased. Caracas de una<br>configuración de margen<br>continental pasivo. | Trabajo de la geología del área de la<br>Autopista y carretera vieja Caracas<br>La Guaira, Distrito Capital y Edo.<br>Vargas. Guía de excursión. |

### 4.3 Super Asociación Ígneo-metamórfica de la Cordillera de La Costa.

Esquema de URBANI (2000, 2002):

(\*) SUPER ASOCIACIÓN ÍGNEO-METAMÓRFICA DE LA CORDILLERA DE LA COSTA. Edad: Precámbrico –Mesozoico. Dividida en tres franjas:

Septentrional: **Asociación Metamórfica La Costa. Mesozoico.**

- Mármol de Antímano (mármol y anfibolitas)
- Anfibolita de Nirgua (anfibolitas variadas)
- Esquisto de Tacagua (esquisto grafitoso y epidocita)
- Serpentinita

Central: **Asociación Metamórfica Ávila. Paleozoico – Precámbrico.**

- Complejo San Julián (esquisto, gneis, anfibolita)
- Augengneis de Peña de Mora (augengneis)
- Anfibolita de Tócome (anfibolita, metagabro)
- Metagranito de Naiguatá (metagranito y gneis)
- Gneis de Cabriales. (gneis granítico).

Meridional: **Asociación Metasedimentaria Caracas. Mesozoico.**

- Esquisto de Las Mercedes
- Esquisto de Las Brisas
- Gneis de Sebastopol. Paleozoico.

#### 4.3.1 Asociación Metamórfica Ávila. Paleozoico – Precámbrico.

La asociación metamórfica se encuentra descrita en la revisión URBANI (2002) en la cual muestra que la componen el Complejo San Julián, Augengneis de Peña de Mora, metagranito de Naiguatá y metaígneas de Tócome entre otros y los descritos a continuación (tabla 6), son los que afloran en la zona de estudio.

**Tabla 6. Esquema de las características principales de las distintas unidades, de la Asociación Metamórfica Ávila, presentes en la zona de estudio (Modificado de URBANI 2002). Referencia original: URBANI Y OSTOS (1989: 210) y AGUERREVERE & ZULOAGA (1937: 8).**

|                       | <b>Complejo San Julián</b>  | <b>Augengneis de Peña de Mora</b>   |
|-----------------------|---|---|
| <b>LOCALIDAD TIPO</b> | Quebrada San Julián, naciente en la Silla de Caracas y desemboca en el mar Caribe en Caraballeda, Edo. Vargas. URBANI & OSTOS (1989) proponen adicionalmente secciones de referencia en el río Chuspa, al sur del pueblo de Guayabal, Edo. Miranda, carretera Chichiribiche - - Colonia Tovar en tramo de Paso Palomas – Naranjal, Edo. Vargas, como también en la Qda. Vallecito, Guaremal, Edo. Carabobo.   | En la rama ascendente de la antigua carretera de Caracas a La Guaira, sitio de Peña de Mora, cerca de la Qda. Las Trincheras.   |
| <b>LITOLOGÍA</b>      | La litología de las rocas predominantes son el esquistos y gneis cuarzo plagioclásico micáceo, con frecuencia se observa una rápida gradación desde una textura esquistosa aumentando en su granulometría hasta que pasa a rocas de carácter o textura gnéisica (URBANI & OSTOS 1989). Como litologías minoritarias se tienen, en proporción menor al 5 %, el mármol, cuarcita y diversos tipos de rocas metaígneas mayoritariamente máficas (tales como anfíbolita, gabro, diorita, tonalita y granodiorita). El esquistos es de color gris a gris oscuro presentando tonalidades verdes, meteoriza a tonos pardos y con frecuencia presenta muy buena foliación. El gneis siempre presenta mayor claridad de color que los esquistos, debido a que su textura se debe fundamentalmente a la mayor proporción de feldespatos y menor cantidad de filocicatos. Como característica significativa de ciertos | Para WEHRMANN (1972) la litología presenta la siguiente mineralogía promedio: cuarzo (35%), plagioclasa (albita-oligoclasa) (25%), microclino (20%), moscovita (8%), epidoto (5%) y menores proporciones de biotita, clorita granate zircón, opacos y apatitos. Las rocas de ésta unidad se han definido como cuerpos graníticos metamorfizados que han sufrido diversos grados de deformación. A pesar de la falta de información concluyente, estiman la posibilidad de que algunos de los cuerpos gnéisicos de ser intrusivos dentro de las rocas esquistosas adyacentes, pero a causa del alto contraste mecánico ante la deformación de los granitos vs. Metasedimentos pelíticos, en la mayoría de los casos, podrían las rocas graníticas haber sido emplazadas tectónicamente dentro del esquistos adyacente. Se pueden |

|  |   |  |
|--|---|--|
| <p><b>LITOLOGÍA<br/>(Continuación)</b></p> | <p>sectores donde aflora el esquisto cuarzo plagioclásico micáceo, es que la plagioclasa (albita – oligoclasa) tiene desarrollo marcadamente porfidoblástico, y cuando es alta su concentración permite enmascarar la foliación, impartándole a la roca el llamado aspecto moteado.</p> <p>Todos los autores referenciados anteriormente a través de evidencias petrográficas interpretan que entre ésta amplia gama de litologías, aquellas de mayor contenido de feldespatos son correspondientes a rocas metaígneas félsicas, las esquistosas de alto contenido micáceo sean producto de un protolito sedimentario, mientras que aquellos esquistos ricos en epidoto, actinolita ± cloritas les dan como interpretación producto del metamorfismo de horizontes volcánicos, probablemente tobas.</p> | <p>observar estructuras migmatíticas, en quebrada San Julián, río Caruao, y otros, sugiriendo que dichas rocas pudieron alcanzar condiciones anatécicas y las relaciones iniciales fueron borradas.</p> <p>En la zona de El Cambur, URBANI <i>et al.</i> (1989<sup>a</sup>) reportan la presencia de dos cuerpos separados, uno hacia el oeste de la zona y otro en el sector El Castaño y quebrada Los Bigotes, caracterizados por augengneis con núcleo de feldespato potásico con ojos de 2,5 a 3 cm con orientación a la foliación, junto con una matriz con oscilación de granulometría de 0,4 y 2 mm. Reporta la asociación mineralógica de biotita y granate, sugiriendo haber estado sometidos a un metamorfismo en la facies de la anfíbolita epidótica, zona de la actinolita y con una baja relación P/T.</p> <p>URBANI (2002) presenta datos adicionales de la unidad en localidad tipo. BARBOZA &amp; RODRÍGUEZ (2002) presentan recopilación de todos los estudios petrográficos realizados en dicha unidad en el estado Vargas.</p> |
| <p><b>EXTENCIÓN<br/>GEOGRÁFICA</b></p>     | <p>A partir de la localidad tipo el noroeste de Caracas, se ha extendido hacia el oeste llegando hasta la zona de El Cambur en el Edo. Carabobo, y hacia el este llegando hasta Cabo Codera en el Edo. Miranda.</p>   | <p>A partir de la localidad tipo el noroeste de Caracas, se ha extendido hacia el oeste hasta llegar a la zona de El Cambur en el Edo. Carabobo y hacia el este hasta llegar cerca de Chirimena en el Edo. Miranda.</p>  |
| <p><b>CONTACTOS</b></p>                    | <p>En la mayoría de los casos los contactos son de fallas de ángulo alto con unidades adyacentes. El contacto con el Augengneia de Peña de Mora, cuando se visualiza se muestra abrupto y en concordancia estructural, pero en otras ocasiones se muestran gradacionales con intercalaciones de ambos tipos de litologías. Los contactos con las rocas de la Asoc. Metam. La Costa al norte (Nirgua, Antímano y Tacagua) se han interpretado en mayoría de</p>  | <p>En la mayoría de los casos los contactos son de fallas de ángulo alto con unidades adyacentes. El contacto con el Complejo de San Julián, cuando se visualiza se muestra abrupto y en concordancia estructural, en otras ocasiones transicionales, pero en otras ocasiones se muestran gradacionales con intercalaciones de litologías. Los contactos con las rocas de la Asoc. Metam. La Costa al norte (Nirgua, Antímano)</p>   |

|                                     |  |  |
|-------------------------------------|--|--|
| <b>CONTACTOS<br/>(continuación)</b> | fallas de corrimiento y de ángulo alto (URBANI & OSTOS, 1989).   | se han interpretado en mayoría de fallas de corrimiento (URBANI & OSTOS, 1989), pero a lo largo del sistema de fallas de Macuto de orientación este-oeste, con frecuencia se encuentra el augengneis en contacto con el esquisto de Tacagua por medio de fallas normales. En la localidad tipo, OSTOS (1990) reconoce que dicha unidad está sobrecorrida por un Klippe del Mármol de Antímamo.   |
| <b>EXPRESIÓN TOPOGRÁFICA</b>        | Por formar parte de la Asoc. Metam. La Costa, siempre aflora en zonas de topografía muy abrupta y con grandes pendientes.  | Siempre aflora en topografía bastante abrupta y con grandes pendientes.  |
| <b>EDAD</b>                         | <p>KOVACH et al. (1979) presenta datos de Rb/Sr de cantos rodados de muestras esquistosas de la quebrada San Julián y seguidamente fueron recalculados por URBANI (1982: 81) resultaron de una edad de 270 Ma. Los escasos datos geocronológicos, impiden una mayor precisión para la asignación de una edad a esta unidad, por ello se ha sugerido una edad genérica de Paleozoico – Precámbrico al Complejo Ávila (URBANI &amp; OSTOS, 1989).</p> <p>KOVACH <i>et al.</i> (1979) presenta otra isocrona obtenidas con tres cantos rodados de gneis de la Qda. San Julián arrojando una edad de <math>220 \pm 20</math> Ma.</p> | <p>OSTOS <i>et al.</i> (1989) muestran una isocrona Rb/Sr de roca total que hace corresponder a edad de <math>1.560 \pm 83</math> Ma, incluyendo dos muestras de la localidad tipo y una del río Chichiribiche. Los escasos y divergentes datos geocronológicos, impiden una mayor precisión en la asignación de una edad a dicha unidad, a consecuencia se ha sugerido una edad de Paleozoico – Precámbrico a la Asoc. Metam. Ávila, pero igualmente presenta implicaciones que permiten sugerir una historia geológica bastante más compleja, con probabilidad de un protolito precámbrico haya sufrido al menos un periodo de removilización en la orogénesis de finales del Paleozoico, relacionada con la formación de Pangea (URBANI &amp; OSTOS, 1989).</p> |



**Tabla 6. (cont.) Esquema de las características principales de las distintas unidades, de la Asociación Metamórfica Ávila, presentes en la zona de estudio (Modificado de URBANI 2002). Referencia original: Urbani et al. (1997). y Contreras & Urbani (1992: 125).**

|                       | Metagranito de Naiguatá   | Metaígneas de Tócome   |
|-----------------------|---|--|
| <b>LOCALIDAD TIPO</b> | La Fila Maestra de La Cordillera de La Costa en las cercanías del Pico Naiguatá. Edo. Miranda.  | Río Tócome, cauce medio, afluente del río Guaire, en el Parque Nacional El Ávila, hacia el norte de la Urbanización Los Chorros de Caracas, edo. Miranda.  |
| <b>LITOLOGÍA</b>      | <p>WEHRMANN (1972) reporta una mineralogía de cuarzo (36,5%), feldspatos (37%), biotita (11,5), muscovita (7,5%), epidoto (5%), clorita (2,5%) y trazas de apatito, turmalina, zircón, hematita y granate, igualmente indica que <b>cantos rodados</b> de metagranitos están ubicados en diversas quebradas y ríos, concluyendo la posibilidad de haber una amplia variedad de este tipo de roca, desde granodiorita hasta monzonita.</p> <p>En el estudio del cuerpo ubicado entre puertas de Hércules y el Pico Naiguatá, García et al. (1995) y SABINO Y URBANI (1995, p.294) señalan que la roca es un meta leucosienogranito de grano ligero con cierta gneisoidad, con una mineralogía promedio de feldespato potásico (45%), cuarzo (35%), plagioclasa – albita (15%), biotita (2%) y trazas de epidoto, muscovita, esfena, granate y hematita. Establecen que esta metamorfizado en la facie de los esquistos verdes, en la zona de la biotita.</p> <p>El cuerpo deja de aflorar al este del Pico Naiguatá, reapareciendo en la zona de Gárate – Macanillal, donde es estudiado por ARANGUREN (1996) quien lo clasifica como un meta-sienogranito, indicando la siguiente mineralogía: feldespato potásico (55%), cuarzo (20%), plagioclasa (albita-oligoclasa) (10%), muscovita (6%), biotita (4%) y en menores proporción de clorita, anfíbol, epidoto, esfena, zircón y apatito.</p> <p>Este cuerpo estudiado por el reciente autor mencionado es aquel que fuera previamente delimitado por WEHRMANN (1972) basado en sus características fotogeológicas. Barboza &amp; Rodríguez (2002) presentan recopilación de todos los estudios petrográficos realizados en dicha unidad en el estado Vargas.</p> | <p>Estudiando los afloramientos en la zona, GARCÍA <i>et al.</i> (1995) reporta la presencia de cuatro tipos de rocas a continuación presentadas por orden de abundancia aproximado: metagabro de grano fino (40%), metagabro foliado (25%), metatonalita (20%) y metagabro de grano medio (15%). Para el metagabro de grano fino el autor le reporta carácter masivo con ausencia de deformación visible, a su vez equigranulares con un tamaño medio de 0,5 mm, de color fresco verde oscuro meteorizando a marrón oscuro. De igual manera el metagabro de grano medio presenta carácter masivo con grano promedio de 2 mm e intrusiva al metagabro de grano fino. En la zona de contacto con el esquisto de San Julián, hacia la parte norte del cuerpo, se reporta una zona de metagabro foliado con grano medio. Dentro del cuerpo aparece una zona de tonalita plagioclásica-biotítica-cuarcifera-epidotica-muscovítica, el mismo presenta un aspecto drásticamente variable al encontrarse involucrado en una zona cizallada, el cual le hace disminuir el tamaño de grano de 4 a 1 mm.</p> |

|                              |  |  |
|------------------------------|--|--|
| <b>EXTENSIÓN GEOGRÁFICA</b>  | Un cuerpo alargado en dirección este – oeste a lo largo de la Fila Maestra de La Cordillera de la Costa, a partir de Puertas de Hércules hasta un poco antes del Pico Naiguatá (SABINO & URBANI, 1995). ARANGUREN (1996) y BAENA (1998) hacen cartografía de otro cuerpo un poco más al este del Pico Naiguatá, justo en la zona de los Picos Gárate, Macanillal y Tacamahaca. WEHRMANN (1972) basándose en fotointerpretación geológica hace extender este último cuerpo hasta unos 2 Km al norte de la Fila Maestra, de igual manera delimita otro cuerpo mayor hacia el norte de Guatire. | La unidad forma un cuerpo de 0.7 Km <sup>2</sup> (GARCÍA et al, 1995). Sucesivos trabajos de GARCÍA et al. (1993, 1995), SABINO et al. (1995), ARANGUREN (1996), UZCÁTEGUI (1997), BAENA (1998) y URBANI et al. (1994, 1997) cartografían dichas rocas como parches irregulares y alargados cuerpos con predominio de dirección este – oeste en todo el flanco sur de El Ávila, partiendo de la cuenca de la qda. Chacaito al oeste, hasta las quebradas Tacamahaca e Izcaragua al este. Alcanzando su mayor expresión en la zona del flanco sur del Pico Naiguatá, con aproximadamente 3 Km <sup>2</sup> de extensión (SABINO et al, 1995). |
| <b>CONTACTOS</b>             | Hay impedimento de observación por la cobertura de vegetación y la meteorización, como consecuencia se desconoce su naturaleza.  | La unidad se encuentra rodeada de rocas pertenecientes al Complejo de San Julián, presentando contactos concordantes (GARCÍA et al. 1995). La información de la delimitación de los contactos de esta unidad, en especial en los sitios cubiertos por vegetación o con fuerte meteorización fue facilitada por el uso de un contador portátil de radiación gamma con un solo canal total, arrojando a esta unidad una respuesta cercana a los 20 cps. Lo que significa que es menor que en las unidades adyacentes (SABINO & URBANI, 1995, p. 295).  |
| <b>EXPRESIÓN TOPOGRÁFICA</b> | Constituye la culminación de la Cordillera presentando una topografía relativamente de mayor suavidad que las rocas circundantes. A causa de la meteorización se presentan formas rocosas redondeadas, formando entre otros los conocidos “Paltos del Diablo”.   | SABINO et al, (1995) describe que las franjas en sentido este – oeste de dicha unidad, resaltan zonas de topografía relativamente mas plana dentro de un entorno más abrupto con rocas esquistosas o gnéicas cuarzo plagioclásicas.  |
| <b>EDAD</b>                  | A causa de formar parte de la Asociación Metamórfica Ávila se considera de edad Premesoicoico.   | Por el hecho de estar circundadas concordantemente con rocas del Complejo de San Julián se considera que la edad de esta unidad sea de Paleozoico-Precámbrico.   |

**Tabla 6. (cont.) Esquema de las características principales de las distintas unidades, de la Asociación Metamórfica Ávila, presentes en la zona de estudio (Modificado de URBANI 2002). Referencia original: Urbani et al. (1997). y Contreras & Urbani (1992: 125).**

|                              | <b>Gneis de Cabriales</b>  |
|------------------------------|--|
| <b>LOCALIDAD TIPO</b>        | Cause medio y alto del río Cabriales, al norte de Valencia, estado Carabobo.   |
| <b>LITOLOGÍA</b>             | <p>Urbani (1989) menciona que este cuerpo está constituido por gneis granítico, caracterizado por grandes megacristales de feldespato potásico de hasta 8 cm, en conjunto, minoritariamente, existen zonas con aspecto textural diferente: con tamaño de grano fino a medio, zonas cizalladas con textura augen, así como xenolitos y diques de aplita y pegmatitas. Urbani et al. (1989 b) la subdividen en siete subunidades separadamente cartografiables: gneis porfidoclástico, gneis de grano medio, gneis de grano fino, Augenesquisto, augengneis, gneis sillimanítico y rocas máficas. La mayoritaria y más extensa es la subunidad de gneis porfidoclástico, cuya litología característica es un gneis con mega cristales rectangulares de feldespato potásico de hasta 7 cm de largo por 3 de ancho, donde a simple vista se observan las macas de Carlsbad, son de color blanco grisáceo, y en algunos afloramientos tienden a formar “ojos”, en algunos lugares aparece cruzado por diques de aplita. La subunidad de gneis sillimanítico aflora en un cuerpo pequeño cerca de Agualinda al noroeste de Valencia. La subunidad de rocas máficas incluye algunos cuerpos dispersos de rocas anfibólicas (metadiabasa, metagabro, y esquisto anfibólico).</p> <p>Las rocas de la unidad presentan una asociación mineralógica metamórfica de coexistencia de biotita y granate, lo cual apunta a un metamorfismo de alto grado, a la facies de la anfibolita epidótica, zona de la actinolita, en régimen posiblemente de baja P/T.</p> |
| <b>EXTENCIÓN GEOGRÁFICA</b>  | Este es un cuerpo con extensiones batolíticas, que se extiende en las montañas al norte de las ciudades de Valencia, San Joaquín y Mariara, estado Carabobo.   |
| <b>CONTACTOS</b>             | Hacia el norte, sur y este del cuerpo, el contacto es estructuralmente concordante con rocas del Complejo de San Julián. Hacia el oeste el contacto con el Granito de Guaremal no se logra observar por la cobertura vegetal y selvática y el difícil acceso.  |
| <b>EXPRESIÓN TOPOGRÁFICA</b> | Esta unidad soporta la Fila Mestra de la Cordillera de la Costa desde el norte de Valencia hasta Vigirima. La topografía es muy abrupta y bastante disectada por los ríos y quebradas que drenan hacia el Lago de Valencia.  |
| <b>EDAD</b>                  | Urbani (1989) presenta datos de una isocrona Rb-Sr de roca total con tres muestras del gneis porfidoclástico de la zona de La Entrada, que aporta una edad de $264 \pm 4$ Ma, interpretando que el basamento Precámbrico pudo sufrir al menos una removilización en la orogénesis de fines del Paleozoico.   |

### 4.3.2 Asociación metamórfica La Costa. Mesozoico.

Los datos expuestos modificados a continuación de esta asociación metamórfica se encuentran descritos en la revisión hecha por URBANI (2002), la cual presenta que esta compuesta por las unidades Esquisto de Tacagua, Mármol de Antímano, Anfibolita de Nirgua. En la tabla 7 se presenta un resumen de los litodemos descritos por URBANI (et. cit.) que encontramos en nuestra zona de estudio.

**Tabla 7. Esquema de las características principales de las distintas unidades formales, de la Asociación Metamórfica la Costa, presentes en la zona de estudio (Modificado de URBANI 2002). Referencia original: DENGO (1951).**

|                       | Mármol de Antímano  | Esquisto de Tacagua  |
|-----------------------|---|--|
| <b>LOCALIDAD TIPO</b> | DENGO (1951) la establece a 0,5 Km al norte de Antímano, Distrito Capital, con los afloramientos hoy en día totalmente cubiertos por el urbanismo de la Ciudad de Caracas, solo quedan buenos afloramientos aún visibles en las canteras de la quebrada Mamera.   | En la Qda. Tacagua, al norte de su intersección con la Qda. Topo el sitio se ubica cerca del Viaducto 2 de la Autopista Caracas – La Guaira, distrito Capital. En consecuencia a los eventos torrenciales de diciembre de 1999, se observan excelentes en los cauces bajos de los ríos Uria y de Qda. Seca de Caraballeda.   |
| <b>LITOLOGÍA</b>      | DENGO (1951) define la unidad como un mármol masivo de grano medio, color gris claro, con cristales de pirita, alternando con capas de esquisto cuarzo micáceo y asociadas con cuerpos concordantes de rocas anfibólicas, algunas con estructuras de “boudinage”. La constitución del mármol esta dada por un 85-95 % de calcita, con menores cantidades de cuarzo, moscovita (2,5%), grafito (2,5 %) y pirita (2 %).<br>DENGO (1950) realiza una descripción al detalle de las anfibolitas glaucofánicas de la unidad, junto con análisis químico, establece como rocas estructuralmente competentes a los mármoles en comparación a los esquistos que las rodean.<br>SCHURMANN (1950) estudia estas rocas glaucofánicas y presenta un mapa detallado de los diferentes tipos litológicos aflorantes en el sector de Antímano y Mamera.<br>En la zona del Camino de los Españoles, Parque Nacional El Ávila OSTOS (1981) referencia su “Unidad de esquisto cuarzo muscovítico y mármol cuarcífero” | Para la descripción litológica se encuentra una asociación de esquisto albitico calcítico cuarzo micáceo grafitoso, de color gris oscuro, en semejanza a los descritos como típicos del Esquisto de Las Mercedes intercalados en concordancia con esquistos de color verde claro, conformado por cuarzo, albíta, minerales del grupo epidoto, actinolita, clorita y moscovita, a su vez se ha establecido el contenido en cantidades menores o trazas de hematita, calcita, pirita, anfíbol y granate, en la mayoría de los casos la roca presenta altas concentraciones de epidoto, llegando a ser una verdadera epidocita. De igual manera se han reportado cuerpos de anfibolita epidótica, presentándose como carácter distintivo de dicha fase la alternancia de rocas esquistosas grises oscuras y verde claro (resumen en González de Juana et al. 1980, p. 318). |

|  |  |  |
|--|--|--|
| <p><b>LITOLOGÍA<br/>(Continuación)</b></p> | <p>equivalente a ésta unidad.<br/>TALUDARK &amp; LOUREIRO (1982) en la cartografía geológica de la zona Puerto Cruz-Mamo reconocen su “unidad de anfibolitas y mármoles, la cual posteriormente URBANI &amp; OSTOS (1989) la definen como Fase Antímamo, es donde ocurre la asociación de anfibolita, mármol, esquistos calcáreos muscovíticos ± grafitosos, esquistos cuarzos muscovíticos ± granatíferos, esquistos cuarzos muscovíticos glaucofánicos granatíferos.<br/>URBANI <i>et al.</i> (1989) en el estado Carabobo, zona del Palito mencionan la asociación de anfibolita granatífera – clinopiroxénica, anfibolita granatífera, eclogita, anfibolita epidótica plagioclásica, mármol, cuarcita y esquistos cuarzos plagioclásicos muscovíticos.<br/>URBANI <i>et al.</i> (1997) realizan estudios de la mineralogía de la fracción carbonática del mármol en la localidad de Mamera, estado Vargas, encontrando muy pocas muestras con dolomita, en contraste, el mármol de Zenda es mayormente dolomítico.<br/>BARBOZA &amp; RODRÍGUEZ (2002) presentan recopilación de todos los estudios petrográficos realizados en dicha unidad en el estado Vargas. CANO &amp; MELO (2002) en afloramientos del río Miguelena describen mármol, budines de anfibolita (en uno de ellos macroscópicamente con cantidades visibles de jadeita) y una roca de grano grueso, heterogénea que identifican como metaconglomerado grafitoso.</p> | <p>BARBOZA &amp; RODRÍGUEZ (2002) presentan recopilación de todos los estudios petrográficos realizados en esta unidad del estado Vargas. BARBOZA &amp; RODRÍGUEZ (2002), CANO &amp; MELO (2002) y CASTILLO &amp; SUÁREZ (2002) cartografían y muestran distribución de esta unidad.</p> |
| <p><b>EXTENSIÓN<br/>GEOGRÁFICA</b></p>     | <p>Han descrito afloramientos aislados desde la zona de Antímamo, hacia el oeste en San Pedro y al este hasta La Florida, continúan en una franja en el valle de la Qda. Tacagua y de ahí al oeste como una franja entre Mamo, Carayaca y Tarma, Edo. Vargas. El mayor de los cuerpos de mármoles fue cartografiado por SMITH (1952) al Sur de San Pedro y Lagunetas, Edo. Miranda. Los afloramientos más occidentales se han reconocido en la zona del Palito, Edo. Carabobo.</p>   | <p>Los afloramientos costeros se extienden desde Oricao hasta Osma, Edo. Vargas, con un ancho medio de unos 2 Km. Los afloramientos se extienden casi paralelamente al valle de la Qda. Tacagua, en la localidad tipo, desde Mamo hasta cerca del Viaducto 1 de la Autopista.</p>        |

|                              |  |  |
|------------------------------|--|--|
| <b>ESPESOR</b>               | Con la foliación como referencia, el espesor aparente es de 40 m según DENGO (1951).   | DENGO (1951) menciona un espesor – el cual se debe considerar aparente – de 150 a 200 m en la localidad tipo.  |
| <b>CONTACTOS</b>             | CANTISANO (1989) hace interpretación como de falla de corrimiento el contacto con el esquisto de Las Mercedes, indicando que los contactos son estructuralmente concordantes tanto con los esquistos de Las Mercedes y Las Brisas.   | DENGO (1951) informa que en la localidad tipo se encuentra en contacto transicional con el infrayacente esquisto de Las Mercedes, por otro lado URBANI Y OSTOS (1989) y OSTOS (1990: 101) indican contactos tectónicos con las unidades: Complejo de San Julián y augengneis de Peña de Mora, así como el Mármol de Antímano y la Anfíbolita de Nirgua y cuerpos de Serpentinitas de la misma Asoc. Metam. La Costa. |
| <b>EXPRESIÓN TOPOGRÁFICA</b> | Se destaca una topografía abrupta en las zonas donde afloran cuerpos de mármol masivos y gruesos, con presencia de estructuras kársticas superficiales.  |  |
| <b>EDAD</b>                  | Por ausencia de fósiles y su presunta posición “estratigráfica” ha sido propuesta de edad Mesozoico medio a superior. Se sugiere sea del Cretácico según los modelos de evolución de La Cordillera de La Costa de OSTOS <i>et al.</i> (1987) y NAVARRO <i>et al.</i> (1988). | Con probabilidad de edad Cretácico Tardío, según modelos tectónicos de TALUKDAR & LOUREIRO (1982) y NAVARRO <i>et al.</i> (1988) y escasa información paleontológica (URBANI <i>et al.</i> 1989), entonces se prefiere considerarla como Jurásico-Cretácico, sin diferenciar.  |

Aguilera & Vallenilla (1985) en la zona de La Entrada, Naguanagua, estado Carabobo, denominaron unidades de gneis sillimanítico (Ugs) aflorando en la parte media central y parte baja en la quebrada Agua Linda, esta unidad a pesar de encontrarse aflorando dentro de la unidad de gneis porfidoclástico (Ugp) ha sido definida como unidad independiente en base a la asociación mineralógica que presenta su aspecto granítico y su tamaño de grano más fino. Como su nombre estas rocas contienen sillimanita, mineral que para el momento de este estudio no ha sido reportada su existencia en la Cordillera de la Costa. La identificación a partir de petrografía fue corroborada por sus propiedades ópticas mediante el método sistemático de YORIS (1981) y difracción de rayos X donde se encontró baja concentración del mineral en la composición de la roca total.

## CAPÍTULO V

### 5. GEOLOGÍA LOCAL

#### 5.1 Generalidades

##### **Petrografía**

Con el resultado de las selecciones determinadas en nuestro trabajo y el análisis petrográfico de 240 rodados seleccionados, se determinaron las agrupaciones mineralógicas, previamente señaladas. A continuación se expone, por cuenca, el reporte petrográfico de cada unidad informal en detalle, contando con descripciones macroscópicas y propiedades petrográficas de todos los minerales encontrados (microscópicas).

##### **Petrografía de muestras de rocas foliadas**

A continuación se presenta el reporte petrográfico de las muestras anteriormente mostradas en la tabla. Dentro de estas agrupaciones se encuentran las unidades informales pertenecientes a los grupos de rocas foliadas, con orientación preferencial en los minerales micáceos y algunos granulares, clasificadas petrográficamente, dentro de los rodados seleccionados en esta quebrada para su estudio.

##### **Petrografía de muestras de rocas no foliadas**

Dentro de este grupo se encuentran los tipos litológicos pertenecientes a los grupos de rocas tales como: meta-psefita (meta-conglomerado epiclástico y brechas), mármoles, epidoditas, cuarcitas y meta-ígneas ultramáficas, máficas, intermedias y graníticas, clasificadas petrográficamente, dentro de los rodados seleccionados en esta quebrada para su estudio.

##### **Tamaño de grano**

Para la determinación del tamaño de grano de las muestras en estudio se tomaron en cuenta los siguientes criterios (tablas 8 y 9):



**Tabla 8. Tamaño de grano de rocas ígneas y otros tipos metamórficos.**

| Tamaño de grano  | Diámetro medio     |
|------------------|--------------------|
| Grano fino       | < 1 mm a afanítica |
| Grano medio      | 1-5 mm             |
| Grano grueso     | 5 mm-3 cm          |
| Grano muy grueso | > 3 cm             |

**Tabla 9. Criterios básicos en la clasificación de rocas metamórficas. GRANDE (1982)**

| TIPO TEXTURAL    | CLASIFICACIÓN SEGÚN TAMAÑO DE GRANO PROMEDIO |               |
|------------------|--|---------------|
| <b>GNEISES</b>   | Muy gruesos                                  | mayor de 5 mm |
|                  | Gruesos                                      | de 3 a 5 mm   |
|                  | Medios                                       | de 1 a 3 mm   |
|                  | Finos  | de 0,5 a 1 mm |
| <b>ESQUISTOS</b> | Gruesos                                      | de 3 a 5 mm   |
|                  | Medios                                       | de 1 a 3 mm   |
|                  | Finos  | de 0,5 a 1 mm |
| <b>FILITAS</b>   | Menor de 0,06 mm                             |               |

### Características microscópicas descriptivas de las rocas (tipos litológicos)

Se presenta a continuación una serie de características que describen a los tipos de roca encontradas en las 7 cuencas estudiadas en este trabajo (tablas 10, 11, 12, 13, 14, 15 Y 16 de tipos litológicos, en el presente capítulo al comienzo de cada cuenca). Para nombrar y clasificar los diferentes tipos litológicos fue necesario realizar una tabla que contiene el % en volumen de cada mineral por muestra (240) (tabla 17 del contenido mineralógico porcentual).

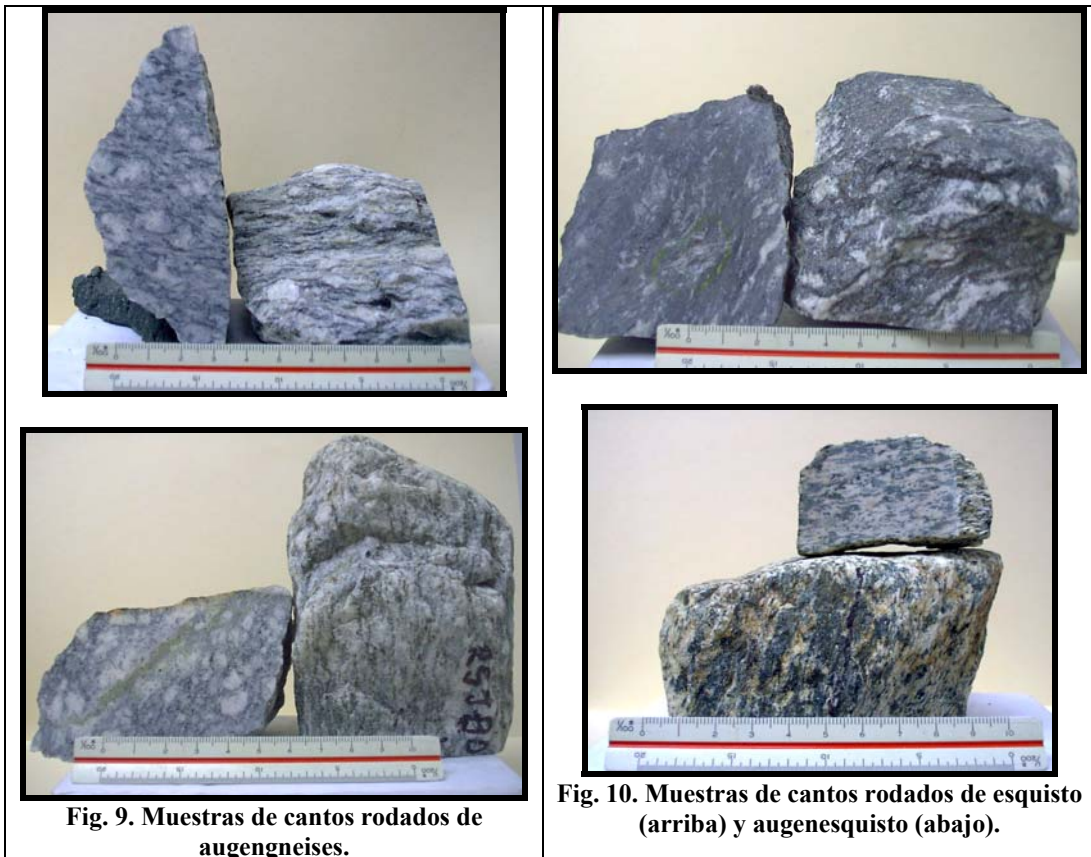
### ROCAS FOLIADAS

#### Augengneis, gneis, augen-esquistos y esquistos

Estas rocas fueron clasificadas de la manera siguiente: se coloca primero el nombre textural (augengneis, gneis, esquistos, etc.), seguido por los tres o cuatro minerales con mayor porcentaje de abundancia, de mayor a menor (tabla 17).

El augengneis está constituido principalmente por cuarzo y feldespato, principalmente potásico. Se caracterizan por desarrollar ojos (fig. 9). Estos ojos

generalmente los conforman poiquiloclastos de microclino, y con menor frecuencia visto porfidoclastos de plagioclasa y cuarzo. Es fundamental para que se desarrolle la textura augen la presencia de sombras de presión, donde se observan bandas de cuarzo microgranular con textura granoblástica, que se engrosan y truncan contra los bordes del porfidoclasto. Estas rocas presentan bandeamiento de minerales claros y oscuros y con tamaño de grano medio y grueso (faneríticas) (tabla 9), holocristalinas, inequigranular porfírica. La mayoría de los granos xenoblásticos.



El gneis, al igual que el augengneis, está constituido por cuarzo y feldespato, como minerales dominantes de la roca, incluyendo la biotita. Estas rocas proceden de rocas ígneas félsicas, incluyendo granitos, granodioritas, tonalitas, trondhjemitas, etc. (tabla 24 de protolitos) . Se diferencia del augen por no desarrollar ojos, pero igualmente posee bandeamiento. Entre capas félsicas y máficas o entre bandas cuarzosas de grano grueso y bandas de grano más fino de cuarzo y feldespato. Presenta tamaño de

grano medio y grueso (fanerítico). Se observan minerales accesorios como apatito, esfena, pirita, hematita, epidoto, sericita y clorita. Algunos tienen trazas de anfíbol, en mayoría barroisita. Las micas y anfíboles están orientados en planos bien definidos, los granos de feldespato pueden estar dispuestos de forma análoga y en algunas variedades el cuarzo aparece en granos alargados paralelos.

Los augenesquistos se diferencian de los augenneises por presentar además del bandeamiento de minerales félsicos y máficos, el desarrollo de foliación esquistosa (fig. 10).

Los esquistos son muy variados, sus tamaños de grano van desde finos (afaníticos) a gruesos (faneríticos) (tabla 8). Sus características se explican en la descripción de cada tipo litológico (fig. 11).

Los protolitos del tipo augengneis y gneis (Cap. 7), se identifica mediante la aplicación del triángulo APQ (fig. 3).



**Fig. 11. Muestras de cantos rodados de esquistos.**

## **ROCAS NO FOLIADAS**

### **Epidosita**

Las epidositas son rocas metasomáticas con mayor porcentaje en volumen del mineral epidoto. No muestran en muchos de los casos foliación alguna, son masivas y los cristales se presentan xenoblásticos y con tamaño de grano medio y grueso.

Contienen también cuarzo, plagioclasa, clorita y granate. En muestra de mano la roca es masiva y con tamaño de grano fino a muy fino (afanítica) (tabla 8). Holocristalinas, equigranular hipidiomórfica (fig. 12).



**Fig. 12. Muestra de canto rodado de epidosita.**

### **Cuarcita**

Las cuarcitas son rocas metamórficas en las que predomina el cuarzo en más del 70% en volumen dentro de la roca.

Se presentan las siguientes variedades:

- Cuarcitas micáceas: con muscovita, biotita o ambas.
- Cuarcitas feldespáticas: con microclino, plagioclasa sódica o ambas.

La mayoría de las cuarcitas tienen textura equigranular, granoblástica y otros se presentan como parches de cuarzo policristalino. Algunas muestras se presentan en bandas orientadas paralelamente. Los porfidoblastos, en algunos casos poiquiloblásticos, están formadas por microclino y plagioclasa. En las cuarcitas micáceas éstas pueden estar orientadas o diseminadas. Presentan tamaño de grano fino (afanítica) y otros de grano medio a grueso (fanerítica) (tabla 8). Holocristalinas, hipidioblásticas (fig. 13).

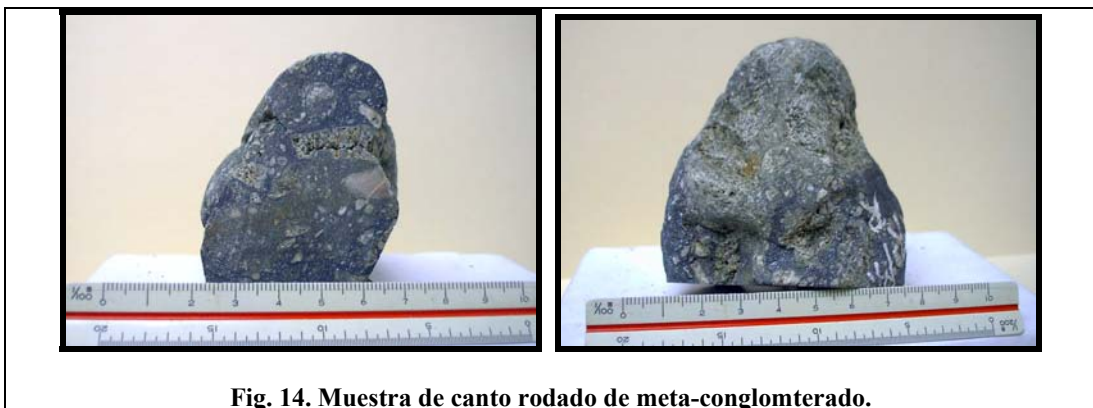


**Fig. 13. Muestras de cantos rodados de cuarcitas.**

### *Psefitas*

#### **Brecha epiclástica**

La brecha epiclástica es una roca masiva, holocristalina. Presenta granos de subangulosos a redondeados, con tamaño de grano medio a grueso (fanerítica) (tabla 8). Presenta una matriz afanítica de granos no diferenciados. Holocristalinas, xenoblástica, inequigranular porfirítica (fig. 14).



**Fig. 14. Muestra de canto rodado de meta-conglomerado.**

#### **Meta conglomerado epiclástico**

Roca masiva, holocristalina, granuda xenoblástica. Presenta granos de gran tamaño redondeados (fanerítica) (tabla 8), y una matriz afanítica de granos no diferenciados (grafitosa). inequigranular porfirítica.

### *Mármoles*

#### **Mármol tremolítico**

Los mármoles están formados frecuentemente por calcita y tremolita como mineral secundario. Ambos minerales presentan textura granoblástica equigranular hipidioblástica, dando aspecto de mosaico. Algunos se presentan entrelazados. Algunas muestras son afaníticas, presentando tamaño de grano muy fino, otras son faneríticas de grano medio (tabla 8). Holocristalina.

### *Meta-ígneas graníticas*

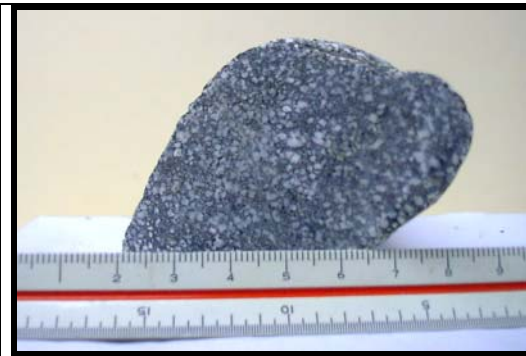
#### **Meta-granodiorita**

Las granodioritas poseen la cantidad de plagioclasa mayor que la de feldespato potásico y  $20 < Q. < 60$ . El feldespato potásico lo constituye el microclino. la plagioclasa está constituida por albita u oligoclasa. El mineral máfico corriente es la biotita parda. Los minerales accesorios comunes son: epidoto, apatito, esfena, pirita y hematita. Es generalmente equigranular, fanerítica de grano medio (tabla 8). Los porfidoblastos son de feldespato potásico, plagioclasa y minerales máficos, algunos fenocristales son poiquilíticos. No presenta orientación de minerales. Es holocristalina y fanerítica de grano medio y la mayoría de los cristales son hipidiomórficos. Rango de índice de color (5-25) (fig. 15).

#### **Meta-tonalita**

Se presenta holocristalina, fanerítica (tabla 8), con tamaño de grano medio a fino y equigranular hipidiomórfica. Presenta mayor cantidad de plagioclasa e igual cantidad de cuarzo y minerales máficos. El feldespato potásico es menos abundante. La biotita es el máfico más abundante. Los minerales accesorios comunes son: epidoto, apatito, esfena, clorita, pirita y hematita. Rango de índice de color (10-40) (fig. 16).





**Fig. 15. Muestra de canto rodado de granodiorita**



**Fig. 16. Muestra de canto rodado de tonalita**

### **Meta-trondhjemita**

Presenta similares características que la tonalita solo que su índice de color es muy bajo, presentando un rango de (0-10) y son de tamaño de grano más fino (fig. 17).



**Fig. 17. Muestra de canto rodado de trondhjemita**



**Fig. 18. Muestra de canto rodado de sienogranito**

### **Meta-sienogranito**

Se presenta holocristalina, fanerítica (tabla 8), de grano medio a fino. Estas contienen mayor cantidad de feldespato potásico (40-80%), la plagioclasa es sódica (10-30%) y cuarzo (20-60%). Presentan un rango de índice de color (5-20).

Tiene textura granular hipidiomórfica, variando el tamaño de los granos desde fino a grueso (fanerítica). El resto de las características parecidas a la granodiorita. Inequigranular porfírica (fig. 18).

*Metaí-gneas intermedias***Meta-diorita**

De iguales características que las tonalitas solo que el % de cuarzo disminuye. Presenta como mineral máfico la biotita.

**Granofels**

Se presentan masivos y granulares, holocristalino. Fanerítico con tamaño de grano grueso a medio (tabla 8). Estas rocas no presentan orientación en sus granos y provienen generalmente de rocas ígneas, algunas de las muestras presentan una matriz afanítica de granos no diferenciables. Inequigranular porfirítica.

*Metaí-gneas máficas***Eclogita**

Las eclogitas son rocas de grano medio a grueso, poco foliadas o sin foliación alguna, formadas principalmente por granate y el piroxeno sódico onfacita, que es un miembro de la serie diópsido-jadeita. Se presentan también cianita, zoisita y paragonita como minerales secundarios. El piroxeno se haya en mayor cantidad que el granate. Aparece la actinolita como producto de alteración del piroxeno. Se presenta como una roca masiva con tamaño de grano fino afanítica (tabla 8). Holocristalina, inequigranular porfirítica. La mayoría de los cristales son xenoblásticos (fig. 19).

**Anfibolita**

Roca máfica holocristalina. Se presentan con tamaño de grano medio (fanerítica) (tabla 8), algunas son afaníticas con tamaño de grano muy fino. Encontramos anfibolitas foliadas, con los minerales bien orientados, aunque en mayoría son masivas sin orientación. El mineral principal, frecuentemente, es la barroisita. Holocristalina, inequigranular porfirítica. La mayoría de los cristales son xenoblásticos (fig. 20).





Fig. 19. Muestra de canto rodado de eclogita.



Fig. 20. Muestra de canto rodado de anfibolita.

### Meta gabros

Los gabros son rocas holocristalinas, son granudos hipidiomórficos, de grano grueso a fino, faneríticas (tabla 9). Se presenta la plagioclasa en mayor proporción que los máficos siendo representantes de estos último la barroisita y biotita. El % de An en las plagioclasas fue difícil determinar debido a que se presentan muy saussuritizadas y no se observan sus maclas. Presentan cuarzo como accesorio e incluyen también pirita, hematita, leucoxeno, apatito, epidoto y esfena. Se le dio el nombre de meta-gabro debido a su elevado índice de color y por la presencia de porfidoblastos de plagioclasa y anfíbol (fig. 21).



Fig. 21. Muestra de canto rodado de meta gabro.

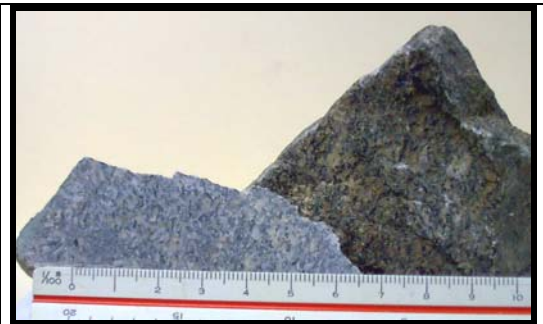


Fig. 22. Muestra de canto rodado de meta diabasa.

### Meta diabasa

Se diferencia del gabro por su típica textura ofítica, donde las láminas porfidoblasticas de plagioclasa tabular, están envueltas o moldeadas por el anfíbol. El anfíbol se presenta hipidiomórfico. El tamaño de grano es de medio a grueso,

fanerítica (tabla 8). El anfíbol presente provino del metamorfismo del piroxeno. La plagioclasa presente es del tipo oligoclasa y andesina (fig. 22).

### *Metá-gneas ultramáficas*

#### **Serpentinita**

Son rocas ultramáficas, masivas y holocristalinas. La serpentina representa casi el 95 % de volumen de la roca. Es de grano muy fino, afanítica (tabla 8).

#### **Actinolita**

Roca de color verde oscuro, moderadamente foliada, presenta casi el 99 % del mineral actinolita. Es holocristalina, equigranular e hipidiomórfica. Afanítica con tamaño de grano fino (tabla 8).

#### **Hornblendita**

Roca masiva de color verde oliva, con tamaño de grano medio a grueso, fanerítica (casi pegmatita) (tabla 8). Presenta como mineral principal la hornblenda, cuyos porfidoblastos presentan como especie de oxidación en sus núcleos. Es holocristalina equigranular hipidiomórfica (fig. 23).



**Fig. 23. Muestras de cantos rodados de hornblenditas.**

**NOTA:** A continuación se presentan los tipos litológicos reconocidos para cada una de las siete cuencas trabajadas (tablas 10, 11, 12, 13, 14, 15 y 16).

Los reportes petrográficos, en detalle, de las rocas seleccionadas se encuentran en el tomo II.

## 5.2 Tipos litológicos y Análisis Petrográfico.

### 5.2.1 Cuencas del flanco norte: Río Miguelena

Tabla 10. Tipos litológicos determinados para la cuenca del Río Miguelena.

| Aspecto textural         | Agrupación         | Tipos litológicos                     | Secciones RM-602-r:   | Observación mineralógica         |
|--------------------------|--------------------|---------------------------------------|-----------------------|----------------------------------|
| Rocas Foliadas           | Gneises            | Augengneis y gneiss czo-plag-ep-mic.  | 10, 7, 13, 15, 33, 25 | Con biotita                      |
|                          |                    | Gneis czo-ep-mus-plag.                | 14                    | Sin biotita                      |
|                          |                    | Gneis plag-czo-mic-gr.                | 29                    | Con granate                      |
|                          |                    | Augen-esquistos plag-mus-czo.         | 47                    | Sin granate                      |
|                          | Esquistos moteados | Esquistos plag-czo-mic-gr.            | 3, 45                 | Granatíferos sin anfíbol         |
|                          |                    | Esquistos plag-ep-czo-mic.            | 44                    | Sin granate y sin anfíbol        |
|                          |                    | Esquistos anf-plag-czo-gr.            | 21, 24, 8             | Anfibólicos granatíferos         |
|                          |                    | Esquistos plag-czo-bi-brr.            | 9                     | Anfibólico sin granate           |
|                          | Esquistos          | Esquistos anf- czo-ep-gr.             | 23, 22, 1             | Con anfíbol y con granate        |
|                          |                    | Esquistos trm-gr.                     | 26                    | Con anfíbol y granate            |
|                          |                    | Esquistos czo-plag-mus-brr.           | 34                    | Con anfíbol y sin granate        |
|                          |                    | Esquistos plag-czo-mus-gr.            | 16, 40                | Granatíferos y sin anfíbol       |
|                          |                    | Esquistos plag-cl-czo.                | 36                    | Sin granate y sin anfíbol        |
|                          |                    | Esquistos czo-cal-grf.                | 2, 6                  | Carbonático                      |
|                          | Rocas no foliadas  | Brecha epiclástica (metaconglomerado) | Meta-conglomerado     | 32                               |
| Mármoles                 |                    | Mármol trm-cl.                        | 46                    | Con anfíbol                      |
|                          |                    | Mármol czo-plag-mus.                  | 30                    | Sin anfíbol                      |
| Meta-ígneas graníticas   |                    | Meta-trondhjemita                     | 12, 27, 28            | Sin anfíbol y con Microclino     |
| Meta-ígneas máficas      |                    | Anfibolita granatífera Glaucofanita   | 4, 37                 | Con granate                      |
|                          |                    | Anfibolita ep-cl.                     | 18, 42                | Sin granate                      |
|                          |                    | Anfibolita eclogítica                 | 43                    | Con granate y restos de onfacita |
|                          |                    | Meta gabro                            | 41, 38                | Anfibólicas y sin feldespatos    |
|                          |                    | Meta diabasa                          | 31, 35, 5             | Con anfíbol y con plagioclasa    |
| Meta-ígneas ultramáficas |                    | Serpentinita                          | 11, 39, 17            |                                  |

### 5.2.2 Cuenca: Río Naiguatá.

Tabla 11. Tipos litológicos determinados para la cuenca del Río Naiguatá.

| Aspecto textural  | Agrupación              | Unidades informales        | Secciones: RN-802-r | Observaciones mineralógicas            |
|-------------------|-------------------------|----------------------------|---------------------|--|
| Rocas foliadas    | Gneises                 | Augengneis czo-feld-mic.   | 13                  | Con biotita y microclino               |
|                   |                         | Gneis czo-plag-mic-gr.     | 3, 32               | Con biotita y con granate              |
|                   |                         | Gneis czo-plag-mic.        | 33, 50              | Con biotita y sin Microclino           |
|                   |                         | Gneis plag-czo-bi.         | 28                  | Sin Microclino y sin moscovita         |
|                   | Esquistos moteados      | Esquisto plag-bi-ep.       | 5                   | Con biotita y sin granate              |
|                   |                         | Esquisto plag-anf-bi.      | 8, 17, 27           | Con biotita y con granate              |
|                   | Esquistos               | Esquisto plag-ep-cl-mic.   | 35, 38, 44, 48      | Con biotita, sin anfíbol y sin granate |
|                   |                         | Esquisto plag-ep-cl-gr.    | 23, 31              | Con biotita, con granate y sin anfíbol |
|                   |                         | Esquisto plag-mic-ep-gr.   | 26                  | Con biotita, con granate y con anfíbol |
|                   |                         | Esquisto anf-czo-plag-mic. | 20, 43, 47          | Con biotita y sin granate              |
|                   |                         | Esquisto anf-czo-ep-gr.    | 16                  | Con biotita y con granate              |
|                   |                         | Esquisto czo-mus-anf.      | 19                  | Con biotita y sin granate              |
|                   |                         | Esquisto sill-plag-mic-gr. | 14                  | Con granate                            |
|                   |                         | Esquisto bi-feld-czo.      | 34                  | Sin anfíbol                            |
|                   |                         | Esquisto anf-ep-gr.        | 2, 37               | Con granate                            |
| Esquisto act.     |                         | 1                          | Con anfíbol         |  |
| Rocas no foliadas | Epidocita               | Epidocita granatífera      | 7                   | Con granate                            |
|                   | Cuarcita                | Cuarcita mic-ep-plag.      | 30                  | -                                      |
|                   | Meta-ígneas graníticas  | Meta- trondhjemita         | 9                   | Con granate y sin Microclino           |
|                   |                         | Meta-trondhjemita          | 18, 39              | Con microclino                         |
|                   |                         | Meta-sienogranito          | 41                  | Con biotita y microclino               |
|                   | Meta-ígneas intermedias | Granofels plag-czo-bi.     | 24                  | Con biotita                            |
|                   |                         | Granofels plag-ep-czo.     | 25, 45              | Sin biotita                            |
|                   | Meta-ígneas máficas     | Anfibolita gr-plag-mic.    | 29                  | Con granate y con biotita              |
|                   |                         | Anfibolita plag-ep-gr.     | 36                  | Con granate y sin biotita              |
| Actinolita        |                         | 10, 15                     | -                   |  |

### 5.2.3 Cuenca: Río San Julián.

**Tabla 12. Tipos litológicos determinados para la cuenca del Río San Julián.**

| Aspecto textural       | Agrupación         | Unidades informales              | Secciones RSJ-802-r:              | Observación mineralógica       |
|------------------------|--------------------|----------------------------------|-----------------------------------|--------------------------------|
| Rocas Foliadas         | Gneises            | Augengneis y gneis czo-plag-mic. | 29, 21, 37, 43, 19, 1, 32, 18, 52 | Con biotita y sin granate      |
|                        |                    | Gneis feld-czo-mic-gr.           | 8, 20                             | Con biotita y con granate      |
|                        |                    | Gneis czo-feld-mus-cal           | 26                                | Con biotita y con carbonato    |
|                        |                    | Gneis czo-feld-bi-gr.            | 33                                | Con biotita, anfíbol y granate |
|                        |                    | Augengneis ep-anf-czo            | 53                                | Sin biotita y con anfíbol      |
|                        | Esquistos Moteados | Esquisto ep-anf-czo-cl.          | 57                                | Con anfíbol                    |
|                        |                    | Esquisto ep-bi-czo-cal.          | 38                                | Con carbonato                  |
|                        |                    | Esquisto czo-bi-ep-plag.         | 10, 48, 42                        | Sin anfíbol                    |
|                        | Esquistos          | Esquisto anf-ep                  | 23, 5                             | Con anfíbol y sin granate      |
|                        |                    | Esquisto ep-plag-czo-gr.         | 44                                | Con anfíbol y con granate      |
|                        |                    | Esquisto czo-plag-bi-cal         | 2, 46                             | Con carbonato                  |
|                        |                    | Esquisto czo-mus-ep-bi.          | 16, 17, 4, 14                     | Sin anfíbol                    |
|                        |                    | Esquisto czo-mus-ep-gr.          | 11                                | Sin anfíbol y con granate      |
|                        | Rocas no foliadas  | Cuarcita                         | Cuarcita plag-mus.                | 28                             |
| Meta-ígneas graníticas |                    | Meta trondhjemitas               | 35, 40, 3                         | Con biotita                    |
|                        |                    | Meta trondhjemitas               | 12                                | Sin biotita y con anfíbol      |
| Meta-ígneas intermedia |                    | Granofels                        | 49                                | Con biotita                    |
| Meta-ígneas máficas    |                    | Anfibolitas gr-cl-czo.           | 30, 25, 36                        | Con granate                    |
|                        |                    | Anfibolitas ep-cal.              | 54                                | Con carbonato                  |

### 5.2.4 Cuenca: Río Camuri Chico.

**Tabla 13. Tipos litológicos determinados para la cuenca del Río Camuri Chico.**

| Aspecto textural         | Agrupación               | Unidades informales           | Secciones: RCCh-802-r     | Observación mineralógica  |
|--------------------------|--------------------------|-------------------------------|---------------------------|---------------------------|
| Rocas Foliadas           | Augengneises y gneises   | Augengneis feld-czo-mic.      | 54                        | Con biotita y microclino  |
|                          |                          | Gneis feld-czo-mic-gr.        | 30,32                     | Con biotita y con granate |
|                          |                          | Gneis feld-czo-ep-cl.         | 34,46                     | Sin biotita               |
|                          |                          | Gneis feld-czo-mic.           | 6,16,27                   | Con biotita y microclino  |
|                          |                          | Augen-esquistos feld-czo-mus. | 8,31,58                   | Con biotita y microclino  |
|                          | Esquistos moteados       | Esquisto anf-plag-ep.         | 17,39                     | Con biotita               |
|                          | Esquistos                | Esquisto ep-plag-anf.         | 5                         | Sin biotita               |
|                          |                          | Esquisto plag-czo-mic.        | 50                        | Con biotita               |
|                          |                          | Esquisto anf-ep-plag-gr.      | 52                        | Con granate y sin biotita |
|                          |                          | Esquisto anf-ep-czo.          | 15,35                     | Sin biotita               |
| Esquisto plag-mic-ep-gr. |                          | 43                            | Con granate y con biotita |                           |
| Rocas no foliadas        | Meta-psamitas            | Meta-conglomerado epiclástico | 44                        | --                        |
|                          | Mármoles                 | Mármol tremolítico            | 2,42                      | Con anfíbol               |
|                          | Meta-ígneas graníticas   | Meta-trondhjemita             | 9                         | Con biotita y microclino  |
|                          |                          | Meta-trondhjemita             | 56                        | Sin biotita y microclino  |
|                          | Meta-ígneas máficas      | Eclogita anf-prg.             | 12                        | Con granate y con anfíbol |
|                          |                          | Anfibolita mic-plag.          | 24                        | Con biotita               |
|                          |                          | Anfibolita ep.                | 33                        | Sin biotita               |
|                          |                          | Anfibolita plag-calc-czo.     | 19                        | Sin biotita               |
|                          | Meta-ígneas ultramáficas | Serpentinita                  | 26,36                     | -                         |

### 5.2.5 Cuencas del flanco sur: Quebrada Tacamahaca.

**Tabla 14. Tipos litológicos determinados para la cuenca de la Quebrada Tacamahaca.**

| Aspecto textural  | Agrupación               | Unidades informales                 | Secciones RT-602-r:          | Observación mineralógica              |
|-------------------|--------------------------|-------------------------------------|------------------------------|---------------------------------------|
| Rocas Foliadas    | Gneises                  | Augengneis y Gneis czo-mic-plag-ep. | 16, 18, 19, 43               | Con biotita                           |
|                   |                          | Gneis czo-ep-plag-mus.              | 23, 33                       | Sin biotita                           |
|                   |                          | Augenesquistos czo-mic-plag-ep      | 26                           | Con biotita                           |
|                   | Esquistos moteados       | Esquisto Anf-bi-cl-ep.              | 6                            | Con anfíbol                           |
|                   | Esquistos                | Esquisto czo-mus-ep-gr.             | 24, 39                       | Con granate                           |
|                   |                          | Esquisto czo-mic-ep-cl.             | 25, 30                       | Sin granate                           |
| Rocas no foliadas | Epidosita                | Epidosita                           | 8                            | Con plagioclasa y cuarzo              |
|                   | Cuarcita                 | Cuarcita ep-mic.                    | 31                           | Con epidoto y micas                   |
|                   | Meta-ígneas graníticas   | Meta-trondhjemitas                  | 45A                          | Sin anfíbol y sin microclino          |
|                   |                          |                                     | 34B, 34A                     | Sin anfíbol y con microclino          |
|                   |                          | Meta-tonalita                       | 35                           | Con anfíbol y microclino              |
|                   |                          |                                     | 5, 12                        | Sin anfíbol y con microclino          |
|                   | Meta-granodiorita        | 9, 44, 36                           | Sin anfíbol y con microclino |                                       |
|                   | Meta-ígneas intermedias  | Granofels anf-cl.                   | 17                           | Con anfíbol y sin plagioclasa         |
|                   |                          | Granofels (brechoide)               | 40                           | Con biotita. Heterogéneo              |
|                   | Meta-ígneas máficas      | Anfibolita ep-cl-czo.               | 29, 32                       | Sin biotita                           |
|                   |                          | Anfibolita czo-ep-plag-bi.          | 13                           | Con biotita                           |
|                   |                          | Meta-gabro                          | 11, 2, 3                     | Con anfíbol y con biotita             |
|                   |                          | Meta-gabro                          | 10                           | Con anfíbol y sin biotita             |
|                   | Meta-ígneas ultramáficas | Hornblendita ep.                    | 29                           | Hornblendita ep. y czo. (Tz),         |
|                   |                          | (Anfibolita bi.)<br>Hornblendita    | 41                           | Con biotita, sin cuarzo y sin epidoto |

### 5.2.6 Cuenca: Río Tócome.

**Tabla 15. Tipos litológicos determinados para la cuenca del Río Tócome.**

| Aspecto textural       | Agrupación             | Unidades informales      | Secciones: RTo-902-r | Observación mineralógica               |
|------------------------|------------------------|--------------------------|----------------------|--|
| Rocas Foliadas         | Augengneises y gneises | Augengneis feld-czo-mic. | 16                   | Con biotita y microclino               |
|                        |                        | Gneis feld-czo-mic.      | 1,14,23,25,36        | Con biotita y microclino               |
|                        | Esquistos moteados     | Esquisto plag-anf-bi-ep. | 9,15                 | Con biotita y con anfíbol              |
|                        |                        | Esquisto anf-plag-ep-gr. | 50                   | Con biotita, con granate y anfíbol     |
|                        |                        | Esquisto plag-mic-ep-gr. | 52                   | Con biotita, con granate y sin anfíbol |
|                        | Esquisto               | Esquisto czo-plag-cl.    | 8                    | Con biotita y sin anfíbol              |
|                        |                        | Esquisto czo-plag-cl.    | 37                   | Sin biotita y sin anfíbol              |
|                        |                        | Esquisto anf-plag-ep.    | 20,33,51             | Sin biotita                            |
|                        |                        | Esquisto ep-czo-cl.      | 48                   | Sin biotita con anfíbol                |
|                        | Rocas no foliadas      | Cuarcitas                | Cuarcita plag-mic.   | 5,24,27,45                             |
| Meta-ígneas graníticas |                        | Meta-trondhjemita        | 3                    | Con biotita                            |
|                        |                        | Anfibolita plag-ep-cl.   | 26                   | Con biotita                            |
| Meta-ígneas máficas    |                        | Meta-gabro               | 17,41                | Con biotita                            |
|                        |                        | Meta-diabasa             | 34                   | Sin biotita                            |



### 5.2.7 Cuenca: Quebrada Chacaíto.

**Tabla 16. Tipos litológicos determinados para la cuenca de la Quebrada Chacaíto.**

| Aspecto textural       | Agrupación             | Unidades Informales        | Secciones: QCh-802-r       | Observación mineralógica     |
|------------------------|------------------------|----------------------------|----------------------------|------------------------------|
| Rocas Foliadas         | Augengneises y gneises | Augengneis czo-feld-mic.   | 40                         | Con biotita y microclino     |
|                        |                        | Gneis plag-mic-czo-ep.     | 3,16                       | Con biotita y anfíbol        |
|                        |                        | Gneis plag-ep-anf.         | 5                          | Sin biotita y con anfíbol    |
|                        |                        | Gneis plag-czo-ep.         | 35                         | Con biotita                  |
|                        | Esquistos moteados     | Esquisto plag-anf-bi-ep.   | 1,27                       | Con biotita y sin granate    |
|                        |                        | Esquisto anf-plag-ep-cl.   | 14,46                      | Sin biotita y sin granate    |
|                        |                        | Esquisto anf-plag-ep-gr.   | 6                          | Con granate y sin biotita    |
|                        | Esquistos              | Esquisto czo-ep-plag-cl.   | 37,52                      | Con biotita y con anfíbol    |
|                        |                        | Esquisto czo-plag-ep-cl.   | 21,44                      | Sin biotita y sin anfíbol    |
|                        |                        | Esquisto czo-cl-ep.        | 22                         | Sin biotita y con anfíbol    |
|                        |                        | Esquisto anf-plag-ep.      | 19                         | Sin biotita                  |
|                        | Rocas no foliadas      | Meta-psefita               | Metaconglomerado / brecha. | 50                           |
| Cuarcitas              |                        | Cuarcita plag-mic.         | 17,26,34                   | -                            |
| Meta-ígneas graníticas |                        | Meta-trondhjemita          | 24                         | Con microclino y con biotita |
|                        |                        | Meta-trondhjemita          | 39                         | Sin microclino y sin biotita |
|                        |                        | Meta-granodiorita          | 29                         | Con microclino y con biotita |
|                        |                        | Meta-tonalita              | 47                         | Con microclino y con biotita |
| Meta-ígneas máficas    |                        | Anfibolita czo-plag-ep-gr. | 41                         | Con granate                  |

### 5.3 Correspondencia de cuencas contiguas

Correspondencia litológica entre las cuencas del río Miguelena y la quebrada Tacamahaca, y las del río Camiri Chico y la quebrada Chacaíto.

Se presenta a continuación la correspondencia a nivel litológico entre el Río Miguelena y la Quebrada Tacamahaca, y el Río Camuri Chico y la Quebrada Chacaíto correspondientes a los flancos norte y sur respectivamente (ambos pares de cuencas). A través de los resultados del reporte petrográfico y haciendo una comparación entre las agrupaciones de tipos litológicos, obtenidos en el presente trabajo, y las unidades litodémicas formales que se encuentran enmarcadas y cartografiadas dentro de nuestra zona de estudio se obtuvo el siguiente esquema (tablas 18 y 19):

**Tabla 18. Correspondencia entre cuencas contiguas (flancos sur-norte)**

| Quebrada Tacamahaca<br>Tipos litológicos   | Unidades litodémicas formales                              |  | Río Miguelena<br>Tipos litológicos   | Unidades litodémicas formales                              |
|--|--|--|--|--|
| - Augengneis y Gneis czo-mic-plag-ep<br>- Gneis czo-ep-plag-mus<br>- Augen-esquistos czo-mic-plag-ep | A. M. A.: Augengneis de Peña de Mora y Complejo San Julián |  | - Augengneis y gneis czo-plag-ep-mic.<br>- Gneis czo-ep-mus-cl<br>-Gneis plag-czo-mic-gr<br>- Augen-esquistos  | A. M. A.: Augengneis de Peña de Mora y Complejo San Julián |
| - Esquistos (mot.) anf-bi-cl-ep.   | A.M.A.: Complejo San Julián                                |  |  |  |
| - Esquistos czo-mus-ep-gr.<br>- Esquistos czo-mic-ep-cl.   | A. M. A.: Complejo San Julián                              |  | - Esquistos (mot.) plag-czo-mic-gr.<br>- Esquistos (mot.) plag-ep-czo-mic.<br>- Esquistos (mot.) anf-plag-czo-cl.<br>- Esquistos (mot.) plag-czo-bi-brr. | A. M. A.: Complejo San Julián                              |

|   |   |  |   |  |
|---|---|--|---|--|
| Epidosita   | A. M. A.:<br>Complejo San Julián                                  |  | - Esquisto anf-gr.<br>- Esquisto czo-mus-brr.<br>- Esquisto plag-czo-mus-gr.<br>- Esquisto plag-cl-czo. | A. M. A.:<br>Complejo San Julián                                 |
| Cuarcita ep-mic.  |   |  | - Esquisto czo-cal-grf.   | A. M. L C.:<br>Esquisto de Tacagua                               |
| - Anfibolita ep-cl-czo.<br>- Hornblendita ep.<br>- Anfibolita czo-ep-plag-bi.<br>- Anfibolita bi. | A. M. A.:<br>Complejo San Julián<br>-- --<br>Metaígneas de Tócome |  | - Mármol trm-cl.<br><br>- Mármol czo-plag-mus.  | A. M. L C.:<br>Mármol de Antímano                                |
| - Meta-trondhjemita<br>- Meta-granodiorita<br>- Meta-trondhjemitas con xenolitos mic-anf.         | Metagranito de Naiguatá   |  | - Serpentinita<br>- Anfibolitas gr.<br>- Anfibolitas ep-cl.<br>- Meta gabros                            | A. M. L C.:<br>Serpentinita                                      |
|   |   |  | - Meta diabasas   | A. M. A.:<br>Complejo San Julián /<br>Augengneis de Peña de Mora |
|   |   |  | - Meta-trondhjemita<br><br>- Brecha   | Metagranito de Naiguatá  |

**Tabla 19. Correspondencia entre cuencas contiguas (flancos sur-norte)**

| <b>Quebrada Chacaíto<br/>Tipos litológicos</b>   | <b>Unidades litodémicas formales</b>                          |  | <b>Río Camuri Chico<br/>Tipos litológicos</b>   | <b>Unidades litodémicas formales</b>                          |
|--|---|--|---|---|
| - Augengneis czo-feld-mic.<br>- Gneis plag-mic-czo-ep.<br>- Gneis plag-ep-anf.<br>- Gneis plag-czo-ep. | A. M. A.:<br>Augengneis de Peña de Mora y Complejo San Julián |  | - Augengneis feld-czo-mic.<br>- Gneis feld-czo-mic-gr.<br>-Gneis feld-czo-ep-cl.<br>- Gneis feld-czo-mic.<br>- Augen-esquisto feld-czo-mus. | A. M. A.:<br>Augengneis de Peña de Mora y Complejo San Julián |
| - Esquisto plag-anf-bi-ep.<br>- Esquisto anf-plag-ep-cl.<br>- Esquisto anf-plag-ep-gr.                 | A. M. A.:<br>Complejo San Julián                              |  | Esquisto anf-plag-ep.   | A. M. L C.:<br>esquisto de Tacagua                            |

|  |  |  |   |
|--|--|--|---|
| - Esquisto<br>czo-ep-plag-cl.<br>- Esquisto<br>czo-plag-ep-cl.<br>- Esquisto<br>czo-cl-ep.<br>- Esquisto<br>anf-plag-ep. | A.M.A.:<br>Complejo San<br>Julián  | - Esquisto<br>ep-plag-anf.<br>- Esquisto<br>Plag-czo-mic.<br>- Esquisto<br>plag-anf-cl-ep.<br>- Esquisto<br>anf-ep-plag-gr.<br>- Esquisto anf-ep-czo.<br>- Esquisto<br>plag-mic-ep-gr. | A.M.A.:<br>Complejo San<br>Julián   |
| Cuarcita plag-mic.   | A. M. A.:<br>Complejo San<br>Julián  | Meta-conglomerado<br>epiclástico   | A.M.A.: Complejo<br>San Julián /<br>Augengneis de<br>Peña de Mora                                     |
| Anfibolita<br>czo-plag-ep-gr.  | A.M.A.:<br>Complejo San<br>Julián /<br>Augengneis de<br>Peña de Mora<br>-- --<br>Metaígneas de<br>Tócome | Mármol trm.  | A. M. L C.:<br>Mármol de<br>Antimano  |
| Granofels con<br>fragmentos de roca<br>Meta-trondhjemitas<br>Meta-granodioritas<br>Meta-diorita czo.                     | A.M.A.:<br>Complejo San<br>Julián /<br>Augengneis de<br>Peña de Mora<br>-- --<br>Metaígneas de<br>Tócome | Eclogita anf-prg.  | A. M. L C.:<br>Unidad<br>desconocida<br>¿Antimano?  |
| -- --  | -- --  | Serpentinita   | A. M. L C.:<br>serpentinita   |
| -- --  | -- --  | Anfibolita mic-plag.<br>Anfibolita ep.<br>Anfibolita<br>plag-cal-czo.  | A. M. A.:<br>Complejo San<br>Julián<br>ó<br>A. M. L C.:<br>Mármol de<br>Antimano                      |
| -- --  | -- --  | Meta-trondhjemitas   | A.M.A.: Complejo<br>San Julián /<br>Augengneis de<br>Peña de Mora<br>-- --<br>Metaígneas de<br>Tócome |

|                         |                            |
|-------------------------|----------------------------|
| <b>Correspondientes</b> | <b>No correspondientes</b> |
|-------------------------|----------------------------|

**Tabla 20. Correspondencia general entre cuencas contiguas (trayecto N-S)**

| Río Camuri Chico<br>Tipos litológicos  | Unidades liodémicas<br>formales  |  | Río Miguelena<br>Tipos litológicos  | Unidades liodémicas<br>formales   |
|--|--|--|---|---|
| Esquisto<br>anf-plag-ep.   | A. M. L. C.: Esquisto<br>de Tacagua  |  | - Esquisto czo-cal-grf.   | A. M. L. C.: Esquisto de<br>Tacagua   |
| - Esquisto<br>ep-plag-anf.<br>- Esquisto<br>Plag-czo-mic.<br>- Esquisto<br>plag-anf-cl-ep.<br>- Esquisto<br>anf-ep-plag-gr.<br>- Esquisto anf-ep-czo.<br>- Esquisto<br>plag-mic-ep-gr. | A. M. A.: Complejo<br>San Julián   |  | - Esquisto (mot.)<br>plag-czo-mic-gr.<br>- Esquisto (mot.)<br>plag-ep-czo-mic.<br>- Esquisto (mot.)<br>anf-plag-czo-cl.<br>- Esquisto (mot.)<br>plag-czo-bi-brr.<br>- Esquisto anf-gr.<br>- Esquisto<br>czo-mus-brr.<br>- Esquisto<br>plag-czo-mus-gr.<br>- Esquisto plag-cl-czo. | A. M. A.: Complejo<br>San Julián  |
| Mármol trm.  | A. M. L. C.: Mármol<br>de Antimano   |  | - Mármol trm-cl.<br><br>- Mármol<br>czo-plag-mus.   | A. M. L. C.: Mármol de<br>Antimano  |
| Serpentinita   | A. M. L. C.:<br>serpentinita   |  | - Serpentinita<br><br>- Anfibolitas gr.<br>- Anfibolitas ep-cl.<br>- Meta gabros  | A. M. L. C.: serpentinita   |
| Meta-conglomerado<br>Epiclástico   | A.M.A.: Complejo<br>San Julián   |  | - Brecha epiclástica /<br>Meta-conglomerado   | A.M.A.: Complejo<br>San Julián /<br>Augengneis de Peña de<br>Mora<br>---<br>Metaígneas de<br>Tócome |
| Anfibolita mic-plag.<br>Anfibolita ep.<br>Anfibolita<br>plag-cal-czo.<br><br>Eclogita anf-prg.   | A. M. A.: Augengneis<br>de Peña de Mora y<br>Complejo San Julián,<br>Metaígneas de<br>Tócome ó<br>A. M. L. C.: Mármol<br>de Antimano |  | - Meta diabasas   | A. M. L. C.: Complejo<br>San Julián   |
| - Meta-trondhjemitita  | A.M.A.: Complejo<br>San Julián   |  | Meta-trondhjemitas  | A.M.A.: Complejo San<br>Julián  |
| - Augengneis<br>feld-czo-mic.<br>- Gneis<br>feld-czo-mic-gr.<br>-Gneis<br>feld-czo-ep-cl.<br>- Gneis feld-czo-mic.<br>- Augen-esquisto<br>feld-czo-mus.                                | A. M. A.: Augengneis<br>de Peña de Mora y<br>Complejo San Julián   |  | - Augengneis y gneis czo-<br>plag-ep-mic.<br>- Gneis czo-ep-mus-cl<br>-Gneis<br>plag-czo-mic-gr<br>- Augen-esquisto   | A. M. A.: Augengneis<br>de Peña de Mora y<br>Complejo San Julián                                    |
| ----- Continúa ----- <b>FILA</b> -----   |  |  | ----- <b>MAESTRA</b> -----  |   |

| Quebrada Chacaíto<br>Tipos litológicos   | Unidades<br>litodémicas formales  | Quebrada Tacamahaca<br>Tipos litológicos  | Unidades litodémicas<br>formales  |
|--|---|---|---|
| - Augengneis<br>czo-feld-mic.<br>- Gneis<br>plag-mic-czo-ep.<br>- Gneis<br>plag-ep-anf.<br>- Gneis<br>plag-czo-ep.       | A. M. A.: Augengneis<br>de Peña de Mora y<br>Complejo San Julián                                      | - Augengneis y<br>Gneis czo-mic-plag-ep<br>- Gneis<br>czo-ep-plag-mus<br>- Augen-esquistos<br>czo-mic-plag-ep | A. M. A.: Augengneis<br>de Peña de Mora y<br>Complejo San Julián                                    |
| Granofels con fragmentos<br>de roca<br>Meta-trondhjemitas<br>Meta-granodioritas<br>Meta-diorita czo.                     | A.M.A.: Complejo<br>San Julián /<br>Augengneis de Peña<br>de Mora<br>---<br>Metaígneas de<br>Tócome   | - Meta-trondhjemita<br>- Meta-granodiorita<br>- Meta-trondhjemitas con<br>xenolitos mic-anf.                  | A.M.A.: Complejo<br>San Julián /<br>Metagrano de<br>Naiguatá<br>---<br>Metaígneas de<br>Tócome      |
| Anfibolita<br>czo-plag-ep-gr.  | A. M. A.: Complejo<br>San Julián /<br>Augengneis de Peña<br>de Mora<br>---<br>Metaígneas de<br>Tócome | - Anfibolita ep-cl-czo.<br>- Anfibolita<br>czo-ep-plag-bi.<br>- Anfibolita bi.                                | A.M.A.: Complejo<br>San Julián /<br>Augengneis de Peña de<br>Mora<br>---<br>Metaígneas de<br>Tócome |
| - Esquisto<br>plag-anf-bi-ep.<br>- Esquisto<br>anf-plag-ep-cl.<br>- Esquisto<br>anf-plag-ep-gr.                          | A.M.A.: Complejo<br>San Julián  | - Esquisto (mot.)<br>anf-bi-cl-ep.  | A. M. A.: Complejo<br>San Julián  |
| - Esquisto<br>czo-ep-plag-cl.<br>- Esquisto<br>czo-plag-ep-cl.<br>- Esquisto<br>czo-cl-ep.<br>- Esquisto<br>anf-plag-ep. | A.M.A.: Complejo<br>San Julián  | - Esquisto<br>czo-mus-ep-gr.<br>- Esquisto<br>czo-mic-ep-cl.  | A. M. A.: Complejo<br>San Julián  |
| -----  | -----   | Epidosita   | A. M. A.: Complejo<br>San Julián /<br>Augengneis de Peña de<br>Mora                                 |
| Cuarcita plag-mic.   | A. M. A.: Complejo<br>San Julián  | Cuarcita ep-mic.  | A. M. A.:<br>Complejo San Julián  |

Al realizar la comparación de cuencas contiguas (Camuri Chico-Chacaíto y Miguelena-Tacamahaca), en base a las unidades litodémicas formales cartografiadas en la zona y los tipos litológicos obtenidos en este trabajo (tablas 18 y 19), se observa que sólo las unidades que se encuentran aflorando en las zonas más altas del Macizo Ávila (Fila Maestra) son las que se corresponden entre ambas vertientes (norte y sur), siendo dichas unidades El Complejo San Julián y el Augengneis de Peña de Mora, ambos pertenecientes a la Asociación Metamórfica Ávila (A.M.A.). Además, cabe destacar que en el flanco norte se encuentran aflorando otras unidades como son el Esquisto de Tacagua y el Mármol de Antímano, los cuales no se encuentran aflorando en el flanco sur.

A su vez, sólo en algunos casos como en las Meta-ígneas de Tócome, estas se encuentran o pueden ser nombradas dentro de algunas vertientes más hacia el oeste en el flanco norte. Por ejemplo en el río Camurí Chico donde en la descripción litológica del Complejo de San Julián son reconocidas estas rocas siempre y cuando sean cartografiables a escala 1: 10.000 (URBANI 2002).

Resulta difícil hallar una correspondencia tomando como muestras de rocas cantos rodados, a su vez que existen cuerpos de roca (anfíbolita, cuarcita, epidocita, etc.) que pertenecen a unidades litodémicas distintas pero que se encuentran dentro o formando parte de una misma cuenca, donde no se podría asegurar cual es su procedencia. Ejemplo: en la quebrada Tacamahaca se encontró una muestra de cuarcita la cual podría pertenecer al complejo San Julián.

Haciendo un transecto norte-sur entre cuencas contiguas y sub-paralelas (Camuri Chico-Chacaíto y Miguelena-Tacamahaca), se obtuvieron resultados completamente correspondientes de este a oeste con respecto a las unidades litodémicas formales ya cartografiadas y los tipos litológicos obtenidos en este trabajo.

La interpretación se llevo a cabo a través de la mineralogía, texturas y tipo de roca obtenidos en nuestro estudio petrográfico, donde se obtuvieron unidades litodémicas informales que mostraron, igualmente, similitud con las unidades litodémicas formales.

Se puede concluir que las muestras de cantos rodados, no son un patrón de comparación confiable para hacer relaciones litológicas entre cuencas, ya que no se podría asegurar cual es su procedencia. Estos cantos sólo pueden indicar su presencia como tipo de roca dentro de estas unidades, pero no atribuibles en forma única a ninguna de ellas. Las muestras de roca tomadas de afloramientos pueden ser fácilmente ubicadas dentro de una unidad litodémica formal específica ya cartografiada con solo tener su ubicación en coordenadas.



## CAPÍTULO VI

### 6. TEXTURAS METAMÓRFICAS

#### 6.1 DESCRIPCIÓN DE TEXTURAS METAMÓRFICAS

En este capítulo se tomarán en cuenta la geometría, distribución y orientación de las texturas metamórficas encontradas en la zona de estudio. Debido a que éstas texturas mantienen implícitas relaciones cronológicas en relación a los períodos de deformación se analizarán y describirán acerca de los procesos que las originan.

##### 6.1.1 Texturas cristaloblásticas

Cuando los cristales y agregados minerales crecen en un medio sólido, se denomina textura cristaloblástica. En las rocas estudiadas se observan los siguientes tipos (HEINRICH 1972):

**a) Granoblástica:** Es un tipo de textura donde los minerales no presentan orientación y los granos generalmente son equidimensionales y xenoblásticos, formando como un mosaico.

Este término se aplica a rocas no foliadas que han sufrido metamorfismo de contacto. Sin embargo, también se aplica a aquellas rocas de foliación muy leve, por lo que este término no es uso exclusivo de aquellas que han sufrido metamorfismo de contacto. Las muestras que presentan esta textura tienen aspecto ígneo o sedimentario, pero su mineralogía las identifica.

Existen rocas que presentan metamorfismo regional con este tipo de textura e.g., anfibolitas, cuarcitas, mármoles, eclogitas, etc.

Rocas con este tipo de textura, se encontraron en las muestras de cuarcita RT-r31 (fig. 103) y RTo-27 (fig.122) y mármol tremolítico RCCh-r2 (fig. 87) y RM-r46 (fig. 22).

**b) Lepidoblástica:** Este tipo de textura se da en rocas ricas en micas i.e., minerales laminares o escamosos (filosilicatos), que se presentan orientadas paralela o subparalelamente.

Se observa este tipo de textura en los esquistos micáceos recolectados RM-r40 (fig. 18) y RCCh-r50 (fig. 81) y cuarcitas micáceas To-r27 (fig. 122).

**c) Nematoblástica:** Se da en minerales de hábito prismático y/o tabular, dispuestos paralela o subparalelamente e.g., anfíboles y epidoto. Sólo se da en esquistos anfibólicos.

Es típico de los esquistos barroisíticos. En la muestra QCh-r6 (fig. 135).

### 6.1.2 Textura porfidoblástica

Se da cuando los cristales metamórficos relativamente grandes (porfidoblastos), de una o más especies de origen metamórfico, se encuentran embebidos dentro de una matriz de grano más fino, pudiendo estar esta matriz representada por una sola especie mineral, de origen metamórfico y/o reliquias. Los porfidoblastos son formados por blástesis en estado sólido, entendiéndose por proceso de blástesis, al crecimiento de cristales en un medio sólido, donde los cristales en crecimiento deben competir entre sí por el espacio, durante el metamorfismo.

Los minerales que generalmente forman esta textura son la plagioclasa (albita), granate, las micas (biotita, muscovita, clorita). Los minerales tales como la esfena, turmalina, epidoto, apatito y actinolita-tremolita raramente aparecen formando este tipo de textura.

La formación de porfidoblastos se debe a HEINRICH (1972):

a) La mayor capacidad de nucleación de minerales que ocupan altas posiciones en la serie cristaloblástica.

b) Dos fases o clases de metamorfismo superpuestos.

En los esquistos moteados, la plagioclasa (albita) alcanzan su máximo desarrollo, donde tienen aspecto ovoidal. En algunas cuarcitas, también es fácil encontrar plagioclasa porfidoblástica maclada y con hábito tabular y granular. Este tipo de textura se aprecia en los esquistos moteados RN-r8 (fig. 33) y RM-r3 (fig.12).

El caso de los porfidoblastos de granate se presenta ampliamente distribuidos sobre las muestras de la vertiente norte, llegan a alcanzar un máximo de 3 mm de diámetro, encontrándose chocando siempre estos con la foliación (post-tectónicos). Se reconocen en los grupos de los esquistos moteados y anfibólicos QCh-r6 (fig. 135), en algunos augengneis y en anfibolitas granatíferas RM-r37 (fig. 25). Se presentan granulares, pocos poligonales y algunos fracturados. La mayoría de estos granos se aprecian con alteración y microfracturas rellenas de clorita atravesándolos por completo.

Las micas muscovita, biotita junto a clorita, tienden a presentarse en porfidoblastos con desarrollo de algunas caras cristalográficas (hipidiomórficos) y que llegan a alcanzar de 2 a 3 mm. Frecuentemente estos porfidoblastos hojosos, laminares y escamosos, son reconocidos en augengneises y gnéises, y en esquistos micáceos. Se observan en las muestras de esquistos moteados RSJ-r10 (fig. 62) y en la Metaígneas de Naiguatá, RN-r39 (fig. 49).

En menores proporciones y mucho más raros se encuentran los porfidoblastos de esfena y apatito. Los pocos granos de esfena los cuales se reconocieron dentro de la muestra CCh-r19 (fig. 94) se presentan con un hábito rómbico de algunos bordes irregulares corroídos. Los de apatito encontrados en la muestra CCh-r42 (fig. 88) se presentan con hábito granular amorfo y de bordes irregulares.

Los porfidoblastos de epidoto con hábito granular y semi prismático de bordes irregulares hasta corroídos, son reconocidos dentro de los gneises encontrados en Camurí Chico, CCh-r6 (fig. 76).

En algunas muestras de rocas anfibólicas, esquistos anfibólicos y metaígneas máficas se llegan a determinar porfidoblastos de anfíbol con hábito prismático alargado. Este es el caso de la muestra de esquistos anfibólicos RN-802-r17 (fig. 35) donde se encuentran porfidoblastos de barroisita; en el caso del mármol tremolítico RCCh-802- r2 (fig. 87) se presentan porfidoblastos de tremolita bastante prismáticas.

### **Textura porfidoclástica**

Se da en rocas inequigranulares donde los cristales de mayor tamaño no son de origen metamórfico (son reliquia de la mineralogía de la roca original), estando la matriz constituida también por minerales reliquias pero de menor tamaño, y minerales metamórficos (HEINRICH 1972).

Este tipo de textura es característica de los augengneises encontrados en la zona de estudio, donde se observan grandes cristales de microclino porfidoclástico.

El microclino porfidoclástico hace presencia en los augengneises (donde es común encontrar este tipo de textura), rodeado por las micas, ambos se unen para formar los ojos de este tipo de textura gnéisica. Generalmente se presentan hipidiomórficos, con maclado tipo Carlsbad e intercrecimientos peritéticos. Se observan en los augengneises y gneises de las muestras RM-r7 (fig. 8), RTo-r16 (fig. 112) y RM-r33 (fig. 7).

Es importante destacar que los augengneises son de origen cataclástico y presentan a su vez esta textura, ya que ellos son simplemente milonitas.

Las texturas cataclásticas se deben a la disgregación mecánica de los granos y agregados minerales. En esta textura los granos son angulosos y presentan una orientación incipiente, estando embebidos en una matriz que generalmente posee en parte la misma composición que los porfidoclastos.

### 6.1.3 Textura poiquiloblástica

Se da cuando los porfidobláastos presentan un contenido numeroso de inclusiones de minerales. Pueden darse diversos casos (GRANDE 1982):

-Inclusiones de microlitos, generalmente irreconocibles, que provocan al cristal completo o parte del mismo, un aspecto nebuloso: mucho de los casos los tenemos claramente visibles en feldespatos no clasificables dentro de algunas rocas meta-ígneas y en porfidoblastos de plagioclasa sausriritizada RSJ-r46 (fig. 64).

-Inclusiones de cristales grandes que muestran en el porfidoblasto una textura esqueletal. También se puede apreciar en granates entre otros.

-Inclusiones de cristales grandes en porfidoblastos granulares, tabulares y micáceos. RTo-r15 y 52 (figs. 116 y 117).

### 6.1.4 Textura Augen

Se presenta en los augengeiseis y augengesquistos encontrados en la zona de trabajo. Se caracteriza por presentar un mineral generalmente de feldespatos potásicos (microclino), plagioclasa o cuarzo, rodeados por micas lepidoblásticas para formar los llamados “ojos”, (SPRY 1969).

. RTo-r16 (fig. 112), RSJ-r43 (fig. 56) y RM-33 (fig. 7).

Los “ojos” pueden estar constituidos por un sólo grano de feldespato potásico, plagioclasa o cuarzo, o por un conjunto de ellos.

### 6.1.5 Sombras de presión

Una sombra de presión es una región en una roca, la cual es protegida de deformación, por la presencia de un objeto relativamente rígido (SPRY 1969, op. cit.).

Las sombras ocurren donde la foliación envuelve o rodea un porfidoclasto en un esquistos o Gneis. Estas son elípticas, con terminal puntiaguda, generalmente simétricas, y con la foliación externa concordante con la envolvente.

Las sombras de presión son formadas (SPRY 1969):

-Por compactación diferencial de la matriz de sedimentos adyacentes al objeto rígido tales como fósiles, guijarros o cristales largos.

-Por flujo en rocas ígneas porfidíticas, particularmente riolíticas.

-Por varias clases de deformación cataclástica en rocas metamórficas, como es objeto de nuestro estudio.

Es una textura asociada a los porfidoclastos de microclino encontrados en los augengneis RSJ-r43 (fig. 56) y RTo-r16 (fig. 112) y se da también con los granates en esquistos anfibólicos granatíferos (donde los granates son pre-tectónicos), donde se interrumpe la foliación obligando al anfíbol a bordear al grano.

Dentro de los ojos se observa bandas de cuarzo microgranular con textura granoblástica, que se engrosan y truncan contra los bordes del porfidoblasto.

### **6.1.6 Pseudomorfos**

Pseudomorfos [del gr. pseudos, falso y del gr. morphe, forma]. (SPRY1969, op. cit.), define pseudomorfo como una unidad textural, la cual ha sido alterada o reemplazada, tanto como para retener la forma original de la unidad, pero para cambiar la estructura interna o composición.

Pseudomorfosis es el fenómeno de reemplazamiento por el que un mineral original identificable por su forma, es sustituido por un nuevo mineral o por un agregado de nuevos minerales.

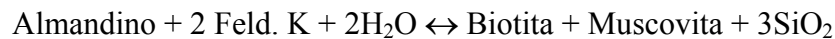
Denominamos pseudomorfo al mineral que se presenta bajo la forma cristalina de otro. Los procesos de formación pueden ser:

- a) Conversión de un polimorfo,
- b) Alteración de un mineral,
- c) Revestimiento o incrustación de un mineral por otro, y
- d) Formación por evaporación de minerales solubles.

En los esquistos y anfíboles granatíferos encontrados en la zona de estudio, es muy probable encontrar pseudomorfos hexagonales que han sido producto de la alteración del granate, siendo la clorita producto del metamorfismo retrógrado del mismo.

URBANI (1978) menciona que la transformación del granate a biotita aunque rara, es posible, y ha sido reportada por HARKER (1974), que cuando el granate es destruido tempranamente y, por consiguiente, a más alta temperatura, da origen a la biotita.

El siguiente esquema de reacción explica la alteración del granate a biotita y muscovita, la cual ha sido utilizada en sentido contrario para explicar fenómenos de metamorfismo progresivo:



Como ejemplo de ello tenemos porfidoblastos de granate, alterado a biotita y muscovita y con fracturas semi paralelas rellenas de clorita. Esto se observa en la muestra en RM-r37 (fig. 25).

### 6.1.7 Zonación

En porfidoblastos generalmente, el núcleo de estos cristales, es cubierta por una composición la cual es diferente a la composición del mineral original.

Un cristal zonado es aquel que no presenta una composición uniforme en todo su volumen. En la mayoría de los casos la variación aparece en forma de conchas concéntricas alrededor de un punto o eje, SPRY (1969).

El epidoto se presenta con claras evidencias de zonación, donde en algunos granos se observa un núcleo pardo rojizo pleocróico con características de allanita, con una periferia amarillenta o incolora con características de epidoto. Ejemplo de esto se tiene en los esquistos cuarzo-plagioclásico-epidótico de la quebrada Chacaíto r21 (fig. 138).

### **6.1.8 Intercrecimientos en feldespatos**

#### **Origen de los Intercrecimientos entre plagioclasa y microclino**

URBANI (1978) basándose en relaciones cronológicas entre los diversos tipos de pertitas propone el siguiente origen para todos los tipos de intercrecimientos observados entre plagioclasa y microclino.

-Formación, a alta T, de cristales de feldespato potásico-sódico mezclado (K, Na) con simetría monoclinica (maclas de Carlsbad).

-En estado sólido, pero a T relativamente alta, se forman por exsolución pertitas gruesas. En cristales donde esto ocurre más completamente se utilizaría en esta etapa casi todo el Na quedando muy poco para otras etapas subsecuentes de exsolución.

-En cristales con cantidad apreciable de Na y a temperaturas más bajas se exsolverán otros tipos de pertitas (micropertitas: venas finas y películas). Posiblemente en esta etapa el feldespato potásico pase de monoclinico a triclinico (ortosa a microclino).

-Nuevo aumento de temperatura alcanzando la energía de activación necesaria para extraer del feldespato rico en K el remanente de Na, el cual crecerá como borde albítico alrededor de algún núcleo de una anterior inclusión de plagioclasa. Parte del Na puede, en forma limitada, provenir de la misma plagioclasa.



-Finalmente, luego de esta etapa sólo queda alguna pequeñísima cantidad de Na para formar por exsolución algunas películas o placas albíticas.

### **Intercrecimientos pertíticos**

En los cristales de feldespato potásico como el microclino y más aún porfidoblástico se observa este tipo de intercrecimiento, de diversas formas y tamaño. Entre las diversas formas tenemos pertitas en vetas finas (venillas), parches, venas gruesas y llamas. Se presentan en mayor cantidad en las unidades de gneises y augengneises de las distintas cuencas.

#### **a) Pertitas en vetas medias a finas (venillas)**

Son micropertitas y se comportan como si fueran hilos mas o menos gruesos de color blanco dentro de granos de feldespato potásico color gris. No presentan maclas por lo general y no presentan o presentan muy poca alteración a sericita. Se observa buenos ejemplos en RT-r18 (fig. 96) y RM-7 (fig. 8).

#### **b) Pertitas en parches y venas gruesas**

Son macropertitas ya que se pueden observar en una muestra de mano con una lupa de 10X. Las lamelas presentan maclado tipo Albita, y algunas algo difusas por la alteración a sericita. Se observa en RM-r7 (fig. 8), QCh-r40 (fig. 129), y RT-r18 (fig. 96).

#### **c) Pertita en llamas**

Tienen aspecto de llamas de fuego y se extienden hacia el feldespato K. En GRANDE (1982), menciona que estas pertitas son probablemente de origen mecánico a partir de pertitas en venas gruesas. Algunas crecen hacia ambos lados del cristal del feldespato K interdigitándose hacia el centro URBANI (1978), RT-r9.

### **Bordes albíticos entre plagioclasa y feldespato potásico**

Consiste en la formación de un borde irregular o completo de albita alrededor de plagioclasa en contacto o incluida dentro de feldespato potásico (GRANDE 1982, op.cit.).

En una vista al microscopio en nícoles paralelos se observa en muchas ocasiones una sombra de un cristal tabular (aislada o dentro del microclino, donde alcanza el mayor desarrollo de estos bordes), esto es plagioclasa sausriritizada o sericitizada, que al cruzar los nícoles se observa alrededor del cristal tabular el crecimiento de albita, de forma irregular y de color blanco. Esto se observa en los augengneises del río Naiguatá (RN-13) (fig. 29), cuarcitas de la quebrada Tócome, To-r5 (fig. 123), y meta-ígneas RM-r12 (fig. 23).

URBANI (1978), comenta que dichos bordes son producto de exsolución del feldespato K, y que el crecimiento de este se debe a una ruptura de la red  $AlSi_3O_8$  y no a un simple intercambio iónico de Na y K. Lo que requiere una alta energía de activación, mayor en los bordes de plagioclasa y microclino que en los bordes plagioclasa-plagioclasa. Por lo tanto estos bordes se formaron en condiciones metamórficas correspondientes al menos a la facies de la anfibolita.

### **Maclado tipo Tablero de ajedrez**

Este tipo de textura se considera también como un intercrecimiento y produce un tipo de plagioclasa, caracterizado por un patrón alternante de las lamelas de macla observándose cuadrados o rectángulos blancos y negros con cierta semejanza a un tablero de ajedrez.

Se observa en las cuarcitas con porfidoblastos de plagioclasa y microclino QCh-r34 (fig. 143) y en algunos gneises y augengneises de la zona estudiada.

### **6.1.9 Alteración de los feldespatos.**

Las plagioclasas suelen alterarse a sericita, a minerales del grupo del epidoto o, a una combinación de estas. URBANI (1978), expone estos tipos.

#### **a) Sericitización.**

Es la alteración más común de las plagioclasa sódico-cálcica y consiste en la formación de escamas incoloras algo amarillentas muy pequeñas, variedad de la muscovita.

#### **b) Saussuritización.**

En este proceso característico de plagioclasa cálcico-sódicas se forma uno o más minerales del grupo del epidoto (zoisita, clinozoicita, epidoto) y a veces con albita.

#### **c) Sericitización-saussuritización.**

Es raro encontrar en la Cordillera de la Costa este tipo de proceso, donde un cristal de plagioclasa presente epidoto y sericita a la vez, y cantidades menores de calcita, cuarzo y albita.

La plagioclasa no se altera a los minerales indicados por meteorización sino que ambos procesos son el producto de alteración por soluciones hidrotermales (metasomatismo), que en general ocurre en condiciones P-T dentro del rango de los procesos metamórficos.

## **6.2 RELACIÓN ENTRE TEXTURA Y FASES DE DEFORMACIÓN**

Las rocas de metamorfismo regional difieren texturalmente de aquellas formadas por otros tipos de metamorfismo, porque la deformación produce los rasgos denominados foliación, lineamiento o bandeamiento SPRY (1969).

La textura de la roca original tiende a ser destruida durante el metamorfismo regional, así que las texturas reliquias son mucho menos comunes que en rocas de contacto.

Las texturas típicas de las rocas en metamorfismo regional, van desde lineaciones de poligonales y granoblásticas, hasta alguna clase de orientación preferencial tales como foliación, clivaje, esquistosidad, etc.; la composición por láminas o capas es común a pequeña y gran escala.

Un entendimiento detallado de las texturas del metamorfismo regional comprende el uso de una terminología genética que depende de la interpretación de varias relaciones temporales en la evolución textural de la roca.

Los criterios para el reconocimiento del orden de cristalización son SPRY (1969):

- Minerales pre-tectónicos: son aquellos que cristalizan y fueron formados antes de los movimientos tectónicos que generaron la foliación.
- Minerales sintectónicos: son aquellos que cristalizan y fueron formados al mismo tiempo que los movimientos tectónicos, los cuales produjeron la esquistosidad.
- Minerales post-tectónicos: son aquellos que cristalizaron y fueron formados después de los movimientos y la formación de la foliación.

Las texturas formadas por los minerales pre,sin y post-tectónicos, serán discutidas en esta parte según los criterios propuestos por (SPRY 1969, op.cit.), que a continuación se presentan.

### **6.2.1 Texturas índice de cristalización pre-tectónica**

La elevación de la temperatura antes del comienzo de los movimientos tectónicos puede producir alguna cristalización. Los minerales formados en esta etapa muestran una alineación correspondiente al periodo más intenso del tectonismo.

Las texturas pre-tectónicas observadas son las siguientes SPRY (1969):

**a) Foliación envolvente de porfidoblastos**

Los porfidoblastos de microclino encontrados en los augengneises y granates en esquistos anfibólicos, se hallan envueltos o rodeados por la foliación, de modo que en estos porfidoblastos choca con ella. Asociada a ellos se encuentran las sombras de presión. Como ejemplo se tienen las muestras de esquistos anfibólicos RN-r2 y 37 y en los augengneises RSJ-r43 (fig. 56) y RTo-r16 (fig. 112).

**b) Sombras de presión**

Las sombras ocurren cuando la foliación envuelve a un porfidoblasto, existiendo una zona la cual es protegida de la deformación. Dicha zona es la llamada sombra de presión y es rellenada por finos granos de cuarzo, generalmente en los augengneises cuarzo feldespáticos, o cualquier otro material dependiendo de la mineralogía de la roca.

Es típico encontrarlas en los augengneises RSJ-r43 (fig. 56) y RTo-r16 (fig. 112), donde los porfidoclastos de microclino son rodeados por las micas y la zona protegida es rellenada por cuarzo. También se puede encontrar en los porfidoblastos de granate en los esquistos anfibólicos (RN-r2 y 37), donde la zona de sombra de presión es rellenada por clorita y muscovita.

Esto indica una fase de cristalización previa a la generación de la foliación.

**c) Fracturamiento perpendicular a la foliación**

En los porfidoblastos de granate en esquistos anfibólicos, es posible encontrar fracturas perpendiculares a la foliación, donde dichas fracturas generalmente están rellenas de clorita (pennina). Esto es indicativo que el mineral se formó antes de la foliación.

Se observa este tipo de texturas en los esquistos cuarzo micáceos granatíferos RSJ-r11 (fig. 67) y en los esquistos anfibólicos RN-r2 y 37.

#### **d) Lamelas de deformación en plagioclasas macladas**

En los cristales de plagioclasa encontrados en RTo-r1 (fig. 113), RCCh-r6 (fig. 76), y en otras muestras con contenido de feldespato, se observa este tipo de textura.

Las lamelas de macla se encuentran discontinuas, distorsionadas o curvadas, bifurcadas, ramificadas o con terminaciones puntiagudas. Esto indica que la plagioclasa original fue deformada en la etapa sintectónica, por lo que el mineral cristalizó en la etapa pre-tectónica.

### **6.2.2 Texturas índice de cristalización sintectónica**

Se piensa que la mayoría de los minerales en rocas de metamorfismo regional, han sido formadas durante los movimientos tectónicos, aunque esto es difícil de probar SPRY (1969).

La alineación de minerales es probable debido a la cristalización de estos durante la deformación.

#### **a) Foliación**

La foliación o esquistosidad es una textura metamórfica que produce una fisilidad planar, más o menos marcadas en la roca. Todas las rocas que han sufrido deformación durante el metamorfismo generalmente presentan una foliación, que se manifiesta como minerales con orientación preferencial o como un bandeamiento. Está definida por minerales hojosos (biotita, muscovita, clorita) llamada textura lepidoblástica, y minerales tabulares y prismáticos (barroicita, actinolita y epidoto), llamada textura nematoblástica. Todos ellos en disposición paralela o subparalela.

Esta es la textura más representativa de un período de cristalización sintectónica. Buenos ejemplos de este tipo de textura son los esquistos anfibólicos y esquistos cuarzo micáceos de la zona de estudio.

### **6.2.3 Texturas índice de cristalización post-tectónica**

La cristalización después de los movimientos tectónicos es común en algunas rocas. Estos minerales se caracterizan por no tener un patrón de orientación definido, y se encuentran orientados en otras direcciones a la foliación y muy raramente desvían la foliación SPRY (1969).

#### **a) Porfidoblastos que cortan la foliación**

Los minerales post-tectónicos se caracterizan por no seguir un patrón definido de orientación y generalmente incluyen otras fases paralelamente a la foliación..

Este tipo de textura se observa en la muestra RT-r26 (fig. 98) , donde se observa la clorita cortando la foliación, y en la muestra QCh-r-6 (fig. 135), donde el granate corta la foliación.

#### **b) Agregados pseudomorfos**

En los esquistos y anfibolitas granatíferas encontrados en la zona de estudio, es muy probable encontrar pseudomorfos hexagonales que han sido producto de la alteración del granate, siendo la clorita producto del metamorfismo retrógrado del mismo. Así mismo se encuentran también reemplazados por muscovita o biotita.

Como ejemplo de ello tenemos porfidoblastos de granate, alterados a biotita y muscovita y con fracturas semi paralelas rellenas de clorita. Esto se observa en la muestra en RM-r37 (fig. 25) y RSJ-r25 (fig. 71).

## CAPÍTULO VII

### 7. METAMORFISMO

#### 7.1 Generalidades.

El metamorfismo es el proceso que incluye todos los cambios mineralógicos y texturales que sufren las rocas, en estado sólido, en respuesta a condiciones físicas y químicas impuestas sobre ellas durante su residencia en el interior profundo de la corteza terrestre y que difieren de las condiciones que prevalecieron durante su formación. No se incluyen en el metamorfismo los cambios debidos a la diagénesis y la meteorización, ni los que ocurren en la zona de fusión parcial o anatexis, GRANDE (2000).

Dentro de los tres grandes grupos de rocas, las más variadas y complejas mineralógica y textualmente son las metamórficas, siendo su complejidad un efecto de características genéticas, tales como, HEINRICH (1972):

- El haber tenido como fuente cualquier otro tipo de roca madre: intrusivas o efusivas ígneas, sedimentarias e incluso otras metamórficas.
- Se conocen diversas clases de metamorfismo, debido a que son varios los factores o agentes que tomaron parte en él.
- Existen varios grados, debido a que puede variar la intensidad con que actuó la temperatura.
- Existen variados gradientes geotérmicos o relaciones P/T que rigieron durante el metamorfismo regional, ligados estrechamente con el marco tectónico donde éste ocurrió.
- Algunas de éstas rocas pueden formarse en condiciones bajo las cuales se eliminan o se añaden del sistema algunos componentes químicos, con lo cual cambia la composición del material inicial, este proceso es llamado *metasomatismo*.
- No todos los conjuntos minerales metamórficos alcanzaron el equilibrio, ni siquiera cuando la roca es de origen polimetamórfico, es decir, cuando ha estado sometida a dos clases o grados diferentes de metamorfismo durante su historia geológica.



## 7.2 Asociaciones mineralógicas

Con el objeto de realizar una interpretación aproximada de la roca origen (protolito) de las muestras de cantos rodados seleccionados para la observación petrográfica, se procedió al análisis de cada tipo litológico definido en las áreas de estudio (Tabla. 23). Para esto se agruparon los tipos litológicos identificado en cinco clases químicas, (HEINRICH, 1972; STEPHEN, 2002 ; GRANDE, 1982).

### Clases químicas:

- a) Rocas cuarzo-feldespáticas (CF): son aquellas que presentan un contenido menor al 30% en volumen de filosilicatos y minerales máficos (cuarcita, granito, trondhjemita, gneis y augengneis).
- b) Rocas pelíticas (P): son aquellas que presentan un contenido del más del 30% en volumen de filosilicatos (esquistos micáceos, filitas, esquistos sillimaníticos, etc.).
- c) Rocas carbonáticas (C): presentan más del 30% en volumen de calcita (mármoles, esquistos calcáreos, etc.).
- d) Rocas máficas (M): (esquistos anfibólicos, anfibolitas, esquistos cloríticos, eclogitas, etc.)
- e) Rocas ultramáficas (U): serpentinitas, hornblendita, actinolita.

Se indicó además:

### Naturaleza de la roca:

Este parámetro hace referencia, al tipo de protolito: ígnea (I) o sedimentaria (S).

Algunas de las rocas son de naturaleza metasomática, aunque originalmente tuvieron un protolito ígneo.

### Nombre Genético:

Define la clasificación final refinada de las muestras en estudio, tomando en cuenta las dos clasificaciones anteriores y su protolito correspondiente. Es el nombre definitivo de cada tipo litológico.

**Protolito:**

El protolito hace referencia a la roca origen, específicamente. En su mayoría se deduce a partir del contenido mineralógico, tamaño de grano, distribución de minerales, entre otras características.

A su vez se tomaron como referencia los criterios utilizados por TURNER (1963) donde se consideraron fuentes de datos como las asociaciones de minerales metamórficos para indicar facies metamórficas (fig. 151) (tabla. 23).

En el estudio de las facies metamórficas se consideran la mineralogía y tipo textural, descritas en las siguientes tablas (21 y 22):

**Series de la facies Barrovianas. Series Dalradian y Moinian de Escocia. STEPHEN (2002).****Tabla 21. Conjunto de minerales en rocas pelíticas según su tipo textural.**

| Zona<br>(Tipo textural)           | Conjunto de minerales en rocas pelíticas                                  |
|-----------------------------------|---|
| Clorita (pizarras y filitas)      | Cuarzo, clorita, muscovita, albita  |
| Biotita (filitas y esquistos)     | biotita comienza a ser reemplazada por clorita, cuarzo, muscovita, albita |
| Granate (filitas y esquistos)     | cuarzo, muscovita, biotita, almandino, albita                             |
| Estaurolita (esquistos)           | cuarzo, biotita, muscovita, almandino, estaurolita, oligoclasa            |
| Cianita (esquistos)               | cuarzo, biotita, muscovita, oligoclasa, almandino, cianita                |
| Sillimanita (esquistos y gneises) | cuarzo, biotita, muscovita, oligoclasa, almandino, sillimanita            |

STEPHEN (2002) describe que los conjuntos de minerales en rocas correspondientes a las reconocidas por Tilley en el área, en 1925, que este extendió a las zonas entre la falla Highland Boundary y dentro de las series Moinian, renombrando la zona de la clorita y su correlación con las zonas metamórficas en rocas pelíticas (tabla 22):

**Tabla 22. Tabla de minerales índices en rocas pelíticas.**

| Mineral índice (Rocas pelíticas) | Rocas básicas  | Rocas calcáreas  | Facies           |
|----------------------------------|--|--|------------------|
| Clorita                          | Clorita, albita, epidoto, esfena, ± calcita ± actinolita | cuarzo, muscovita, biotita, calcita                        | Esquistos verdes |
| Biotita                          |  |  |                  |
| Granate                          | Hornblenda, plagioclasa, ±epidoto, ±almandino, ±diopsido | granate, zoisita, plagioclasa sódica, biotita u hornblenda | Anfibolita       |
| Estaurolita                      |  |  |                  |
| Cianita                          |  |  |                  |
| Sillimanita                      |  |  |                  |
|                                  |  | granate, anortita o bytownita, hornblenda                  |                  |
|                                  |  | granate, anortita or bytownita, piroxeno                   |                  |

En la tabla 23, se muestran las clases químicas con sus asociaciones mineralógicas características, asociadas a una facies metamórfica. HEINRICH (1972) y STEPHEN (2002).

**Tabla 23. Asociación mineralógica y facies metamórficas**

| FACIES            | ASOCIACIÓN MINERALÓGICA    | HEINRICH (1972) | STEPHEN (2002) Serie de las facies Barrovianas y Series de las facies de alta presión |
|-------------------|----------------------------|-----------------|---|
| *Esquistos azules | Rocas pelíticas            | -- --           | muscovita, clorita, cloritoide, cuarzo, glaucofano, esfena, hematita, <u>jadeita</u>  |
|                   | Rocas cuarzo feldespáticas | -- --           | cuarzo, albita, lawsonita, clorita, moscovita, calcita, glaucofano, <u>jadeita</u>    |
|                   | Rocas calcáreas            | -- --           | aragonito, clorita, hematita  |
|                   | Rocas máficas              | -- --           | epidoto, glaucofano o crossita, actinolita, clorita, albita, cuarzo, esfena           |

|                               |                            |   |  |
|-------------------------------|----------------------------|---|--|
| <b>Esquistos verdes</b>       | Rocas pelíticas            | Cuarzo, albita muscovita, clorita   | Clorita, sericita, cuarzo, albita, magnetita, $\pm$ granate  |
|                               | Rocas cuarzo feldespáticas | Cuarzo, albita, epidoto, muscovita, (microclino)                                    | Cuarzo, sericita, clorita, feld-K, magnetita, $\pm$ biotita, $\pm$ calcita, $\pm$ pirita   |
|                               | Rocas calcáreas            | Calcita, dolomita, cuarzo, epidoto, tremolita                                       | Dolomita, calcita, cuarzo, plagioclasa, biotita, $\pm$ sericita  |
|                               | Rocas máficas              | Albita, clorita, epidoto, calcita, actinolita.                                      | Clorita, epidoto, albita, cuarzo, hematita ó actinolita, clorita, albita, cuarzo, magnetita  |
|                               | Rocas ultramáficas         | <u>Antigorita, crisotilo, talco, magnetita, cromita</u>                             |  |
| <b>*Anfibolita epidótica</b>  | Rocas pelíticas            | Cuarzo, albita, cloritoide, moscovita, biotita, granate                             | muscovita, biotita, cuarzo, oligoclasa, granate, epidoto, grafito  |
|                               | Rocas cuarzo feldespáticas | Cuarzo, albita, epidoto, microclino, muscovita, biotita                             | cuarzo, oligoclasa, epidoto, granate, moscovita, rutilo  |
|                               | Rocas calcáreas            | Calcita, cuarzo, epidoto, tremolita, diópsido, vesubiana                            | Calcita, diópsido, cuarzo, grossularia   |
|                               | Rocas máficas              | Albita, epidoto, actinolita, diópsido, granate                                      | barroisita, epidoto, oligoclasa, granate, cuarzo, hematita   |
|                               | Rocas ultramáficas         | ---   | Olivino, diópsido, tremolita, antigorita   |
| <b>Anfibolita almandínica</b> | Rocas pelíticas            | Cuarzo, oligoclasa, biotita, sillimanita, almandino, ortosa, ( $\pm$ metasomatismo) | Cuarzo, muscovita, feldespato K $\pm$ estaurólita $\pm$ granate $\pm$ cianita $\pm$ sillimanita  |
|                               | Rocas cuarzo feldespáticas | Cuarzo, oligoclasa, microclino, biotita, muscovita                                  | Cuarzo, muscovita, plagioclasa, granate, $\pm$ magnetita $\pm$ ilmenita  |
|                               | Rocas calcáreas            | Calcita, cuarzo, diopsido, flogopita, anortita                                      | Raramente los mármoles contienen diopsido y calcita. Son vistas más rocas calcáreas como pseudo dioritas con zoisita, granate y hornblenda |

|                  |                            |  |  |
|------------------|----------------------------|--|--|
|                  | Rocas máficas              | Andesina, hornblenda, diopsido, almandino  | Hornblenda, plagioclasa, granate $\pm$ cuarzo $\pm$ epidoto $\pm$ biotita $\pm$ magnetita $\pm$ ilmenita   |
| <b>Granulita</b> | Rocas pelíticas            | Cuarzo, ortosa, oligoclasa, andesina, sillimanita, almandino   | Biotita, granate, <u>sillimanita</u> , feld-K, andesina, cuarzo, magnetita, ilmenita                       |
|                  | Rocas cuarzo feldespáticas | Cuarzo, ortosa, oligoclasa, cianita (sillimanita), almandino, hipersteno   | Cuarzo, andesina, feld-K, biotita, granate, magnetita, ilmenita  |
|                  | Rocas calcáreas            | Calcita, cuarzo, diópsido,, escapolita, flogopita, anortita  | Calcita, cuarzo, escapolita, $\pm$ grosularia $\pm$ diópsido $\pm$ clinozoisita $\pm$ esfena $\pm$ apatito |
|                  | Rocas máficas              | Andesina, diópsido, hipersteno, granate  | Ortopiroxeno, andesina, biotita y minerales retrógrados hornblenda, cummingtonita y cuarzo                 |
| <b>Eclogita</b>  | Rocas máficas              | Onfacita-granate-rutilo y minerales retrógrados: <u>cianita-paragonita-glaucofano-actinolita-zoiosita-esfena-cuarzo-albita</u> |  |

□ Modificado por GRANDE, S (2003)

\* STEPHEN (2002) Series de las facies de alta presión

### 7.2.1 Criterios cualitativos para determinar la roca originaria (protolito) de las rocas metamórficas.

A continuación se dará una breve descripción del origen protolítico de las rocas metamórficas, tomando en cuenta las siguientes características (tabla 24):

- Clase química: expuesta anteriormente en el punto 7.2.
- Asociación mineralógica: aquí se encuentra una lista de minerales que son característicos dentro de una clase química (tabla 23).
- Naturaleza: si la roca es de origen ígneo (I) o sedimentario (S). Algunas rocas más complejas poseen más de una clase química, por lo que han sido denominadas

híbridas, es decir poseen, dos o más naturalezas. En la asociación mineralógica del tipo litológico híbrido se encuentran minerales máficos, pertenecientes a rocas ígneas y minerales pelíticos, pertenecientes a las rocas sedimentarias.

- Tamaño de grano: si es fanerítica (F) o afanítica (A).

### **Meta pefitas**

Las pefitas son rocas de clase química (CF) y naturaleza sedimentaria. Comprenden los conglomerados y brechas.

- Conglomerado / brecha epiclástica: se establece la distinción entre conglomerados, si las partículas son redondeadas, o brechas si son angulosas. Los conglomerados son rocas clásticas formadas por guijarros o trozos de roca o de minerales, subangulosos a redondeados, mayores de 2 mm de diámetro. Predomina la matriz tamaño arena o más fina aún, (HEINRICH 1972).

### **Cuarcitas**

Las cuarcitas son rocas con más del 70% de cuarzo como mineral esencial. Su clase química es cuarzo- feldespática (CF) y su naturaleza sedimentaria. Su protolito es la arenisca y algunos cherts. Las reconocidas en el área podrían ser meta-cherts, que se distinguen de las areniscas por su granulometría afanítica y su equigranularidad.

### **Mármoles**

Los mármoles son rocas de clase química carbonática (C) y de naturaleza sedimentaria.

- Caliza dolomítica  $\pm$  silícea: rocas formadas por más del 70% de carbonatos, principalmente calcita y/o dolomita. Su clase química es carbonática (C), pero a menudo la caliza inicial pudo ser dolomítica, silícea o arcillosa. De estos componentes no carbonáticos pueden generarse varios minerales silicatados como tremolita, plagioclasa, cuarzo, clorita, epidoto, etc. Si contienen materia orgánica, ésta aparecerá como hojuelas o filamentos de grafito.

- Esquistos carbonáticos. Son rocas híbridas, con componentes pelíticos (P) y carbonáticos (C). La gran cantidad de filosilicatos que contienen les confiere una marcada foliación, ausente en los mármoles. Sus protolitos pudieran ser margas o calizas muy arcillosas.

### **Pelagitas**

Son rocas de clase química (P) y de naturaleza sedimentaria. Compuestas por chert y calizas pelágicas.

### **Esquistos**

La mayoría de los esquistos son híbridos, es decir, pertenecen dos clases químicas transicionales entre sí, por ende poseen dos naturalezas. Fueron uno de los grupos más difíciles de clasificar por lo que los resultados obtenidos en algunos de ellos son inciertos.

- Rocas pelíticas: son rocas de clase química pelítica (P) y de naturaleza sedimentaria. Son rocas de grano fino cuyos componentes principales son lodo, limo y arcilla.

\* Pelita / Limolita: para decidir entre limolita o lutita se comparó el porcentaje total de mica más clorita, si es aproximadamente  $> 65 \%$  sería una meta pelita, y si resulta  $< 65 \%$  sería una meta limolita. Si dicho porcentaje es inferior al 35% la roca entraría en la clase química cuarzo feldespática (CF).

\* Bauxita plataformal: se consideran las rocas muy ricas en aluminosilicatos, como: sillimanita, granate, micas, etc., como posibles sedimentos bauxíticos plataformales.

-Meta lavas / meta tobas: se consideran de clase química máfica (M) y pueden tener carácter andesítico a dacítico. Todos los esquistos anfibólicos ricos en epidoto

se asumen como de origen volcánico. Para diferenciar las meta- lavas de las meta- tobas se utilizó el criterio siguiente: las primeras poseen cierta orientación, arreglo, bandeamiento de minerales, mientras que las tobas tienen una fábrica más desordenada y son inequigranulares.

Las meta-tobas se concideran dacíticas cuando presentan considerable contenido de cuarzo y plagioclasa sódica y poco anfíbol y andesíticas cuando contienen muy poca cantidad de mica y cuarzo y mucho anfíbol.

Se consideran como posibles meta-tobas algunos esquistos moteados, característicos del Complejo de San Julián, tanto en esta localidad como en el edo. Carabobo (GRANDE, 1982) y (AZPIROZ, 1982). La abundante plagioclasa presente en este grupo se cree podría tener un origen volcánico. Es en su totalidad del tipo albita y se presenta como grandes porfidoblastos ovoidales con muchas inclusiones pequeñas de otros minerales. Los minerales de estas rocas se presentan muy limpios y cristalinos, debido a que son rocas antiguas que han tenido suficiente tiempo para recrystalizar. Además, se pueden tomar en consideración los siguientes criterios subjetivos (GRANDE S , *com. pers.*):

\* Presencia de anfíbol sin micas: podría indicar que se trata de meta lavas o meta tobas. En efecto, serían anfíbolitas.

Si presentan < 7% de cuarzo: serán andesíticas y con > 7% de cuarzo : dacíticas.

\* Presencia de anfíbol junto con abundantes micas podría indicar una naturaleza híbrida o epiclástica: epiclásticas, grauvacas volcaniclásticas, etc.

- Epiclásticas: las rocas epiclásticas están constituidas principalmente por minerales de difícil solubilidad , como son el cuarzo, feldspatos y minerales de la arcilla (mica y clorita), que han sido trasportados al estado de partículas, (HEINRICH 1972).

Como provienen de la denudación de complejos estratovolcánicos andesítico-dacítico, en ellas se mezcla el material ígneo con material pelítico y/o psamítico, haciendo su química y su mineralogía muy compleja.



La estructura de las epiclásticas es sedimentariamente normal, con una composición de fragmentos de rocas volcánicas los cuales tienden a ser poligenéticos, con fases incompatibles comunes tales como cuarzo y basalto. Las rocas y cristales volcánicos son de granos redondeados dependiendo del ambiente de depositación, el escogimiento puede ser de excelente a pobre, WALKER (1992), (fig. 24).

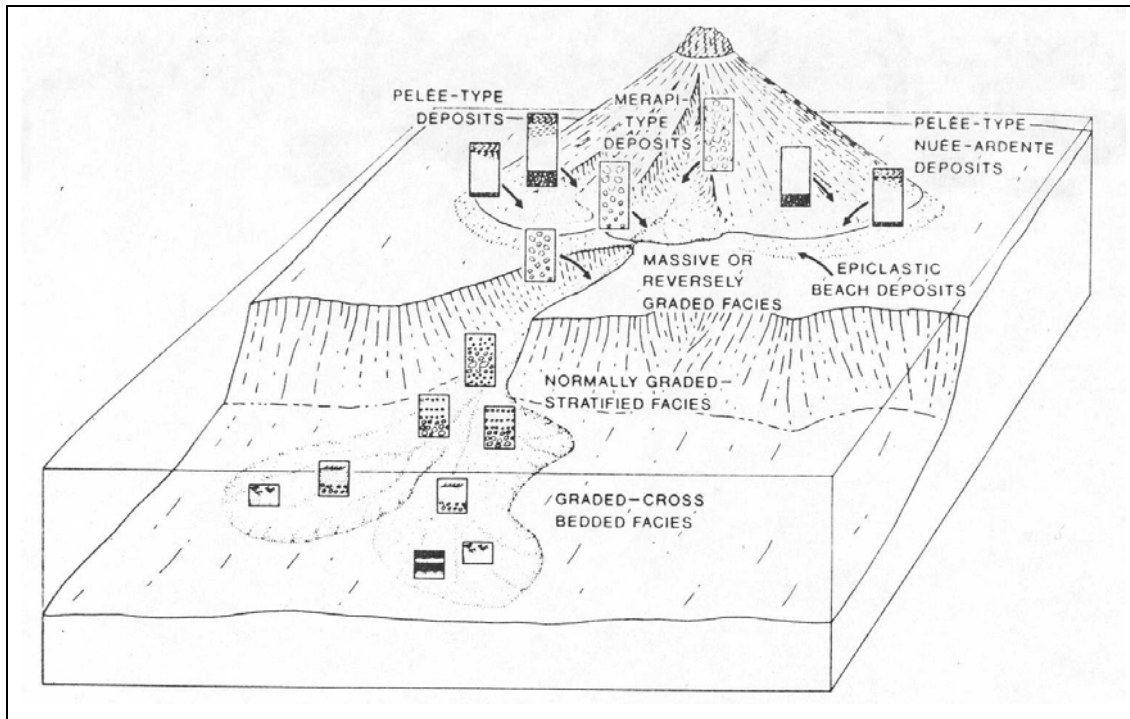


Fig. 24. Modelo vertical y lateral de variación de facies de ambientes en superficie y submarina de una isla volcánica explosiva. Tomado de WALKER (1992).

### Augengneises, gneises y rocas meta-ígneas graníticas a gabroides

Estas rocas entran en la clase química de cuarzo-feldespáticas (CF) y son de naturaleza ígnea plutónica.

Para hallar el protolito de los augengneises, gneises y rocas meta-ígneas graníticas y gabroides, se empleó el método según la clasificación I.U.G.S. (International Union of Geological Sciences) propuesta por STRECKEISEN (1972), donde se utilizó el triángulo APQ de clasificación para las rocas plutónicas. (Cap. 3). Para realizar los recálculos se utilizó también las tablas de % modal o volumen (tabla 17).

Los resultados de estos recálculos dieron protolitos de rocas graníticas tales como: granodioritas, granitoides ricos en cuarzo, monzogranitos, sienogranitos, tonalitas, trondhjemitas; meta-ígneas intermedias: dioritas, y meta-ígneas máficas: diabasas y gabros. Estas rocas fueron descritas en el Capítulo 5.

### **Rocas metasomáticas**

Son rocas de clase química máfica (M) y naturaleza metasomática. Proviene del metasomatismo de rocas ultramáficas. Comprende las epidocitas y la actinolita. El posible protolito de estas rocas es lava basáltica.

### **Anfibolitas**

Las anfibolitas son rocas de clase química máfica (M), caracterizadas por escasez de filosilicatos y abundancia de anfíbol, acompañado por plagioclasa. Algunas de ellas llevan el prefijo orto (se tiene duda), ya que pueden ser gabros, basaltos o diabasas, si son afaníticas lo más probable es que sean basaltos o microdiabasas. De acuerdo a su textura sus protolitos pudieran ser basaltos, diabasas o gabros y todas las variedades texturales intermedias:

- Basalto: presentan matriz afanítica predominante y escasos fenocristales, y contienen entre el 55 y 35 % de minerales máficos y plagioclasas cálcicas entre 40-60 %.
- Diabasa: de grano algo más grueso, con mineralogía similar y textura ofítica a subofítica. En las metadiabasas la textura blastofítica consiste en anfíbol rodeando o conteniendo laminillas o tabletas de plagioclasa. El anfíbol proviene del metamorfismo del clinopiroxeno original, estando la plagioclasa muy saururizada.
- Gabro: mineralogía similar a las diabasas, pero de granulometría gruesa y sin textura ofítica.

**Eclogita:** rocas de clase química máfica (M), aunque de aspecto “ultramáfico”, por no contener plagioclasa esencial. Las eclogitas están formadas por clinopiroxeno sódico onfacita que rodea a grandes idioblastos de granate rico en piropero. Formadas a

muy altas presiones y bajo condiciones deshidratadas, al ser emplazadas en niveles más someros e hidratados como bloques, budines, etc., en cinturones metamórficos colisionales, se van alterando paulatinamente hasta convertirse en anfíbolitas granatíferas. Para acertar si la anfíbolita granatífera es una eclogita alterada, el mejor criterio radica en la abundancia y euhedralidad de los cristales de granate, pues el piroxeno tiende a ser sustituido por minerales retrógrados, a menudo hidratados, siendo el granate menos propenso a una alteración completa.

**Ultramáficas:** se trata de serpentinitas y hornblenditas.

- Serpentinitas

Estas rocas son de naturaleza ígnea y de clase química ultramáfica (U). Proviene del metamorfismo y/o metasomatismo de peridotitas. Las peridotitas son rocas ultramáficas con un contenido de componentes máficos que excede el 90%. Se componen fundamentalmente de olivino, ortopiroxeno y clinopiroxeno, teniendo como accesorios plagioclasa cálcica, espinela o granate piropo. Las peridotitas se subclasifican en:

Dunitas: si el contenido total de piroxeno no excede del 10%.

Harzburgita: con menos del 5% de clinopiroxeno y más del 5% de ortopiroxeno.

Wherlita: con más del 5% de clinopiroxeno y menos del 5% de ortopiroxeno.

Lherzolita: se encuentra entre la harzburgita y la wherlita, y contiene ambos tipos de piroxeno en más de 5%.

Las serpentinitas de la zona de estudio son casi monominerálicas y sus posibles protolitos pueden ser dunitas y quizás, harzburgitas, si contienen remanentes de ortopiroxeno del orden del 5% o más.

- Hornblendita: roca de clase química ultramáfica (U), formada casi en su totalidad por cristales grandes (1-2 cm) de hornblenda. Su origen es muy controversial, pero muchos autores las consideran rocas cumulativas formadas por fraccionamiento gravitatorio en el piso de cámaras magmáticas profundas situadas en las raíces de arcos volcánicos antiguos o modernos.

### 7.3 Facies Metamórficas

#### Concepto de facies.

GRANDE (2003), menciona que ESKOLA (1915) definió el término de facies metamórfica de la siguiente forma: “En cualquier roca producida por el metamorfismo y que haya alcanzado el equilibrio químico a unas condiciones finales de (P,T), la composición mineralógica dependerá de su composición química”. A la luz de los nuevos conocimientos petrológicos este concepto puede ampliarse como sigue: “Las rocas formadas o recrystalizadas en un cierto rango de (P;T), definido por la estabilidad de ciertos minerales críticos de composición diagnóstica, pertenecen a una misma facies metamórfica”, (fig. 25).

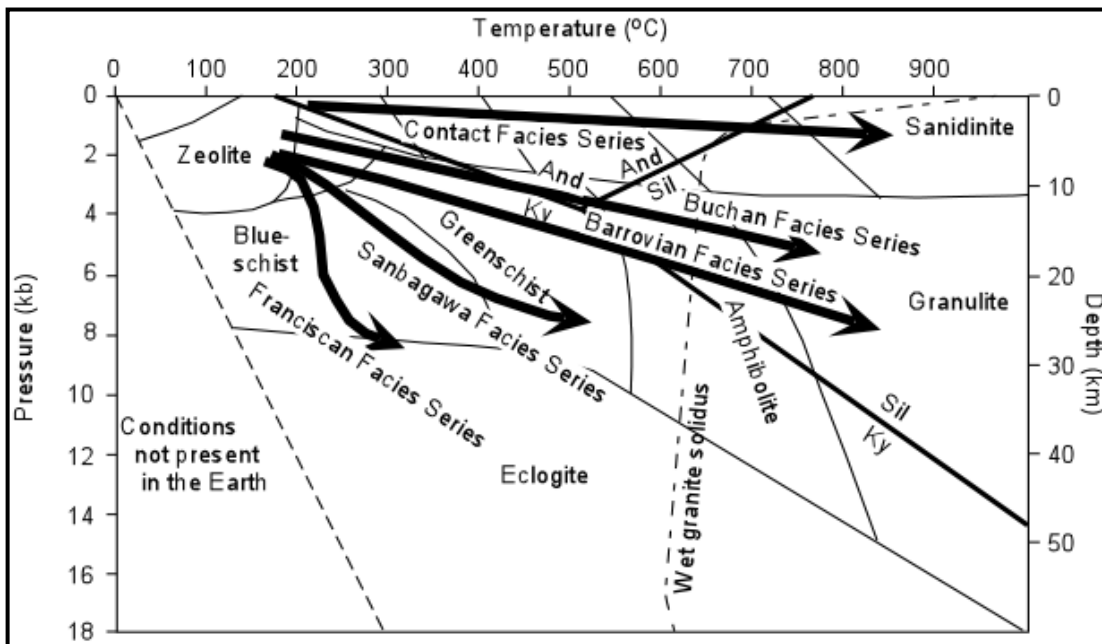


Fig. 25. Diagrama de facies metamórficas. STEPHEN (2002)

El propósito de discutir el metamorfismo, en esencia, es: a) reconocer las facies metamórficas con sus respectivas asociaciones mineralógicas que han afectado a cada grupo de rocas (Tabla 25); b) indicar aproximadamente las condiciones de P/T bajo las cuales se generaron las facies metamórficas (fig. 25); y c) relacionar la historia metamórfica con los diferentes grupos de rocas existentes en el área.

A continuación se hace una referencia del estudio de las facies metamórficas de las rocas recolectadas y estudiadas petrográficamente. Estas facies son analizadas según los criterios de TURNER (1963). Con estos análisis y sus respectivos resultados, se elaboraron siete tablas que indican las facies que caracterizan a los distintos tipos litológicos (Tabla 25 ).

### 7.3.1 FACIES DE LOS ESQUISTOS AZULES.

Definida por la coexistencia de glaucofano + lawsonita. Se caracteriza por la presencia de anfíboles y clinopiroxenos sódicos: glaucofano, crossita, onfacita, egirina, lawsonita y aragonito. La presencia de los anfíboles sódicos, de color azul índigo, le da el nombre a esta facies de alta presión. En rocas pelíticas ricas en albita y en las grauwacas, ésta se descompone a  $P_{lit} > 7$  kb en jadeita + cuarzo.

De acuerdo a la temperatura o grado alcanzado se reconocen tres zonas, en orden creciente de temperatura:

**Zona de glaucofano – lawsonita:** lawsonita + Fe-glaucofano + fenjita + esfena

**Zona de glaucofano – epidoto:** epidoto/clinozoisita + glaucofano + fenjita + esfena

**Zona de glaucofano – barroisita:** barroisita + glaucofano + rutilo

**NOTA:** La barroisita, es un anfíbol sódico-cálcico, que se muestra en sección fina con colores de pleocroismo verde-azules, también se denomina anfíbol verde-azul (AVA). Es intermedio en composición entre glaucofano y hornblenda.

#### **Reconocimiento de esta facies en las rocas recolectadas en la zona de trabajo.**

Esta facies no fue encontrada en nuestra zona de trabajo.

### 7.3.2 FACIES DE LOS ESQUISTOS VERDES.

Ésta es la facies más difundida en todos los terrenos metamórficos del mundo. Se caracteriza por la presencia de característicos y conspicuos minerales de color verde: clorita, epidoto y actinolita. La asociación que sirve de diagnóstico para distinguirlos de las anfibolitas de grado elevado (facies de las anfibolitas almandínicas) es la de cuarzo-albita-epidoto que también es dominante en los esquistos asociados (CF) y (P), GRANDE (2003).

Presenta las siguientes subfacies:

- a) Cuarzo-albita-muscovita-clorita.
- b) Cuarzo-albita-epidoto-biotita.
- c) Cuarzo-albita-epidoto-almandino.

#### **Reconocimiento de esta facies en las rocas recolectadas en la zona de trabajo.**

La plagioclasa presente en esta facies es la albita-oligoclasa (An 5-20%), la cual muestra raramente maclado polisintético, presentándose casi siempre como granos ovoidales con numerosas inclusiones (textura poiquiloblástica). El feldespato potásico característico es el microclino, a menudo muy perítico, y que rara vez muestra su maclado en enrejado típico. La plagioclasa cálcica, típica de rocas máficas, es inestable en las condiciones de (P,T), de esta facies y se descompone dando lugar a albita, minerales del grupo del epidoto, calcita y sericita. Las plagioclasas presentes en metagabros y metadiabasas tienen un aspecto turbio debido a esta fuerte alteración, denominada saussuritización. (v, Cap. 6).

Las rocas ultramáficas, provenientes casi siempre de bloques ofiolíticos de litósfera oceánica, originalmente harzburgitas o dunitas, sufren una hidratación de sus minerales máficos anhidros (olivino y piroxenos) y una silicificación que las transforma casi íntegramente en serpentinitas.

La mayoría de las rocas recolectadas exhiben esta facies, donde las tres subfacies se hacen presentes.

### 7.3.3 FACIES DE LA ANFIBOLITA.

Se caracteriza, cuando la roca precursora es máfica, por la presencia de hornblenda acompañada por biotita, almandino, muscovita y Ca-oligoclasa ( $An > 25\%$ ). En las rocas metapelíticas (P) los minerales índice incluyen estauroлита, cianita o sillimanita, siendo muy frecuente el granate almandino, la biotita y la muscovita. En las rocas carbonáticas (C), aparecen minerales de mayor temperatura, como anfíbol pargasita, flogopita, diópsido y wollastonita. El mineral de Fe común en esta facies es la magnetita, el titanio permanece como ilmenita o esfena. El Mn forma granate espesartina y anfíboles manganésíferos. En las serpentinitas aparece la pargasita, y en los metagranitos continúan el microclino perítico, la hornblenda primaria y las micas. La abundancia de cordierita y andalucita, distinguen las asociaciones pelíticas de la facies de la anfíbolita almandínica de la de los hornfels hornbléndicos del metamorfismo de contacto; a su vez ha sido dividida en facies de baja y alta presión, la primera conocida como facies de la anfíbolita cordierítica, GRANDE (2003).

#### - Facies de la anfíbolita almandínica.

A presiones moderadas a altas se reconocen las siguientes subfacies en rocas pelíticas de grado medio. A continuación son enumeradas en orden de grado creciente de metamorfismo (temperatura).

- a) Estauroлита-almandino
- b) Cianita-almandino-muscovita
- c) Sillimanita-almandino-muscovita

#### Reconocimiento de esta facies en las rocas recolectadas en la zona de trabajo.

Esta facies se reconoce por la presencia del mineral sillimanita en la muestra (RN-r14) recolectada en el Río Naiguatá. Corresponde a la subfacies: sillimanita-almandino-muscovita, además con alto contenido de biotita (20%), plagioclasa y algo de cuarzo y granate.

### - Facies de la anfibolita epidótica.

Se caracteriza por la siguiente asociación mineralógica en rocas máficas (M): cuarzo  $\pm$  oligoclasa + barroisita  $\pm$  epidoto  $\pm$  almandino.

### Reconocimiento de esta facies en las rocas recolectadas en la zona de trabajo.

Las rocas recolectadas que caracterizan esta facies, se diferencian de la facies de los esquistos verdes correspondiente a la subfacies: cuarzo-albita-epidoto-almandino, por la presencia de la oligoclasa, donde en la mayoría de los casos no se ha podido calcular el % An, el escaso o ausente contenido de cuarzo y la pobre o ninguna orientación de la muestra. Además las anfibolitas encontradas en esta facies presentan mayor contenido de barroisita + granate + epidoto.

### 7.3.4 FACIES DE LA GRANULITA.

Entre los productos del metamorfismo regional profundo, de grado elevado, hay un grupo de rocas gneísicas que están dotadas de una fábrica y unas peculiaridades mineralógicas tan características y lo suficientemente destacadas para formar con ellas una facies metamórfica distinta: la facies de las granulitas.

Se caracteriza por la destrucción total de la muscovita, que comenzó en la parte más alta de la facies anterior, y de otros minerales hidratados, con la eliminación casi total de la foliación. Es una facies típica de altas temperaturas y presiones bajas a moderadas. Generalmente no contiene cianita y su característica más distintiva es la presencia de hipersteno, el cual en rocas máficas puede coexistir con Ca-cpx (augita, diópsido). Los minerales presentes son en su mayoría anhídros: cuarzo, ortosa, Na-andesina (An > 30%), almandino, sillimanita, cordierita y piroxenos; la esfena da lugar a óxidos de Ti (rutilo, ilmenita). GRANDE (2003). Se conocen dos subfacies:

**Granulita hornbléndica:** piroxenos  $\pm$  hornblenda  $\pm$  biotita

**Granulita piroxénica:** piroxenos  $\pm$  minerales anhídros



### **Reconocimiento de esta facies en las rocas recolectadas en la zona de trabajo.**

Esta facies no fue encontrada en nuestra zona de trabajo.

#### **7.3.5 FACIES DE LA ECLOGITA.**

La facies de la eclogita consiste en la asociación muy característica onfacita-granate que se desarrolla en las rocas de composición gabroide (M). Muchas eclogitas están compuestas totalmente por los dos minerales citados y en la mayoría falta totalmente el feldespato.

No existe una zona de eclogita mapeable, sólo hay varios tipos de eclogitas que se hallan como budines o bloques en rocas metamórficas de otro tipo, o como xenolitos en basaltos alcalinos, melilitolitas y kimberlitas. COLEMAN (1965) definió tres tipos de rocas eclogíticas, basado en la composición detallada del clinopiroxeno y del granate presentes, GRANDE (2003): grupo A o griguaitas; grupo B o eclogitas comunes; y grupo C o eclogitas ofiolíticas.

Las rocas halladas en el área de trabajo, y el resto de la Cordillera de la Costa son invariablemente del grupo C.

**Grupo C o eclogitas ofiolíticas:** se hallan asociadas a rocas de la facies de los esquistos azules, en melanges ofiolíticos, junto a serpentinitas, ambiente típico de zonas de subducción, común en el área del Caribe. Contienen:

**Granate:** almandino-piropo (sol. sólida)

**Cpx:** onfacita ( $Di_{60}Jd_{40}$ )

**Anfibol:** glaucofano o Na-actinolita, producidos por metamorfismo retrógrado a facies hidratadas y de menor presión.

**Accesorios:** cianita, zoisita, paragonita, albita, producidas por metamorfismo retrógrado a facies hidratadas y de menor presión.

Las eclogitas del grupo C se alteran, hallándose rocas transicionales como eclogitas anfibólicas (cpx > anf), hasta anfibolitas eclogíticas (anf > cpx). Esto es

debido a sus condiciones de formación, alta P y T moderada (alta P/T), por lo que se alteran al ser emplazadas a niveles corticales con menor P y T y abundante P<sub>H2O</sub>. El esquema de alteración observado es el siguiente:

|                              |  |
|------------------------------|--|
| <b>RUTILO-ILMENITA:</b>      | primeros afectados, pasan a esfena           |
| <b>ONFACITA:</b>             | pasan a glaucofano y/o actinolita + albita   |
| <b>ZOISITA-CLINOZOISITA:</b> | pasan a cianita + paragonita                 |
| <b>GRANATE:</b>              | último afectado, pasa a clorita ± actinolita |

### **Reconocimiento de esta facies en las rocas recolectadas en la zona de trabajo.**

La muestra RCCh-r12, recolectada en el río Camurí Chico y asociada a la unidad del Esquisto de Tacagua, presenta las características de la facies de la eclogita, del grupo C, de eclogitas ofiolíticas, incluyendo los minerales retrógrados antes mencionados. Esta muestra contiene:

Granate: almandino-piropo

Cpx: onfacita

Anfibol: actinolita

Accesorios: cianita, paragonita

**Tabla 24. Clasificación textural, química y genética de las rocas estudiadas.**

| TABLA DE CLASIFICACIÓN TEXTURAL, QUÍMICA Y GENÉTICA DE LAS ROCAS METAMÓRFICAS |                                  |   |               |            |                            |                             |
|---|----------------------------------|---|---------------|------------|----------------------------|-----------------------------|
| CUENCA: RÍO MIGUELENA   |                                  |   |               |            |                            |                             |
| Nº SECC.  | NOMBRE TEXTURAL                  | G | CLASE QUÍMICA | NATURALEZA | NOMBRE GENÉTICO            | PROTOLITO                   |
| 32  | Meta-conglomerado (brecha)       | F | CF            | S          | Meta-conglomerado (brecha) | Conglomerado                |
| 3   | Esquisto (mot.) plag-czo-mic-ep. | A | CF - P        | S          | Meta-limolita              | Pelítico                    |
| 44  | Esquisto (mot.) plag-ep-czo-mic. | A | CF - P        | S          | Meta-limolita              | Pelítico                    |
| 8   | Esquisto (mot.) plag-ep-mic-czo. | A | CF - P        | S          | Meta-limolita              | Pelítico                    |
| 16  | Esquisto plag-czo-mus-cl.        | A | CF - P        | S          | Meta-limolita              | Pelítico                    |
| 36  | Esquisto plag-cl-czo-ep.         | A | CF - P        | S          | Meta-limolita              | Pelítico                    |
| 45  | Esquisto (mot.) plag-mus-czo-cl. | A | P - CF        | S          | Meta-limolita              | Pelítico                    |
| 40  | Esquisto plag-mus-czo-cl.        | A | P - CF        | S          | Meta-limolita              | Pelítico                    |
| 46  | Mármol trm-cl.                   | F | C             | S          | Mármol trm.                | Caliza dolomítica ± silícea |
| 30  | Mármol czo-plag-mus.             | A | C             | S          | Mármol czo-plag.           | Caliza dolomítica           |
| 2   | Esquisto czo-cal-cl-plag.        | A | CF - C        | S          | Meta-Pelagita              | Pelagita                    |
| 6   | Esquisto cal-czo-grf-mus-ep.     | A | C - P         | S          | Meta-Pelagita              | Pelagita                    |
| 9   | Esquisto (mot.) plag-czo-bi-brr. | A | CF - M        | S ± I      | Meta-epiclastica           | Epiclástico                 |
| 1   | Esquisto brr-czo-ep-ser.         | A | M - P         | I ± S      | Meta-epiclastica           | Epiclástico                 |
| 7   | Augengneis feld-czo-mic-ep.      | F | CF            | I          | Meta-granodiorita          | Granodiorita                |
| 22  | Esquisto mus-czo-gr-brr.         | A | P - M         | I          | Meta-epiclastica           | Toba                        |
| 34  | Esquisto czo-mus-brr-ep.         | A | P - M         | I          | Meta-epiclastica           | Toba                        |
| 21  | Esquisto (mot.) anf-cl-czo-plag. | F | M - CF        | I          | Meta-epiclastica           | Toba                        |
| 24  | Esquisto (mot.) brr-plag-cl-czo. | F | M - CF        | I          | Meta-epiclastica           | Toba                        |
| 23  | Esquisto gr-brr-ep-czo.          | A | M - P         | I          | Meta lava                  | Lava                        |
| 26  | Esquisto trm-gr (tz).            | A | M - P         | I          | Esquisto trm               | Metasomático                |

**(cont.) Clasificación textural, química y genética de las rocas estudiadas.**

| TABLA DE CLASIFICACIÓN TEXTURAL, QUÍMICA Y GENÉTICA DE LAS ROCAS METAMÓRFICAS |                                  |   |               |            |                         |              |
|---|----------------------------------|---|---------------|------------|-------------------------|--------------|
| CUENCA: RÍO MIGUELENA   |                                  |   |               |            |                         |              |
| Nº SECC.  | NOMBRE TEXTURAL                  | G | CLASE QUÍMICA | NATURALEZA | NOMBRE GENÉTICO         | PROTOLITO    |
| 13  | Augengneis plag-czo-ep-mic-mcr.  | F | CF            | I          | Meta-granodiorita       | Granodiorita |
| 29  | Gneis plag-czo-mic-gr.           | F | CF            | I          | Meta-granodiorita       | Granodiorita |
| 10  | Augengneis plag-czo-ep-mic.      | F | CF            | I          | Meta-granodiorita       | Granodiorita |
| 15  | Augengneis feld-czo-ep-mic.      | F | CF            | I          | Meta-granodiorita       | Granodiorita |
| 14  | Gneis czo-ep-mus-cl.             | F | CF            | I          | Meta-trondhjemita       | Trondhjemita |
| 27  | Gneis plag-czo-ep-mcr-mic.       | F | CF            | I          | Meta-trondhjemita       | Trondhjemita |
| 28  | Gneis czo-plag-ep-mic.           | F | CF            | I          | Meta-trondhjemita       | Trondhjemita |
| 12  | Gneis plag-czo-mic-mcr.          | F | CF            | I          | Meta-trondhjemita       | Trondhjemita |
| 25  | Gneis czo-ep-bi-plag.            | F | CF            | I          | Meta-tonalita           | Tonalita     |
| 33  | Augengneis plag-czo-mic-ep.      | F | CF            | I          | Meta-tonalita           | Tonalita     |
| 47  | Augen-esquistos plag-mus-czo-ep. | F | CF            | I          | Milonita                |              |
| 4   | Anfibolita cl-ep-gr-czo-plag.    | A | M             | I          | Anfibolita ep-gr.       | Basalto      |
| 37  | Anfibolita gr-ep-cl-esf-prg.     | A | M             | I          | Glaucofanita gr.        | Basalto      |
| 18  | Anfibolita ep-cl-gr-esf-czo.     | A | M             | I          | Anfibolita gr-ep.       | Basalto      |
| 42  | Anfibolita ep-cl-ser-czo-plag.   | A | M             | I          | Anfibolita ep.          | Basalto      |
| 31  | Anfibolita                       | F | M             | I          | Meta-diabasa            | Diabasa      |
| 41  | Anfibolita                       | F | M             | I          | Meta-gabro              | Gabro        |
| 38  | Anfibolita                       | F | M             | I          | Meta-gabro              | Gabro        |
| 43  | Anfibolita eclogítica            | A | M             | I          | Eclogita anfibolitizada | Eclogita     |

**(cont.) Clasificación textural, química y genética de las rocas estudiadas.**

| TABLA DE CLASIFICACIÓN TEXTURAL, QUÍMICA Y GENÉTICA DE LAS ROCAS METAMÓRFICAS |                           |   |               |            |                             |           |
|---|---------------------------|---|---------------|------------|-----------------------------|-----------|
| CUENCA: RÍO MIGUELENA   |                           |   |               |            |                             |           |
| N° SECC.  | NOMBRE TEXTURAL           | G | CLASE QUÍMICA | NATURALEZA | NOMBRE GENÉTICO             | PROTOLITO |
| 35  | Anfibolita                | A | M             | I          | Meta-diabasa                | Diabasa   |
| 5   | Anfibolita                | A | M             | I          | Meta-diabasa                | Diabasa   |
| 11  | Serpentinita              | A | U             | I          | Serpentinita                | Dunita    |
| 39  | Serpentinita              | A | U             | I          | Serpentinita (dunita serp.) | Dunita    |
| 17  | Serpentinita eppidotizada | A | U             | I          | Serpentinita                | Dunita    |

**(cont.) Clasificación textural, química y genética de las rocas estudiadas.**

| TABLA DE CLASIFICACIÓN TEXTURAL, QUÍMICA Y GENÉTICA DE LAS ROCAS METAMÓRFICAS |                                    |   |               |            |                  |                     |
|---|------------------------------------|---|---------------|------------|------------------|---------------------|
| CUENCA: RÍO NAIGUATÁ  |                                    |   |               |            |                  |                     |
| Nº SECC.  | NOMBRE TEXTURAL                    | G | CLASE QUÍMICA | NATURALEZA | NOMBRE GENÉTICO  | PROTOLITO           |
| 30  | Cuarcita mic-ep-plag.              | A | CF            | S          | Meta-chert       | Chert               |
| 35  | Esquisto plag-ep-cl.               | A | P             | S          | Meta-limolita    | Limolita            |
| 38  | Esquisto plag-ep-mic.              | A | P             | S          | Meta-limolita    | Limolita            |
| 44  | Esquisto plag-ep-mic.              | A | P             | S          | Meta-limolita    | Limolita            |
| 48  | Esquisto plag-ep-cl.               | A | P             | S          | Meta-limolita    | Limolita            |
| 14  | Esquisto sill-gr-plag-mic.         | A | P             | S          | Meta-bauxita     | Bauxita plataformal |
| 34  | Esquisto bi-feld-czo.              | A | P             | S          | Meta-limolita    | Limolita            |
| 5   | Esquisto (mot.) plag-bi-ep-anf.    | A | P - M         | S ± I      | Meta epiclástica | Epiclástica         |
| 8   | Esquisto (mot.) plag-bi-anf-ep-gr. | A | P - M         | S ± I      | Meta epiclástica | Epiclástica         |
| 27  | Esquisto (mot.) plag-anf-bi-gr.    | A | P - M         | S ± I      | Meta epiclástica | Epiclástica         |
| 23  | Esquisto plag-ep-cl-gr.            | A | P - M         | S ± I      | Meta epiclástica | Epiclástica         |
| 31  | Esquisto plag-cl-ep-gr.            | A | P - M         | S ± I      | Meta epiclástica | Epiclástica         |
| 26  | Esquisto plag-mic-ep-anf-gr.       | A | P - M         | S ± I      | Meta epiclástica | Epiclástica         |
| 43  | Esquisto czo-anf-mic.              | A | P - M         | S ± I      | Meta epiclástica | Epiclástica         |
| 19  | Esquisto czo-mus-anf.              | A | P - M         | S ± I      | Meta epiclástica | Epiclástica         |
| 17  | Esquisto (mot.) anf-plag-gr-mic.   | A | M - P         | I ± S      | Meta epiclástica | Epiclástica         |
| 47  | Esquisto anf-czo-mus-plag.         | A | M - P         | I ± S      | Meta epiclástica | Epiclástica         |
| 37  | Esquisto anf-ep-gr.                | A | M - P         | I ± S      | Meta epiclástica | Epiclástica         |
| 20  | Esquisto anf-czo-plag.             | A | M - P         | I          | Meta toba        | Toba                |
| 2   | Esquisto anf-ep-gr.                | A | M - P         | I          | Meta toba        | Toba                |

**(cont.) Clasificación textural, química y genética de las rocas estudiadas.**

| TABLA DE CLASIFICACIÓN TEXTURAL, QUÍMICA Y GENÉTICA DE LAS ROCAS METAMÓRFICAS |                          |   |               |              |                             |                |
|---|--------------------------|---|---------------|--------------|-----------------------------|----------------|
| CUENCA: RÍO NAIGUATÁ  |                          |   |               |              |                             |                |
| Nº SECC.  | NOMBRE TEXTURAL          | G | CLASE QUÍMICA | NATURALEZA   | NOMBRE GENÉTICO             | PROTOLITO      |
| 1   | Esquisto act-ep.         | A | M - P         | I ± S        | Meta epiclástica            | Epiclástica    |
| 50  | Gneis czo-plag-ep-mic.   | F | CF            | I            | Meta-granitoide (rico czo.) | Granitoide     |
| 41  | Gneis czo-feld-mic.      | F | CF            | I            | Meta-sienogranito           | Sienogranito   |
| 13  | Augengneis czo-feld-mic. | F | CF            | I            | Meta-monzogranito           | Monzogranito   |
| 3   | Gneis czo-plag-mic-gr.   | F | CF            | I            | Meta-granodiorita           | Granodiorita   |
| 32  | Gneis czo-feld-mic-gr.   | F | CF            | I            | Meta-granodiorita           | Granodiorita   |
| 9   | Gneis plag-czo-mic.      | F | CF            | I            | Meta-trondhjemita           | Trondhjemita   |
| 18  | Gneis plag-czo-mic.      | F | CF            | I            | Meta-trondhjemita           | Trondhjemita   |
| 39  | Gneis plag-czo-mic.      | F | CF            | I            | Meta-trondhjemita           | Trondhjemita   |
| 28  | Gneis plag-czo-bi.       | F | CF            | I            | Meta-tonalita               | Tonalita       |
| 33  | Gneis plag-mic-czo.      | F | CF            | I            | Meta-tonalita               | Tonalita       |
| 7   | Epidocita gr.            | A | M             | Metasomática | Epidocita                   | Lava basáltica |
| 10  | Actinolitita             | A | M             | Metasomática | Actinolitita                | Lava basáltica |
| 15  | Actinolitita             | A | M             | Metasomática | Actinolitita                | Lava basáltica |
| 29  | Anfibolita gr-plag-mic.  | A | M             | I            | Anfibolita gr.              | Lava basáltica |
| 36  | Anfibolita plag-ep-gr.   | A | M             | I            | Anfibolita                  | Lava basáltica |
| 16  | Esquisto anf-czo-ep-gr.  | A | M             | I            | Meta toba                   | Toba           |
| 24  | Granofels plag-ep-cl.    | F | M             | I            | Meta-tonalita               | Tonalita       |
| 25  | Granofels plag-ep-cl.    | A | M             | I            | Meta andesita               | Andesita       |
| 45  | Granofels plag-ep-cl.    | A | M             | I            | Meta andesita               | Basalto        |

**(cont.) Clasificación textural, química y genética de las rocas estudiadas.**

| TABLA DE CLASIFICACIÓN TEXTURAL, QUÍMICA Y GENÉTICA DE LAS ROCAS METAMÓRFICAS |                                  |   |               |            |                   |              |
|---|----------------------------------|---|---------------|------------|-------------------|--------------|
| CUENCA: RÍO SAN JULIÁN  |                                  |   |               |            |                   |              |
| Nº SECC.  | NOMBRE TEXTURAL                  | G | CLASE QUÍMICA | NATURALEZA | NOMBRE GENÉTICO   | PROTOLITO    |
| 28  | Cuarcita plag-mus.               | A | CF            | S          | Meta-arenisca     | Arenisca     |
| 44  | Esquisto ep-plag-czo-mus.        | A | P             | S          | Meta-limolita     | Limolita     |
| 2   | Esquisto czo-plag-mus-cl.        | A | P             | S          | Meta-limolita     | Pelítico     |
| 46  | Esquisto czo-plag-cl-bi.         | A | P             | S          | Meta-limolita     | Pelítico     |
| 16  | Esquisto czo-mus-ep-bi.          | A | P             | S          | Meta-limolita     | Pelítico     |
| 17  | Esquisto mus-czo-bi-cl.          | A | P             | S          | Meta-pelita       | Pelítico     |
| 4   | Esquisto plag-mus-czo-ep.        | A | P             | S          | Meta-limolita     | Pelítico     |
| 14  | Esquisto czo-plag-mus-ep.        | A | P             | S          | Meta-limolita     | Pelítico     |
| 11  | Esquisto czo-mus-ep-bi.          | A | P             | S          | Meta pelita       | Pelítico     |
| 10  | Esquisto (mot.) czo-bi-ep-plag.  | A | CF - P        | S          | Meta-limolita     | Filítico     |
| 48  | Esquisto (mot.) czo-bi-ep-plag.  | A | CF - P        | S          | Meta-limolita     | Filítico     |
| 38  | Esquisto (mot.) ep-bi.czo-plag.  | A | P - CF        | S          | Meta-limolita     | Filítico     |
| 42  | Esquisto (mot.) czo-mic-plag-ep. | A | P - CF        | S          | Meta-limolita     | Filítico     |
| 57  | Esquisto (mot.) ep-anf.czo-cl.   | A | M -CF         | I ± S      | Meta epiclástica  | Epiclástico  |
| 23  | Esquisto act-ep-cl.              | A | M - P         | I ± S      | Meta epiclástica  | Epidótica    |
| 49  | Granofels anf-ep-czo-cl.         | F | M - P         | I ± S      | Meta epiclástica  | Epiclástica  |
| 5   | Esquisto ep-anf-czo-plag.        | A | M - CF        | I          | Meta toba         | Toba         |
| 43  | Augengneis feld-czo-mic-ep.      | F | CF            | I          | Meta-sienogranito | Sienogranito |
| 53  | Augengneis anf-feld-ep-czo-cl.   | F | CF            | I          | Metamonzogranito  | Monzogranito |
| 32  | Gneis feld-czo-mic-ep-cl.        | F | CF            | I          | Meta-granodiorita | Granodiorita |



**(cont.) Clasificación textural, química y genética de las rocas estudiadas.**

| TABLA DE CLASIFICACIÓN TEXTURAL, QUÍMICA Y GENÉTICA DE LAS ROCAS METAMÓRFICAS |                                |   |               |            |                   |              |
|---|--------------------------------|---|---------------|------------|-------------------|--------------|
| CUENCA: SAN JULIÁN  |                                |   |               |            |                   |              |
| NºSECC.   | NOMBRE TEXTURAL                | G | CLASE QUÍMICA | NATURALEZA | NOMBRE GENÉTICO   | PROTOLITO    |
| 8   | Gneis feld-czo-ep-mic.         | F | CF            | I          | Meta-granodiorita | Granodiorita |
| 26  | Gneis czo-feld-mus-ep.         | F | CF            | I          | Meta-granodiorita | Granodiorita |
| 18  | Gneis feld-czo-mic-ep.         | F | CF            | I          | Meta-granodiorita | Granodiorita |
| 52  | Gneis cz-mic-feld-ep.          | F | CF            | I          | Meta-granodiorita | Granodiorita |
| 21  | Augengneis plag-czo-ep-mic.    | F | CF            | I          | Meta-granodiorita | Granodiorita |
| 37  | Augengneis feld-czo-mic-cl.    | F | CF            | I          | Meta-granodiorita | Granodiorita |
| 20  | Gneis plag-czo-mrc-mic.        | F | CF            | I          | Meta-granodiorita | Granodiorita |
| 33  | Gneis feld-czo-bi-gr.          | F | CF            | I          | Meta-granodiorita | Granodiorita |
| 35  | Gneis czo-plag-mic-ep-cl.      | F | CF            | I          | Meta-granodiorita | Granodiorita |
| 29  | Augengneis czo-plag-ep-mic.    | F | CF            | I          | Meta-trondhjemita | Trondhjemita |
| 19  | Augengneis plag-czo-mic-ep.    | F | CF            | I          | Meta-trondhjemita | Trondhjemita |
| 1   | Gneis czo-plag-mus-ep.         | F | CF            | I          | Meta-trondhjemita | Trondhjemita |
| 40  | Gneis czo-plag-mic-mcr.        | F | CF            | I          | Meta-trondhjemita | Trondhjemita |
| 3   | Gneis plag-czo-mic-ep.         | F | CF            | I          | Meta-trondhjemita | Trondhjemita |
| 12  | Gneis plag-czo-mic-ep-mcr.     | F | CF            | I          | Meta-trondhjemita | Trondhjemita |
| 30  | Anfibolita ep-czo-cl-gr.       | A | M             | I          | Orto-anfibolita   | Basáltico    |
| 25  | Anfibolita cl-czo-mus-gr.      | A | M             | I          | Orto-anfibolita   | Basáltico    |
| 36  | Anfibolita mus-gr-czo-ep-cl.   | A | M             | I          | Orto-anfibolita   | Basáltico    |
| 41  | Anfibolita gr-cl-ep-mus-czo.   | A | M             | I          | Orto-anfibolita   | Basáltico    |
| 54  | Anfibolita ep-esf-czo-cal-mus. | A | M             | I          | Orto-anfibolita   | Basáltico    |

**(cont.) Clasificación textural, química y genética de las rocas estudiadas.**

| TABLA DE CLASIFICACIÓN TEXTURAL, QUÍMICA Y GENÉTICA DE LAS ROCAS METAMÓRFICAS |                                  |   |               |            |                              |                             |
|---|----------------------------------|---|---------------|------------|------------------------------|-----------------------------|
| CUENCA: CAMURI CHICO  |                                  |   |               |            |                              |                             |
| N° SECC.  | NOMBRE TEXTURAL                  | G | CLASE QUÍMICA | NATURALEZA | NOMBRE GENÉTICO              | PROTOLITO                   |
| 44  | Meta-conglomerado                | F | CF            | S          | Meta-conglomerado            | Conglomerado                |
| 50  | Esquisto plag-czo-mic.           | A | P             | S          | Meta limonita                | Limonita                    |
| 43  | Esquisto plag-mic-ep-gr.         | A | P             | S          | Meta limolita                | Limonita                    |
| 2   | Mármol trm.                      | A | C             | S          | Mármol trm.                  | Caliza dolomítica ± silícea |
| 42  | Mármol trm.                      | A | C             | S          | Mármol trm.                  | Caliza dolomítica ± silícea |
| 17  | Esquisto (mot.) anf-plag-ep-bi.  | A | M - P         | I ± S      | Meta epiclástica             | Epiclástica                 |
| 39  | Esquisto plag-anf-cl-ep.         | A | M - P         | I ± S      | Meta epiclástica             | Epiclástica                 |
| 5   | Esquisto ep-plag-anf.            | A | P - M         | I          | Meta toba                    | Toba                        |
| 52  | Esquisto anf-ep-plag.            | A | M - P         | I          | Meta toba                    | Toba andesítica             |
| 15  | Esquisto anf-ep-czo.             | A | M - P         | I          | Meta toba                    | Toba andesítica             |
| 35  | Esquisto ep-anf-czo-plag.        | A | M - P         | I          | Meta toba                    | Toba andesítica             |
| 8   | Augen-esquisto czo-feld-mic.     | F | CF            | I          | Meta-granitoide rico en czo. | Granitoide rico en cuarzo   |
| 34  | Gneis feld-czo-ep-mus.           | F | CF            | I          | Meta-monzogranito            | Monzogranito                |
| 54  | Augengneis feld-czo-mic-ep.      | F | CF            | I          | Meta-monzogranito            | Monzogranito                |
| 30  | Gneis feld-czo-mic-gr.           | F | CF            | I          | Meta-granodiorita            | Granodiorita                |
| 32  | Gneis feld-czo-mus-gr.           | F | CF            | I          | Meta-granodiorita            | Granodiorita                |
| 6   | Gneis feld-czo-mic.              | F | CF            | I          | Meta-granodiorita            | Granodiorita                |
| 16  | Gneis feld-czo-mic.              | F | CF            | I          | Meta-granodiorita            | Granodiorita                |
| 27  | Gneis czo-feld-mic.              | F | CF            | I          | Meta-granodiorita            | Granodiorita                |
| 58  | Augen-esquisto plag-czo-mcr-mus. | F | CF            | I          | Meta-granodiorita            | Granodiorita                |

**(cont.) Clasificación textural, química y genética de las rocas estudiadas.**

| TABLA DE CLASIFICACIÓN TEXTURAL, QUÍMICA Y GENÉTICA DE LAS ROCAS METAMÓRFICAS |                               |   |               |            |                          |                |
|---|-------------------------------|---|---------------|------------|--------------------------|----------------|
| CUENCA: CAMURI CHICO  |                               |   |               |            |                          |                |
| Nº SECC.  | NOMBRE TEXTURAL               | G | CLASE QUÍMICA | NATURALEZA | NOMBRE GENÉTICO          | PROTOLITO      |
| 31  | Augen-esquistos czo-plag-mus. | F | CF            | I          | Meta-trondhjemitita      | Trondhjemitita |
| 46  | Gneis plag-cl-ep-czo.         | F | CF            | I          | Meta-trondhjemitita      | Trondhjemitita |
| 9   | Gneis feld-czo-bi.            | F | CF            | I          | Meta-trondhjemitita      | Trondhjemitita |
| 56  | Gneis feld-czo-ep.            | F | CF            | I          | Meta-trondhjemitita      | Trondhjemitita |
| 12  | Eclogita anf.                 | A | M             | I          | Eclogita anf.            | Basalto        |
| 24  | Anfibolita mic-plag.          | A | M             | I          | Anfibolita mic-plag.     | Basalto        |
| 33  | Anfibolita ep.                | A | M             | I          | Anfibolita ep.           | Basalto        |
| 19  | Anfibolita plag-cal-czo.      | A | M             | I          | Anfibolita plag-cal-czo. | Basalto        |
| 26  | Serpentinita                  | A | U             | I          | Serpentinita             | Dunita         |
| 36  | Serpentinita                  | A | U             | I          | Serpentinita             | Dunita         |

**(cont.) Clasificación textural, química y genética de las rocas estudiadas.**

| TABLA DE CLASIFICACIÓN TEXTURAL, QUÍMICA Y GENÉTICA DE LAS ROCAS METAMÓRFICAS |                                    |    |               |            |                          |                |
|---|------------------------------------|----|---------------|------------|--------------------------|----------------|
| CUENCA: TACAMAHACA  |                                    |    |               |            |                          |                |
| N° SECC.  | NOMBRE TEXTURAL                    | G. | CLASE QUÍMICA | NATURALEZA | NOMBRE GENÉTICO          | PROTOLITO      |
| 31  | Cuarcita ep-mic-esf.               | F  | CF            | S          | Meta-arenisca            | Arenisca       |
| 24  | Esquisto czo-mus-cl-ep.            | A  | P             | S          | Meta-limolita            | Pelítico       |
| 39  | Esquisto mus-czo-ep-cl.            | A  | P             | S          | Meta-limolita            | Pelítico       |
| 25  | Esquisto czo-mic-ep-cl.            | A  | P             | S          | Meta-limolita            | Pelítico       |
| 30  | Esquisto czo-mic-ep-cl.            | A  | P             | S          | Meta-limolita            | Pelítico       |
| 6   | Esquisto anf-bi-cl-ep.             | A  | M - P         | I ± S      | Meta-limolita            | Pelítico       |
| 40  | Granofels act-ep-plag. (brechoide) | F  | M - CF        | I ± S      | Meta brecha tobácea      | Brecha tobácea |
| 17  | Granofels anf-cl-plag-czo.         | F  | M - CF        | I          | Meta-gabro               | Gabro          |
| 11  | Granofels anf-ep-cl-bi-plag..      | F  | M - CF        | I          | Meta-gabro               | Gabro          |
| 2   | Granofels anf-plag-ep-mic-czo.     | F  | M - CF        | I          | Meta-gabro               | Gabro          |
| 3   | Granofels anf-plag-bi-ep-czo.      | F  | M - CF        | I          | Meta-gabro               | Gabro          |
| 10  | Granofels act-ep-plag-czo-cl.      | F  | M - CF        | I          | Meta-gabro               | Gabro          |
| 9   | Gneis feld-czo-bi.                 | F  | CF            | I          | Meta-monzogranito        | Monzogranito   |
| 1B  | Gneis feld-czo-bi-ep-cl.           | F  | CF            | I          | Meta-melano-granodiorita | Granodiorita   |
| 16  | Augengneis plag-czo-fng-ep-bi.     | F  | CF            | I          | Meta-granodiorita        | Granodiorita   |
| 43  | Gneis feld-czo-mic-ep.             | F  | CF            | I          | Meta-granodiorita        | Granodiorita   |
| 44  | Gneis feld-czo-ep-mic.             | F  | CF            | I          | Meta-granodiorita        | Granodiorita   |
| 36  | Gneis feld-czo-ep-bi.              | F  | CF            | I          | Meta-granodiorita        | Granodiorita   |
| 33  | Gneis plag-czo-ep-mus.             | F  | CF            | I          | Meta-trondhjemita        | Trondhjemita   |
| 45A   | Gneis                              | F  | CF            | I          | Meta-trondhjemita        | Trondhjemita   |

**(cont.) Clasificación textural, química y genética de las rocas estudiadas.**

| TABLA DE CLASIFICACIÓN TEXTURAL, QUÍMICA Y GENÉTICA DE LAS ROCAS METAMÓRFICAS |                             |   |               |            |                              |              |
|---|-----------------------------|---|---------------|------------|------------------------------|--------------|
| CUENCA: TACAMAHACA  |                             |   |               |            |                              |              |
| Nº SECC.  | NOMBRE TEXTURAL             | G | CLASE QUÍMICA | NATURALEZA | NOMBRE GENÉTICO              | PROTOLITO    |
| 12  | Gneis plag-bi-czo-mcr-ep.   | F | CF            | I          | Meta-tonalita                | Tonalita     |
| 34B   | Gneis                       | F | CF            | I          | Meta-trondhjemita            | Trondhjemita |
| 34A   | Gneis                       | F | CF            | I          | Meta-trondhjemita            | Trondhjemita |
| 19  | Augengneis plag-czo-mic-ep. | F | CF            | I          | Meta-trondhjemita            | Trondhjemita |
| 5   | Gneis plag-czo-mic-ep.      | F | CF            | I          | Meta-tonalita                | Tonalita     |
| 35  | Gneis plag-bi-ep-czo-mcr.   | F | CF            | I          | Meta-tonalita                | Tonalita     |
| 1A  | Gneis bi-plag-czo-cl-ep.    | F | CF            | I          | Meta-tonalita                | Tonalita     |
| 26  | Gneis czo-cl-mus-ep-plag.   | F | CF            | I          | Meta-tonalita                | Tonalita     |
| 18  | Augengneis czo-mus-plag-ep. | F | CF            | I          | Meta-tonalita                | Tonalita     |
| 23  | Gneis czo-ep-cl-mus.        | F | CF            | I          | Meta-tonalita                | Tonalita     |
| 8   | Epidocita plag-czo-esf.     | A | M             | I          | Meta-toba                    | Toba         |
| 32  | Anfibolita ep-cl-czo.       | A | M             | I          | Orto-anfibolita              | Basáltico    |
| 13  | Anfibolita czo-ep-plag-bi.  | A | M             | I          | Orto-anfibolita ep-czo-plag. | Basáltico    |
| 29  | Anfibolita ep-czo-esf.      | F | M             | I          | Hornblendita Ep.             | Basáltico    |
| 41  | Anfibolita bi-esf.          | F | U             | I          | Hornblendita ep.             | Ultramáfica  |

**(cont.) Clasificación textural, química y genética de las rocas estudiadas.**

| TABLA DE CLASIFICACIÓN TEXTURAL, QUÍMICA Y GENÉTICA DE LAS ROCAS METAMÓRFICAS |                                  |   |               |            |                   |              |
|---|----------------------------------|---|---------------|------------|-------------------|--------------|
| CUENCA: TÓCOME  |                                  |   |               |            |                   |              |
| NºSECC.   | NOMBRE TEXTURAL                  | G | CLASE QUÍMICA | NATURALEZA | NOMBRE GENÉTICO   | PROTOLITO    |
| 5   | Cuarcita plag-cl-mus-ep.         | A | CF            | S          | Meta chert        | Chert        |
| 24  | Cuarcita plag-mic-cl.            | A | CF            | S          | Meta chert        | Chert        |
| 27  | Cuarcita plag-mic-cl-ep.         | A | CF            | S          | Meta chert        | Chert        |
| 45  | Cuarcita plag-mic-cl-ep.         | A | CF            | S          | Meta chert        | Chert        |
| 52  | Esquisto (mot.) plag-mic-ep-gr.  | A | P             | S          | Meta limolita     | Pelítico     |
| 8   | Esquisto czo-plag-mic-cl         | A | P             | S          | Meta limolita     | Pelítico     |
| 37  | Esquisto czo-plag-cl-ep.         | A | P             | S          | Meta limolita     | Pelítico     |
| 15  | Esquisto (mot.) plag-bi-ep-anf.  | A | P - M         | S ± I      | Meta epiclástica  | Epiclástica  |
| 48  | Esquisto ep-czo-cl-anf.          | A | P - M         | S ± I      | Meta epiclástica  | Epiclástica  |
| 9   | Esquisto (mot.) anf-plag-ep-bi.  | A | M - P         | I ± S      | Meta epiclástica  | Epiclástica  |
| 50  | Esquisto (mot.) anf.-plag-ep-gr. | A | M - P         | I ± S      | Meta toba         | Toba         |
| 20  | Esquisto anf-ep-plag.            | A | M - P         | I ± S      | Meta toba         | Toba         |
| 33  | Esquisto anf-plag-ep-cl.         | A | M - P         | I ± S      | Meta epiclástica  | Epiclástica  |
| 51  | Esquisto anf-plag-ep-cl.         | A | M - P         | I ± S      | Meta epiclástica  | Epiclástica  |
| 16  | Augengneis feld-czo-mic.         | F | CF            | I          | Meta-sienogranito | Sienogranito |
| 14  | Gneis feld-czo-mic.              | F | CF            | I          | Meta-granodiorita | Granodiorita |
| 23  | Gneis czo-feld-mus-cl.           | F | CF            | I          | Meta-granodiorita | Granodiorita |
| 1   | Gneis feld-czo-cl-mus.           | F | CF            | I          | Meta-granodiorita | Granodiorita |
| 36  | Gneis plag-czo-bi-mcr.           | F | CF            | I          | Meta-trondhjemita | Trondhjemita |
| 3   | Meta-trondhjemita                | F | CF            | I          | Meta-trondhjemita | Trondhjemita |

**(cont.) Clasificación textural, química y genética de las rocas estudiadas.**

| TABLA DE CLASIFICACIÓN TEXTURAL, QUÍMICA Y GENÉTICA DE LAS ROCAS METAMÓRFICAS |                        |   |               |            |                 |           |
|---|------------------------|---|---------------|------------|-----------------|-----------|
| CUENCA: TÓCOME  |                        |   |               |            |                 |           |
| NºSECC.   | NOMBRE TEXTURAL        | G | CLASE QUÍMICA | NATURALEZA | NOMBRE GENÉTICO | PROTOLITO |
| 25  | Gneis plag-czo-mic.    | F | CF            | I          | Meta-tonalita   | Tonalita  |
| 26  | Anfibolita plag-ep-cl. | A | M             | I          | Orto-anfibolita | Basáltico |
| 34  | Meta-diabasa           | F | M             | I          | Meta-diabasa    | Diabasa   |
| 17  | Meta-gabro             | F | M             | I          | Meta-gabro      | Gabro     |
| 41  | Meta-gabro             | F | M             | I          | Meta-gabro      | Gabro     |

**(cont.) Clasificación textural, química y genética de las rocas estudiadas.**

| TABLA DE CLASIFICACIÓN TEXTURAL, QUÍMICA Y GENÉTICA DE LAS ROCAS METAMÓRFICAS |                                  |   |               |            |                              |                           |
|---|----------------------------------|---|---------------|------------|------------------------------|---------------------------|
| CUENCA: CHACAÍTO  |                                  |   |               |            |                              |                           |
| N° SECC.  | NOMBRE TEXTURAL                  | G | CLASE QUÍMICA | NATURALEZA | NOMBRE GENÉTICO              | PROTOLITO                 |
| 50  | Meta-conglomerado / brecha       | F | CF            | S          | Meta conglomerado / brecha   | Conglomerado- brecha      |
| 17  | Cuarcita plag-mic-ep.            | A | CF            | S          | Meta chert                   | Chert                     |
| 26  | Cuarcita feld-mus-ep.            | A | CF            | S          | Meta chert                   | Chert                     |
| 34  | Cuarcita feld-mus.               | A | CF            | S          | Meta chert                   | Chert                     |
| 37  | Esquisto czo-ep-mic-plag.        | A | P             | S          | Meta limolita                | Pelítico                  |
| 52  | Esquisto czo-cl-plag-bi.         | A | P             | S          | Meta limolita                | Pelítico                  |
| 21  | Esquisto czo-ep-cl-plag          | A | P             | S          | Meta limolita                | Pelítico                  |
| 44  | Esquisto plag-czo-mus-ep.        | A | P             | S          | Meta limolita                | Pelítico                  |
| 22  | Esquisto czo-cl-ep-anf.          | A | P - M         | S ± I      | Meta epiclástica             | Epiclástica               |
| 19  | Esquisto anf-plag-ep-cl.         | A | M - P         | I ± S      | Meta epiclástica             | Epiclástica               |
| 1   | Esquisto (mot.) plag-anf-ep-mic. | A | M - P         | I ± S      | Meta epiclástica             | Epiclástica               |
| 17  | Esquisto (mot.) plag-anf-bi-ep.  | A | M - P         | I ± S      | Meta epiclástica             | Epiclástica               |
| 46  | Esquisto (mot.) anf-plag-cl-ep.  | A | M - P         | I ± S      | Meta epiclástica             | Epiclástica               |
| 14  | Esquisto (mot.) anf-plag-ep-czo. | A | M             | I          | Meta toba                    | Toba andesítica           |
| 6   | Esquisto (mot.) anf-plag-ep-gr.  | A | M             | I          | Meta toba                    | Toba andesítica           |
| 40  | Augengneis czo-feld-mic-ep.      | F | CF            | I          | Meta-monzogranito.           | Monzogranito              |
| 16  | Gneis czo-mic-plag-ep.           | F | CF            | I          | Meta-granitoide rico en czo. | Granitoide rico en cuarzo |
| 47  | Meta-diorita czo.                | F | CF            | I          | Meta-czo-diorita.            | Diorita                   |
| 29  | Meta-granodiorita                | F | CF            | I          | Meta-granodiorita            | Granodiorita              |
| 3   | Gneis ep-plag-bi-czo.            | F | CF            | I          | Meta-tonalita.               | Tonalita                  |



**(cont.) Clasificación textural, química y genética de las rocas estudiadas.**

| TABLA DE CLASIFICACIÓN TEXTURAL, QUÍMICA Y GENÉTICA DE LAS ROCAS METAMÓRFICAS |                            |   |               |            |                    |                |
|---|----------------------------|---|---------------|------------|--------------------|----------------|
| CUENCA: CHACAÍTO  |                            |   |               |            |                    |                |
| N° SECC.  | NOMBRE TEXTURAL            | G | CLASE QUÍMICA | NATURALEZA | NOMBRE GENÉTICO    | PROTOLITO      |
| 5   | Gneis plag-ep-anf-czo.     | F | CF            | I          | Meta-tonalita      | Tonalita       |
| 35  | Gneis plag-czo-ep-bi.      | F | CF            | I          | Meta-tonalita      | Tonalita       |
| 24  | Meta-trondhjemita          | F | CF            | I          | Meta-trondhjemita  | Trondhjemita   |
| 39  | Meta-trondhjemita          | F | CF            | I          | Meta-trondhjemita  | Trondhjemita   |
| 41  | Anfibolita czo-plag-ep-gr. | A | M             | I          | Anfibolita czo-gr. | Lava Basáltico |

**Tabla 25. Facies y relación P/T. Cuencas de las vertientes norte y sur.  
Río Miguelena**

| Aspecto textural         | Agrupación                            | Tipos litológicos                   | Secciones RM-602-r:   | Facies               | P/T                         | Minerales índice           |
|--------------------------|---------------------------------------|-------------------------------------|-----------------------|----------------------|-----------------------------|----------------------------|
| Rocas Foliadas           | Augengneis y gneises                  | Augengneis y gneis czo-plag-ep-mic. | 10, 7, 13, 15, 33, 25 | ESQUISTOS VERDES     | INTERMEDIA                  | Biotita                    |
|                          |                                       | Gneis czo-ep-mus-cl.                | 14                    |                      |                             | Epidoto-Clorita            |
|                          |                                       | Gneis plag-czo-mic-gr.              | 29                    |                      |                             | Biotita-Granate            |
|                          |                                       | Augen-esquisto                      | 47                    |                      |                             | Epidoto-Clorita            |
|                          | Esquistos moteados                    | Esquisto plag-czo-mic-gr.           | 3, 45                 |                      |                             | Biotita-Granate            |
|                          |                                       | Esquisto plag-ep-czo-mic.           | 44                    |                      |                             | Biotita-Epidoto            |
|                          |                                       | Esquisto anf-plag-czo-gr.           | 21, 24, 8             |                      |                             | ANFIBOLITA EPIDÓTICA       |
|                          | Esquistos                             | Esquisto plag-czo-bi-brr.           | 9                     | ESQUISTOS VERDES     | INTERMEDIA                  | Barroisita-Biotita         |
|                          |                                       | Esquisto anf- gr.                   | 26, 23, 22, 1         | ANFIBOLITA EPIDÓTICA | INTERMEDIA A ALTA           | Barroisita-Epidoto-Granate |
|                          |                                       | Esquisto czo-mus-brr.               | 34                    | ESQUISTOS VERDES     | INTERMEDIA                  | Barroisita                 |
|                          |                                       | Esquisto plag-czo-mus-gr.           | 16, 40                |                      |                             | Granate-Biotita            |
|                          |                                       | Esquisto plag-cl-czo.               | 36                    |                      |                             | Clorita                    |
|                          | Esquisto czo-cal-grf.                 | 2, 6                                | Clorita-Epidoto       |                      |                             |                            |
| Rocas no foliadas        | Mármoles                              | Mármol trm-cl.                      | 46                    |                      |                             | ESQUISTOS VERDES           |
|                          |                                       | Mármol czo-plag-mus.                | 30                    | Moscovita            |                             |                            |
|                          | Brecha epiclástica (metaconglomerado) | Brecha                              | 32                    | Clorita-Biotita      |                             |                            |
|                          | Meta-ígneas graníticas                | Meta-trondhjemita                   | 12, 27, 28            | Biotita              |                             |                            |
|                          | Meta-ígneas máficas                   | Anfibolita granatífera              | 4, 37                 | ANFIBOLITA EPIDÓTICA | INTERMEDIA A ALTA           | Barroisita-Epidoto-Granate |
|                          |                                       | Anfibolita ep-cl.                   | 18, 42                | ESQUISTOS VERDES     | INTERMEDIA                  | Barroisita-Epidoto-Clorita |
| Anfibolita eclogítica    |                                       | 43                                  | ECLOGITA              | ALTA                 | Onfacita-Barroisita-Granate |                            |
| Meta gabro               |                                       | 41, 38                              | ESQUISTOS VERDES      | INTERMEDIA           | Biotita                     |                            |
| Meta diabasa             | 31, 35, 5                             | Biotita                             |                       |                      |                             |                            |
| Meta-ígneas ultramáficas | Serpentinita                          | 11, 39, 17                          |                       |                      | Antigorita                  |                            |

**Río Naiguatá**

| Aspecto textural        | Agrupación              | Tipos litológicos          | Secciones RN-802-r: | Facies           | P/T                  | Minerales índice       |                            |                             |
|-------------------------|-------------------------|----------------------------|---------------------|------------------|----------------------|------------------------|----------------------------|-----------------------------|
| Rocas foliadas          | Augengneis y gneises    | Augengneis czo-feld-mic.   | 13                  | ESQUISTOS VERDES | INTERMEDIA           | Biotita                |                            |                             |
|                         |                         | Gneis czo-plag-mic-gr.     | 3, 32               |                  |                      | Granate-Biotita        |                            |                             |
|                         |                         | Gneis czo-plag-mic.        | 33, 50              |                  |                      | Biotita                |                            |                             |
|                         |                         | Gneis plag-czo-bi.         | 28                  |                  |                      | Biotita                |                            |                             |
|                         | Esquistos moteados      | Esquisto plag-bi-ep.       | 5                   |                  |                      | Biotita                |                            |                             |
|                         |                         | Esquisto plag-anf-bi.      | 8, 17, 27           |                  |                      | Barroisita-Biotita     |                            |                             |
|                         | Esquistos               | Esquisto plag-ep-cl-mic.   | 35, 38, 44, 48      |                  |                      | Biotita-Epidoto        |                            |                             |
|                         |                         | Esquisto plag-ep-cl-gr.    | 23, 31              |                  |                      | Granate-Clorita        |                            |                             |
|                         |                         | Esquisto plag-mic-ep-gr.   | 26                  |                  |                      | Granate-Biotita        |                            |                             |
|                         |                         | Esquisto anf-czo-plag-mic. | 20, 43, 47          |                  |                      | Barroisita-Biotita     |                            |                             |
|                         |                         | Esquisto anf-czo-ep-gr.    | 16                  |                  |                      | ANFIBOLITA EPIDÓTICA   | INTERMEDIA A ALTA          | Barroisita- Epidoto-Granate |
|                         |                         | Esquisto czo-mus-anf.      | 19                  |                  |                      | ESQUISTOS VERDES       | INTERMEDIA                 | Barroisita                  |
|                         |                         | Esquisto sill-plag-mic-gr. | 14                  |                  |                      | ANFIBOLITA ALMANDÍNICA |                            | Sillimanita- Granate        |
|                         |                         | Esquisto bi-feld-czo.      | 34                  |                  |                      | ESQUISTOS VERDES       |                            | Biotita                     |
|                         |                         | Esquisto anf-ep-gr.        | 2, 37               |                  |                      | ANFIBOLITA EPIDÓTICA   |                            | INTERMEDIA A ALTA           |
| Esquisto act.           |                         | 1                          | ESQUISTOS VERDES    | INTERMEDIA       | Actinolita           |                        |                            |                             |
| Epidocita               | Epidocita granatífera   | 7                          |                     |                  | Granate-Epidoto      |                        |                            |                             |
| Cuarcita                | Cuarcita mic-ep-plag.   | 30                         |                     |                  | Biotita-Epidoto      |                        |                            |                             |
| Meta-ígneas graníticas  | Meta- trondhjemita      | 9                          |                     |                  | Biotita              |                        |                            |                             |
|                         | Meta-trondhjemita       | 18, 39                     |                     |                  | Biotita              |                        |                            |                             |
|                         | Meta-sienogranito       | 41                         |                     |                  | Biotita              |                        |                            |                             |
| Meta-ígneas intermedias | Granofels plag-czo-bi.  | 24                         |                     |                  | Biotita              |                        |                            |                             |
|                         | Granofels plag-ep-czo.  | 25, 45                     |                     |                  | Epidoto-Clorita      |                        |                            |                             |
| Meta-ígneas máficas     | Anfibolita gr-plag-mic. | 29                         |                     |                  | ANFIBOLITA EPIDÓTICA | INTERMEDIA A ALTA      | Barroisita-Granate         |                             |
|                         | Anfibolita plag-ep-gr.  | 36                         |                     |                  | ESQUISTOS VERDES     | INTERMEDIA             | Barroisita-Granate-Epidoto |                             |
|                         | Actinolita              | 10, 15                     |                     |                  |                      |                        | Actinolita                 |                             |

**Río San Julián**

| Aspecto textural       | Agrupación           | Tipos litológicos                | Secciones RSJ-802-r:              | Facies               | P/T               | Minerales índice           |           |
|------------------------|----------------------|----------------------------------|-----------------------------------|----------------------|-------------------|----------------------------|-----------|
| Rocas Foliadas         | Augengneis y gneises | Augengneis y gneis czo-plag-mic. | 29, 21, 37, 43, 19, 1, 32, 18, 52 | ESQUISTOS VERDES     | INTERMEDIA        | Biotita                    |           |
|                        |                      | Gneis feld-czo-mic-gr.           | 8, 20                             |                      |                   | Biotita-Granate            |           |
|                        |                      | Gneis czo-feld-mus-cal           | 26                                |                      |                   | Biotita                    |           |
|                        |                      | Gneis czo-feld-bi-gr.            | 33                                |                      |                   | Biotita-Granate            |           |
|                        |                      | Augengneis ep-anf-czo            | 53                                |                      |                   | Biotita-Epidoto            |           |
|                        | Esquistos Moteados   | Esquisto ep-anf-czo-cl.          | 57                                |                      |                   | Barroisita-Epidoto-Clorita |           |
|                        |                      | Esquisto ep-bi-czo-cal.          | 38                                |                      |                   | Epidoto-Biotita            |           |
|                        |                      | Esquisto czo-bi-ep-plag.         | 10, 48, 42                        |                      |                   | Biotita-Epidoto            |           |
|                        | Esquistos            | Esquisto anf-ep                  | 23, 5                             |                      |                   | Barroisita-Epidoto         |           |
|                        |                      | Esquisto ep-plag-czo-gr.         | 44                                |                      |                   | Epidoto-Granate            |           |
|                        |                      | Esquisto czo-plag-bi-cal         | 2, 46                             |                      |                   | Biotita                    |           |
|                        |                      | Esquisto czo-mus-ep-bi.          | 16, 17, 4, 14                     |                      |                   | Epidoto-Biotita            |           |
|                        |                      | Esquisto czo-mus-ep-gr.          | 11                                |                      |                   | Epidoto-Granate            |           |
|                        | Rocas no foliadas    | Cuarcita                         | Cuarcita plag-mus.                |                      |                   | 28                         | Moscovita |
|                        |                      | Meta-ígneas graníticas           | Meta trondhjemitas                |                      |                   | 35, 40, 3                  | Biotita   |
| Meta trondhjemitas     |                      |                                  | 12                                | Biotita              |                   |                            |           |
| Meta-ígneas intermedia |                      | Granofels                        | 49                                | Actinolita-Biotita   |                   |                            |           |
| Meta-ígneas máficas    |                      | Anfibolitas gr-cl-czo.           | 30, 25, 36                        | ANFIBOLITA EPIDÓTICA | INTERMEDIA A ALTA | Barroisita-Granate-Epidoto |           |
|                        | Anfibolitas ep-cal.  | 54                               | ESQUISTOS VERDES                  | INTERMEDIA           |                   |                            |           |

**Río Camuri Chico**

| Aspecto textural          | Agrupación               | Tipos litológicos             | Secciones: RCCh-802-r | Facies           | P/T        | Minerales índice           |                   |                            |
|---------------------------|--------------------------|-------------------------------|-----------------------|------------------|------------|----------------------------|-------------------|----------------------------|
| Rocas Foliadas            | Augengneis y gneises     | Augengneis feld-czo-mic.      | 54                    | ESQUISTOS VERDES | INTERMEDIA | Biotita                    |                   |                            |
|                           |                          | Gneis feld-czo-mic-gr.        | 30,32                 |                  |            | Biotita-Granate            |                   |                            |
|                           |                          | Gneis feld-czo-ep-cl.         | 34,46                 |                  |            | Epidoto-Clorita            |                   |                            |
|                           |                          | Gneis feld-czo-mic.           | 6,16,27               |                  |            | Biotita                    |                   |                            |
|                           |                          | Augen-esquistos feld-czo-mus. | 8,31,58               |                  |            | Biotita                    |                   |                            |
|                           | Esquistos moteados       | Esquistos anf-plag-ep.        | 17,39                 |                  |            | Barroisita-Epidoto         |                   |                            |
|                           | Esquistos                | Esquistos ep-plag-anf.        | 5                     |                  |            | Barroisita-Epidoto         |                   |                            |
|                           |                          | Esquistos plag-czo-mic.       | 50                    |                  |            | Biotita                    |                   |                            |
|                           |                          | Esquistos anf-ep-plag-gr.     | 52                    |                  |            | ANFIBOLITA EPIDÓTICA       | INTERMEDIA A ALTA | Barroisita-Epidoto-Granate |
|                           |                          | Esquistos anf-ep-czo.         | 15,35                 |                  |            | ESQUISTOS VERDES           | INTERMEDIA        | Barroisita-Epidoto         |
| Esquistos plag-mic-ep-gr. |                          | 43                            | Granate-Epidoto       |                  |            |                            |                   |                            |
| Rocas no foliadas         | Meta-psamitas            | Meta-conglomerado epiclástico | 44                    | ESQUISTOS VERDES | INTERMEDIA | Muscovita                  |                   |                            |
|                           | Mármoles                 | Mármol tremolítico            | 2,42                  |                  |            | Tremolita                  |                   |                            |
|                           | Meta-ígneas graníticas   | Meta-trondhjemitita           | 9                     |                  |            | Biotita-Epidoto            |                   |                            |
|                           |                          | Meta-trondhjemitita           | 56                    |                  |            | Clorita-Epidoto            |                   |                            |
|                           | Meta-ígneas máficas      | Eclogita anf-parag.           | 12                    | ECLOGITA         | ALTA       | Onfacita-Granate-Cianita   |                   |                            |
|                           |                          | Anfibolita mic-plag.          | 24                    | ESQUISTOS VERDES | INTERMEDIA | Barroisita-Biotita-Epidoto |                   |                            |
|                           |                          | Anfibolitita ep.              | 33                    |                  |            | Barroisita-Epidoto         |                   |                            |
|                           |                          | Anfibolita plag-calc-czo.     | 19                    |                  |            | Barroisita                 |                   |                            |
|                           | Meta-ígneas ultramáficas | Serpentinita                  | 26,36                 | ESQUISTOS VERDES | INTERMEDIA | Antigorita                 |                   |                            |

**Cuencas de la vertiente sur:****Quebrada Tacamahaca**

| Aspecto textural  | Agrupación               | Tipos litológicos                   | Secciones RT-602-r: | Facies                     | P/T        | Minerales índice           |            |                      |         |
|-------------------|--------------------------|-------------------------------------|---------------------|----------------------------|------------|----------------------------|------------|----------------------|---------|
| Rocas Foliadas    | Augengneis y gneises     | Augengneis y Gneis czo-mic-plag-ep. | 16, 18, 19, 43      | ESQUISTOS VERDES           | INTERMEDIA | Biotita-Epidoto            |            |                      |         |
|                   |                          | Gneis czo-ep-plag-mus.              | 23, 33              |                            |            | Epidoto                    |            |                      |         |
|                   |                          | Augen esquisto czo-mic-plag-ep      | 26                  |                            |            | Biotita-Epidoto            |            |                      |         |
|                   | Esquistos moteados       | Esquisto Anf-bi-cl-ep.              | 6                   |                            |            | Barroisita-Clorita-Epidoto |            |                      |         |
|                   | Esquistos                | Esquisto czo-mus-ep-gr.             | 24, 39              |                            |            | Epidoto-Granate            |            |                      |         |
|                   |                          | Esquisto czo-mic-ep-cl.             | 25, 30              |                            |            | Biotita-Epidoto            |            |                      |         |
| Rocas no foliadas | Epidosita                | Epidosita                           | 8                   |                            |            | ESQUISTOS VERDES           | INTERMEDIA | Epidoto              |         |
|                   | Cuarcita                 | Cuarcita ep-mic.                    | 31                  |                            |            |                            |            | Epidoto-Biotita      |         |
|                   | Meta-ígneas graníticas   | Meta-trondhjemitita                 |                     |                            |            |                            |            | 5, 45A               | Biotita |
|                   |                          |                                     |                     |                            |            |                            |            | 12, 34B, 34A, 44, 36 | Biotita |
|                   |                          |                                     |                     |                            |            |                            |            | 35                   | Biotita |
|                   |                          |                                     | Meta-granodiorita   |                            |            |                            |            | 9                    | Biotita |
|                   | Meta-ígneas intermedias  | Granofels anf-cl.                   | 17                  |                            |            |                            |            | Barroisita-Clorita   |         |
|                   |                          | Granofels (brechoide)               | 40                  | Biotita-Epidoto            |            |                            |            |                      |         |
|                   | Meta-ígneas máficas      | Anfibolita ep-cl-czo.               | 32                  | Barroisita-Clorita         |            |                            |            |                      |         |
|                   |                          | Anfibolita czo-ep-plag-bi.          | 13                  | Barroisita-Epidoto-Biotita |            |                            |            |                      |         |
|                   |                          | Meta-gabro                          | 11, 2, 3            | Biotita                    |            |                            |            |                      |         |
|                   |                          | Meta-gabro                          | 10                  | Biotita                    |            |                            |            |                      |         |
|                   | Meta-ígneas ultramáficas | Hornblendita ep.                    | 29, 41              | ANFIBOLITA                 | INTERMEDIA |                            |            | Hornblenda           |         |

**Río Tócome**

| Aspecto textural  | Agrupación               | Tipos litológicos        | Secciones: RTo-902-r        | Facies               | P/T               | Minerales índice           |                    |
|-------------------|--------------------------|--------------------------|-----------------------------|----------------------|-------------------|----------------------------|--------------------|
| Rocas Foliadas    | Augengneis y gneises     | Augengneis feld-czo-mic. | 16                          | ESQUISTOS VERDES     | INTERMEDIA        | Biotita                    |                    |
|                   |                          | Gneis feld-czo-mic.      | 1,14,23,25,36               |                      |                   | Biotita                    |                    |
|                   | Esquisto plag-anf-bi-ep. | 9,15                     | Barroisita- Biotita-Epidoto |                      |                   |                            |                    |
|                   | Esquistos moteados       | Esquisto anf-plag-ep-gr. | 50                          | ANFIBOLITA EPIDÓTICA | INTERMEDIA A ALTA | Barroisita-Epidoto-Granate |                    |
|                   |                          | Esquisto plag-mic-ep-gr. | 52                          | ESQUISTOS VERDES     | INTERMEDIA        | Biotita-Epidoto-Granate    |                    |
|                   | Esquisto                 | Esquisto czo-plag-cl.    | 8                           |                      |                   | Clorita                    |                    |
|                   |                          | Esquisto czo-plag-cl.    | 37                          |                      |                   | Clorita                    |                    |
|                   |                          | Esquisto anf-plag-ep.    | 20,33,51                    |                      |                   | Barroisita-Epidoto         |                    |
|                   |                          | Esquisto ep-czo-cl.      | 48                          |                      |                   | Epidoto-Clorita            |                    |
|                   |                          | Cuarcitas                | Cuarcita plag-mic.          |                      |                   | 5,24,27,45                 | Biotita            |
| Rocas no foliadas | Meta-ígneas graníticas   | Meta-trondhemita         | 3                           |                      |                   | Biotita                    |                    |
|                   |                          | Anfibolita plag-ep-cl.   | 26                          |                      |                   | Barroisita-Epidoto-Clorita |                    |
|                   | Meta-ígneas máficas      | Meta-gabro               | 17,41                       |                      |                   | INTERMEDIA A ALTA          | Barroisita-Biotita |
|                   |                          | Meta-diabasa             | 34                          |                      |                   | INTERMEDIA                 | Barroisita         |

**Quebrada Chacaíto**

| Aspecto textural       | Agrupación           | Tipos litológicos          | Secciones: QCh-802-r      | Facies               | P/T               | Minerales índice           |                  |            |
|------------------------|----------------------|----------------------------|---------------------------|----------------------|-------------------|----------------------------|------------------|------------|
| Rocas Foliadas         | Augengneis y gneises | Augengneis czo-feld-mic.   | 40                        | ESQUISTOS VERDES     | INTERMEDIA        | Biotita                    |                  |            |
|                        |                      | Gneis plag-mic-czo-ep.     | 3,16                      |                      |                   | Biotita-Epidoto            |                  |            |
|                        |                      | Gneis plag-ep-anf.         | 5                         |                      |                   | Epidoto-Barroisita         |                  |            |
|                        |                      | Gneis plag-czo-ep.         | 35                        |                      |                   | Epidoto                    |                  |            |
|                        | Esquistos moteados   | Esquisto plag-anf-bi-ep.   | 1,27                      |                      |                   | Barroisita-Biotita         |                  |            |
|                        |                      | Esquisto anf-plag-ep-cl.   | 14,46                     |                      |                   | Barroisita-Epidoto-Clorita |                  |            |
|                        |                      | Esquisto anf-plag-ep-gr.   | 6                         | ANFIBOLITA EPIDÓTICA | INTERMEDIA A ALTA | Barroisita-Epidoto-Granate |                  |            |
|                        | Esquistos            | Esquisto czo-ep-plag-cl.   | 37,52                     | ESQUISTOS VERDES     | INTERMEDIA        | Clorita-Epidoto            |                  |            |
|                        |                      | Esquisto czo-plag-ep-cl.   | 21,44                     |                      |                   | Clorita-Epidoto            |                  |            |
|                        |                      | Esquisto czo-cl-ep.        | 22                        |                      |                   | Clorita-Epidoto            |                  |            |
|                        |                      | Esquisto anf-plag-ep.      | 19                        |                      |                   | Barroisita-Epidoto         |                  |            |
|                        | Rocas no foliadas    | Meta-psefita               | Metaconglomerado / brecha |                      |                   | 50                         | ESQUISTOS VERDES | INTERMEDIA |
| Cuarcitas              |                      | Cuarcita plag-mic.         | 17,26,34                  |                      |                   | Biotita                    |                  |            |
| Meta-ígneas graníticas |                      | Meta-trondhjemita          | 24                        |                      |                   | Clorita-Epidoto            |                  |            |
|                        |                      | Meta-trondhjemita          | 39                        |                      |                   | Biotita                    |                  |            |
|                        |                      | Meta-granodiorita          | 29                        | Biotita              |                   |                            |                  |            |
|                        |                      | Meta-tonalita              | 47                        | Biotita              |                   |                            |                  |            |
| Meta-ígneas máficas    |                      | Anfibolita czo-plag-ep-gr. | 41                        | ANFIBOLITA EPIDÓTICA | INTERMEDIA A ALTA | Barroisita-Granate-Epidoto |                  |            |



## CAPÍTULO VIII

### 8. INTERPRETACIÓN DE CICLOS TECTÓNICOS

El presente capítulo tiene por objetivo establecer una relación entre las rocas del escudo de Guayana y del núcleo paleozoico de los Andes de Mérida, con las encontradas en el Macizo Ávila (zona de trabajo), ya que las rocas al ser analizadas petrográficamente, arrojan contenidos mineralógicos muy similares a algunas de las rocas del Escudo de Guayana y los Andes Venezolanos.

Reconocer ciclos tectónicos pasados en zonas con afloramientos continuos y bien expuestos es, de por sí, algo difícil. Si hay pocos afloramientos poco accesibles, es bastante más difícil, pero hacerlo en cantos rodados es algo tan complejo que sólo se ve facilitado por la gran variedad de tipos litológicos que es posible recolectar en los cauces fluviales o de quebradas.

#### **8.1 Reconocimiento de rocas del escudo de Guayana venezolano en la zona de estudio. Pre-cámbrico.**

En el Escudo de Guayana en Venezuela afloran cinco provincias petrotectónicas SIDDER (1995):

- 1) Un terreno Arqueano con metamorfismo de la facies de la anfibolita a la granulita,
- 2) Un terreno granítico que incluye cinturones de rocas verdes, de edad Proterozoico Temprano,
- 3) Un complejo volcánico-plutónico, y se encuentra dentro de la facies de esquistos verdes a anfibolita, de edad Proterozoico Temprano,
- 4) Rocas continentales de edad Proterozoico temprano, y
- 5) Rifts abortados, de edad Proterozoico medio, con suites anorogénicas que incluyen granito rapakivi.

En el Arqueano, ciclo anterior al Proterozoico, se presenta el Complejo Imataca, que es la unidad más antigua del escudo. Es una unidad volcano-sedimentaria

metamorfizada, que a su vez representa la parte más importante de la provincia geológica de Imataca, hacia el extremo nororiental del Escudo de Guayana.

Incluye más del 80% de ortogneis cuarzo feldespático, paragneis, y granulita félsica, 10-15% de ortogneis intermedio a máfico, granulitas y charnoquitas, un porcentaje metamorfizado de formación bandeada de hierro, y en menor proporción rocas metasedimentarias manganesíferas, mármol dolomítico y anortosita. El grado metamórfico varía desde la facies de la granulita, en la parte noreste del cinturón, a la facies de la anfibolita en la parte suroeste. El Complejo Imataca fue afectado durante el evento tectono-magmático pre-Trans-Amazónico, entre 2.800 y 2.700 Ma, cuando se formaron gneises de inyección y migmatitas, afectados por diversos períodos intrusivos y de plegamiento SIDDER (1995).

En el Proterozoico temprano, aproximadamente entre los 2.250 y 2.100 Ma, se formaron los cinturones de rocas verdes. Estos consisten de una secuencia submarina de rocas volcánicas máficas toleíticas, una secuencia de toleítica a calcoalcalina de basalto a riolita y una secuencia de grauvacas turbidíticas, rocas volcanoclásticas y rocas sedimentarias de origen químico (meta chert) las cuales caracterizan la base, parte media y partes superiores respectivamente. También se encuentran complejos estratiformes máficos-ultramáficos (cuerpos pequeños de serpentina y anfibolita-talco-serpentina-carbonática). El grado metamórfico varía entre las facies esquistos verdes y de anfibolita.

Estos cinturones de rocas verdes fueron intrusionados por domos graníticos del Complejo de Supamo aproximadamente entre 2.230 y 2.050 Ma. El Complejo de Supamo incluye paragneis, esquistos, migmatita y rocas graníticas sódicas tales como trondhjemita, tonalita, granodiorita y cuarzo monzonita asociadas con el cinturón de rocas verdes. Durante la orogénesis Trans-Amazónica, la cual fue un período de colisión y crecimiento continental, deformación y magmatismo entre 2.150 y 1.960 Ma, las rocas del Complejo Imataca y la provincia granito-rocas verdes fueron deformados y metamorfizados (SIDDER *et al.* 1995).

El Complejo de Supamo, nombrado por MENÉNDEZ (1968: 331), donde designa una secuencia de rocas variadas de composición cuarzo-feldespática. Posteriormente MENÉNDEZ (1972: 2013) lo describe como paragneis biotítico, migmatita y rocas ígneas ácidas pobres en feldespato potásico. El autor además de trondhjemita y granodiorita incluye monzonita cuarcífera en las ígneas ácidas. ESPEJO (1974: 224, 226) seguidamente reconoce trondhjemita, granodiorita y cuarzdiorita.

Las rocas metaígneas y gneises de composición granítica, muy sódicos (tonalita, trondhjemita y granodiorita), recolectadas, en nuestra zona, podrían ser comparados a las rocas pertenecientes al Complejo de Supamo, el cual posee similares características. Estas rocas probablemente pertenecerían al Proterozoico temprano (tabla 29).

Otra provincia proterozoica la constituyen las rocas del Complejo Cuchivero, que representan un período de magmatismo entre 1.730 y 1.790 Ma, después de las colisiones Trans-Amazónicas. Son rocas volcánicas, subvolcánicas y plutónicas, donde predominan rocas silíceas (riolita y granito a granodiorita), con diques y lavas intermedias a máficas menos abundantes.

Discordantes sobre todo el Escudo se depositaron las rocas sedimentarias del Grupo Roraima, que fueron depositadas después del tectonismo Trans-Amazónico en ambientes fluviales, deltaicos, marinos, someros y lacustrinos o epicontinentales. Estas rocas presentan metamorfismo de carga e incluyen cuarcitas, conglomerado, arcosa, limolita y lutita. Algunas de las rocas del Grupo Roraima tienen una edad de al menos 1.670 Ma, otras posiblemente tienen una edad de 1.900 Ma y otras pueden ser tan jóvenes como 1.500 Ma.

La Suite Avanavero (SIDDER *et al.* 1995), la cual comprende diques, sills y cuerpos intrusivos irregulares de composición toleítica continental, cortan todas las unidades más antiguas del Escudo de Guayana. Estas intrusiones probablemente se formaron aproximadamente hace 1.650 Ma, y quizás hace 1.850 Ma.

En el Proterozoico Medio se encuentra ubicado el Grupo Suapure. MENDOZA (1974: 59), propone este nombre para incluir dos unidades de rocas ígneas ácidas, Granito de Pijigauo y Granito de Parguaza (1.545 Ma), uno de grano fino, masivo, de color rosado, y otro, gris con textura rapakivi, respectivamente.

Inicialmente MCCANDLESS (1965) usa el nombre de Granito del Parguaza para hacer referencia a la masa de granito biotítico homogéneo con textura porfídica, el cual aflora hacia el suroeste del río Suapure en el Estado Bolívar. Su descripción litológica es de un granito biotítico de grano grueso a muy grueso, masivo, con textura rapakivi, rico en feldespato potásico y hornblenda. Petrográficamente es una roca holofanerocrystalina sub-idiomórfica granular de grano muy grueso, Inequigranular, maciza con textura rapakivi (CVET 1997).

El granito de Parguaza presenta vetas de cuarzo, y greisen, conteniendo un potencial moderado para depósitos de estaño. El granito se presenta masivo, con cristales gruesos, granito porfirítico y granítico o biotita. Contiene: cuarzo (5-34%), feldespato potásico (microclino peritítico, 25-55%), plagioclasa (oligoclasa, 15-31%), biotita (3-17%), y hornblenda (1-24%) y accesorios tales como clinopiroxeno, apatito, esfena, circón, ilmenita y magnetita. El Granito de Parguaza es relativamente inalterado y no metamorfizado (SIDDER *et al.* 1995).

Es importante mencionar que las unidades litodémicas formales que se encuentran dentro del Escudo de Guayana las cuales pudiesen ser comparadas con las del Macizo Ávila son: Granito de Parguaza (Grupo Suapure) y Complejo de Supamo. En caso de ser posible, se quiere establecer una relación cronológica para ubicar las rocas del Macizo Ávila dentro de los eventos tectónicos ocurridos hace millones de años (tabla 28).

Hacia el norte del río Orinoco la historia precámbrica –paleozoica de Venezuela es poco conocida, ya que las unidades se reconocen aflorando en ventanas aisladas o están subyacentes a una cubierta de sedimentos más joven, además de la dificultad de establecimiento en su control de edades por incluir rocas de diversos grados de

metamorfismo superimpuesto. En Venezuela noroccidental se aprecian vestigios de una faja plegada peniplanada del precámbrico superior – Paleozoico inferior. Los núcleos más antiguos de dicha cadena afloran en Los Andes venezolanos centrales, en donde se incluyen al Complejo Iglesias y La Asociación Bella Vista (1400-600 Ma). Intrusionando estas secuencias se reconocen granitos de unos 600 Ma, los cuales a su vez fueron afectadas por metamorfismo regional, facies de esquistos verdes-anfibolita.

Unidades equivalentes en edad a la de Los Andes se han reconocido hacia el este, como parte de los núcleos internos de la Cordillera de La Costa en su segmento occidental, entre las que se tienen a los Complejos de EL Tinaco, y el Gneis de Sebastopol.

Los augengneises encontrados en la zona de trabajo y pertenecientes a la unidad de Augengneis de Peña de Mora, pueden ser comparados con el Granito de Parguaza, el cual presenta textura rapakivi.

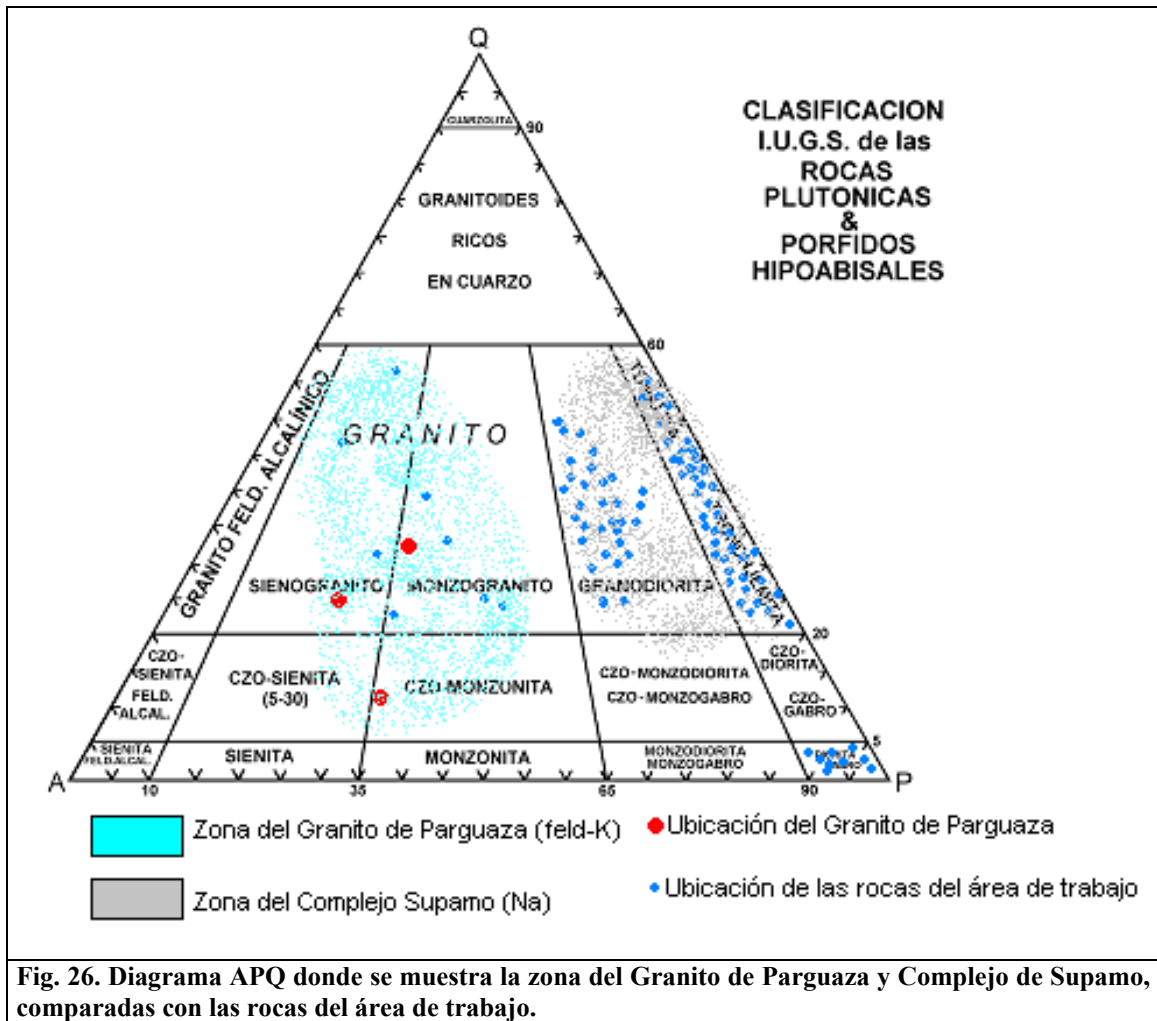
Se reconoce que la textura rapakivi se caracteriza por presentar grandes (3-10 cm) pórfidos ovoides de feldespato potásico con sobrecrecimiento periférico de plagioclasa sódica. Textura típica de un tipo de rocas graníticas anorogénicas típicas o casi únicas del Proterozoico medio. Es posible asumir que los abundantes y grandes porfidoclastos de feldespato potásico de los augengneises de la unidad de Peña de Mora, sean reliquia de esta textura rapakivi ígnea.

El augengneis recolectado se presenta grueso y bandeado, es de color claro, ligeramente verdoso y con meteorización marrón claro; los “augen” son mayoritariamente de feldespato potásico, y están rodeados por sombras de presión de minerales micáceos, cuarzo y plagioclasa no-maclada. Los porfidoclastos de microclino son peritéticos y se encuentran atravesados por trenes de cuarzo microgranular. El augengneis es de composición granítica, con cristales gruesos, protolito de granito porfirítico. Contiene: cuarzo (30-40%), feldespato potásico

(microclino perítico, (25-30%), plagioclasa (albita-oligoclasa, 15-35%), biotita (3-7%), y accesorios tales como, epidoto, clorita, apatito, esfena, pirita, hematita.

Todas estas características hacen pensar que el Augengneis de Peña de Mora puede ser comparable con el Granito de Parguaza. A su vez las edades de cristalización de ambas rocas rondan los 1.560 Ma, edades arrojadas por el método de Rb-Sr en roca total. De ser así, estas rocas podrían ser ubicadas en el Proterozoico medio. (Tabla ). El Granito de Parguaza, mediante determinaciones Rb-Sr en roca total isocrón U-Pb se considera que registra un intervalo de edad entre 1.600 – 1.400 Ma.

Los augengneises potásicos recolectados y atribuidos al Augengneis de Peña de Mora y los augengneises, gneises y metaígneas graníticas sódicas (granodiorita, tonalita y trondhjemitita) atribuidas al Complejo de Supamo, se encuentran representadas en el siguiente diagrama APQ, donde se observa que las rocas de Peña de Mora son ricas en feldespatos potásicos y las de Supamo, en plagioclasa sódica (fig. 26).



### Evolución tectónica de las rocas graníticas del Escudo de Guayana .

Las rocas graníticas de la región de Guayana venezolana, de acuerdo a su composición química, petrografía y estudios radimétricos son clasificables en cuatro grupos principales, donde se resume, respectivamente, su evolución tectónica (MENDOZA *et al.* 1975) (tabla 26).

### **Evolución geológica de las rocas del Escudo de Guayana.**

En la tabla 27 se presenta un resume, en general, de la evolución geológica de éstas rocas, relacionando los eventos, unidades formales asociadas y las rocas asociadas, respectivamente.

### **Eventos tectónicos resaltantes.**

A continuación se anexa una tabla resumen de los eventos tectónicos más importantes sucedidos en el Precámbrico (tabla 28). Cabe destacar que la orogenesis Trans-Amazónica ocurrida en la parte norte de Sudamérica, y la orogenia Eburneana en África Occidental fueron los eventos tectónicos más importantes durante el Proterozoico Temprano, que fue un período de colisiones de microplacas y crecimiento continental, deformación y magmatismo.



**Tabla 26. Resumen de la evolución tectónica del Escudo de Guayana en rocas graníticas.**

| Grupo  | Reconocimiento  | Rocas graníticas   |
|--|---|--|
| Rocas graníticas foliadas ricas en K <sub>2</sub> O (> 4 %), de edad comprendida entre 2.700 Ma. y 3.600 Ma.             | <p>En el primer grupo se distinguen los granitos como rocas gnéissicas, foliadas a masivas, leucocráticas a mesocráticas, metamorizadas y asociadas a rocas granulíticas y anfibólicas.</p> <p>Estas rocas presentan afinidades químicas con rocas calco-alcalinas y de posibilidad en representar rocas derivadas, de acuerdo a sus relaciones isotópicas, de procesos de fusión parcial de la parte superior del manto. Se distinguen dentro de este conjunto granítico gneises graníticos, gneises félsicos y charnockitas, todos dentro de la provincia de Imataca.</p>   | Gneis granítico del Complejo Imataca (3.600 Ma–2.700 Ma)   |
| Rocas graníticas masivas a foliadas, pobres en K <sub>2</sub> O (< 2 %), con edades entre 3.000 Ma. y 2.200 Ma.          | <p>Los granitos del grupo 2 están representados por rocas masivas a foliadas, las cuales forman cuerpos dómicos ensanchados contra apretados sinformes de “rocas verdes”. Son leucocráticas a mesocráticas, metamorizadas. Estos granitos sódicos, siguen una tendencia trondhjemitica, pero se encuentran enriquecidos en Fe con respecto a las trondhjemitas.</p> <p>Se llegan a reconocer diversos tipos de roca dentro de este grupo, como lo son, tonalitas, granodioritas y trondhjemitas o “granitos sódicos”; en este conjunto están comprendidos el Gneis de Los Indios (DOUGAN 1972) y las rocas del Complejo de Supamo. Se encuentran rocas graníticas de contenidos altos a moderados de K<sub>2</sub>O que de acuerdo a MENDOZA <i>et al.</i> (1975) pudieran representar removilización de los “granitos potásicos” ocurrida al fin de la Orogénesis pre-Transamazónica (2.400 Ma. – 2.200 Ma.).</p> <p>Las rocas graníticas de este grupo están metamorizadas al nivel de la facies de esquistos verdes a anfibolita epidótica. Son pobremente conocidas sus edades radiométricas y aparentemente registran diversos períodos de removilización durante las diferentes orogénesis.</p> | “Granitos sódicos” del Complejo Supamo (3.000 Ma–2.200 Ma) |
| Rocas graníticas poco foliadas, ricas en K <sub>2</sub> O (> 4 %), de edad de 2.000 Ma. y 1700 Ma.                       | <p>Las rocas graníticas del grupo 3 se caracterizan como masivas a foliadas. Presentan afinidades químicas de tipo calcoalcalino y están metamorizadas a la facies de los esquistos verdes, parte inferior (MIYASHIRO, 1973). Dentro de este grupo se distinguen varios tipos constituyendo una serie ígnea ácida completa: granitos biotíticos hornblenditos (plutónicos), granitos biotíticos (hipoabisales), granitos leucocráticos o alaskíticos (subvolcánicos), rocas riolíticas intrusivas, extrusivas y piroclásticas. Todo el conjunto corresponde al grupo Cuchivero y a los granitos jóvenes de 1.900 a 1.700 Ma.</p>  | Granitos del Grupo Cuchivero (alrededor de 1.900 Ma)       |
| Rocas graníticas post-tectónicas, ricas en K <sub>2</sub> O (> 5 %), con edades comprendidas entre 1.600 Ma. y 1.300 Ma. | <p>Son rocas masivas, post-tectónicas, localmente recrystalizadas, pero aparentemente no metamorizadas. Generalmente son ricas en minerales máficos como biotita, hornblenda y piroxenos. Están comprendidos entre otros los granitos rapakivi del Parguaza. Estos granitos contiene xenolitos muy variados, como riolitas, granitos biotíticos, metagabros, anortositas y rocas sedimentarias y se encuentran cortados por aplitas, pegmatitas ricas en turmalina y granitos leucocráticos de grano fino y de edad posterior al emplazamiento del granito rapakivi de Parguaza.</p>  | Granitos post-tectónicos del Parguaza (1.600 Ma–1.500 Ma)  |

**Tabla 27. Resumen de la evolución geológica del Escudo de Guayana (SIDDER *et al.* 1995).**

| EDAD  | CICLO                         | SUB-CICLO  | EVENTO TECTÓNICO   | UNIDAD FORMAL ASOCIADA   | ROCAS ASOCIADAS   |
|---|-------------------------------|--|--|--|---|
| Cuaternario   | -                             | -  | Sedimentación  | -  | Aluvión   |
| Cenozoico   | -                             | -  | Periodo de erosión donde se forman superficies de erosión diferencial (tepuyes, cerros aislados, mesetas, etc) | -  | -   |
| Mesozoico   | -                             | -  | Levantamiento, basculamiento y formación de superficies de erosión   | Diques diabasa ± (210-200)Ma                                       | Diques toleíticos (apertura del Atlántico y disgregación de Pangea)   |
| P<br>R<br>E<br>C<br>Á<br>M<br>B<br>R<br>I<br>C<br>O | Proterozoico (2.250-1.200 Ma) | Medio  | (post- TransAmazónico) Anorogénico   | Granito de Parguaza (no deformado) ±1.500 Ma                       | Masivo, cristales gruesos, granito porfirítico rapakivi y granitos biotíticos.  |
|   |                               |  | (post- TransAmazónico)   | Suite Avanavero ± (1.850-1.650)Ma                                  | Diques, sills y cuerpos intrusivos toleíticos continentales.  |
|   |                               |  |  | Grupo Roraima ± (1.500-1.900)Ma                                    | Cuarzo arenita, conglomerado, arcosa, limonita y lutita, jaspe, chert y rocas volcánicas félsicas.  |
|   |                               | Rocas Proterozoicas no divididas ± (1860-1730)Ma |  | Rocas graníticas, Gneis y migmatitas.                              |   |
|   |                               | Temprano   | Orogénesis innombrada sobre (1860-1730)Ma  | Grupo Cuchivero ± (1.930-1.790)Ma                                  | Rocas silíceas (riolita y granito a granodiorita), diques y lavas intermedias a máficas menos abundantes.   |
|   |                               |  | Orogénesis Trans-Amazónica sobre(2150-1960)Ma  | Complejo Supamo ± (2.230-2.050)Ma                                  | Trondhjemita, tonalita, granodiorita, esquistos, gneises, migmatitas.   |
|   |                               |  |  | Cinturones de Rocas verdes ± (2.250-2.100)Ma                       | Rocas volcánicas máficas toleíticas, una secuencia calco-alcalina de basalto a riolita y una secuencia de grauwas turbidíticas, rocas volcanoclásticas y rocas sedimentarias de origen químico. |
|   | Arqueano > 2.800 Ma           | -  | -  | Evento tectonomagmático Pre- Trans-Amazónico sobre (2.800-2.700)Ma | Complejo Imataca ± (3.700-3.400)Ma posible protolito  |

**Tabla 28. Síntesis del Proceso Tectónico.**

|  | <b>Evento</b>  | <b>Edad</b>                                   |
|--|--|---|
| <b>Orogénesis<br/>Transamazónica</b>     | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Levantamiento del bloque continental Imataca – Pastora y hundimiento de un cratón erosionado de edad pre-Imataca y composición granodiorítica.</li> <li>• Fallamiento del bloque Imataca – Pastora. Emplazamiento de granitos ricos en potasio a través de zonas de debilidad, precedidos por flujos ignimbríticos y vulcanismo riolítico y riodacítico.</li> <li>• Levantamiento, fallamiento normal y emplazamiento boyante de granitos ricos en potasio, de tipo Granito de La Paragua.</li> </ul>   | <p>2.000-1.900 Ma.</p> <p>1.900-1.700 Ma.</p> |
| <b>Orogénesis<br/>Pre-Transamazónica</b> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Intrusión y extrusión de rocas máficas y ultramáficas; sedimentación pelágica en una cuenca geosinclinal.</li> <li>• Sedimentación flysch, hundimiento y metamorfismo regional (esquistos verdes-anfibolitas). Plutonismo, emplazamiento de granitos sódicos; metamorfismo de contacto y migmatitas. Domos y antiforres graníticos contra sinforres de rocas verdes. Fallas arqueadas y fallamiento posterior transcurrente.</li> <li>• Levantamiento del bloque Pastora o Esequibo, fallamiento y sedimentación de una facies próxima a molasa en la parte superior del Grupo Botanamo.</li> </ul> | <p>2.400-2.200 Ma.</p> <p>2.200-2.100 Ma.</p> |

## 8.2 Paleozoico.

### Hornblenditas.

Las hornblenditas reconocidas en las muestras RT-r 29 y RT-r 41, recolectadas en la quebrada Tacamahaca, son rocas atribuibles tanto al ciclo Precámbrico Superior o al Paleozoico, porque rocas similares afloran en diversos escudos del mundo y también son características del Complejo de El Tinaco, en el Edo. Cojedes; el Complejo de Todasana y la Anfibolita de Caruao (estado Vargas).

MENÉNDEZ (1965: 424), describe esta unidad, dentro de la Faja de Cauagua-El Tinaco, donde se encuentra un conjunto de gnéises hornbléndicos y rocas asociadas que “forman el basamento cristalino”. Reconoció dos unidades metasedimentarias, que denominó Gneis de La Aguadita y Esquisto de Tinapú. Dentro de ambas unidades se encuentran pequeños cuerpos de hornblendita y grandes “batolitos” de diorita hornbléndica, especialmente en una faja este-oeste al norte de la falla de Tinapú.

Las únicas determinaciones de edad realizadas en el Complejo de El Tinaco y recopiladas por MARTÍN, B (1968: 367) se refieren a una muestra del Gneis de la Aguadita, cuya edad por el Método K-Ar aportó datos de  $112 \pm 3$  Ma. Esta edad es interpretada por la mencionada autora como representante de los efectos finales de la orogénesis del Paleozoico superior. BELLIZIA & RODRÍGUEZ (1976), ubican el Complejo de El Tinaco como parte del basamento precámbrico.

La sillimanita reconocida en la muestra RN-r14 (Esquisto sillimanítico plagioclásico granatífero), recolectada en el Río Naiguatá y asociada a la unidad Complejo San Julián, probablemente represente a los eventos orogénicos del Paleozoico ocurridos durante el ciclo caledoniano, por lo que este mineral podría ser tomado en cuenta como indicador de bloques paleozoicos emplazados en la Cordillera de la Costa. Este mineral es utilizado por otros autores (HEINRICH 1972, STEPHEN 2002), para definir la facies metamórfica de anfibolita almandínica (tabla 23), y la zona de la sillimanita del metamorfismo barroviario (tabla 22).

EL Complejo San Julián del pre-mezosoico, posee los tipos litológicos más variados, ya que la mayoría de las rocas recolectadas, que pertenecen a este gran Complejo contienen granate y los minerales barroisita y ocasionalmente sillimanita. Una de las características más resaltantes de sus muestras son los grandes porfidoblastos de minerales bien desarrollados y sus muestras limpias y cristalinas, esto probablemente es debido a que estas rocas antiguas han tenido suficiente tiempo para recrystalizar durante un evento metamórfico caledoniano, de extensión transatlántica y muy larga duración. Uno de los tipos litológicos resaltantes de esta unidad son los esquistos moteados (esquistos cuarzo-plagioclásico-micáceos, conteniendo proporciones variables de anfíbol barroisita). En ellos la plagioclasea forma grandes porfidoblastos de forma ovoidal, que como se encuentran en grandes proporciones enmascaran la foliación e imparten a la roca un aspecto moteado. Cabe destacar que los esquistos moteados se encuentran en todas las cuencas fluviales de la zona de estudio y los hay también en el estado Carabobo (Grande 1982). A este Complejo pertenece también el esquisto sillimanítico, donde este mineral de algún modo podría relacionar a este Complejo con la orogénesis caledoniana.

Una breve descripción litológica del Complejo San Julián, presenta como localidad tipo la quebrada San Julián, que nace en la Silla de Caracas desembocando en el mar Caribe, en Caraballeda, estado Vargas. URBANI & OSTOS (1989) proponen además secciones de referencia en el río Chuspa, estado Miranda; carretera Chichiriviche-Colonia Tovar, estado Vargas, así como la quebrada Vallecito, Guaremal, estado Carabobo.

Las rocas preponderantes son el esquisto y gneis cuarzo-plagioclásico-micáceo. Las litologías minoritarias (< 5%) son mármol, cuarcita y diversos tipos de rocas metaígneas mayoritariamente máficas (como anfíbolita, gabro, diorita, tonalita y granodiorita). El gneis siempre tiene colores más claros que los esquistos, ya que su textura se debe fundamentalmente a la mayor proporción de feldespatos y menor de filosilicatos.

Rocas similares en edad al Complejo de San Julián se encuentran en los Andes de Mérida, Cinturón Apalachiano y el norte de Escocia, pues todas ellas pertenecieron a un gigantesco cinturón metamórfico colisional, producto de una colisión ordovícica de Norteamérica y Sudamérica con Eurasia y el Norte de África, donde se cerró un proto-Atlántico (océano Iapetus), con la formación del portentoso cinturón apalachiano-caledoniano, del cual afloran bloques tectónicamente emplazados en varias cordilleras venezolanas (Perijá y Paraguaná). Otras rocas paleozoicas pertenecen al ciclo herciniano, del Permo-Carbonífero, como el granito de El Amparo (Paraguaná), el gneis de Sebastopol y el gneis de Cabriales. (edades entre 280-230 Ma).

### 8.3 Mesozoico.

Con poca posibilidad de asociar las muestras de hornblendita encontradas en la zona de trabajo, en conjunto se tiene en Aruba la presencia de una hornblendita del cretácico (90 Ma) relacionada o ligada al arco de Aruba. Esta roca es reconocida en la isla con el nombre de hooibergita, término aplicado para una roca plutónica melanocrática, de grano grueso, con gran contenido de hornblenda, y variado contenido de plagioclasa, clinopiroxeno, y ocasionalmente, cuarzo. El nombre es reservado exclusivamente para una roca con una textura particularmente distintiva donde la roca es visualmente dominada por la forma euhedral (5 – 50 mm), de los cristales de hornblenda equidimensionales.

Estas hooiberguitas tienen mineralogía ligeramente variable, con un índice de color en el rango 55 - 100 % (hornblendita). Los cristales de hornblenda euhedrales están embebidos en una matriz de grano fino, verdosa, compuesta de plagioclasa ± clinopiroxeno (± cuarzo). Son intrusitas en la Formación de Lava de Aruba, de edad Cretácico. MACDONALD (1968) y WIEDMANN (reportado en BEETS *et al.*, 1984) independientemente concluyen que la fauna de esta formación tiene una edad Huroniana (93.3 – 88.7 Ma).

Las rocas tales como eclogita, anfibolita, actinolita, epidiosa, cuarcita, serpentinita, esquistos filíticos, meta-diabasa, meta-lava y toba, filita y mármol, son atribuidas a la unidad de Esquisto de Tacagua y Mármol de Antímano. Estas unidades ya estudiadas y cartografiadas por otros autores, pertenecen a la melange de subducción mesozoica.

## Identificación de Ciclos tectónicos

**Tabla 29. Cuadro comparativo entre los tipos litológicos de la Cordillera de la Costa y el Escudo de Guayana.**

| Edad                | Ciclos                                     | Sub-ciclos             | Ambiente tectónico  | Mineralogía (índice)                          | Unidad formal asociada (Cordillera de la Costa)                       | Unidad formal asociada                  | Tipo de roca asociada (Cordillera de la Costa)   |
|---------------------|--|------------------------|---|---|---|---|--|
| <b>Mesozoico</b>    | Cretácico (131 – 65)                       | Colisional             | Subducción<br>Arco volcánico<br>Colisión rasante              | glaucofano,<br>onfacita,<br>antigorita        | AMLC: Tacagua y Antímano  | -                                       | Eclogita, anfíbolita, actinolítica, Glaucofanita, epidiosita, cuarcita, serpentinita, esquisto filítico, meta-diabasa, meta-lava y toba, filita y mármol.<br>* Hornblendita (presente también en la Formación de Lava de Aruba). |
|                     | Jurásico (152 – K)                         | Atlántico-sedimentario | Margen pasivo y/o dislocación marginal                        | clorita                                       | Representantes al sur de Caracas: A.M.C.: Las Brisas y Las Mercedes   | -                                       | Presente al sur de Caracas (fuera de nuestra zona de trabajo)  |
| <b>Paleozoico</b>   | (260) Ma                                   | Herciniano             | Orogénico   | -   | Gneis de Cabriales,<br>Gneis de Sebastopol (**)                       | -                                       | Presente en la zona de La entrada (Carabobo-Valencia) (**) zona de Los Teques – El Tambor. (fuera de nuestra zona de trabajo)  |
|                     | Paleozoico (± 470 Ma)                      | Caledoniano            | Orogénico<br>Cuenca retro-arco ¿?                             | barroisita – granate<br>sillimanita – granate | Complejo San Julián (A.M.A.)<br>Metaígneas de Tócome                  | (Macizo paleozoico Andino)              | Granofel, meta-gabro (brr), meta-toba, meta-toba epiclástica, meta-sienogranito, esquisto sillimanítico  |
| <b>Pre-cámbrico</b> | Proterozoico Medio-superior (1700-1500) Ma | ?                      | Orogénico   | biotita,<br>anfíbol<br>verde-azul             | Complejo San Julián (A.M.A.)  | -                                       | Hornblendita (Presente también en el Complejo de El Tinaco)  |
|                     |  | Parguacense            | Anorogénico<br>Evento termal Parguacense.<br>Rifting abortado | biotita                                       | Granito-K (granitos anorogénicos)<br>Augengneis Peña de Mora (A.M.A.) | Granito de Parguaza (Escudo de Guayana) | Augengneis y gneis, meta-sienogranito, meta-monzogranito   |
|                     | Proterozoico medio (2250-1900) Ma          | Trans-Amazónico        | Orogénico   |   | Granito-Na (orogénico)  | Complejo de Supamo (Escudo de Guayana)  | Meta-trondhjemitita, meta-tonalita, meta-granodiorita,   |

\* La hornblendita es dudosa en este ciclo.



## CAPÍTULO IX

## 9. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

A partir de la recopilación bibliográfica, análisis petrográficos y comparación de modelos, se llegó a las siguientes conclusiones:

\* Se encontró una gran variedad de rocas a través de la recolección de cantos rodados, las cuales fueron posteriormente clasificadas por medio del estudio petrográfico, y se logró compilar siete tablas de tipos litológicos, correspondientes a las siete cuencas estudiadas, las cuales no se habían obtenido en trabajos anteriores tomando muestras de afloramientos. Esto se resume en la siguiente tabla, donde la (X) indica el tipo litológico encontrado en cada cuenca:

| Aspecto textural  | Agrupación de tipos litológicos | CUENCAS VERTIENTE NORTE |              |                |                  | CUENCAS VERTIENTE SUR |            |               |
|-------------------|---------------------------------|-------------------------|--------------|----------------|------------------|-----------------------|------------|---------------|
|                   |                                 | Río Miguelena           | Río Naiguatá | Río San Julián | Río Camurí Chico | Qda. Tacamahaca       | Río Tócome | Qda. Chacaíto |
| Rocas foliadas    | Augengneis y gneis granítico    | X                       | X            | X              | X                | X                     | X          | X             |
|                   | Esquisto moteado                | X                       | X            | X              | X                | X                     | X          | X             |
|                   | Esquisto                        | X                       | X            | X              | X                | X                     | X          | X             |
| Rocas no foliadas | Meta-psefita                    |                         |              |                | X                |                       |            | X             |
|                   | Mármol                          | X                       |              |                | X                |                       |            |               |
|                   | Brecha                          | X                       |              |                |                  |                       |            |               |
|                   | Epidocita                       |                         | X            |                |                  | X                     |            |               |
|                   | Cuarcita                        |                         | X            | X              |                  | X                     | X          | X             |
|                   | Meta-ígneas graníticas          | X                       | X            | X              | X                | X                     | X          | X             |
|                   | Meta-ígneas intermedias         |                         | X            | X              |                  | X                     |            |               |
|                   | Meta-ígneas máficas             | X                       | X            | X              | X                | X                     | X          | X             |
|                   | Meta-ígneas ultramáficas        | X                       | X            |                | X                | X                     |            |               |

\* Se identificó al menos tres ciclos tectónicos, a través de la comparación entre las rocas de la Cordillera de la Costa, de los Andes de Mérida y las del Escudo de Guayana. Estos ciclos corresponden a las eras: Precámbrica (Proterozoico),

Paleozoica y Mesozoica, lo que ayuda a un entendimiento más certero de la historia geológica de la Cordillera de la Costa. Los ciclos tectónicos se muestran, simplificados, en la tabla siguiente:

| Edad         | Ciclos                             | Sub-ciclos                 | Unidad formal asociada (Cordillera de la Costa)          | Unidad formal asociada (Escudo de Guayana) | Tipo de roca asociada (Cordillera de la Costa)  |
|--------------|------------------------------------|----------------------------|--|--|---|
| Mesozoico    | Cretácico (131 – 65)               | Colisional                 | AMLC: Tacagua y Antimano                                 | -  | Eclogitas, anfíbolitas, actinolitas, epidoditas, cuarcitas, serpentinitas, esquistos filíticos, meta-dibasas, meta-lavas y meta-tobas, filitas y mármoles.<br>*Hornblendita |
| Paleozoico   | Paleozoico ( $\pm$ 470 Ma)         | Caledoniano                | Complejo San Julián (A.M.A.) y Metaígneas de Tócome      | -  | Granofels, meta-gabros (br), meta-tobas epiclásticas, sienogranitos, esquistos sillimaníticos   |
| Pre-cámbrico | Pre-cámbrico superior a Paleozoico | Orogénico                  | Complejo San Julián (A.M.A.)                             | -  | Hornblendita (Presente en el Complejo de El Tinaco. Edo Cojedes)  |
|              | Proterozoico (2250-1500) Ma        | Parguacensis               | Granito-K (anorogénico) Augengneis Peña de Mora (A.M.A.) | Granito de Parguaza                        | Augengneises y gneises, meta-sienogranito, meta-monzogranito  |
|              |                                    | Transamazónico (orogénico) | Granitos-Na (orogénicos)                                 | Complejo de Supamo                         | Meta-trondhjemitas, meta-tonalitas, meta-granodioritas  |

- La hornblendita, litología reconocida en las muestras RT-r29 y r41 recolectadas en la quebrada Tacamahaca, pudiera ser utilizada para identificar tanto el ciclo Precámbrico superior o como el Paleozoico temprano, porque rocas similares afloran en diversos escudos del mundo y también son características del Complejo de El Tinaco, en el Edo. Cojedes. Sin embargo cabe la duda siguiente, ya que existen rocas similares en la isla de Aruba (del arco de Aruba), llamadas hooiberguitas de edad Cretácea 90 Ma, que concuerda con MC DONALD (1968) y WIEDMANN (reportado en BEETS *et al.* 1984) que concluyen con la fauna tomada de la formación donde estas

rocas son intrusitas tiene una edad Huroniana de (93.3 – 88.7) Ma. (v, Cap. 8). Sin datos de edad es imposible acertar esto con sólo dos muestras no ubicables.

- Los gnéises y rocas metaígneas, recolectados de la unidad Asociación Metamórfica Ávila (Complejo San Julián) de composición granítica y muy sódicas (granodiorita, tonalita y trondhjemitita), son muy parecidos en composición a las rocas graníticas sódicas pertenecientes al Escudo de Guayana (Complejo de Supamo). Los augengneises potásicos (Peña de Mora) recolectados se comparan con el Granito de Parguaza, incluso arrojan una edad Rb-Sr de 1.560 Ma muy similar a la de ese granito, por lo que estas rocas recolectadas del Macizo Ávila podrían interpretarse como bloques tectónicamente emplazados de la corteza continental antigua del norte de Sudamérica, es decir, de rocas del Escudo de Guayana.

- El Complejo de San Julián del Pre-Mesozoico, posee los tipos litológicos más variados, ya que la mayoría de las rocas recolectadas pertenecen a este gran Complejo, siendo una de las características más resaltantes de sus muestras los grandes porfidoblastos de minerales bien desarrollados y sus muestras limpias y cristalinas, esto debido a que las rocas han tenido un metamorfismo muy prolongado que les dio suficiente tiempo para recrystalizar. Una de las rocas resaltantes de esta unidad son los esquistos moteados (esquisto cuarzo-plagioclásico-micáceo, aunque también se encuentran con anfíbol), donde la plagioclasa se desarrolla conspicuos porfidoblastos de forma ovoidal, que se encuentra en grandes proporciones y enmascara la foliación, impartiendo a la roca un aspecto moteado. Cabe destacar que los esquistos moteados se encuentran en todas las cuencas aluviales de la zona de estudio y los hay también en el edo. Carabobo, (GRANDE 1982). A este complejo pertenece a su vez el esquisto sillimanítico. La sillimanita probablemente represente una reliquia a los eventos orogénicos del Paleozoico temprano a medio, ocurridos durante la orogénesis caledoniana, por lo que podría ser tomado en cuenta este mineral como indicador de bloques paleozoicos emplazados tectónicamente en la Cordillera de la Costa. Similares rocas con sillimanita fueron halladas por primera

vez, en la zona de La Entrada, Edo. Carabobo (AGUILERA & VALLENILLA, 1985), URBANI *et al.* (1989) en el Gneis de Cabriales, edo. Carabobo, y por OMAÑA (2002), en esa misma unidad, no descartándose su presencia en otras zonas de la Cordillera de la Costa. También se encuentran unidades litológicas con cloritoide, granate y barroisita, que han sido igualmente descritas en los Andes de Mérida y también en la zona de las Trincheras, Edo. Carabobo. (GRANDE, 1982).

Muchos autores a partir de evidencias petrográficas interpretan que entre esta amplia gama de litologías, aquellas más ricas en feldespato corresponden a rocas metaígneas intermedias, las esquistosas ricas en micas sean producto de un protolito sedimentario pelítico, mientras que aquellos esquistos ricos en epidoto, barroisita y clorita las interpretan como producto del metamorfismo de horizontes volcánicos, probablemente tobas. (v, Cap. 8).

- La mayoría de los esquistos clasificados en el estudio se reconocieron de naturaleza híbrida, es decir, pertenecen a dos clases químicas transicionales entre sí, que generalmente son máfica y pelítica; por ende poseen dos naturalezas cuya mineralogía es ígnea y sedimentaria. Fueron uno de los grupos más difíciles de clasificar por lo que los resultados obtenidos en algunos de ellos fueron inciertos. Dentro de los posibles protolitos tenemos: pelitas, limonitas, bauxita plataformal, pelagita, meta lava, meta toba y epiclástica.

Los esquistos probablemente pertenecientes al Complejo San Julián presentan un aspecto limpio y gran recristalización, mientras que los de la unidad Esquisto de Tacagua con aspecto más sucio y menor tamaño de grano.

- El ciclo Mesozoico se encuentra representado por los siguientes tipos rocas: eclogita, anfíbolita, actinolita, epidosita, meta-diabasa, meta-lava, meta-toba, serpentinita, cuarcita, esquisto filítico, filita y mármol, las cuales son atribuidas a las unidades de Esquisto de Tacagua y Mármol de Antímamo, ya estudiadas y cartografiadas por otros autores.

\* Se identifican cuatro facies metamórficas, designadas por la presencia de ciertos minerales índice en las rocas analizadas petrográficamente: esquistos verdes, anfibolita epidótica, anfibolita almandínica y eclogita. Esto evidencia la melange tectónica que integra a dicha cordillera, donde aparecen bloques de rocas antiguas graníticas y esquistosas con minerales reliquias de grado medio en contacto tectónico con bloques de alta P provenientes del complejo de subducción del arco de Grenada, conteniendo hasta fragmentos de eclogitas y ofiolitas, siendo dichas evidencias las siguientes:

- La presencia del anfíbol verde azul (barroisita) en los esquistos y gnéises, corresponde a la transformación a partir de la hornblenda subcálcica rica en Na, la cual es común en zonas de alta P y en eclogitas. La presencia de este mineral indica un metamorfismo de intermedia P/T, correspondiente a la facies anfibolita epidótica.

- El glaucofano presente en la muestra RM-r37 (glaucofanita granatífera), encontrada en el Río Miguelena, donde se encuentra aflorando en quebrada Verde, uno de sus afluentes, y asociada a la unidad Mármol de Antímamo, indica un evento metamórfico de alta relación P/T reliquia, también evidenciado por la presencia de onfacita reliquia en las eclogitas.

- La sillimanita reliquia presente en la muestra RN-r14 (esquisto sillimanítico plagioclásico granatífero), encontrada en el Río Naiguatá y asociada a la unidad Complejo de San Julián de la A.M.A., corresponde a un evento metamórfico en la facies de la anfibolita almandínica del metamorfismo barroviano, de P/T intermedia.

- Se presenta la facies de la eclogita caracterizada por la roca que lleva el mismo nombre, muestra RCCh-r12 (eclogita anfibólico-paragonítica), asociada a la unidad de Esquisto de Tacagua. Es reconocida en zonas de muy alta P. A su vez esta roca exhibe una gradación completa desde la eclogita no alterada hasta las anfibolitas de composición normal, pasando por eclogitas anfibólicas o anfibolitas eclogíticas con

granate y onfacita residuales, hasta la asociación barroisita-plagioclasa, de las facies de la anfibolita epidótica. Estas rocas encontradas en la zona de trabajo evidencian un metamorfismo retrógrado o rocas transicionales de las eclogitas ofiolíticas que se alteran a las rocas nombradas anteriormente. Esto avala a su vez el polimetamorfismo de estos bloques eclogítico-anfibólico.

- Las anfibolitas, probablemente procedentes del Complejo San Julián debido a su aspecto limpio y gran recristalización, presentan la siguiente asociación mineralógica: barroisita, epidoto, oligoclasa, granate y cuarzo, y corresponden a la facies de la anfibolita epidótica. Las anfibolitas de la unidad Esquisto de Tacagua con aspecto más sucio y menor tamaño de grano, presentan actinolita y albita, lo que las ubica en la facies de los esquistos verdes.

- En la zona de estudio fueron encontrados cuerpos de serpentinita perteneciente a la Asociación Metamórfica la Costa (serpentinita). TALUKDAR & LOUREIRO (1982) menciona que parece corresponder a un metamorfismo en la facies de los esquistos verdes, de bloques de litósfera mantelar oceánica, acompañado quizás por fenómenos metasomáticos, que pueden generar actinolitas, comunes en los contactos de cuerpos de serpentinita en la zona de Santa Ana, Isla de Margarita.

\* Los tipos litológicos identificados después de realizado el estudio petrográfico, corresponden a las unidades litodémicas formales ya expuestas y cartografiadas por otros autores.

\* Haciendo una comparación de tipos litológicos entre cuencas fluviales moderadamente distantes y sub-paralelas, y haciendo una sección N-S de cuencas contiguas (Río Miguelena – Quebrada Tacamahaca) y (Río Camurí Chico – Quebrada Chacaíto), se comprobó que los tipos litológicos obtenidos de cantos rodados y las unidades litodémicas formales encajan exactamente, a su vez que estas unidades se corresponden entre cuencas adyacentes.

\* En cuanto al estudio de texturas metamórficas y su relación con la deformación, y al observar las texturas formadas por los minerales pre, sin y post-tectónicos se puede concluir que la Cordillera de la Costa ha sufrido por lo menos dos eventos tectónicos evidenciados y resumidos en la tabla siguiente:

| Orden de cristalización | Texturas índice                             | Unidades litológicas formales |
|-------------------------|---|-------------------------------|
| PRE-TECTÓNICA           | Foliación envolvente de porfidoblastos      | A.M.A.                        |
|                         | Sombras de presión                          | A.M.A.                        |
|                         | Fracturamiento perpendicular a la foliación | Complejo San Julián           |
|                         | Lamelas de deformación en plagioclasas      | Complejo San Julián           |
| SINTECTÓNICA            | Foliación                                   | A.M.A. y A.M.L.C.             |
| POST-TECTÓNICA          | Porfidoblastos que cortan a la foliación    | A.M.A.                        |
|                         | Agregados pseudomorfos                      | A.M.A. y A.M.L.C.             |

- Los porfidoblastos de granate, de algunas anfíbolitas y esquistos anfibólicos pertenecientes al Complejo San Julián, presentan fracturas rellenas de clorita perpendiculares a la foliación. Estos son pre-tectónicos y corresponden a un evento metamórfico anterior (Paleozoico) antes de que se formara la superficie de foliación S1. A su vez existen porfidoblastos de este mineral alterados a biotita y/o muscovita. También se encuentran porfidoblastos de este mineral rodeados de sombras de presión.

- Los porfidoclastos de microclino de los augengnéises asociados a Peña de Mora encontrados en la zona de estudio, se presentan como cristales reliquias, es decir, corresponden a fenocristales de la roca ígnea original, aunque en la roca original estos fenocristales pudieron ser de ortosa o anortoclasa. Son pre-tectónicos, estando atravesados por trenes de cuarzo microgranular, y a su vez exhiben sombras de presión. Esto podría evidenciar su origen como fenocristales en granitos porfidicos.

\* Las muestras tomadas de cantos rodados, no son un patrón de comparación confiable para hacer relaciones litológicas entre cuencas, ya que no se podría asegurar cual es su procedencia. Estos cantos sólo pueden indicar su presencia como tipo de roca dentro de estas unidades, pero no atribuibles en forma unívoca a ninguna de ellas. Los cantos rodados son de utilidad a la hora de ver la diversidad de rocas presentes en el lugar, ya que en los cauces se encuentran muchos más tipos de roca que en afloramientos.

\* Los esquistos fueron el material con mayor porcentaje en volumen de roca deslizada durante los eventos torrenciales en Diciembre de 1999 hacia las partes bajas de los cauces, tanto en las cuencas del flanco norte como en las del sur. Pero las rocas antiguas, graníticas a gnéisicas, del núcleo Paleozoico-Proterozoico, con un diaclasado más espaciado, originaron bloques de varios metros de diámetro, con peso de varios centenares de toneladas, y con un poder destructivo inmenso. (GRANDE S , *com. pers.*).



**Se recomienda:**

\* Hacer dataciones a las rocas graníticas sódicas y a las anfibolitas, y en general a todas las clases de roca metaígneas pertenecientes al Macizo Ávila, pero en muestras *in situ*, para lograr determinar si estas rocas podrían corresponder a bloques emplazados del Escudo de Guayana o del orógeno caledoniano, para así lograr un mejor entendimiento de la historia geológica de la Cordillera de la Costa.

\* Es importante tomar en consideración a la hora de diseñar construcciones civiles (presas, puentes, embaulamientos, etc.), el volumen de roca que se desliza hacia las partes bajas de los cauces, según el tipo litológico de la misma, para la construcción de obras más resistentes y evitar con ello el riesgo de pérdida de la obra y de vidas humanas en catástrofes como la ocurrida en Diciembre de 1999.

**10. BIBLIOGRAFÍA**

Abreviatura: UCV-EG = Trabajo Especial de Grado, Departamento de Geología, Escuela de Geología, Minas y Geofísica, Facultad de Ingeniería, Universidad Central de Venezuela. Inédito.

AGUERREVERE S. 1955. Aspectos geológicos de la autopista Caracas – La Guaira. *Revista del Colegio de Ingenieros de Venezuela*, Caracas, 229: 4-8.

\_\_\_\_\_. & G. ZULOAGA. 1937. Observaciones Geológicas de la parte central de la Cordillera de la Costa, Venezuela. *Bol. Geología. y Min.*, Caracas, I(2-4): 8-24.

\_\_\_\_\_. & G. ZULOAGA. 1938. Nomenclatura de las formaciones de la parte central de la Cordillera de la Costa. *Bol. Geol. y Min.*, Caracas, 2 (2-4): 281-284.

AGUILERA, Z. & D. VALLENILLA. 1985. *Geología de la zona La Entrada Naguanagua, estado Carabobo*. UCV-TEG, 316 p.

ARANGUREN A. 1996. *Reconocimiento geológico de la cuenca de la quebrada El Encantado, Parque Nacional El Ávila*. UCV-EG. 103 p.

AUDEMARD F., J. A. RODRÍGUEZ & H. STOCKHAUSSEN 2000. La vertiente Caracas del Macizo del Ávila en el espejo del desastre de Vargas de diciembre de 1999. *XVI Seminario Venezolano de Geotecnia. Calamidades geotécnicas urbanas con visión al siglo XXI*. Caracas, 213 – 230.

AUDEMARD, F & C. GIRALDO 1997. Desplazamientos dextrales a lo largo de la frontera meridional de la placa del Caribe, Venezuela Septentrional. *Mem. XIII Congr. Geol. Venez.*, Porlamar, 1: 101 - 108.

- AZPIRITXAGA I. 1979. *Estudio geológico de una zona ubicada en la parte central de la Cordillera de La Costa, flanco norte, Distrito Federal*. UCV-EG. 213 p.
- AZPIROZ F. 1982. *Egeología de la zona El Cambur, Guaremal. Edo. Carabobo..* UCV-EG. 236 p.
- BAENA J. 1998. *Reconocimiento geológico de la cuenca del Río Tacamahaca, Parque Nacional El Ávila*. UCV-EG. 95 p.
- BARBOZA L. & S. RODRÍGUEZ 2001. *Integración de la geología del Estado Vargas y del flanco sur del macizo del Ávila al norte de Caracas*. UCV-TEG, 316 p.
- BECK C. 1985. *La chaîne Caraïbe au merideien de Caracas: geologie, tectogenese, place dans l'evolution geodynamique Mesozoique-Cenozoique des Caraïbes Meridionales*. L'Universite des Sciences et Techniques de Lille, Tesis de doctorado de estado, 462 p.
- BECK C. 1986. *Geologie de la chaîne Caraïbe su meridiem de Caracas (Venezuela)*. Soc. Geol. de Nord, Villeneuve s'Ascq, Francia, Public. no. 14, 462 p.
- BRAVO A. & B. VILAS. 2002. *Estudio microtectónico de la vertiente norte del macizo Ávila, entre punta Care y la guaira, estado Vargas*. UCV-EG.
- BOUSSINGAULT J. 1974. *Memorias*. J. A. Catalá Editor, Caracas, 315 p.
- CANO V. & L. MELO. 2001. *Reconocimiento geológico entre las cuencas de quebrada Seca y río Care, estado Vargas*. UCV-EG. 155 p.

- CANTISANO M. 1989. Estudio geológico y geotécnico de la cuenca de la quebrada Mamera, Distrito Federal. *Mem. VII Congr. Geol. Venezolano*, Barquisimeto, 4: 1047-1069.
- CASTILLO A. & J. C. SUÁREZ 2001. *Reconocimiento geológico entre las cuencas de Anare y Osma, estado Vargas*. UCV-EG. 138 p.
- CONTRERAS O. & F. URBANI 1992. Las rocas metaígneas de Tócome, P. N. El Ávila. *Acta Científica Venezolana*, 43 (supl. 1): 125.
- COPLANARH 1974. Comisión del Plan Nacional del aprovechamiento de los Recursos Hidráulicos. Región \_\_\_\_\_. Inventario Nacional de Tierras. Caracas, MAC. Dirección de Investigación. Pub. 43, \_\_\_p.
- COUSSOT P. 1996. *Les laves torrentielles, connaissances à l'usage du praticien*. 1era. Ed., Cemagref, Saint-Martin, 177 p.
- DENGO G. 1947. Informe geológico sobre el proyecto de Autopista Caracas-La Guaira. *Rev. Fomento*, Caracas, 9-10 (69): 133-154.
- DENGO G. 1951. Geología de la región de Caracas. *Bol. Geol.*, Caracas, 1 (1): 39 – 115. Versión en Inglés: Geology of the Caracas region, Venezuela. *Geol. Soc. Amer. Bull.*, 64 (1): 7-40, 1953.
- ENCARTA 2000. *Enciclopedia Microsoft Encarta 2000*. Versión en disco compacto. Microsoft Corporation ©.
- FANTI O, L FRONTADO & A. VECCHIO. 1980. *Tectónica y sismicidad del área de Caracas y sus alrededores*. UCV-EG. 132 p.

FEO CODECIDO G. 1962. Contribution to the geology of north-central Venezuela. *Bol.Inf. Asoc. Venez. Geología. Min y Petrol.* , 5(5): 119-142.

GARCÍA L. 1994. *Reconocimiento geológico de la cuenca del río Tócome, Parque Nacional El Ávila, estado Miranda*. UCV-EG. 249 p.

GARCÍA L., P. ROMERO & F. URBANI. 1993. Reconocimiento geológico de la Silla de Caracas, parque Nacional El Ávila, estado Miranda. *II Jornadas Científicas 55 Aniversario de la Escuela de Geología, Minas y Geofísica, UCV, Caracas, Programa y Resúmenes*, p. 30.

GARCÍA L., F. URBANI & O. CONTRERAS. 1995. Geología de la cuenca del río Tócome, Parque Nacional El Ávila, Caracas, Venezuela. *Bol. Geol., Caracas, Public. esp.* 10, p. 279-286.

GONZÁLEZ C. 1992. La actividad torrencial en ciudades circundadas por laderas y sus consecuencias. *Mem. Curso internacional sobre mitigación de desastres: uso de información de peligros naturales en la preparación de proyectos de inversión*. Universidad Nacional de Ingeniería. Centro Peruano japonés de Investigaciones Sísmicas y mitigación de desastres. 14-9 al 9-10, Lima, (II): 691 – 698.

GONZÁLEZ DE JUANA C.; J. ITURRALDE & X. PICARD 1980. *Geología de Venezuela y de sus cuencas petrolíferas*. Ed. Foninves, Caracas. 2 tomos, 1021 p.

GRANDE S. 1982. *Geología de la zona Trincheras-Vallecito. Estado Carabobo*. Tomos I y II. UCV-EG. 432 p.

GRANDE S. 2002. *Guía de Petrología*. Trabajo no publicado. Universidad Central de Venezuela. Caracas.

HEINRICH E. 1972. *Petrografía mineralógica*. Omega, Barcelona España.

HESS H., G. DENG & R. SMITH 1952. Antigorite from the vicinity of Caracas. *Am. Min. Bull.*, 373: 65-75.

HUBER O. 1984. *Mapa de vegetación de Venezuela*. Oscar Todtmann editores, Caracas, s/p.

HUMBOLDT A. 1801. Esquisse d'un tableau géologique de l'Amerique méridionale, *Jour. de Phys., de Chimie, d'Hist. Nat.*. Paris, 53: 30-60. (FIDE RUTSEH, 1934.)

HUMBOLDT A. 1991. *Viaje a las regiones equinocciales del nuevo continente*. Monte Ávila Editores, Caracas, tomo II, 458 p.

I. U. G. S. - INTERNATIONAL UNION OF GEOLOGICAL SCIENCES. 1973. Classification and nomenclature of plutonic rocks: Recommendations. *N. Jb. Miner. Mh.*, 4: 149-164.

INTERNET: <http://www.aruba.com/pdf/georigin.pdf>.

KERR P. 1965. *Mineralogía óptica*. McGraw-Hill, New York, USA. 433 p.

KOVACH A., P. M. HURLEY & H. W. FAIRBAIN 1979. Preliminary Rb/Sr whole rock dating of basement rocks from the Coast Range. *Bol. Asoc. Venez. Geol. Min. Petrol.*, 20(1-3): 86-89.

- LAMARE P. 1927. Contribution a l'étude pétrographique des roches de la Cordillère Caraïbe, Venezuela. *Comité Rendu Sommaire et Boll. Soc. Géol. De France*, (27): 127-162.
- LOYO B. 1986. *Estudio tecto-estratigráfico de la cuenca del Tuy, Estado Miranda, Venezuela*. UCV-TEG, 134 p.
- MARN 2000. *Desastre natural de diciembre de 1999, zona norte-centro-costera de Venezuela, aspectos climatológicos*. Comisión para la evaluación de daños y riesgos. Caracas, s/p.
- MARTÍNEZ E. 2000. Evento meteorológico sobre el Litoral Central en diciembre 1999. Informe inédito. En: SALCEDO D. 2000. Los flujos torrenciales catastróficos de diciembre de 1999, en el estado Vargas y en el Área Metropolitana de Caracas. *XVI Seminario Venezolano de Geotecnia. Calamidades geotécnicas urbanas con visión al siglo XXI*. Caracas, 127-193.
- MACKENZIE, W.S., C. H. DONALDSON AND C. GUILFORD 1991. Atlas of igneous rocks and their textures. Langman Scientific & Technical.
- MENÉNDEZ A. 1966. Tectónica de la parte central de las montañas occidentales del Caribe, Venezuela. *Bol. de Geol.* 8 (15): 154-155.
- MIYASHIRO A. 1973. *Metamorphism and metamorphic belts*. John Wiley & Sons, New York; 492 p.
- NAVARRO E, M. OSTOS, & F. YORIS 1988. Revisión y redefinición de unidades litoestratigráficas y síntesis de un modelo tectónico para la evolución de la parte norte-central de Venezuela durante el Jurásico medio-Paleógeno. *Acta Cient. Venez.*, 39: 427-436.

OMAHÑA L. 2002. *Integración de la Geología de la zona de Morón-Valencia-Ocumare de la Costa. Edos. Carabobo y Aragua*. UCV-TEG, 323 p.

OSTOS M. 1981. *Geología de una zona entre la autopista Caracas – La Guaira y el Estribo Galindo, Parque Nacional El Ávila, Distrito Federal*. UCV, Escuela de Geología, Trabajo de Ascenso, Inédito. 279 p.

\_\_\_\_\_, & E. NAVARRO 1986. Faja de Villa de Cura. ¿ Realmente un complejo de arco de isla alóctono?. *Mem. VI Congr. Geol. Venez.*, Caracas, 10: 6615-6637.

\_\_\_\_\_. 1987a. Transporte tectónico de la Formación Peña de Mora, parte central de la Cordillera de La Costa, Distrito Federal. *Iras. Jornadas de investigación en Ingeniería*. 106-109.

\_\_\_\_\_, E. Navarro & F. Urbani. 1989. Edad Rb/Sr. del augengneis de Peña de Mora, Cordillera de la Costa. *Mem. VII Congr. Geol. Venezolano*, Barquisimeto, 1: 127 - 136.

\_\_\_\_\_. 1990. *Tectonic evolution of the South-Central Caribbean based on geochemical data*. University of Rice, Houston, Texas, Tesis Doctoral.

\_\_\_\_\_. 1990. Evolución tectónica del margen sur-central del Caribe basado en datos geoquímicos. *Geos*, UCV, Caracas, (30): 1-294

RÍOS D. 1989. Geología de un segmento de la Cordillera de la Costa entre Macuto – Naiguatá y Los Ocumitos – Turgua. 143 p.

SABINO I. 1995. *Reconocimiento geológico del flanco sur del Pico Naiguatá*. UCV-EG. 209 p.



- SABINO I. & F. URBANI. 1995. Geología del flanco sur del pico Naiguatá, Parque Nacional El Ávila, estado Miranda, Venezuela. *Bol. Geol., Caracas, Public. esp.* 10, p. 287-296.
- SALCEDO D. 2000. Los flujos torrenciales catastróficos de diciembre de 1999, en el estado Vargas y en el Área Metropolitana de Caracas. *XVI Seminario Venezolano de Geotecnia. Calamidades geotécnicas urbanas con visión al siglo XXI.* Caracas, 127-193
- SANCIO R. 2000. Algunos aspectos científicos relacionados con el fenómeno hidrometeorológico de diciembre de 1999 en el estado Vargas. *Los aludes torrenciales de diciembre de 1999 en Venezuela, Jornadas de Investigación de la Facultad de Ingeniería,* UCV, Caracas.
- SÁNCHEZ R. & J. SILVA. 1986. *Geología de la zona de Oritapo – Cabo Codera – Capaya, estado Miranda – Distrito Federal.* UCV-EG. 252 p.
- SARDI V. 2000. Inundaciones del Litoral Central de Venezuela – Escala de magnitudes. *Los aludes torrenciales de diciembre de 1999 en Venezuela, Jornadas de Investigación de la Facultad de Ingeniería,* UCV, Caracas.
- SIDDER G., A. GARCÍA AND J. STOESER. 1995. Geology and mineral deposits of the Venezuelan Guayana Shield. US Geological Survey Bulletin 2124.
- SINGER A., C. ROJAS & M. LUGO 1983. Inventario Nacional de Riesgos Geológicos (Estado Preliminar). *Public. FUNVISIS.* (Caracas); 126 p.
- SINGER A. 1977. Síntesis regional de la evolución geomorfológica de la Cordillera de la Costa. *V Congr. Geol. Venez.* Guía de excursión N° 1, Caracas. 8 p.

SMITH R. 1952. Geología de la región Los Teques – Cua. *Bol. Geol.*, Caracas, 2 (6): 33 – 406.

STEPHEN N. (2002). Regional Metamorphism [Documento en línea]. Disponible: <http://www.tulane.edu/~sanelson/geol1212/regionalmetamorph.htm>. [Consulta: 2003, diciembre 16].

STOCKHAUSEN H., F. AUDEMARD, J. A. RODRÍGUEZ, A. SINGER & M. SCHMITZ. 2000. Deslizamientos, alludes y deslaves en el valle de la quebrada Tacagua, sector Gramoven y Blandín. En: AUDEMARD F., J. A. RODRÍGUEZ & H. STOCKHAUSEN (2000). La vertiente Caracas del Macizo del Ávila en el espejo del desastre de Vargas de diciembre de 1999. *XVI Seminario Venezolano de Geotecnia. Calamidades geotécnicas urbanas con visión al siglo XXI*. Caracas, 213 – 230.

SPRY A. 1968. *Metamorphic Textures*. New York. Pergamon Press. 350 p.

TAKAGI H. 1986. Implications of milonitic microstructures for the geotectonic evolution of the Median Tectonic Line, central Japan. *Journal of Structural Geology*, 8 (1): 3-14.

TALUKDAR S. & D. LOUREIRO. 1982. Geología de una zona ubicada en el segmento norcentral de la Cordillera de la Costa, Venezuela: metamorfismo y deformación. Evolución del margen septentrional de Suramérica en el marco de la tectónica de placas. *GEOS*, UCV, Caracas, (27): 15 -76.

TURNER F. 1963. *Petrología ígnea y metamórfica*. Barcelona. Omega. 726 p.

URBANI F. 1978. "Geología del Granito de Guaremal, Estado Caracobo". Vol. 1 y 2, Trabajo de ascenso, Escuela de Geol. y Minas, univ. Central de Venezuela. Inédito, 373 p.

\_\_\_\_\_. 1982. Comentarios sobre algunas edades de las rocas de la parte central de la Cordillera de la Costa. *Geos*, UCV, Caracas, (27): 77 - 85.

\_\_\_\_\_ & M. Ostos. 1989. El Complejo Ávila, Cordillera de la Costa, Venezuela. *GEOS*, UCV, Caracas, (29): 205 - 217.

\_\_\_\_\_, R. SANCHEZ & J. SILVA. 1989. Reconocimiento Geológico de la región de La Sabana - Cabo Codera - Capaya, D.F. y Miranda. *Mem. VII Congr. Geol. Venezolano*, Barquisimeto, 1: 223-243.

\_\_\_\_\_, O. CONTRERAS, L. GARCÍA, I. SABINO, A. ARANGUREN & R. UZCÁTEGUI. 1997. Cartografía geológica del flanco sur del macizo de El Ávila desde Maripérez hasta Izcaragua, Cordillera de la Costa, D. F. Y estado Miranda, Venezuela. *Mem. VIII Congr. Geol. Venezolano*, Margarita, 2: 463-468.

\_\_\_\_\_, J. A. RODRÍGUEZ, & V. VIVAS. 2000. Geología del estado Vargas: 1.- Nomenclatura actualizada de las unidades ígneo metamórficas de la parte central de la Cordillera de la Costa. *Jornadas de Investigación de la Facultad de Ingeniería*, UCV, Caracas. Resúmenes p. 621-622.

\_\_\_\_\_. 2000a. Revisión de las unidades de rocas ígneas y metamórficas de la Cordillera de la Costa, Venezuela. *Geos*, UCV, Caracas, (33): 1-170.

\_\_\_\_\_. 2000b. Consideraciones geológicas de la catástrofe de Vargas de diciembre de 1999. *XVI Seminario Venezolano de Geotecnia. Calamidades geotécnicas urbanas con visión al siglo XXI*. Caracas, 179 – 193.

\_\_\_\_\_. 2002. Guía de excursión. Geología del área de la autopista y carretera vieja Caracas-La Guaira, Distrito Capital y Estado Vargas. *Geos* (35): 60 p. En prensa.

UZCATEGUI R. 1997. *Geología del flanco sur de la Silla de Caracas, Parque Nacional El Ávila*. UCV-EG. 104 p.

WALKER R. 1992. *Facies models. Geological Association of Canadá, Ontario*. Canadá. 211 p.

WEHRMANN M. 1972. Geología de la región de Caracas - Colonia Tovar. *IV Congr. Geol. Venezolano, Caracas, Resúmenes*. Trabajo completo y mapa en: *Bol. Geol., Caracas, Public. Esp.* 5,4: 2093-2121, 1972.

## ANEXO 1 ANÁLISIS PETROGRÁFICO

### Generalidades

#### Petrografía

Con el resultado de las selecciones determinadas en nuestro trabajo y el análisis petrográfico de 240 rodados seleccionados, se determinaron las agrupaciones mineralógicas, previamente señaladas. A continuación se expone, por cuenca, el reporte petrográfico de cada unidad informal en detalle, contando con descripciones macroscópicas y propiedades petrográficas de todos los minerales encontrados (microscópicas).

#### Petrografía de muestras de rocas foliadas:

A continuación se presenta el reporte petrográfico de las muestras anteriormente mostradas en la tabla. Dentro de estas agrupaciones se encuentran las unidades informales pertenecientes a los grupos de rocas foliadas, con orientación preferencial en los minerales micáceos y algunos granulares, clasificadas petrográficamente, dentro de los rodados seleccionados en esta quebrada para su estudio.

#### Petrografía de muestras de rocas no foliadas:

Dentro de este grupo se encuentran los tipos litológicos pertenecientes a los grupos de rocas tales como: meta-psefita (meta-conglomerado epiclástico y brechas), mármoles, epidositas, cuarcitas y meta-ígneas ultramáficas, máficas, intermedias y graníticas, clasificadas petrográficamente, dentro de los rodados seleccionados en esta quebrada para su estudio.

#### Tamaño de grano.

Para la determinación del tamaño de grano de las muestras en estudio se tomaron en cuenta los siguientes criterios (tablas 8 y 9):

**Tabla 8. Tamaño de grano de rocas ígneas y otros tipos metamórficos.**

| Tamaño de grano  | Diámetro medio     |
|------------------|--------------------|
| Grano fino       | < 1 mm a afanítica |
| Grano medio      | 1-5 mm             |
| Grano grueso     | 5 mm-3 cm          |
| Grano muy grueso | > 3 cm             |

**Tabla 9. Criterios básicos en la clasificación de rocas metamórficas. GRANDE (1982)**

| TIPO TEXTURAL    | CLASIFICACIÓN SEGÚN TAMAÑO DE GRANO PROMEDIO |               |
|------------------|--|---------------|
| <b>GNEISES</b>   | Muy gruesos                                  | mayor de 5 mm |
|                  | Gruesos                                      | de 3 a 5 mm   |
|                  | Medios                                       | de 1 a 3 mm   |
|                  | Finos  | de 0,5 a 1 mm |
| <b>ESQUISTOS</b> | Gruesos                                      | de 3 a 5 mm   |
|                  | Medios                                       | de 1 a 3 mm   |
|                  | Finos  | de 0,5 a 1 mm |
| <b>FILITAS</b>   | Menor de 0,06 mm                             |               |

A continuación se presentan los reportes petrográficos, en detalle, de las rocas seleccionadas. Cabe destacar que todas las fotomicrografías presentan escala de ancho: **2,350 mm** y están tomadas con ocular 10 X y objetivo 4 / 0.12 (fig. 27A).

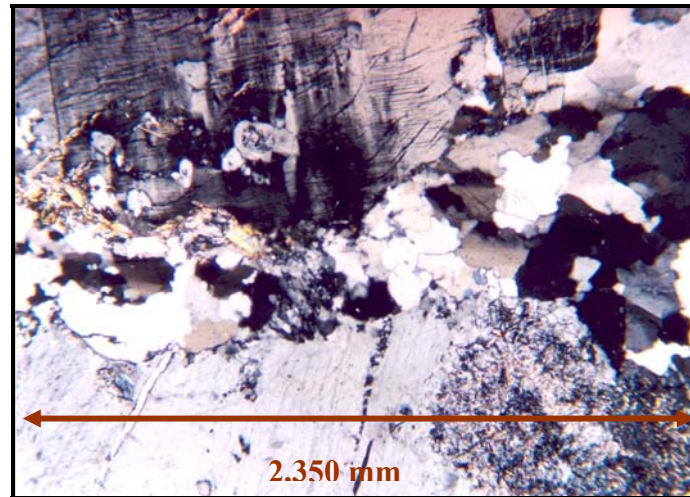


Fig.27A. Fotomicrografía ejemplo con escala.

## CUENCA: RÍO MIGUELENA

### Petrografía

#### *Gneises:*

#### **Augengneis y gneis cuarzo-plagioclásico-epidótico-micáceo. (r: 33,25)**

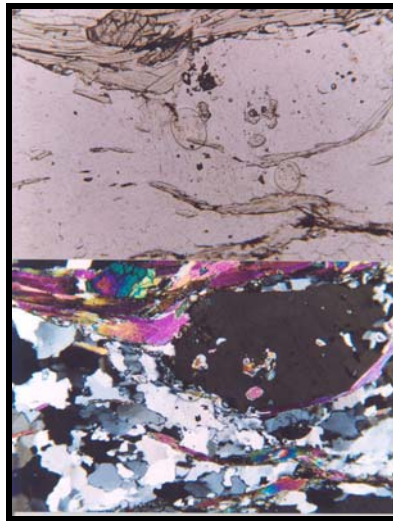
#### **(Sin microclino)**

Al microscopio se observan secciones cuarzo-feldespáticas, con granos mono y policristalinos de cuarzo, minerales micáceos bastante laminares finos orientados, con textura lepidoblástica, formando finas bandas, intercalándose con agregados granulares alargados de cuarzo y feldespato. Inequigranulares, con minerales dispuestos con leve orientación en bandas semiparalelas bordeadas por micas blancas, en su mayoría. Los granos de mayor tamaño presentan gran contenido de inclusiones, textura poiquilítica, algunos llegan a observarse alterados, leve presencia de oxidación y algunos granos de cuarzo y feldespato con microfracturas. Secciones no muy limpias, el epidoto no muestra orientación y están fracturados. La sección r: 25 muestra microcristales granulares de diversos minerales, micro fragmentos, disgregados sobre el resto de los granos y hacia los bordes de la misma. La muestra r: 33 presenta mejor arreglo, mayor orientación bandeada de minerales, a su vez los

minerales micáceos son más cortos y menor laminares, se observa microclino porfidoclástico (v, Cap. 6, p. 87) (fig.27).

Cuarzo:

El mineral es anhedral, de borde irregular y algo suave (pocos) poco marcados (inapreciables en nícoles paralelos) y habito granudo. Se presenta un pequeño grupo de granos policristalinos, los cuales conservan más limpio el mineral, presenta inclusiones de microcristales de apatito, epidoto, micas y esfena sin orientación, entre los que pueden reconocerse. Pocos granos muestran leves microfracturas y hasta bordes fracturados. La asociación es general entre feldespatos y al resto de minerales, con leve orientación apenas notable entre gruesas bandas intercaladas con grupos de micas, y con distribución inhomogénea sobre las secciones.



**Fig.27. Fotomicrografía de la muestra RM-602-r 33 (N: // y X). Augengneis y gneis cuarzo-plagioclástico-epidótico-micáceo. Mica orientada bandeada bordeando porfidoblasto de plagioclase no maclada y textura augen.**

Plagioclase: albite - andesina

Se reconocen con dificultad las variedades de albite y oligoclase. Las secciones r: 33 y 25 presenta un mineral anhedral, de bordes irregulares suaves algo corroídos y habito granudo a semi laminar. Muy pocos granos son los que conservan maclado y



se reconoció del tipo Carlsbad, se muestran en mayoría granos no maclados y con inclusiones de microcristales, sobre y hacia los bordes, de microcristales laminares micáceos, epidoto, apatito, esfena, unos pocos cuarzos, se reconocen maclas tipo albita. Se aprecian microfracturas incompletas sobre algunos granos, son inequigranulares y bordeados por finas bandas de micas blancas. Textura augen (v, Cap. 6, p. 88), sobre la sección r: 33 (fig.27).

#### Mica blanca: moscovita

Mineral incoloro a beige claro con leve tonalidad verde pálido muy claro, de pleocroismo muy débil hasta incoloro, anhedral, de bordes semi lisos sobre los lados más largos a corroídos a astillosos los bordes más cortos y habito laminar hojoso. Se observan grandes granos laminares en contacto longitudinal entre los mismos formando una especie de bandeo sobre planos semi orientados. Estas bandas bordean y envuelven grupos de cuarzo y plagioclasa, algunos granos muestran un envoltorio fino como de alteración y hacia algunos bordes se aprecian epidoto esfena y cuarzo microgranular. Unos pocos granos muestran suaves microfracturas y bordes fracturados, algunos granos presentan corte paralelo al clivaje y éste no se observa, mostrándose lisos, con algo de brillo o muy limpios y rebajados y el resto muestran clivaje en una dirección e incompleto. La asociación es general junto a micas verdes y cloritas, sobre algunos granos se aprecian grandes inclusiones de epidotos sobre los bordes, y con distribución inhomogénea sobre bandas de leve orientación preferencial sobre las secciones.

#### Biotita:

El mineral muestra color verde oliva y pardo verdoso, con pleocroismo moderado que pasa a un crema amarillo verdoso, pálido, anhedral, con bordes corroídos gastados y semi lisos (muy pocos) y habito hojoso semi laminar. Se observan granos que presentan suaves microfracturas sobre los bordes, en mayoría. Presenta algunas inclusiones microcristalinas de minerales irreconocibles y se reconoce alteración de cloritización sobre algunos granos. Son muy pocos los granos que muestran dirección

de clivaje, el resto están cortados paralelo al clivaje. De asociación general entre las moscovitas, como laminas alargadas muy finas sobre sus bordes y dentro de los bandeados semi orientados y distribución inhomogénea y dispersa a lo largo de las secciones.

#### Grupo del Epidoto: epidoto, zoisita, clinzoicita y allanita (traza)

Se observan en mayoría la variedad de epidota y en menores proporciones: zoisita, clinzoisita y allanita (ortita), estas tres últimas variedades son mineral traza. La sección r: 25 es mucho más epidótica. Mineral color crema amarillento, de tonalidad verdosa, sin pleocroismo, moderado relieve, subhedral y redondeado (pocos), de bordes irregulares suaves hasta quebrados algunos y habito granudo semi tabular y unos pocos rómbicos de bordes quebrados. Poca inequigranularidad, algunos granos están fracturados y con inclusiones microcristalinas de cuarzo y esfena, con fragmentos microgranulares alrededor de los mismos, muestran algunas microfracturas hacia los bordes, unos pocos de menor tamaño muestran clivajes interrumpidos por las microfracturas. Tienen asociación general a las micas, y con distribución homogénea y dispersa sobre las secciones. Sólo la sección r: 33 es la que presenta trazas de allanita.

#### Esfena:

De moderado relieve, color pardo oscuro, sin pleocroismo, subhedral alargado, de bordes semi lisos a irregulares y habito granudo semi prismático rómbico largo. Pocos granos limpios, mostrándose más claros y pálidos. Bastante pequeños, microgranulares, se presentan en agregados granulares formando especie de nidos y levemente orientadas, unos pocos microfragmentos se disgregan alrededor de los de mayor tamaño, los cuales presentan bordes fracturados. Se asocian generalmente hacia bordes de epidoto, en mayoría entre y sobre los bordes de micas, y con distribución homogénea en grupos dispersos sobre las secciones.

**Clorita:**

Color verde claro y parduzco, de pleocroismo muy débil a poco apreciable que pasa el mineral a verde amarillento, en pocos casos. Anhedral, de bordes corroídos gastados, algunos muy poco marcados y hábito hojoso escamoso. Inequigranular, en mayoría como producto de alteración de micas, se asocia a las micas, entre y sobre sus bordes, y con distribución inhomogénea muy dispersa a lo largo y ancho de la sección.

**Apatito:**

Es un mineral traza, incoloro, de alto relieve, anhedral y unos pocos granos subhedrales, con bordes suaves a fracturados y hábito granudo masivo a semi tabular. Se muestran en mayoría como inclusiones, con asociación general al resto de minerales junto a los epidoto y con distribución homogénea bastante dispersa sobre las secciones.

**Opaco: piritita.**

Sólo se observan granos opacos sobre la sección r: 25 y como traza. Mineral opaco, anhedral, de bordes irregulares suaves y hábito granudo. Con luz reflejada se aprecia brillo metálico amarillo ocre hacia el centro del mineral, se asocia en general al resto de minerales y de distribución muy dispersa y homogénea sobre la sección.

**Augengneis cuarzo-plagioclásico-epidótico-micáceo. (r: 10,7,13,15)****(Con microclino)**

Al microscopio, en general, se observa una sección con alto contenido de cuarzo, dentro de este grupo se observan secciones moderadamente lepidoblásticas. Muestran aspecto granítico inequigranular (fig.28). Se aprecian granos tanto bastante limpios y hasta de considerable cantidad de inclusiones microcristalinas. Con leve orientación, en finas bandas y en agregados granulares, intercalados, de minerales micáceos,

epidoto y esfena con cuarzo y feldespato. Las secciones r: 10, 13 y 15 muestran leve oxidación.

#### Cuarzo:

Se presentan granos mono y policristalinos, anhedrales redondeados, de bordes irregulares suaves, más suaves sobre los cuarzos policristalinos y habito granudo. Inequigranular, en mayoría se observan con micro fracturas y con pocas inclusiones de microcristales sin orientación preferencial, entre los que pueden reconocerse microfragmentos micáceos y epidoto. Algunas de las secciones de este grupo, presentan muy suavemente marcada, grupos de cuarzo con leve orientación alagada. La asociación es general con el resto de los minerales y distribución homogénea. Algunos granos están fracturados y con presencia de oxidación dentro y sobre los bordes de estos granos. se aprecia textura granoblástica.

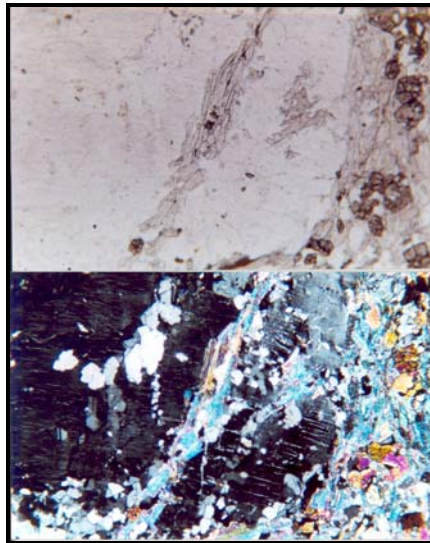
#### Plagioclasa: albita.

El mineral es anhedral y algo redondeado, en algunos casos, de bordes irregulares a suaves, como gastados y habito granudo. Se observa con algunas inclusiones, un grupo de granos de mayor tamaño presentan especies de vetillas de cuarzo microgranular. La mayoría de los granos no muestran sus maclas y las visibles se aprecian muy difusas y tipo Carlsbad, sólo sobre las secciones r: 10, 7 y 13. El mineral es inequigranular, de asociación general al resto de los minerales y distribución homogénea y algo dispersa en la sección. En las secciones r: 7 y 13 se observan micro fragmentos dentro de los porfídoblastos de microclino con texturas (pertítica y micropertítica) y se llegan a apreciar algunas inclusiones de micro vetillas de cuarzo microgranular hasta cruzando los granos y hacia sus bordes.

#### Microclino:

Mineral anhedral, semi redondeado, de granos inequigranulares, de bordes irregulares y corroídos unos pocos, otros más suaves y de habito granudo. Se observan algunos alterados, presentando micro fracturas e inclusiones y hasta bordes

fracturados. Su asociación es general entre cuarzo y plagioclasa, no muestran por completo su maclado característico, en rejillas finas, sólo suavemente marcado y sobre pequeñas zonas de los granos. Se observan porfidoclastos sobre las secciones r: 7 y 13 (v, Cap. 6, p. 87), con textura pertítica en parches, vetas y venas gruesas y micropertítica junto a maclado tipo Carlsbad, algunos de estos pórfidos son atravesados por trenes de cuarzo microgranular junto a inclusiones de fragmentos de plagioclasa poiquiloblástica. Presentan distribución homogénea y bastante dispersa en la sección. Unos pocos granos se presentan más limpios. Se observan pocos granos con textura pertítica en parches (fig.28).



**Fig.28. Fotomicrografía de la sección RM-602-r 7 (N: // y X). Augengneis cuarzo-plagioclásico-epidótico-micáceo. Parte de un porfidoclasto de microclino atravesado por cuarzo microgranular, presentando intercrecimientos pertíticos en vetas, parches y venas gruesas. Micas y epidoto hacia los bordes.**

Biotita:

Mineral color verde oscuro oliva-parduzco, con pleocroismo moderado que aclara su color a verde crema amarillento, anhedral, de bordes semi lisos a corroídos/astillosos y habito hojoso semi laminar. Se observan inclusiones de microcristales de esfena, epidoto y otras micas y algunos granos con micro fracturas dentro y hacia los bordes. No todos los granos muestran su clivaje, encontrándose

cortados paralelos al mismo y se observan lisos. Presentan leve oxidación unos pocos, su asociación es junto a las micas blancas y con algunos epidotos y esfenas (bordeando los granos de mayor tamaño) y distribución homogénea en agrupaciones algo dispersas dentro de la sección.

#### Mica blanca: moscovita

Mineral color crema claro, con tono verde muy claro y pálido, no muy limpio, de un pleocroismo débil que lleva el color a crema claro e incoloro, anhedral, de bordes semi lisos a corroídos-astillosos y hábito hojoso laminar. Con tamaño de grano mucho menor que las biotitas, equigranular, dispersas con orientación en bandas finas semiparalelas. Los granos destacan el clivaje en una dirección, los cuales se ligan a un conjunto de micro fracturas en la misma dirección y otras que los cortan, algunos muestran inclusiones sobre los bordes de fragmentos de epidotos, unas pocas esfenas y otras micas. Se observan algunas alteraciones de cloritización, sobre los granos (alteración de la birrefringencia). La asociación es general, en agregados, formando como nidos junto a las biotitas y algunos epidotos con leve orientación, laminas alargadas y con distribución homogénea sobre las secciones, pero con una pequeña presencia de inhomogeneidad en una de las secciones.

#### Epidoto: epidota, zoisita y allanita (traza)

El mineral es color crema claro y amarillo claro pálido, sin pleocroismo, de relieve un poco alto, no muy limpio, anhedral en mayoría con algunos granos subhédricos semi redondeados, de bordes irregulares corroídos y hábito granudo masivo. Se alcanzan a observar unos pocos de hábito prismático pseudo-hexagonal con bordes quebrados. Inequigranulares, algunos se presentan de menor tamaño como inclusiones dentro de micas y sobre sus bordes. Existen micro fracturas y hasta bordes fracturados dentro de algunos granos y con leve oxidación y alteración sobre los bordes, tienen asociación general con micas y esfenas, sin orientación preferencial y con distribución en mayoría homogénea en agrupaciones en agregados, como mezclas sobre las secciones. Otra sección se presenta con distribución

inhomogénea y dispersos los granos sobre la sección. Sólo las secciones r: 10 y 13 presentan la zoisita, reconociéndose en nícoles cruzados por su bajo grado de birrefringencia y su forma y la sección r: 10 muestra como mineral traza la allanita.

#### Esfena:

Mineral color pardo oscuro, sucio, unos granos más claros que otros con mismo tono pardoso, un poco más limpios, sin pleocroismo, anhedral y unos pocos subhédricos, granos muy pequeños (<0,20 mm), de bordes irregulares suaves a semi corroídos y hábito granudo y semi prismático rómbico alargado. Se observan micro fracturas sobre los de mayor tamaño, en mayoría los granos están presentes como inclusiones, los menos conservados. Se asocia en general con epidotos y micas, bordeados por agregados de cuarzos y feldespatos, también dentro de las alineaciones que forman las micas como bandas y con distribución inhomogénea sobre las secciones, observándose en agregados granulares alargados, con forma de nidos dispersos con cierto paralelismo entre ellos.

#### Apatito:

El mineral es incoloro, alto relieve, algunos granos más limpios que otros, anhedral y subhedral, unos pocos granos, con bordes suaves corroídos a semi lisos y hábito granudo redondeado a semi tabular. Los pocos granos se observan como inclusiones entre el cuarzo y la plagioclasa, de asociación general al resto de los minerales y con distribución homogénea y muy dispersa sobre la sección. Este mineral sólo lo presentan las secciones r: 10, 7 y 15 y como trazas.

#### Calcita:

Mineral beige claro casi incoloro, muestra levemente el clivaje en tres direcciones, característica de la calcita, sin pleocroismo, anhedral, de bordes irregulares gastados y hábito granudo. Algunos bordes desgastados, se asocia al resto de los minerales y con distribución inhomogénea sobre un extremo de la sección. Sólo una de las secciones presenta este mineral y en traza.

Opacos: pirita (traza)

El mineral es opaco con bordes rojizos, con luz reflejada da brillo metálico ocre latón oscuro y sobre r: 15 muestra muy poco brillo, de alto relieve, anhedral, de bordes irregulares y hábito granudo masivo. La asociación es general y con distribución inhomogénea con sólo dos granos hacia uno de los bordes de la sección. Las secciones r: 15 y 10 los contienen en traza y el resto no los presenta.

Clorita:

El mineral esta presente en las secciones r: 10 y 13. Color verde y verde claro, sin pleocroismo, anhedral, de bordes semi lisos a corroídos y algunos como gastados (poco marcados) y habito hojoso semi laminar. Se aprecian pocos granos la mayoría como producto de alteración. Se asocia en general a las micas y de distribución dispersa y homogénea sobre las secciones.

#### **Gneis cuarzo-plagioclásico-epidótico-muscovítico. (r: 14) (Sin biotita)**

Se observa una sección con mica blanca, muy orientada, de textura lepidoblástica, las mismas bordeando agregados granulares de feldespato y cuarzo, formando especie de ojos, como en nidos. Bastante limpia, inequigranular, se observan grandes granos de apatito y se aprecia una leve oxidación hacia uno de los bordes de la sección (fig. 29).

Cuarzo:

Mineral anhedral, de bordes irregulares a suaves y muy poco marcados y habito granudo, con granos mono y policristalinos (pocos). Se observan unos pocos microcristales irreconocibles como inclusiones sobre algunos granos, inequigranulares, hacia los bordes de la sección se aprecian granos bastante fracturados, en comparación con los ubicados hacia el centro, los cuales están bastante conservados. La asociación es general al resto de los minerales y con



distribución homogénea en agrupación y bordeados por completo por micas blancas, a lo largo de la sección.

Mica blanca: moscovita y sericita

Muestran color crema muy claro y los de menor tamaño casi incoloros, de pleocroismo muy débil a nulo, que pasa algunos granos a incoloro, anhedrales, de bordes semi lisos corroídos y unos pocos astillosos y habito laminar hojoso. Equigranular, juntos y en contactos semi paralelos formando bandas que bordean granos de cuarzos agrupados, formando como ojos o bolsones. Muchos granos muestran bordes alterados, con finos envoltorios donde pierden sus características, presentan una asociación general junto a epidoto, clorita y esfena, sobre planos orientados semiparalelos y con leve deformación dúctil (unos pocos) y distribución homogénea en bandas agrupadas a lo largo de la sección.

Clorita:

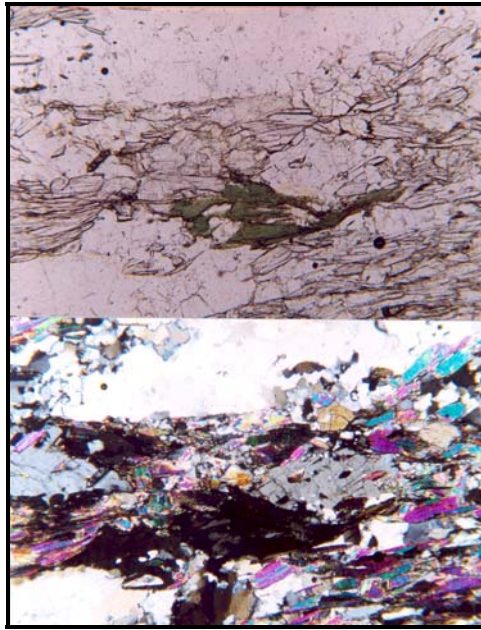
Mineral verde claro, de muy débil pleocroismo a nulo que pasa el color a amarillo claro, anhedral, de bordes corroídos gastados y habito escamoso semi laminar. Se aprecia como producto de alteración de mica verde y algunos de mayor tamaño con inclusiones de cuarzo y epidoto microgranulares, algunos bordes están poco marcados e inapreciables y es inequigranular. No se observa orientación y con asociación entre micas blancas y epidoto y con distribución irregular y dispersa a lo largo de la sección.

Grupo del Epidoto: epidoto y zoisita

Mineral color crema claro y parduzco, no muy limpio, de alto relieve, anhedral de bordes irregulares quebrados y habito granudo masivo. Se aprecia muy fracturado y con micro fragmentos disgregados alrededor de los granos de mayor tamaño. Inequigranulares y unos pocos se presentan pseudo-hexagonales pero con bordes quebrados, en mayoría alargados. Se encuentran asociados a las micas blancas y con distribución inhomogénea entre estos grupos sobre las bandas a lo largo de la sección.

**Apatito:**

El mineral es incoloro, alto relieve, anedral redondeado, de bordes irregulares suaves y habito granular tabular de bordes quebrados. Se llegan a apreciar algunos granos como inclusiones, granos de mayor tamaño muestran suaves micro fracturas incompletas, se asocia en general al resto de minerales y de distribución bastante dispersa y homogénea sobre la sección.



**Fig.29. Fotomicrografía de la muestra RM-602-r 14 (N: // y X). Gneis cuarzo-plagioclásico-epidótico-muscovítico. Micas y clorita orientadas en bandas bordeando parte de un agregado granular de cuarzo y feldespato.**

**Gneis plagioclásico-cuarzo-micáceo-granatífero. (r: 29)**

Macroscópicamente se observa una muestra muy poco meteorizada, compacta, masiva y homogénea. De textura gnéisica, de grano fino con porfidoblastos (fenocristales) < 5 mm de mineral blanco (feldespato y cuarzo). Poco marcada la foliación, de color gris oscuro y granos más visibles formando especie de bandas orientadas, meteorizando a un color más claro gris verduzco y blanco, se aprecian minerales micáceos.

Al microscopio se observa una sección feldespática, con dominio de porfidoblastos, cuarzosa, de textura gnéisica poco distinguible. Muestra oxidación sobre una zona micácea hacia un lado de la sección. Inequigranular, no muy limpia. Se observan microcristales granulares de cuarzo y plagioclasa, plagioclasa con muchas inclusiones, sausuritizadas entre cuarzo limpio (fig. 30).

#### Cuarzo:

Mineral anhedral, limpio, de bordes irregulares suaves y habito granudo. Se observan unas cuantas microfracturas sobre algunos granos junto a bordes fracturados (pocos), en agregados granulares y se asocia generalmente al resto de minerales y distribución inhomogénea sobre la sección.

#### Plagioclasa: albita

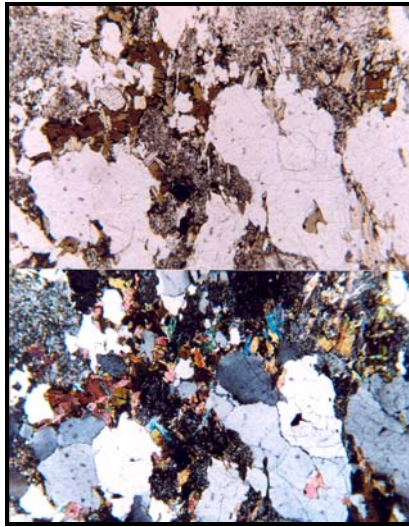
Anhedral, algo sucio, de bordes irregulares corroídos, sobre algunos fenocristales se muestran bordes como astillosos. Presenta gran número de inclusiones de microcristales sin orientación. Los pocos granos que muestran maclado se reconoce del tipo albita, muchos microcristales son irreconocibles y bordeados por micas y cuarzo. Inequigranular, de asociación general y distribución inhomogénea sobre la sección.

#### Biotita:

Esta mica muestra un color verde oliva, pardo, con pleocroismo moderado que pasa el color a crema amarillento, pálido, anhedral, de bordes semi lisos hasta astillosos sobre los bordes más cortos y habito hojoso laminar. Se observan sobre algunos bordes un aspecto de un fino envoltorio de color más oscuro terroso, otros se presentan como gastados. Son pocos los granos que muestran dirección de clivaje por ser secciones basales paralelas al clivaje. Presenta algo de orientación semi paralela entre agregados laminares, de asociación general y entre otras micas, como formando nidos o agrupaciones y con distribución inhomogénea sobre la sección.

**Mica blanca: moscovita**

Mineral incoloro, unos granos de color crema claro y de pleocroismo débil que levemente aclara la tonalidad, se llegan a apreciar granos más limpios que el resto y de granos más listoneados o laminares, anhedrales, de bordes semi lisos a irregulares y habito hojoso laminar. Se observan como quebrados algunos bordes, sin alteraciones, de asociación general entre el resto de micas y distribución inhomogénea en la sección.



**Fig. 30. Fotomicrografía de la muestra RM-603-r 29 (N: // y X). Gneis plagioclásico-cuarzo-micáceo-granatífero Agregados granulares inclucionados de cuarzo y plagioclasa sauritizeda con micas y epidoto entre sus bordes.**

**Granate:**

Mineral de color marrón claro crema, sucio, subhedral redondeado, de bordes semi liso a irregular suave y habito granudo y dodecahédrico de bordes quebrados (redondeado). Alto relieve, con microfracturas dentro del mineral, se llegan a apreciar algunos granos como inclusiones dentro de porfidoblastos de plagioclasa, se asocia en general al resto de minerales y de distribución dispersa y homogénea sobre la sección.

**Apatito:**

Mineral incoloro, de textura superficial y alto relieve, anhedral, de bordes irregulares suaves a corroídos y habito granudo. La asociación es general al resto de minerales y con distribución preferencial sobre los bordes de los fenocristales de plagioclasas y como inclusiones en la sección. Se aprecian granos de mayor tamaño sobre los bordes de algunas biotitas.

**Esfena:**

El mineral es pardo claro, con un grupo de granos de color más oscuro, marrón, sin pleocroismo, anhedral, de bordes irregulares corroídos, habito granudo y de alto relieve. Hay granos casi irreconocibles en confusión con epidotos muy sucios, sobre la sección, la asociación se aprecia general al resto de minerales entre epidotos y micas, y con una distribución homogénea y dispersa sobre la sección, y en este caso muy poca es la proporción que se presenta como agregados granulares, formando como nidos.

**Opacos: pirita y grafito**

Con luz reflejada se dificulta su distinción entre granos de pirita no muy limpios y de grafito, ya que se aprecian opacos y pocos con pobre brillo metálico latón. Son anhedrales, de bordes semi lisos, unos pocos, a irregulares suaves y habito granudo con algunos bordes fracturados, algunos fragmentos se disgregan alrededor de los mismos. La asociación es general al resto de minerales y distribución homogénea u muy dispersa sobre la sección.

**Augen-esquistos plagioclásico-muscovítico-cuarzo-epidótico. (r: 47)**

Macroscópicamente se tiene la muestra de una roca foliada, muy esquistosa, de minerales laminares micáceos orientados, masiva, homogénea y moderadamente compacta. Se aprecia oxidación en superficie, de color gris oscuro con leves

laminillas blancas y meteoriza a un gris más claro con bandas finas intercaladas con minerales blanco grisáceo de mayor tamaño  $< 3\text{mm}$ .

Al microscopio se observa una sección feldespática y con diversidad de minerales laminares, micáceos y granulares, con dominio de granos de plagioclasa y cuarzo sobre los micáceos, los cuales aparecen formando como bandas semiparalelas orientadas y las mismas bordean fenocristales (granos de gran tamaño) de cuarzo y feldespatos, formando como una especie de ojos (fig. 31).

#### Cuarzo:

Mineral anhedral, con bordes irregulares corroídos y de hábito granudo. Se observan granos mono y policristalinos, con pocas inclusiones de microcristales laminares, esfena y epidoto hacia los bordes, a su vez se presentan como agregados inequigranulares, bordeados por micas en bandas formándose como bolsones, colocándolos en orientación preferencial semi paralela. Se observan algunas microfracturas sobre algunos granos de mayor tamaño y otros están fracturados. Asociación general junto a las plagioclasas, en mayoría, y con distribución homogénea.

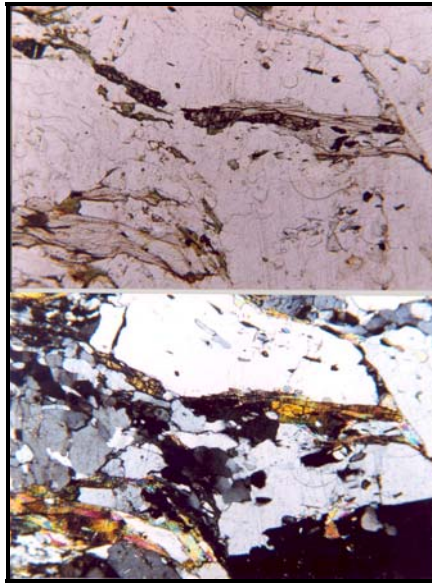
#### Plagioclasa:

El mineral es anhedral, de bordes irregulares corroídos y hábito semi laminar, se encuentra alto desgaste sobre algunos bordes, muy poco marcados o visibles, son muy pocos los granos que exponen maclado y se llega a reconocer del tipo Carlsbad, pobremente marcado y distorsionado, la mayoría son granos pequeños y redondeados, el resto presenta inclusiones de microcristales laminares micáceos junto con microfracturas semi paralelas. Asociación general entre el cuarzo, formando parte de los grupos tipo bolsones, y con distribución homogénea y dispersa en la sección.

#### Biotita:

El mineral es color verde hoja, pálido, con pleocroismo moderado que va a un crema amarilloso pálido, anhedral, con bordes irregulares corroídos y unos pocos

semi lisos sobre los bordes más largos y hábito hojoso laminar. Se observan algunos granos con bordes poco marcados como gastados, otros presentan oxidación. Presenta cloritización y algunos granos muy laminares interdigitados con las micas blancas. Se asocia en especial junto a los bandeados de las micas blancas, con aspecto de laminillas finas y astillosas de micas verdes, y entre epidoto, esfena y clorita. Hay cloritización y con distribución homogénea y un poco dispersa en la sección.



**Fig. 31. Fotomicrografía de la sección RM-602-r 47 (N: // y X). Augen-esquisto plagioclásico-muscovítico-cuarzo-epidótico. porfidoblastos de plagioclasa inclusionados, y micas orientadas bandeadas sobre sus bordes.**

Mica blanca: moscovita

Mineral crema claro pálido casi incoloro, de pleocroismo muy débil que pasa su color a pálido incoloro, subhedral, con bordes lisos en los bordes más largos y corroídos astillosos en los cortos y de hábito laminar hojoso. Se observa agrupado en láminas semi paralelas con leve deformación tipo dúctil, formándose con ello bandas que cruzan toda la sección. Las orientaciones de los grupos de este mineral bordean agrupaciones de cuarzos y feldespatos, intercalándose entre ellas y semi paralelas. Sobre algunas láminas de menor tamaño se observan alteraciones sobre los bordes, presentando un fino envoltorio cada grano, donde se pierden las características típicas de las micas, otros de mayor tamaño presentan oxidación sobre sus bordes. La

asociación es preferencial junto a menores cantidades de micas verdes, epidotos y una cantidad muy pequeña de granos de esfenas y con distribución homogénea en bandeamientos semiparalelos. Se observa cloritización.

Grupo del Epidoto: epidoto y zoisita (traza).

Mineral color crema amarillento pálido, alto relieve, sin pleocroismo, anhedral en mayoría y subhedral (pocos granos), con bordes irregulares semi lisos en sus lados mas largos a corroídos y habito granudo semi tabular. Se observan fracturados algunos bordes y hasta granos con microfracturas, con microcristales micáceos relleno de espacios gastados (muy pocos) sobre ellos. Se aprecian granos que presentan manchas de oxidación disgregan entre los cuarzos. La asociación es en mayoría entre las micas, dentro de los bandeados orientados, más estos no guardan semi paralelismo, también se presentan como inclusiones sobre cuarzos y feldespatos y con distribución homogénea y poco dispersa sobre la sección. La variedad de zoisita esta presente como mineral traza.

Esfena:

Mineral pardo oscuro y amarillo, sin pleocroismo, subhedral, con bordes irregulares suaves a semi lisos y hábito granudo y unos pocos granos son semi prismáticos rómbicos alargados. Se observan algunos granos con oxidación ya que están bastante oscuros hasta negros y como corroídos. Se encuentra disperso y en agregados granulares formando como pequeños nidos. Equigranular, su asociación es preferencial entre las micas y epidotos, dentro de las bandas orientadas otros se observan dentro de los granos de cuarzo y con leve orientación, y con distribución homogénea y dispersa dentro de la sección.

Clorita:

Mineral verde claro pálido, con tono amarillento sobre los bordes, de pleocroismo muy débil a nulo aclarando la tonalidad, anhedral, con bordes irregulare gastados y



hábito escamoso. Se observa oxidación sobre algunos granos, con asociación preferencial entre micas y distribución homogénea y bastante dispersa en la sección.

Opaco: pirita

Mineral opaco, anhedral redondeado, de bordes irregulares suaves y hábito granudo. Muestra alto relieve, con algunos bordes corroídos como gastados, con luz reflejada el mineral se observa con leve brillo metálico pardo a rojizo oscuro, más hacia la zona céntrica y algo opaco sobre los bordes, representando alteración de oxidación, se asocia en general al resto de los minerales y de distribución muy dispersa y homogénea a lo largo y ancho de la sección.

*Esquistos moteados:*

**Esquisto plagioclásico-cuarzo-micáceo-granatífero. (r: 3,45)**

A nivel macro se observa, en general, una roca de poca meteorización, de aspecto granítico, bastante granuda y fanerítica de grano fino < 2mm, homogénea y con presencia de minerales laminares hojosos. Color blanco verduzco claro meteorizando a un gris verdoso claro con manchas oscuras. Oxidada en superficie.

Al microscopio se observan secciones dentro de este grupo que presentan cierta orientación preferencial con textura esquistosa casi gnéisica, con granos poco preservados, no muy limpios, con fracturas y microfracturas en la mayoría de los porfidoblastos. Plagioclasa ovoidal porfidoblástica (v, Cap. 6, p. 85). Se observa una cantidad considerable de minerales micáceos laminares muy compactos con orientación formando bandeamientos intercalados entre los grupos de minerales claros, masivos (cuarzo y feldespato). El mineral mayoritario es la plagioclasa bastante alterada, sausuritizada, con inclusiones. Una de las secciones (r: 3) presenta buena cantidad de oxidación sobre los bandeados de minerales micáceos y donde se concentran minerales de epidoto, esfena y opaco (hematita) muy poco conservados y como disgregados sobre la sección (fig. 32).

### Plagioclasa: albita

Mineral anhedral, de bordes irregular suave a semi corroído, algunos hasta quebrados y hábito granudo semi laminar. Se observan bastante microfracturas junto a bordes fracturados, gran cantidad de inclusiones de microcristales de cuarzo y hasta granos medianos, entre los que se reconocen están granate y epidoto, granos sausuritizados evitando por completo el reconocimiento de maclas. Sobre la sección r: 3 se llegan a reconocer granos con maclas tipo Carlsbad, la asociación del mineral es general junto a los cuarzos y con distribución homogénea sobre la sección.

### Cuarzo:

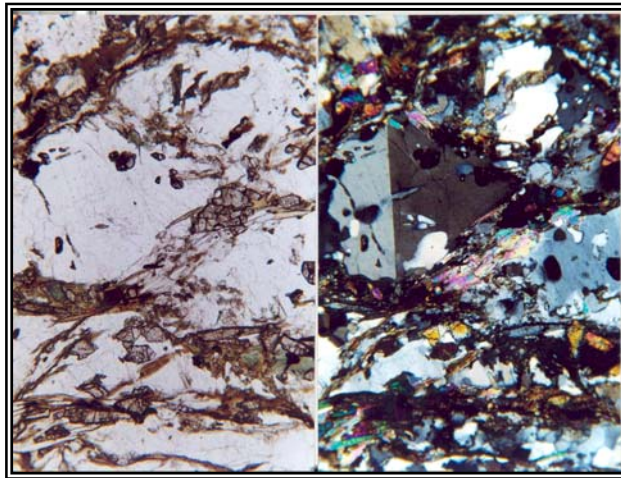
La agrupación muestra un mineral limpio a levemente sucio, en algunos casos, anhedral, con bordes irregulare suave a algo corroídos y hábito granudo. Se observa en variación de granos mono y policristalinos en menor proporción, inequigranular, con microfracturas e inclusiones de microcristales, entre los que se distinguen de mismo cuarzo, mica, epidoto y esfena, y sobre todo hacia los bordes. La asociación es con las plagioclasas y distribución homogénea con leve orientación junto a los fenocristales de plagioclasas sobre la sección.

### Biotita:

El mineral es color verde oliva pardo, verde oscuro amarillento, con pleocroismo moderado que pasa el color a un verde pardo más claro, amarillento y pálido, anhedral, con bordes semi lisos a corroído gastado y hábito hojoso laminar. Se observan granos con bordes alterados y no muy marcados y con pocas microfracturas sobre los granos y hasta sus bordes, se observa cloritización. La asociación es preferencial junto a las micas blancas, interdigitándose entre ellas y las cloritas, y con distribución inhomogénea en finas bandas y con suave deformación dúctil (como plegadas).

Grupo del Epidoto: epidoto y zoisita.

La sección r: 3 es la que presenta la zoisita, el mineral en general es color crema y pardoso, no muy limpio, sin pleocroismo, anhedral y suhédrico, de bordes irregulares fracturados y habito granudo semi prismático rómbico de bordes quebrados. Alto relieve, inequigranular, algunos granos alargados están bordeados por micas muy laminares, otros se aprecian dentro de cuarzo y plagioclasa granulares e individuales, presentan microfracturas más fuertes hacia las zonas céntricas. La asociación es general entre micas, clorita y esfena y con distribución homogénea sobre las secciones.



**Fig. 32. Fotomicrografía de la sección RM-602-r 3 (N: // y X). Esquisto plagioclásico-cuarzo-micáceo-granatífero. Granos de plagioclasa albita porfidoblástica y poiquiloblástica y maclado tipo Carlsbad, con micas orientadas y epidoto sobre sus bordes.**

Mica blanca: moscovita

Mineral color crema muy claro, pálido y con tono, muy leve y suave amarillo verdoso, en algunos casos, con pleocroismo débil que va a crema casi incoloro, anhedral, con bordes semi lisos a corroído astilloso y hábito hojoso laminar. Se observa alteración a clorita sobre zonas de bordes en algunos granos. Se presentan en agregados laminares bastante compacto, semiparalelas alineadas entre sí, formando bandas finas que bordean pórfidos de cuarzo y plagioclasa, estas bandas presentan una suave deformación dúctil (como plegadas), algunos granos presentan oxidación sobre la sección r: 3 de este grupo. La asociación es general junto a la mica verde,

clorita y epidoto y con distribución inhomogénea en finas bandas, mostrando claramente textura gnéssica-esquistosa sobre la sección.

Clorita:

Se aprecia un mineral color verde claro, pálido, amarilloso a incoloro sobre algunos bordes, sin pleocroismo, con un poco de textura superficial aspecto gotas de agua, anhedral, con bordes irregulares suaves a gastados y hábito hojoso escamoso. Se observa variaciones en los tonos del color, en mayoría hacia los bordes, y algunos afectados por oxidación. Presenta algunas microfracturas suavemente hacia los bordes, en mayoría. La asociación es con micas, esfena y epidoto y con distribución homogénea y poco dispersa a lo largo y ancho de la sección.

Granate:

El mineral es color crema claro, rosáceo, sin pleocroismo, de alto relieve, anhedral en mayoría y subhedral redondeado, con borde irregular y semi fracturado y hábito granudo masivo. Se observan microfracturas dentro y sobre los bordes de los granos y micro fragmentos disgregados alrededor de los mismos, es inequigranular. Una de las secciones de este grupo presenta granos con oxidación, concentrada sobre los bordes y con pequeños grupos de microcristales de esfena como inclusiones. Otra de las secciones solo los presenta con las fracturas o grietas sin rellenar que atraviesan los granos (las grietas son semi paralelas) y la mayor parte de sus granos conservan levemente un hábito semi prismático cúbico y hexagonales, con alteración en los bordes. La asociación es general en mayoría con los minerales claros (plagioclasa y cuarzo) y una distribución inhomogénea por agrupaciones algo dispersas, sin orientación preferencial sobre la sección.

Opacos: piritita y hematita.

La piritita se presenta en la sección r: 3, con posible alteración a hematita sobre algunos bordes y la otra sección se aprecia un buen contenido de óxido de hierro de dificultad para su reconocimiento. Se muestra un mineral muy oscuro color negro y

rojizo intenso a vino tinto, sin pleocroismo, de alto relieve, anhedral, de bordes irregular quebrados y habito granudo. Con luz reflejada se aprecian tanto opaco como con leve brillo amarillo latón, metálico, pero con bordes negruzcos rojizos muy oscuros. La asociación es general al resto de los minerales y distribución homogénea y altamente dispersa sobre la sección.

Esfena:

Mineral de color marrón pardo, oscuro, sin pleocroismo, anhedral alargado, con bordes irregular a corroídos y habito granudo. Son muy pocos los granos distinguibles, por lo pequeños y por presencia de oxidación mostrándolos muy oscuros y confusos entre los epidotos con oxidación. Se presentan en agregados poco numerosos y de granos alargados semi subhedrales, se asocia entre epidotos y micas y como inclusiones y con distribución inhomogénea y dispersa sobre las secciones.

#### **Esquisto plagioclásico-epidótico-cuarzo-micáceo. (r: 44)**

Macroscópicamente se tiene una roca homogénea, compacta, masiva y fresca con muy poca meteorización. De color blanco verdoso claro con chispas color verde más oscuro meteorizando a un mismo color algo más oscurecido. Fanerítica de grano muy fino y con leve orientación de minerales laminares hojosos.

Se reconoce en microscopio una sección no muy limpia, terrosa, equigranular, de granos gastados, con gran cantidad de inclusiones y levemente orientados los minerales. Se observa alto contenido de epidoto y presencia de oxidación, algunos porfidoblastos están bordeados por grupos de epidotos, micas verdes y cloritas (fig. 33).

Cuarzo:

Mineral no muy limpio, anhedral, de bordes irregulares y unos pocos corroídos y habito granudo. Se aprecian inclusiones de microcristales con dificultad de reconocimiento, los granos son muy confusos entre el grupo de plagioclasas sin

maclas y se aprecian microfracturas sobre ellos hasta fracturados algunos granos. Con asociación general con el resto de minerales y distribución homogénea sobre la sección.

#### Grupo del Epidoto: epidoto

Se aprecia un mineral color pardo claro, sucio y de suave tono verdoso, sin pleocroismo, anhedral y subhédrico en algunos casos, con bordes irregulares suaves gastados y hábito granudo semi tabular. Se observa gran cantidad de micro fragmentos como triturados y acumulados o agrupados en agregados y siguiendo una leve orientación, bordeando algunos grupos de agregados de cuarzo, estos grupos de micro fragmentos de epidoto se aprecian sobre una especie de matriz muy fina, color pardo, no reconocida. La asociación es general junto a las micas verdes y con distribución homogénea a lo largo de la sección.

#### Biotita:

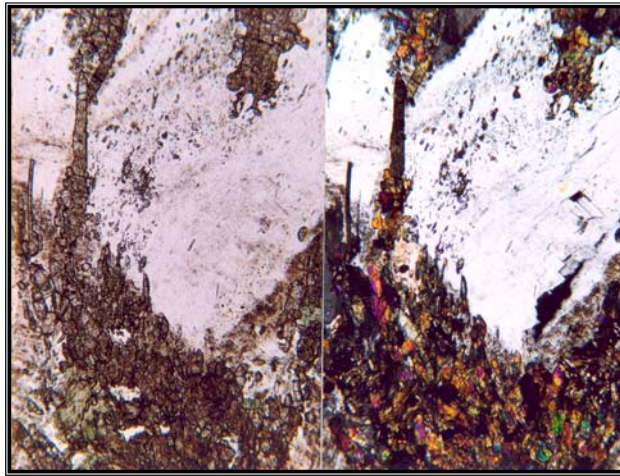
Se presentan como un mineral color verde hoja, claro, con pleocroismo moderado a débil que pasa a un crema amarilloso pálido, anhedral, de bordes corroídos gastados u hábito hojoso semi laminar como deformado. Se observa un poco de oxidación sobre algunos bordes, se reconoce cloritización, la asociación es junto a epidoto y clorita y con una distribución homogénea y en agregados granulares semiparalelos algo dispersos en la sección. En algunas zonas bordean los pórfidos de cuarzo.

#### Apatito:

Incoloro, de relieve moderado, subhedral, con bordes semi lisos a corroídos suaves y hábito tabular granudo masivo. En mayoría se encuentran como inclusiones sobre los granos de cuarzo, otros se presentan como listones largos y equigranulares. La asociación es general y entre el cuarzo y con distribución homogénea y dispersa a lo largo de la sección.

**Plagioclasa:**

Mineral no muy limpio, anhedral, de bordes irregulares fracturados y habito granudo. Gran dificultad para la distinción entre los cuarzos por no presentar maclas, presenta unos manchones que llegan a cubrir por completo el mineral, muy poca es la proporción del mineral que llega, pobremente, a mostrar maclas tipo Carlsbad, se reconocen sausrinizadas, mostrando gran cantidad de inclusiones de microcristales con leve orientación los laminares astillosos. Se asocia al cuarzo y con distribución homogénea bastante dispersa en la sección.



**Fig. 33. Fotomicrografía de la sección RM-602-r 44 (N: // y X). Esquisto plagioclásico-epidótico-cuarzo-micáceo. Porfidoblastos de cuarzo con inclusiones en una matriz microgranular de epidoto, mica, clorita y esfena.**

**Esfena:**

El mineral es color pardo oscuro, ocre, sucio, sin pleocroismo, subhedral y en la mayoría de los casos es anhédrico, con bordes irregulares suaves a corroídos y habito granudo a semi prismático rómbico largo. Se observan algunos como agregados granulares formando especie de nidos alargados y otro grupo dispersos como inclusiones y hasta sobre los bordes de otros minerales. Se encuentra afectado por oxidación, es inequigranular, con asociación general al resto de los minerales y distribución homogénea y por agrupaciones a lo largo y ancho de la sección.

**Clorita:**

Se presenta un mineral color verde claro a incoloro, sin pleocroismo, anhedral, de bordes irregulares suaves a gastados y habito hojoso escamoso. De muy poco marcado sus bordes hasta no apreciarse algunos, como disueltos. La asociación es junto a las micas y al epidoto y distribución homogénea y dispersa sobre la sección.

**Mica blanca: moscovita.**

Mineral color crema claro, de pleocroismo débil aclarando la tonalidad verde a casi incoloro, anhedral, con bordes irregulares suaves y habito laminar hojoso. Se observa en tamaño de grano bastante pequeño, con algunas microfracturas hacia sus bordes y con apariencia de alteración de cloritización sobre los mismos. La asociación es general generalmente entre mica verde y con distribución homogénea dispersa sobre la sección.

**Turmalina:**

Se aprecia un mineral de tono verde claro y azulado, a incoloro, de pleocroismo muy débil con dificultad para distinguir, de alto relieve, anhedral con algunos granos redondeados, con bordes suaves concoidales y habito granudo masivo. Los granos son bastante pequeños, un grupo no muy limpios, y una gran cantidad se presentan como inclusiones. La asociación es general al resto de minerales y con distribución homogénea dispersa a lo largo de la sección.

**Granate (traza):**

Mineral color crema rosáceo, no muy limpio, alto relieve, sin pleocroismo, anhedral redondeado, de bordes irregulares y habito granudo. Se aprecian microfracturas, bordes fracturados y hasta granos fracturados disgregados en microfragmentos alrededor de los mismos, se llega a apreciar como inclusión sobre pórfidos de cuarzo y plagioclasa, se asocia en general al resto de minerales y de distribución bastante dispersa y homogénea sobre la sección.



**Esquisto anfibólico-plagioclásico-cuarzo-granatífero. (r: 21,24,8)**

Roca, en general, poco meteorizada y homogénea, masiva y compacta. De aspecto moteado de distribución regular, fanerítica de grano fino a medio, sin orientación, se distinguen minerales micáceos y hojosos (anfíbol). Color gris verdoso oscuro con moteados más claros blanco grisáceo.

Se observan al microscopio secciones de aspecto moteado, con gran cantidad de porfidoblastos de cuarzo y feldespato, con alto contenido de inclusiones, microfracturas y bordes corroídos, en su mayoría y bordeados moderadamente por grupos de minerales micáceos laminares y epidoto. Las secciones r: 21 y 24 son altamente máficas, con alto contenido anfibólico y clorítico, limpias, con pórfidos de mica blanca. La mayoría de los anfíboles se muestran poco conservados, como triturados. Inequigranulares, con muy poca visibilidad de planos de orientación preferencial sobre los minerales micáceos (fig. 34).

Se observa presencia de oxidación sobre las finas grietas de algunos fenocristales. Los granos no se presentan muy limpios y una de las secciones presenta trazas de calcita. Una de las secciones no presenta micas, el resto de la mineralogía es muy similar, contando con la presencia de anfíboles.

**Cuarzo:**

Mineral anhedral, de bordes irregulares a corroídos suaves y habito granudo. Se observa mono y policristalino, sobre los de mayor tamaño hay inclusiones de microcristales de epidoto y esfena, entre los que pueden identificarse, sin orientación. Se observan microfracturas y los granos mejor conservados se encuentran bordeados por finas láminas de microcristales laminares micáceos. La asociación es general al resto de los minerales y con distribución homogénea.

**Plagioclasa:**

Se presenta un mineral anhedral, de bordes irregulares a suaves corroídos y habito granudo, como quebrados. Dentro de la mayoría, muestra gran número de inclusiones sin orientación (sólo se observa granos de clorita semi orientados), junto con

microfragmentos de cuarzo. No se observan plagioclasa con maclas, los porfidoblastos están bordeados por minerales micáceos y epidoto sobre sus bordes. Presentan una asociación general al resto de minerales y con distribución homogénea a lo largo y ancho de la sección. Inequigranular.

#### Grupo del Epidoto: epidoto

Las secciones muestran un mineral inequigranular, color crema amarillento, con tono verde pálido y no muy limpio, leve alto relieve, sin pleocroismo, anhedral y en algunos casos subhédrico, de bordes irregulares corroídos hasta quebrados y habito granudo y semi prismático alterados, rómbicos hexagonales. Se aprecian microfracturas y granos fracturados hasta sobre sus bordes, redondeados, con inclusiones y bordeados de minerales micáceos. La asociación la presentan generalmente entre micas y distribuidos homogéneamente a lo largo y ancho de la sección. La sección r: 21 no presenta este mineral.

#### Biotita:

Mineral color verde oliva pardoso, no muy limpio, con un pleocroismo moderado que pasa a verde claro y crema amarillento, pálido, anhedral, de bordes semi lisos a corroídos gastados y habito laminar hojoso. Se observa equigranular y con leve deformación sobre los de mayor tamaño. Se aprecia como envoltorio sobre los porfidoblastos, a su vez muestran algunas inclusiones de microcristales de epidoto y esfena. La asociación es general formando agregados laminares de contactos semiparalelos longitudinales entre los mismos y con distribución inhomogénea con leve orientación semi bandeada sobre las secciones. La sección r: 8 es la que contiene este mineral.

#### Mica blanca: moscovita.

El mineral es de color crema muy claro, pálido, con pleocroismo débil que pasa a incoloro, algo sucio, anhedral, de bordes semi lisos a corroídos y semi astillosos sobre los bordes más estrechos o cortos, y habito laminar hojoso. Se observa

equigranularidad, pero con presencia de unos cuantos como porfidoblastos. Muestra inclusiones de microcristales de epidoto, esfena, apatito y hasta fragmentos micáceos, se asocia en general al resto de minerales junto a epidoto y biotita y con distribución homogénea y en agregados laminares sobre la sección. La sección r: 24 no presenta esta mica.

**Anfíbol: barroisita.**

Se aprecian en variedad de corte basal, mineral verde de tonalidad variada y verde azulado y verde claro amarillento y oscuro, bastante limpio, de pleocroismo débil que disminuye los tonos hasta amarillo verdoso y verde claro, anhedral, con bordes corroídos suaves y habito hojoso. No se aprecian direcciones de clivaje, algunos granos se aprecian lisos, tienen gran semejanza entre las cloritas y presentan aspecto como de escamas hojosas. Se observan algunas microfracturas y hasta bordes fracturados, no se denotan inclusiones. Se presenta una asociación general mayormente entre mica, clorita y epidoto y con distribución homogénea muy dispersa sobre las secciones.

**Clorita:**

Se aprecia un mineral color verde claro, sin pleocroismo, anhedral, de bordes irregulares corroídos y habito hojoso escamoso. Bastante confuso entre los anfíboles verde azule, en su mayoría se reconoce como producto de alteración de anfíbol y micas. Presenta micro fracturas sobre algunos bordes y zonas centrales y hasta se observan hueco dentro del mineral (pocos granos). Muestra una asociación preferencial entre micas hasta bordeando completamente los granos de mayor tamaño y con distribución homogénea a lo largo y ancho de las secciones a su vez muy distantes entre si.

**Granate:**

Mineral color crema claro, blanco amarillento, no muy limpio, alto relieve, anhedral y redondeado, de bordes irregulares suaves a corroídos y habito granudo. Se

observan microfracturas sobre la mayoría de los granos y algunas de ellas llenas de clorita, otros granos fracturados sólo presentan inclusiones de microcristales equigranulares de cuarzos. Presentan una asociación general al resto de los minerales y distribución inhomogénea y muy distante o dispersa hacia los bordes de las secciones.

#### Apatito:

El mineral es incoloro, moderado relieve, anhedral, de bordes irregulares a corroídos y habito granudo masivo. Se aprecian algunas microfracturas en algunos casos, su asociación es general y como inclusiones sobre los porfidoblastos o entre micas, cuarzo y epidoto y con distribución homogénea y dispersa entre sí, sobre de las secciones.

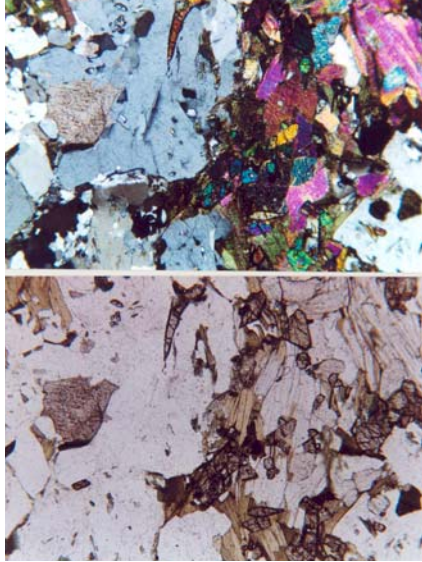
#### Esfena:

Se aprecia el mineral de color pardo, de variedad de tonos claro y oscuro, algo sucio, sin pleocroismo, anhedral, de bordes corroídos irregulares y habito granudo y en algunos casos semi prismático rómbico alargado. Se observa granos con algunos bordes gastados, poco marcados como quebrados y zonas céntricas levemente oxidadas, reflejando un color más oscuro negruzco. No presenta orientación preferencial, se muestra agrupaciones en agregados granulares como especie de nidos y algunos micro fragmentos sueltos alrededor, a su vez se llega a presentar dentro del grupo de microcristales como inclusiones, con asociación general en preferencia entre epidoto y micas y con distribución homogénea en grupos dispersos a sobre las secciones.

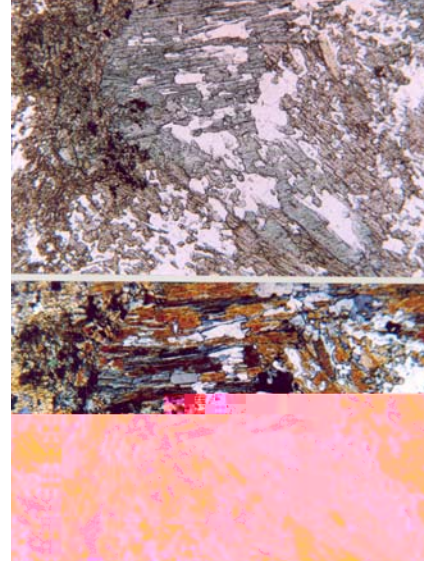
#### Calcita:

Mineral color crema claro, con débil pleocroismo que baja de tonalidad a casi incoloro, no muy limpio, anhedral, de bordes corroídos gastados a suaves y habito granudo. Se aprecian con una textura superficial como hojosa y disgregada, distinguen el sistema de clivaje en tres direcciones y desapareciendo éstas hacia los

bordes. Muestran inclusiones de microcristales de epidoto y posible anfíbol o micas (dificultad para determinarlos), la asociación es general al resto de los minerales y una distribución inhomogénea muy dispersa, mostrándose sólo hacia uno de los bordes de la sección. Sólo la sección r: 8 es la que lo presenta y en traza.



**Fig. 34. Fotomicrografía de la sección RM-602-r 8. (N: // y X). Esquisto anfibólico-plagioclásico-cuarzo-granatífero Micas y epidoto hacia los bordes de plagioclasa con inclusiones y se destacan granates.**



**Fig. 35. Fotomicrografía de la sección RM-602-r 9. (N: // y X). Esquisto plagioclásico-cuarzo-biotítico-barroisítico. Parte de un porfidoblásto de barroisita con epidoto microgranular hacia el borde.**

### **Esquisto plagioclásico-cuarzo-biotítico-barroisítico. (Sin granate) (r: 9)**

La roca es de poca meteorización, homogénea, compacta y masiva. Se aprecia una suave orientación bandeada en minerales laminares hojosos, color verde grisáceo con pequeños moteados más claros casi blanco. Presencia de brillo micáceo en superficie y de color un poco más oscuro. Fanerítica de grano fino a medio y los porfidoblastos alcanzan hasta 1 cm (0,5 - 1 cm).

Al microscopio se observa una sección de una roca con alto índice de color, anfibólica, granuda, inequigranular, con alto contenido de minerales triturados, es decir en fragmentos muy pequeños, sobre fenocristales. Particularmente se observa un gran grano de barroisita, con alteración y microcristales de cuarzo disueltos entre sus espacios centrales, ubicado hacia una de las esquinas de la sección (fig. 35).

**Cuarzo:**

Mineral anhedral, de bordes irregulares y hábito granudo. Se observa con inclusiones sin orientación y algunas microfracturas. Pueden apreciarse granos de cuarzo mono y policristalino, se aprecia no muy limpio, alterado, en algunos casos, con asociación general con el resto de los minerales y distribución homogénea sobre la sección. Presentan algunos granos una extinción céntrica hacia los bordes y ondulatoria.

**Anfíbol: barroisita y actinolita.**

Mineral de color verde claro y un suave verde azul, con débil pleocroísmo disminuyendo los tonos a crema verdoso amarillento, como mineral mayoritario sobre la sección. Anhedral, de bordes corroídos gastados y hábito hojoso, como escamosos. Se aprecian algunos granos como porfidoblastos inequigranulares y se llegan a observar con inclusiones de cuarzo y mica, de asociación general y distribución homogénea sobre la sección.

**Grupo del Epidoto: epidoto.**

El mineral es de color crema claro, amarillo verdoso, no muy limpio, sin pleocroísmo, anhedral y subhédrico (pocos) redondeado, de bordes irregulares corroídos y hábito granudo (unos pocos se muestran semi tabulares). Se aprecian microfracturas y bordes fracturados, como inclusiones entre micas y bordeados muchas veces por las mismas, son equigranulares y se agrupan algunos como nidos junto a fragmentos disgregados alrededor. La asociación es general junto a las micas, en mayoría, y distribución homogénea por grupos a lo largo de la sección.

**Biotita:**

El mineral se aprecia de color verde oliva claro, pardo, levemente opaco, de pleocroísmo moderado que pasa a beige claro amarillento, anhedral, de bordes semi lisos corroídos hasta astillosos y hábito laminar hojoso. Equigranular, con bordes y parte de los granos fracturados y gastados, presenta leve deformación como dúctil en

algunos casos y un bajo número de inclusiones de epidoto microgranular. La asociación es general a la clorita y al resto de minerales, presentándose en agregados laminares como grandes nidos de leve semi paralelismo entre granos y con distribución inhomogénea sobre la sección. Se aprecia alteración a clorita sobre algunos granos, sobre todo hacia los bordes.

Mica blanca: moscovita.

Mica casi incolora, de un color crema bastante claro y débil pleocroismo, algo alterada, anhedral, de bordes irregulares corroídos suaves y habito hojoso laminar. Se observa muy pocos entre las biotitas más hacia sus bordes y mostrando un aspecto escamoso bastante fino, de asociación general entre ellas y epidoto y con distribución homogénea muy dispersa sobre de la sección.

Apatito:

Mineral casi incoloro, de moderado relieve y con textura superficial, sin pleocroismo, anhedral a redondeado, de bordes corroídos suaves y habito granudo. Se observan microcristales como inclusiones que conservan hábito tabular. La asociación es entre biotita, clorita y epidoto y con distribución muy dispersa y homogénea sobre la sección. Se aprecia diversidad en tamaño de grano.

Circón:

Mineral color pardo oscuro, marrón, sin pleocroismo, subhedral, de bordes semi lisos irregulares suaves y habito granudo. En ciertos casos se aprecia semi prismático cúbico a listoneado. Presenta moderado relieve, con algunos bordes levemente concoidales. Se aprecia entre micas y equigranular, con asociación generalmente entre biotita y clorita y con distribución muy dispersa y inhomogénea hacia uno de los bordes de la sección.

**Opaco: pirita.**

Mineral opaco, anhedral redondeado, de bordes irregulares y habito granudo. Inequigranular, mostrando algunos bordes rojizos vinotinto y con luz reflejada muestra un brillo metálico amarillo latón, como escarchado. La asociación es general al resto de los minerales y con distribución homogénea y muy dispersa sobre la sección. Los granos son de pirita y con proceso de oxidación a hematita.

**Plagioclasa:**

Anhedral, de bordes irregulares corroídos y habito granudo semi hojoso. Se aprecian inclusiones de microcristales micáceos en mayoría, epidoto y anfíbol, presenta algunas micro fracturas y se llega a apreciar en agregados granulares bordeados completamente por micas y anfíbol. No muestran maclas y algunos casos sus bordes están poco marcados. Se asocia junto al cuarzo y de distribución dispersa y homogénea sobre la sección.

**Clorita:**

Mineral color verde claro grisáceo, sin pleocroismo, anhedral, de bordes corroídos irregulares y hábito hojoso escamoso. Inequigranular, de bordes completamente envueltos y corroídos por micas y anfíbol, muestra algunas inclusiones de microcristales granulares de esfena, cuarzo y plagioclasa, la mayoría de los granos son producto de alteración de micas y anfíbol. Se asocia al anfíbol y a micas y con una distribución dispersa y homogénea sobre la sección.

**Esfena:**

Se aprecia este mineral como microcristales muy diminutos y en inclusiones, color pardo oscuro, sin pleocroismo, anhedral alargado, de bordes irregulares y habito granudo. Muy pocos granos pueden distinguirse para su descripción por el tamaño de grano, se asocia en general al resto de minerales y de distribución dispersa y homogénea sobre la sección.



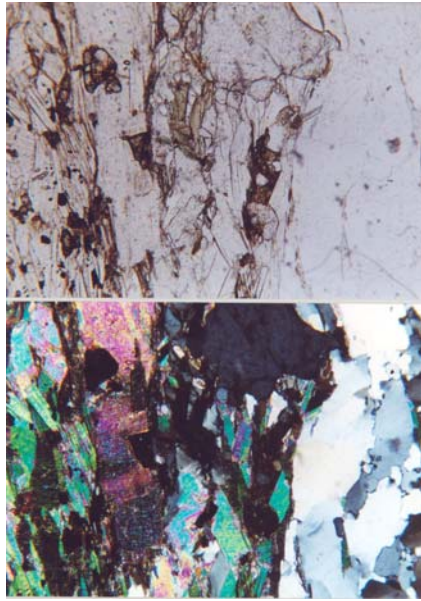
*Esquistos no moteados***Esquisto anfibólico-cuarzo-epidótico- granatífero. (r:22, 23, 1)****Esquisto tremolítico granatífero. (r: 26)**

Macroscópicamente se aprecia, en general, una roca esquistosa, moderadamente meteorizada y homogénea. Se reconocen minerales laminares hojosos y algunas finas vetillas de cuarzo paralelas a la foliación. Color verde grisáceo oscuro y meteoriza a un color más oscuro.

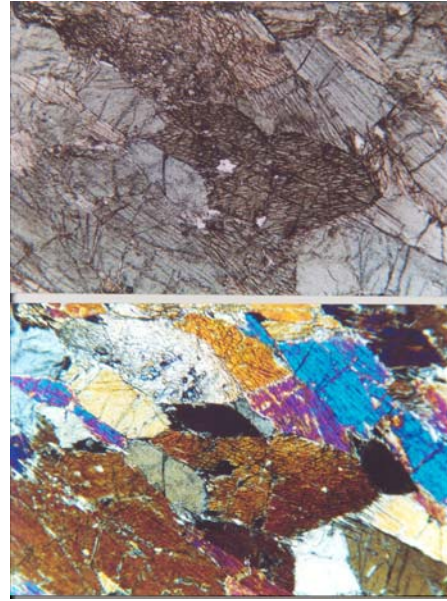
Al microscopio se observan secciones, en general, de textura esquistosa, altamente máfica, muy anfibólica, con variedad de anfíbol de tremolita y barroisita y otros de dificultad en reconocimiento, y con diverso contenido de granate. Con granos anhedrales, subhédricos, un grupo de anfíboles muestran bordes poco marcados, hasta irreconocibles. Hay secciones sucias, inequigranulares, con leve y suave orientación preferencial y apariencia de masa de granos triturados equigranulares, sobre algunas zonas. El resto de grupo de minerales que se observan son de cuarzo, epidoto, micas blancas, esfena, apatito, clorita, plagioclasa y opacos. Algunos no son compartidos por todas las secciones de este grupo y se observan algunas alteraciones (figs. 36 y 37).

**Granate:**

Mineral de color rosa pálido, crema amarillento, claro, sin pleocroismo, anedral redondeado y subhédrico en algunos casos, con bordes irregulares suaves y habito granudo semi prismático dodecahédrico, redondeado. Se observan microfracturas y hasta bordes quebrados, inequigranular, de poca variación en el tamaño de grano. La asociación es general con el resto de minerales y distribución homogénea y algo dispersa sobre una de las secciones. La sección r: 1 presenta un menor tamaño de grano. También se aprecia asociación dentro de las bandas gruesas de micas y algo confusas entre los epidotos más limpios, y hasta distribución inhomogénea sobre algunas secciones. Algunos se sobrepone a otros granos de mayor tamaño.



**Fig. 36. Fotomicrografía de la sección RM-602-r 22 (N: // y X). Esquisto anfibólico-cuarzo-epidótico- granatífero. Agregado granular de cuarzo junto a micas orientadas con granos de granate.**



**Fig. 37. Fotomicrografía de la sección RM-602-r 26 (N: // y X). Esquisto tremolítico granatífero. Tremolita orientada semiparalela con textura granoblástica.**

Anfíbol: barroisita y tremolita.

Mineral con variedad de color de verde moderadamente oscuro a verde azulado (barroisita) y crema verdoso, con pleocroísmo débil a moderado que aclara las tonalidades de verde hasta crema claro verdoso, anhedral y subhédrico, de bordes irregulares a corroídos y habito hojoso granudo, algunos rómbicos de bordes quebrados. Se observa gran número de microfracturas dentro y hacia sus bordes. Un grupo de granos muestra clivaje en dos direcciones junto a grupos de micro fracturas, otros simplemente lisos o sólo con una dirección de clivaje visible e incompleta sobre algunas zonas. La asociación es general, ya que son el mineral mayoritario y con distribución homogénea en toda la sección. Muestra orientación preferencial bastante visible ente los mismos y semi paralela a lo largo y ancho de la sección.

La sección r: 26 es la única que presenta la tremolita junto al granate exclusivamente, sin contenido de minerales micáceos y el resto que caracteriza este grupo en las demás secciones.

La barroisita de la sección r: 1 es de color verde azulado claro, pálido, con algunos granos color verde parduzco claro, unos pocos granos están fracturados, muestran muy leve sólo una dirección de clivaje y un resto lisos, con una notable cantidad de manchones sobre los granos.

Mica blanca: moscovita y sericita

Los minerales son de color crema parduzco y crema muy claro a incoloro, muy pequeños, diminutos, de pleocroismo débil que aclara la tonalidad, anhedrales, de bordes semi lisos, irregulares a corroídos y habito hojoso laminar fino. Algunos granos son más limpios, hasta dan colores blancos, muestran algo de alteración a clorita con birrefringencia anómala. La asociación es general entre otros minerales micáceos y epidoto, esfena y opacos, agrupándose en pequeños cantidades, Se presentan como agregados con orientación semi paralela en gruesas bandas de laminas y entre los cuarzos y bordeando algunos anfíboles, como especie de laminillas astillosas, y con distribución homogénea, con leve alargamientos semi paralelos entre las mismas a lo largo de la sección y dispersas. Las secciones r: 26 y 23 no mostraron presencia de esta mica.

Cuarzo:

Anhedral, de bordes irregulares suaves a corroídos y habito granudo. Se aprecian mono y policristalinos, en agregados granulares sobre algunas zonas envueltos por anfíbol y mica blanca y se aprecian como relleno entre espacios dejados por anfíboles. Se observan sobre los de mayor tamaño pocas inclusiones de microcristales de apatito, esfena y micas. Bastante limpios y con leve orientación, poco destacada, pero asociados y agrupados entre si formando una gruesa banda sobre un plano orientado entre dos bandas gruesas de minerales micáceos hacia ambos lados. Algunos granos presentan microfracturas suaves dentro de los mismos y hacia los bordes, la asociación es general en agregados y bordeados por completo por anfíboles y micas, y con distribución inhomogénea en zonas equidistantes y semiparalelas como formando bandas sobre planos orientados sobre las secciones.

#### Grupo del Epidoto: epidoto y zoisita

Mineral de color crema, beige amarillento y verdoso claro, bastante sucio, de alto relieve, no muy limpio, sin pleocroismo, subhedral y anhédrico, con borde semi liso irregular y habito granudo y pocos se conservan prismáticos pseudo-hexagonales con bordes fracturados. La sección r: 23 es la única que presenta, a su vez, zoisita observándose de tonalidad verde crema y llegan a observarse pocos granos ya que se solapan entre fragmentos de anfíbol equigranular, dificultando su identificación y distinción sobre la sección.

La mayoría se presenta como mineral de menor tamaño y redondeado, con asociación general entre el resto de los minerales y entre anfíbol, con distribución homogénea y algo dispersa sobre las secciones.

#### Esfena:

Mineral color pardo oscuro, ocre negruzcos, no muy limpio, sin pleocroismo, subhedral y euhédrico (pocos y muy oscuros sin clivaje), de bordes irregulares a corroídos y habito granudo, semi prismático rómbico alargado. Se observan algunos granos disgregados y en agregados formando especie de nidos, dominan los granos con bordes fracturados y corroídos que son los de mayor tamaño. Se aprecia una leve orientación semi paralela, dispersa y con granos muy oscuros, con oxidación presente. La asociación es general y distribución inhomogénea y dispersa sobre las secciones. Sobre una de las secciones son muy pequeños que dificulta su reconocimiento.

#### Apatito:

Mineral incoloro, alto relieve, no muy limpio, anhedral, de bordes irregulares suaves a unos pocos concoidales y habito granudo semi tabular. Equigranulares, de asociación general y distribución homogénea y bastante dispersa en las secciones. Mineral minoritario a traza en las secciones r: 23 y 1. Sobre algunas secciones se observan grandes granos y con microfracturas dentro e incompletas, algunas micas finas y muy astillosas aparecen sobre algunos bordes de estos granos de mayor

tamaño. La asociación es general entre las zonas de los contactos de los minerales claros (cuarzo) y los micáceos, y con distribución inhomogénea y dispersa sobre la sección.

#### Opaco: piritita

Anhedral a subhédrico, de bordes irregulares a suaves y habito granudo y cúbico. Con luz reflejada muestra, pobremente un brillo latón amarillento y oscuro, poco notable hacia los bordes, se asocia con el resto de los minerales y de distribución bastante dispersa y homogénea sobre la sección.

#### Biotita:

El mineral es color verde oliva y pardo, de moderado pleocroismo que pasa el color a beige amarillento y crema claro, anhedral, de bordes semi lisos a irregulares y habito hojoso poco laminar. Se dificulta su reconocimiento por su presencia dentro de muy finas rendijas o espacios laminares entre las micas blancas. Un grupo de granos de mayor tamaño se observan muy sucios y alterando a clorita. La asociación es preferencial con las micas blancas, dentro y hacia sus bordes, y distribución inhomogénea y muy dispersa a lo largo y ancho de la sección.

#### Clorita:

El mineral es claro, verde amarillento y bordes aclarando a incoloro, sin pleocroismo, anhedral, de bordes irregulares y corroídos y habito hojoso semi laminar. Se aprecia como producto de alteración de las micas y anfíboles, en su mayoría se asocia en general entre micas y anfíboles y con distribución bastante dispersa y homogénea sobre las secciones.

#### Plagioclasa:

Este mineral sólo se observa sobre la sección r: 1, anhedral semi redondeado, de bordes irregulares y habito granudo. Los granos muestran pocas inclusiones de microcristales micáceos, apatito, esfena y epidoto, con algunas microfracturas que no

atraviesan por completo los granos y hacia los bordes, poco marcados, no muestran maclas y se dificulta en alto grado su reconocimiento y posible clasificación, se presentan en agregados poco numerosos y alargados, con bordes corroídos y envueltos entre anfíbol y epidoto. Se asocia entre granos de cuarzo y de distribución bastante dispersa y homogénea sobre la sección.

### **Esquisto cuarzo-albítico-muscovítico-barroisítico. (r: 34) (Sin granate)**

En macro se observa una roca poco meteorizada, homogénea, compacta y masiva. Fanerítica de grano muy fino a afanítica, bastante esquistosa y micácea. Color gris verdoso oscuro meteorizando a verde grisáceo oscuro, con finas manchas de color más claro casi blanco.

Microscópicamente se observa una sección de textura muy esquistosa, equigranular y de grano fino. El mineral mayoritario es la plagioclasa, se aprecia cuarzo, presentándose en granos mono y policristalino, ambos minerales bordeados y cubiertos, en pequeños grupos o agregados, por minerales micáceos laminares y en mayoría micas blancas. Las micas presentan orientación preferencial en suaves bandas y semi paralelas. La sección muestra en dispersas zonas algo de alteración.

Cuarzo:

El mineral se presenta anhedral, de bordes irregulares algo corroídos y habito granudo masivo. Se pueden observar algunas microfracturas y una numerosa cantidad de inclusiones de microcristales de apatito, micas y otros con dificultad de reconocimiento. Inequigranular, con asociación general y en agregados alargados dentro de las bandas orientadas semi paralelas de minerales micáceos, y con distribución homogénea acomodadas sobre planos de orientación a lo largo de la sección.

**Mica blanca: moscovita**

Mineral color crema claro y amarillo pálido, no muy limpio, con pleocroismo débil que aclara el mineral a casi incoloro, anhedral, con bordes semi lisos a corroídos y astillosos sobre los bordes mas estrechos y habito laminar hojoso. Inequigranular, con poca variación, los granos de menor tamaño se aprecian levemente alterados, otro grupo presenta un envoltorio fino donde pierden sus características distintivas. La asociación es general, en preferencia con el resto de micas, epidotos y anfíboles, y con una distribución homogénea de orientación preferencial semi paralela, no muy gruesa y los granos agrupados longitudinalmente envolviendo a los cuarzos sobre toda la sección.

**Biotita:**

Mineral color verde oliva, no muy oscuro, con pleocroismo moderado que va a un verde claro amarilloso y crema claro, anhedral, de bordes irregulares suaves a corroídos y habito hojoso y laminar corto. Algunos granos muestran bordes algo gastados y alterados, con presencia de cloritización, la asociación es general junto a las micas blancas y entre anfíboles y epidotos, se encuentran en finas laminas orientadas como envoltorios dentro de este grupo intercalados con los cuarzos y con una distribución homogénea y dispersa sobre la sección.

**Grupo del Epidoto: epidoto**

Mineral de alto relieve, amarillento y crema muy claro, sin pleocroismo, anhedrales y unos pocos subhedrales, con bordes irregulares suaves semi lisos a corroídos y habito granudo a semi prismático rómbicos. Se pueden observar algunos granos de bordes muy poco marcados, fracturados, otro grupo de granos se observan semi tabulares. Sin alteraciones, con asociación general entre las micas y anfíboles, de distribución homogénea y algo dispersa sobre la sección.

**Anfibol: barroisita**

Se presenta como mineral abundante, mostrando un color verde azulado muy pálido y verde hoja claro, de pleocroísmo débil que varía aclarando la tonalidad del verde a un amarillo crema, verdoso pálido, anhedral, son muy pocos los granos que conservan algo de forma subhédrica hexagonal redondeada, de bordes irregulares corroídos, y hábito hojoso laminar. Se observa alteración, sólo unos pocos granos aún conservan sus sistemas de dos direcciones de clivaje, presentándose en mayoría granos lisos y con solo una dirección de maclas. Inequigranular, muestra una asociación general entre micas y con distribución homogénea a lo largo y ancho de la sección.

**Apatito:**

Incoloro, de alto relieve, subhedral, de bordes semi lisos a gastados irregulares y hábito granudo semi tabular. La mayor parte de los granos se encuentran como inclusiones, unas de aspecto laminoso y el resto de textura superficial de aspecto a gotas de agua. La asociación es general al resto de minerales y distribución homogénea.

**Esfena:**

Se aprecia un mineral traza, oscuro, color pardo negrusco, con posible presencia de oxidación, sin pleocroísmo, anhedral y subhédrico, de bordes irregulares semi lisos y hábito granudo a pseudo-prismático rómbico alargado. Se observa en agregados poco numerosos y de granos bastante pequeños, oxidados, de asociación general a todos los demás minerales y distribución homogénea y bastante dispersa a lo largo de la sección.

**Opaco: pirita**

Mineral traza, muy pequeño, negro, sin pleocroísmo, con luz reflejada muestra tono brillante, amarillo latón, metálico, algunos con bordes rojizos oscuros, anhedral, de bordes irregulares y hábito granudo. Se aprecia como quebrado y fracturados sus



bordes. Equigranular, con asociación general al resto de minerales y distribución homogénea y bastante dispersa sobre la sección.

Plagioclasa:

Anhedral semi redondeado, de bordes irregulares y habito granudo. Los granos no muestran ningún tipo de maclado reconocible, presentan microfracturas suaves e incompletas, algunos bordes poco marcados y algunas inclusiones de epidoto y anfíbol microgranulares y minerales laminares, como microfragmentos de micas. Se asocia entre granos de cuarzo y de distribución bastante dispersa y homogénea sobre la sección.

Calcita:

Mineral traza, de color crema claro, sin pleocroismo, de bordes irregulares corroídos suaves y habito semi granudo hojoso. No muestra direcciones de clivaje y esta como disgregado entre granos y en pequeña proporción, se asocia en general al resto de mineral y de distribución muy dispersa inhomogénea sobre la sección.

#### **Esquisto plagioclásico-cuarzo-muscovítico-granatífero. (r: 16,40)**

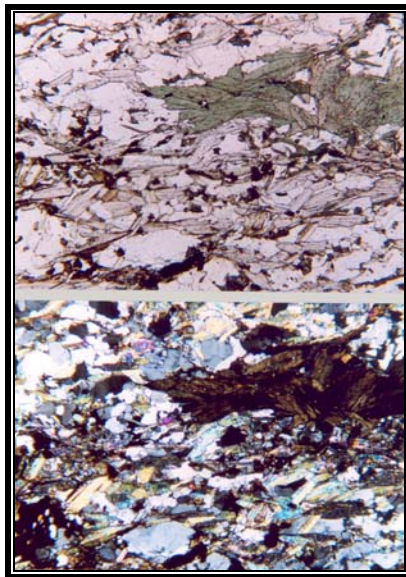
Mesoscópicamente se presenta una roca, en general, esquistosa, homogénea, de moderada meteorización, masiva y compacta. Color verde parduzco oscuro, de finas bandas intercaladas de color gris claro verdoso. Brillo micáceo en superficie y meteorizando a gris verdoso. Leve oxidación en superficie y en corte.

Al microscopio se observan secciones claramente de textura esquistosa, formando especies de bandas semiparalelas, con mineral mayoritario de cuarzo, presentándose cristales mono y policristalinos, alternándose o intercalándose entre bandas de minerales micáceos laminares, donde se presenta dominio de micas blancas y en contactos semi paralelos, presentando textura lepidoblástica (v, Cap. 6, p. 85). Las micas verdes (clorita) se salen de la orientación, sobre una de las secciones, agrupándose y clasificándose las mismas como post-tectónicas (v, Cap. 6, p. 98). Alta

presencia de microfracturas e inclusiones sobre los granos, en especial sobre los cuarzos (fig. 38). Hay presencia de oxidación sobre algunos bordes de los cuarzos y sobre los granates.

#### Cuarzo:

Se aprecia un mineral anhedral, de bordes irregulares suaves a corroídos y bastante marcados y habito granudo. Se observan microfracturas suavemente marcadas, con pocas inclusiones de microcristales laminares y de alto relieve, entre otros irreconocibles. Se presenta en agregados formando como bandas o bolsones, levemente orientadas y semiparalelos, con menor proporción de granos policristalinos y bordeados por bandas de minerales laminares micáceos. La asociación es general junto a las plagioclasas y con distribución homogénea sobre planos preferenciales dentro de las secciones.



**Fig. 38. Fotomicrografía de la sección RM-602-r 40 (N: // y X). Esquisto plagioclásico-cuarzo-muscovítico-granatífero. Finas bandas de mica con agregados laminares de clorita. Textura lepidoblástica**

Mica blanca: moscovita, sericita y paragonita

Mineral color crema claro amarillento y pálido, de tonos verdosos, pleocroismo débil aclarando la tonalidad a incoloro, anhedral, con bordes semi lisos a corroídos

astillosos y habito laminar hojoso. Se observan agrupaciones o agregados laminares muy juntos, orientados sobre suaves bandas semiparalelas formadas entre ellos y sobreimpuestos linealmente. Se observan algunas microfracturas sobre algunos bordes, presencia de oxidación y leves alteraciones de cloritización. La asociación es general entre las demás micas y algunos epidotos, una distribución inhomogénea sobre planos de orientación preferencial que cruzan las secciones, intercalándose con los grupos de minerales claros (cuarzo y plagioclasa). La sección r: 16 es la que presenta sericita y paragonita (dudosa y como granos de mayor tamaño y mucho más limpios) como minerales trazas.

#### Biotita:

El mineral se muestra color verde oliva oscuro y pardo claro, con pleocroismo moderado donde pasan a color crema verdoso amarillento, anhedral, de bordes semi lisos a irregulares astillosos y habito hojoso laminar. Se encuentra en notables agrupaciones o agregados, en contacto semi paralelo entre el mismo, pero se ubica dentro de las bandas que forman las micas blancas y dispersas dando un aspecto de manchones de distribución homogénea en toda la sección.

#### Clorita:

Mineral color verde claro, pardo, algo sucio, sin pleocroismo, anhedral, con bordes irregulares suaves a gastados y habito hojoso. Se asocia en preferencia entre las agrupaciones de biotita, muy confuso entre ellas, producto de cloritización, en mayoría, y con distribución inhomogénea y dispersa sobre la sección

#### Grupo del Epidoto: epidoto.

Se presenta un mineral crema amarillento, con tono claro verdoso, de alto relieve, sin pleocroismo, anhedral y unos pocos granos subhédricos redondeados, de bordes irregular suave a fracturados y habito granudo a semi prismático rómbico. Se observan algunas microfracturas y hasta granos fracturados, los bordes están bien marcados y algunos presentan oxidación. La asociación es general, en mayoría se

ubican sobre los bordes de las micas y dentro de los grupos de biotitas y distribución homogénea sobre la sección. Sólo una de las secciones presenta este mineral.

#### Granate:

El mineral se muestra color rosáceo, crema claro pálido, no muy limpio, de alto relieve, subhedral semi redondeados, con bordes algo lisos a irregulares suaves corroídos, hasta se observan algunos fracturados, y habito granudo dodecahédricos. Se observan microfracturas sobre los granos hasta granos fracturados, presentan oxidación algunos granos dentro de algunas fracturas, notándose más oscuros que el resto. Se aprecia inclusiones dentro y sobre los bordes de microcristales de epidotos, tienen asociación general al resto de minerales, algunos bordeados por micas, otros entre los cuarzos, y con distribución homogénea y dispersa a lo largo de la sección.

#### Opaco: Hematita

Opaco con bordes rojo oscuro a vino tinto, con luz reflejada muestra un poco de brillo metálico hacia las zonas céntricas del mismo, pero siguiendo con un color muy oscuro y rojo intenso sobre los bordes. Anhedral, con bordes irregulares corroídos y habito granudo masivo. Algunos granos se observan fracturados sobre sus bordes junto a oxidaciones, la asociación es en general al resto de los minerales y con distribución homogénea y muy dispersa sobre la sección.

#### Esfena:

Se presenta un mineral pardo, ocre, muy oxidado, sin pleocroismo, subhedral redondeado, con bordes semi liso de algunos corroídos y habito granudo y semi prismático rómbico alargado, no muy conservado. Se dificulta su distinción por presentarse muy oscuro con presencia de oxidación y así confundirse entre otros minerales opacos. La alta presencia de oxidación se aprecia en los granos y hacia sus bordes, son granos bastante pequeños. Mineral equigranular y se asocia en preferencia entre las micas con distribución homogénea y dispersa sobre la sección. Se presenta sólo en la sección r: 40.

**Plagioclasa: albita**

Mineral anhedral, de bordes semi lisos a irregulares y habito granudo semi laminar de bordes quebrados. Se aprecian inclusiones de microcristales micáceos sobre los bordes y dentro de algunos granos, con suaves microfracturas en mayoría acompañadas de oxidación, son muy pocos los granos que conservan y muestran con claridad sus maclas y reconocidas sólo el tipo Carlsbad. La asociación es general al resto de minerales y distribución homogénea en la sección.

**Esquisto plagioclásico-clorítico-cuarzo-epidótico. (r: 36)**

Macroscópicamente se aprecia una roca esquistosa, feldespática y cuarzosa, homogénea y masiva de poca meteorización. Color blanco verdoso a grisáceo, fanerítica de grano muy fino.

Al microscopio se observa una sección claramente de textura esquistosa, formando especies de bandas semi paralelas, con mineral mayoritario de cuarzo, en cristales mono y policristalinos con feldespatos alterados intercalándose con bandas de minerales micáceos laminares, donde se presenta dominio de micas blancas y en contactos semi paralelos. La biotita corta la orientación del resto de minerales, agrupándose y clasificándose las mismas como post-tectónicas. Alta presencia de micro fracturas e inclusiones sobre los granos de feldespato. Hay presencia de oxidación sobre algunos bordes (fig. 39).

**Cuarzo:**

Se aprecia un mineral anhedral, de bordes irregulares suaves a corroídos y bastante marcados y habito granudo. Se observan suaves micro fracturas y pocas inclusiones de microcristales laminares y de alto relieve microgranulares, entre otros microlitos. Se presenta en agregados formando como bandas o bolsones, levemente orientadas y semiparalelos, con menor proporción de granos policristalinos y bordeados por bandas de minerales laminares micáceos. La asociación es general junto a las

plagioclasas y con distribución homogénea sobre planos preferenciales dentro de las secciones.

#### Plagioclasa: albita

Mineral anhedral, de bordes semi lisos a irregulares y habito granudo semi laminar de bordes quebrados. Se aprecian inclusiones de microcristales micáceos sobre los bordes y dentro de algunos granos, con suaves micro fracturas en mayoría acompañadas de oxidación, son muy pocos los granos que conservan y muestran con claridad sus maclas y reconocidas sólo el tipo Carlsbad. La asociación es general al resto de minerales y distribución homogénea en la sección

#### Mica blanca: moscovita.

Mineral color crema claro amarillento y pálido, de tonos verdosos, pleocroismo débil aclarando la tonalidad a incoloro, anhedral, con bordes semi lisos a corroídos astillosos y habito laminar hojoso. Se observan agrupaciones o agregados laminares muy juntos, orientados sobre suaves bandas sub-paralelas formadas entre ellos y sobreimpuestos linealmente. Se observan algunas microfracturas sobre algunos bordes, presencia de oxidación y leves alteraciones de cloritización. La asociación es general entre las demás micas y epidoto, una distribución inhomogénea sobre planos de orientación preferencial que cruzan las secciones, intercalándose con los grupos de minerales claros (cuarzo y plagioclasa).

#### Biotita:

El mineral es de color verde oliva oscuro y pardo claro, con pleocroismo moderado donde pasan a color crema verdoso amarillento, anhedral, de bordes semi lisos a irregulares astillosos y habito hojoso laminar. Se encuentra en numerosos agregados laminares, en contacto semi paralelo entre el mismo, pero se ubica dentro de las bandas que forman las micas blancas y dispersas dando un aspecto de manchones de distribución homogénea en toda la sección.

**Clorita:**

Mineral color verde claro, pardo, algo sucio, sin pleocroismo, anhedral, con bordes irregulares suaves a gastados y habito hojoso. Se asocia en preferencia entre las agrupaciones de biotita, muy confuso entre ellas, producto de cloritización, en mayoría, y con distribución inhomogénea y dispersa sobre la sección

**Grupo del Epidoto: epidoto.**

Se presenta un mineral crema amarillento, con tono claro verdoso, de alto relieve, sin pleocroismo, anhedral y unos pocos granos subhédricos redondeados, de bordes irregular suave a fracturados y habito granudo a semi prismático rómbico. Se observan algunas microfracturas y hasta granos fracturados, los bordes están bien marcados y algunos presentan oxidación. La asociación es general, en mayoría se ubican sobre los bordes de las micas y dentro de los grupos de biotitas y distribución homogénea sobre la sección.

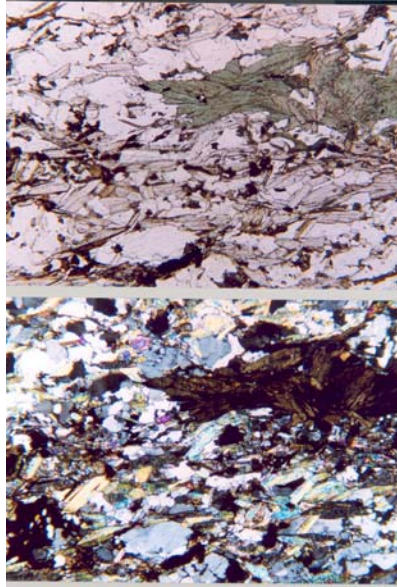
**Opaco: Hematita**

Opaco con bordes rojo oscuro a vino tinto, con luz reflejada muestra un poco de brillo metálico hacia las zonas céntricas del mismo, pero siguiendo con un color muy oscuro y rojo intenso sobre los bordes. Anhedral, con bordes irregulares corroídos y habito granudo masivo. Algunos granos se observan fracturados sobre sus bordes junto a oxidaciones, la asociación es en general al resto de los minerales y con distribución homogénea y muy dispersa sobre la sección.

**Esfena:**

Se presenta un mineral pardo, ocre, muy oxidado, sin pleocroismo, subhedral redondeado, con bordes semi liso de algunos corroídos y habito granudo y semi prismático rómbico alargado, no muy conservado. Se dificulta su distinción por presentarse muy oscuro con presencia de oxidación y así confundirse entre otros minerales opacos. La alta presencia de oxidación se aprecia en los granos y hacia sus

bordes, son granos bastante pequeños. Mineral equigranular y se asocia en preferencia entre las micas con distribución homogénea y dispersa sobre la sección.



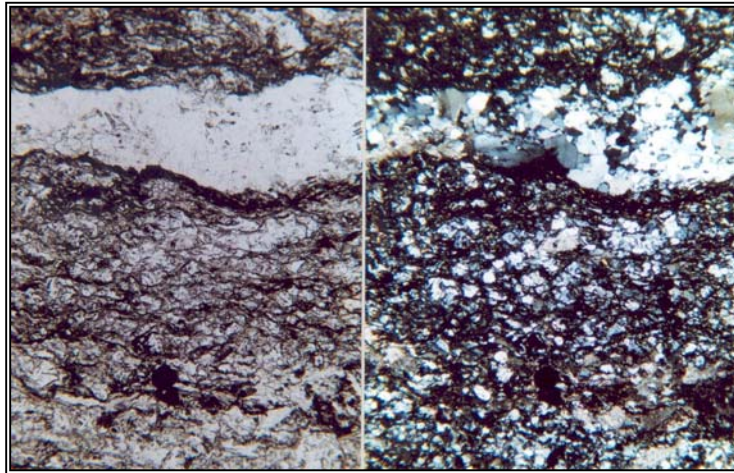
**Fig. 39. Fotomicrografía de la sección RM-602-r 36 (N: // y X). Esquisto plagioclásico-clorítico-cuarzo-epidótico. Finas bandas de micas con agregados laminares de clorita siguiendo la orientación junto a epidoto microgranular.**

#### **Esquisto cuarzo- calcáreo (calcítico)-grafitoso. (r: 2,6)**

A nivel macro se presenta una roca, en general, moderadamente meteorizada, homogénea, esquistosa y grafitosa. Fanerítica de grano muy fino a afanítica. Color gris oscuro con finas bandas claras verdosas, se distingue leve oxidación y minerales laminares hojosos.

Al microscopio se observan secciones de grano muy fino, microcristalinas, alteradas, con presencia de oxidación y fracturas. Buena distinción de los minerales de cuarzo y epidoto, entre una especie de matriz carbonática. Equigranular, con presencia de finas bandas, filamentosas, de grafito, entre otros minerales laminares finos con dificultad de distinción (fig. 40).





**Fig. 40. Fotomicrografía de la sección RM-602-r 6. (N: // y X). Esquisto cuarzo-calcáreo (calcítico)-grafitoso. Microgranular grafitosa con banda de cuarzo microgranular orientado.**

#### Cuarzo:

El mineral es micro-granular, anhedral, de bordes irregulares redondeados y hábito granular. Se observan inclusiones de microlitos en la mayoría de los bordes. Una pequeña cantidad de granos presentan micro-fracturas. La asociación es general dentro de la matriz grafitosa y el carbonato y con distribución homogénea sobre la sección. Se aprecian unos pocos granos policristalinos de mayor tamaño.

#### Calcita:

Se presenta un mineral color crema amarillento pálido a incoloro, anhedral, de bordes corroídos poco marcados y hábito granudo. Pocos granos muestran el sistema de clivaje en tres direcciones, la asociación es en agregados, formando como vetillas orientadas, inclusionando completamente la sección, intercaladas y sub-paralelas y distribución inhomogénea hacia un lado de la sección.

#### Grafito:

Opaco, anhedral de aspecto filamentoso formando como especie de hebras entrecruzadas o entrelazadas paralelamente sobre las secciones, de bordes irregulares y hábito granudo. Se observa poco conservado, con asociación a otros opacos y

distribución inhomogénea en finas bandas, atravesando la sección y se presenta más marcado sobre la sección r: 2. Estas alineaciones de este mineral bordea agregados de minerales claros como cuarzo, plagioclasa y calcita.

#### Mica blanca: moscovita y sericita

Mica muy diminuta, de color crema claro y pálido a incoloro, con pleocroismo muy débil a nulo, leve brillo y algo sucia, anhedral, con bordes semi lisos astillosos y habito hojoso laminar. Existe dificultad en su reconocimiento por ser muy microcristalinos, se aprecian en mayoría como inclusiones en calcita. La asociación es preferencial a clorita y calcita y con distribución homogénea y muy dispersa a lo largo de la sección.

#### Clorita:

Mineral verde claro, sin pleocroismo, anhedral, con bordes irregulares y hábito hojoso escamoso. Reconocido con dificultad entre el grupo de las micas, por lo diminuto de los granos y el poco campo para la diferenciación con las mismas. La asociación es general al resto de minerales y con distribución homogénea y dispersa en la sección y sólo en la sección r: 2 esta el mineral.

#### Grupo del Epidoto: epidoto

Se aprecia un epidoto de color verde claro amarillento, de leve tonalidad verde muy claro (pocos), sin pleocroismo, anhedral, con bordes corroídos irregulares y habito granudo. Se observan algunos granos de bordes poco marcados y moderado relieve, con algunas micro-fracturas. La asociación es general al resto de minerales y distribución homogénea y muy dispersa en la sección.

#### Opaco: leucoxeno grafito y hematita

Minerales bastante sucios, pardo muy oscuro a negros y con luz reflejada los granos no muestran brillo algunos arrojan un color blanco pálido, otros rojizo intenso oscuro y el resto siguen opacos, de textura superficial y alto relieve, anhedrales y

unos pocos subhédricos, de bordes irregulares corroídos y habito granudo y semi prismático rómbico. Algunos granos se confunden entre esfenas, de ello se reconoce entonces el leucoxeno como producto de alteración de esfena. Sobre algunos bordes se aprecia oxidación, la asociación es general al resto de minerales y distribución homogénea y dispersa en la sección.

#### Plagioclasa:

Se observa sólo en la sección r: 2, anhedral, de bordes irregulares corroídos y habito granudo. No se llega a observar maclado sobre los pocos granos de la sección, presentan inclusiones de microcristales micáceos y granulares y suaves microfracturas distorsionadas. Se asocian al cuarzo y de distribución muy dispersa y homogénea en la sección.

#### Esfena:

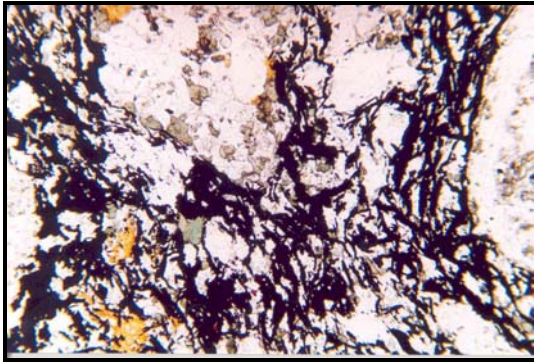
Se aprecia un mineral color pardo oscuro a marrón, sin pleocroismo, anhedral y alargado, de borde irregular suave y habito granudo. Son diminutos, en inclusiones de microcristales y muy pocos en agregados granulares, se asocian al resto de minerales y con distribución dispersa y homogénea en la sección.

#### *Meta-psefitas:*

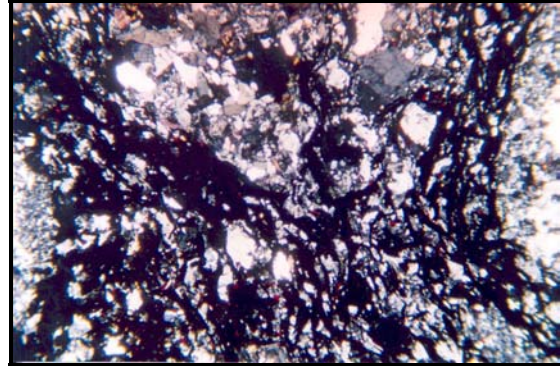
#### **Brecha (granofels). (r: 32)**

Al microscopio se observa una sección muy cuarzosa, clorítica, de granos como triturados, poco conservados y fenocristales sobre una especie de matriz de grano muy fino no muy conservadas por gran proporción de inclusiones, éstos al parecer son como fragmentos de roca de una cuarcita bastante pura de grano medio a grueso y hasta redondeados. Se observan en pequeñas cantidades y en microcristales de micas blancas y dispersas por la sección sin orientación. Caracteriza la sección la presencia de una cantidad considerable de opacos de grafito, el cual rodea los granos y fragmentos de roca y hace dominio y con un suave bandeo por toda la sección. La

sección presenta una división de dos zonas por menor contenido de minerales que muestran índice de color y otro lado con mayor contenido de minerales verdosos, como cloritas entre otros y los opacos (fig. 41).



**Fig. 41. Fotomicrografías de la sección RM-602-r 32 (N: //). Brecha (granofels).**



**RM-602-r 32 (N: X). Brecha (granofels). Partes de fragmentos de roca de cuarcitas dentro de una especie de matriz microgranular de cuarzo y grafito entre otros minerales no reconocibles.**

#### *Mármoles:*

##### **Mármol tremolítico. (r: 46)**

Muestra de roca muy poco meteorizada a fresca, homogénea, masiva y compacta. Sin orientación de granos, fanerítica de grano muy fino a afanítica, con minerales hojosos laminares.

Al microscopio se observa una sección bastante limpia, carbonática con fenocristales de anfíbol, en variedad de tremolita. Presenta textura granoblástica (v, Cap. 6, p. 84). Se observan algunos granos lisos sin clivaje, otro grupo muestra con claridad dos direcciones de clivaje pero sólo por zonas sobre los mismos. Entre los carbonatos se muestran grandes granos bastante conservados junto a otro grupo de menor tamaño, granular y laminares con aspecto plumoso laminar y hojoso en conjunto con los grupos de cloritas presentes en gran cantidad y con orientación preferencial (fig. 42).

**Calcita:**

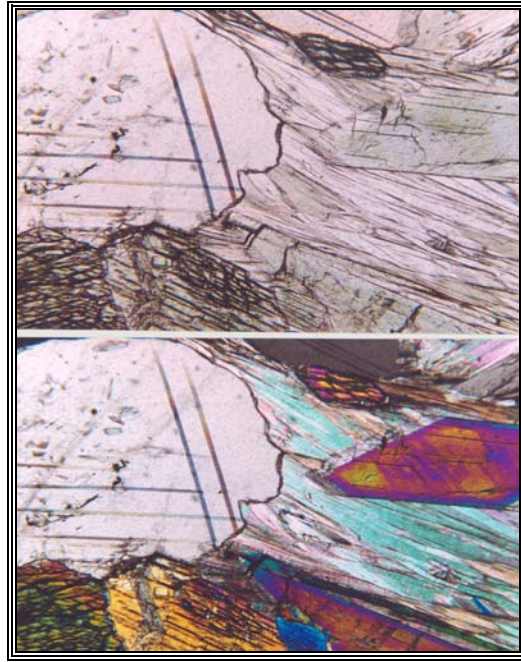
Se aprecia el mineral color crema levemente verdoso claro, de pleocroismo débil variando de tonalidad entre verde claro y crema pálido a casi incoloro, anhedral, con bordes lisos a corroídos suaves. Sobre los granos de mayor tamaño se conservan mejor el sistema de clivaje característico en tres direcciones, muy pocos lo muestran en totalidad y sólo sobre algunas zonas. La asociación es general a clorita y al resto de minerales, con distribución homogénea en la sección. Los fenocristales más granudos presentan inclusiones de microcristales micáceos y de anfíbol.

**Anfíbol: tremolita.**

Se presentan granos color verde claro a un tono verde agua, pálido, con un pleocroismo débil a moderado que los pasa a un verde crema más claro, subhedrales, con bordes lisos a corroídos y habito hojoso semi prismático rómbicos. Se observan entre la diversidad grupos que muestran sus clivajes en dos direcciones, otros sólo por zonas y en una sola dirección semi paralela, y un resto que no los conserva. También se observan algunas microfracturas sobre algunos granos, hasta fracturados hacia los bordes. La asociación es general en numerosas agrupaciones a la calcita y con distribución homogénea en la sección.

**Biotita:**

Mineral muy diminuto y en microcristales de color verde claro, pálido amarillento, con débil pleocroismo aclarando a crema verdoso pálido, anhedral, con borde semi lisos en sus lados más largos a corroídos y astillosos sobre los cortos y habito laminar hojoso. Son micas que se aprecian interdigitadas con el grupo de las calcitas de aspecto plumoso, siguiendo el mismo arreglo paralelo, pero no diferenciándose mucho de la variedad de anfíboles lisos presentes. La asociación es con las calcitas alminares y con distribución homogénea y dispersa sobre la sección.



**Fig. 42. Fotomicrografía de la sección RM-602-r 46. (N: // y X). Mármol tremolítico. Grano de calcita, mostrando direcciones de clivaje bordeada de tremolita idioblastica. Textura granoblástica.**

#### Clorita:

Se puede distinguir que el mineral es producto de alteración del anfíbol, los granos se observan verde muy claros, de pleocroísmo muy débil a casi nulo, anhedrales, de bordes semi lisos a irregulares suaves y habito bastante plumoso laminar. Se distingue una extinción como ondulatoria y granos bastante limpios, sin maclado y de aspecto hojoso, como de libro. La asociación es al anfíbol y poca con el resto de minerales y con distribución dispersa y homogénea sobre la sección.

#### **Mármol cuarzo-plagioclásico-micáceo. (r: 30)**

Macroscópicamente se tiene una roca poco meteorizada, homogénea, cuarzo feldespática, con presencia de pirita y oxidación superficial. Color gris claro blancuzco. Fanerítica de grano fino a muy fino.

Al microscopio se observa una sección muy carbonática y plagioclásica, equigranular, sin orientación preferencial entre los granos, predominio en calcita, con

una cantidad notable de opacos, granudos y agrupados y dispersos en la sección. Con presencia de inclusiones sobre los granos.

Calcita:

El mineral es color crema claro, no muy limpio, de pleocroismo muy débil que lo pasa a casi incoloro, anhedral, de bordes semi lisos a irregulares corroídos y habito granudo. La mayoría de los granos muestran y conservan sus tres direcciones de clivaje en maclas cruzadas, típicas de la calcita, que particularmente aparecen y desaparecen con la rotación de la platina cada 90°. Otro grupo simplemente no las muestran y se presentan lisos. La asociación es general al resto de los minerales y distribución homogénea, en agregados y como especie de matriz en toda la sección.

Plagioclasa: albita.

Anhedral, de bordes semi lisos redondeados, levemente irregulares angulares y habito granudo a un poco semi tabular (como listoneados). Se observan algunos granos de mayor tamaño con inclusiones de calcita dentro de las zonas céntricas de los mismos, a su vez con microfracturas junto algunos bordes fracturados. La asociación es general entre las calcitas y con distribución homogénea y algo dispersa sobre la sección. Algunos granos de mayor tamaño muestran y conservan maclas tipo carlsbad y tipo albita-carlsbad.

Mica blanca: moscovita.

Presenta un color crema claro, pálido, de pleocroismo débil que pasa a incoloro, anhedral, de bordes semi lisos a corroídos angulares y habito hojoso laminar (algo semi granudo). Se presentan en microcristales laminares, algunos con dificultad de reconocimiento, con bordes muy finos alterados. Muestran clivaje en una dirección e incompleto, se asocia generalmente al resto de minerales y con distribución inhomogénea sobre la sección.

**Cuarzo:**

Anhedral, de bordes irregulares suaves y habito granudo. Son pocos los granos que se conservan dentro de esta sección y la mayoría como redondeados. Con asociación general al resto de los minerales entre plagioclasas y distribución homogénea y muy dispersa en la sección.

**Esfena:**

Se presenta un mineral de color pardo, como rojizo oscuro, sin pleocroismo, anhedral redondeado, de bordes irregulares corroídos y habito granudo (alargado). Se observan de bordes poco marcados, inequigranular y se disgregan microfragmentos alrededor de los de mayor tamaño. Algunos son microcristales subhédricos como inclusiones, junto a los opacos se asocian con particularidad y pocos en general al resto de minerales y con distribución algo dispersa y homogénea sin orientación preferencial sobre la sección.

**Grupo del Epidoto: epidoto.**

Mineral color crema claro amarillento, sin pleocroismo, anhedral, de bordes irregular angulares y habito granudo a semi tabular. De moderado relieve y se observa en mayoría como inclusiones microgranulares, con asociación general al resto de los minerales y distribución homogénea muy dispersa entre ellos sobre la sección.

**Opacos: pirita.**

Opaco que a luz reflejada distingue un brillo latón ocre, de alto relieve, subhedral, con bordes semi lisos a irregulares fracturados y con habito granudo y semi prismático rómbicos unos pocos. Inequigranulares, de asociación general y distribución homogénea y dispersa en la sección.



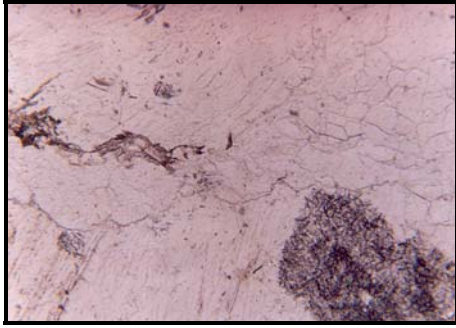
*Rocas meta-ígneas graníticas:***Meta-trondhjemitas. (r: 12,27,28)**

**r – 12:** Al microscopio es una sección feldespática y biotítica, con una zona de porfidoblastos de plagioclasa, microclino y biotita, a su vez se observa con moderado índice de color hacia una mitad de la sección el resto es de bajo índice de color. Se aprecia numerosas inclusiones micro-cristalinas de minerales astillosos laminares sobre los granos gruesos y porfidoblastos. Hay presencia de opaco en proceso de alteración ya que sus bordes muestran color pardo de aspecto al mineral de esfena y hacia algunos bordes de porfidoblastos de biotita se reconocen microcristales de granate (fig. 43).

**r – 27:** se observa, al microscopio, una sección muy inequigranular, feldespática, cuarzosa, de fenocristales de cuarzo y plagioclasas, también hay plagioclasas helicíticas y se aprecian con textura poiquiloblástica, con los granos de plagioclasa muy inclusionados hasta sus bordes. Hacia los bordes de la sección se aprecian micas y otros minerales con dificultad de reconocimiento. En mayoría, los granos son muy anhedral, con bordes gastados y corroídos, de asociación general entre todos los granos y sin ninguna orientación preferencial sobre la sección. Los fenocristales se aprecian como bordeados de micas y epidotos.

**Plagioclasa: albita.**

Anhedral, de bordes semi lisos corroídos y hábito laminar granudo. La mayoría de los bordes se presentan con inclusiones de microcristales micáceos, de biotita, epidoto, entre otros irreconocibles de microlitos granulares. Algunos granos muestran bordes quebrados y albíticos (v, Cap. 6, p. 93). Inequigranular, asociada al cuarzo y microclino y con distribución homogénea a lo largo de la sección. Se aprecian algunas microfracturas. Dentro de las secciones r: 12 y 27 se llegan a distinguir maclas de los tipos albita, Carlsbad y periclino, y dentro de la sección r: 28 solo se observaron sobre algunos granos maclas tipo Carlsbad, albita y albita-carlsbad.



**Fig. 43. Fotomicrografías de la sección RM-602-r 12. (N: //). Meta-trondhjemitas.**



**RM-602-r 12. (N: X). Meta-trondhjemitas. Granos de plagioclasa sausrinizados y textura pertítica, en contacto con agregados granulares de cuarzo. Boredes albiticos entre plagioclasa y feldespato potásico.**

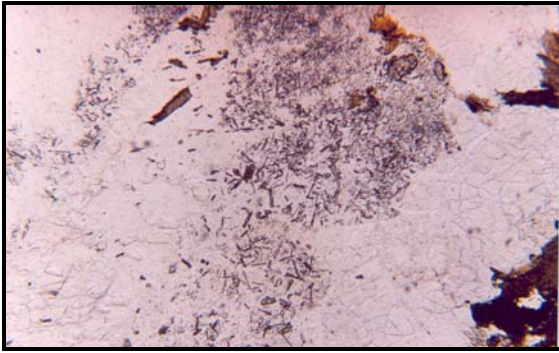
#### Cuarzo:

En general se distingue un mineral anhedral, no muy limpio, de bordes irregulares suaves poco marcados y habito granudo. Se aprecian mono y policristalinos, a su vez se pueden distinguir pocas inclusiones de microcristales de biotita, plagioclasa y epidoto, la sección muestra una asociación general entre los feldespatos y con distribución homogénea.

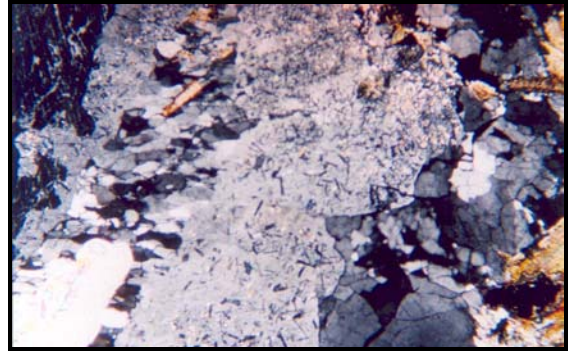
El cuarzo de la sección r: 27 es bastante limpio, de bordes irregulares y corroídos unos pocos, y habito granudo. Inequigranular, se aprecian granos fracturados y con algunos bordes hasta quebrados, se presentan mono y policristalinos. Con asociación general al resto de los minerales y distribución homogénea, en grupos de diversas proporciones, a lo largo de la sección (fig. 44).

#### Microclino:

Porfidoblastos con maclas tipo Carlsbad, anhedral, bastante sucio y manchado, de bordes irregulares corroídos y habito granudo. Se aprecian micro fracturas y bordes fracturados, con inclusiones de microcristales y fragmentos de cuarzo, plagioclasa, epidoto, mica, apatito y opaco. La asociación es general al resto de los minerales, como fenocristales y con distribución homogénea a lo largo de la sección. Textura pertítica en parches y porfidoblastos con maclas tipo Carlsbad.



**Fig. 44. Fotomicrografías de la sección RM-602-r 28 (N://). Meta-trondhjemita**



**RM-602-r 28 (N: X). Meta-trondhjemita granos de feldspato sauritized con trenes de cuarzo microgranular entre ellos.**

#### Biotita:

Mica de color verde oliva, verde claro, y pardo verdoso a marrón, con pleocroismo moderado a fuerte que aclara a crema pálido, pardo claro amarillado, anhedral, de borde corroídos irregulares a semi lisos (pocos) y habito hojoso laminar. Algunos granos muestran bordes astillosos, con inclusiones, en mayoría de apatitos y turmalina. La asociación es general al resto de los minerales y se ubican en pequeños grupos de agregados, como formando nidos, sin orientación preferencial y distribución inhomogénea en agrupaciones a lo largo de la sección. Los granos son inequigranulares, con algunas micro fracturas.

#### Grupo del Epidoto: epidoto y zoisita.

El mineral de la sección r: 12 es solo epidoto, moderado relieve, de color amarillo verdoso, crema claro, anhedral, de bordes irregulares semi corroídos y habito granudo. Se aprecian micro fracturas o grietas, algunos como inclusiones y los de menor tamaño se observan como triturados y gastados. La asociación es general al resto de los minerales y con distribución homogénea y dispersa sobre la sección.

Las secciones r: 27 y 28 muestran ambas variedades y muestran los granos color crema claro, amarillo verdoso pálido, anhedrales, de bordes irregulares y habito granudo. Se observan microfracturas y hasta algunos granos fracturados hasta sus bordes y con fragmentos disgregados alrededor de los mismos, son inequigranulares,

de asociación general entre las micas y con distribución inhomogénea sobre las secciones.

#### Apatito:

Mineral incoloro, con brillo y de alto relieve (muestra superficialmente un aspecto de gotas de agua), no presenta pleocroismo, anhedral, de bordes irregulares suaves a semi concoidales y habito granudo semi tabular. La mayoría de los granos se aprecian como inclusiones, con asociación general y distribución homogénea y muy dispersa a lo largo de la sección.

#### Esfena:

Color pardo oscuro, sucio, sin pleocroismo, anhedral y subhédrico, de bordes irregulares suaves a corroídos y habito granudo y semi prismáticos, los de mayor tamaño, rómbicos alargados y en mayoría con parte de sus bordes corroídos gastados. Inequigranular, se llegan a apreciar fenocristales y otra cantidad en agregados granulares, no muy numerosos. La asociación es general y con distribución in homogénea sobre las secciones.

#### Circón:

Mineral traza reconocido sólo sobre la sección r: 12, de color pardo claro, sucio, sin pleocroismo, subhedral y alargado, de bordes irregulares suaves semi lisos y habito granudo a semi prismático tetragonal y largo. Se aprecian algunos bordes corroídos y quebrados, bastante confusos entre las esfenas. La asociación es general entre el resto de minerales y con distribución muy dispersa y homogénea a lo largo de la sección.

#### Turmalina:

Se aprecia un mineral color verde claro, lleve brillo, limpio, algunos granos se muestran casi incoloro, sin pleocroismo, subhedral, de bordes semi lisos irregulares suaves a concoidales y habito listoneado a granudo. Presenta asociación general y una

distribución muy dispersa inhomogénea a lo largo de la sección. Solo se encontro en la sección r: 12.

Opacos: pirita.

Se reconoció sobre la sección r: 12 solamente, un opaco anhedral, de bordes irregulares quebrados y habito granudo. Con luz reflejada muestra un brillo latón, pardo rojizo y con bordes más claros sin brillo. Algunos granos muestran sus bordes fracturados, tienen la particularidad de mostrarse dentro de los granos de esfenas. Con asociación general entre las esfenas y distribución inhomogénea y muy dispersa a lo largo de la sección.

Mica blanca: moscovita y sericita.

La sección r: 27 es la única que presenta ambas variedades, el resto sólo muestra la sericita. Las micas son de color crema muy claro a incoloro, de pleocroismo muy débil que pasa a incoloro, granos anhedrales y alargados, de bordes irregulares y habito laminar muy hojoso. Algunos no guardan mucho contacto ni paralelismo entre las mismas, sin embargo estas micas blancas conservan una leve orientación en finas bandas bordeando, no por completo, algunos porfidoblastos. La asociación es general entre las otras micas y epidoto y con distribución inhomogénea sobre las secciones.

*Rocas meta-ígneas máficas:*

**Anfibolita granatífera. (r: 4, 18, 43)**

**Glaucofanita granatífera. (r: 37)**

A nivel macro se tiene una roca, en general, fresca de poca meteorización, homogénea, compacta y masiva. Granatífera, fanerítica de grano fino a medio, con minerales hojosos y bastante máfica. Color verde oscuro meteorizando a verde más oscuro algo rojizo.

Al microscopio se observa un grupo de secciones de minerales máficos, de dominio de minerales verdes, muy anfibólica y granatífera, inequigranular, limpia,

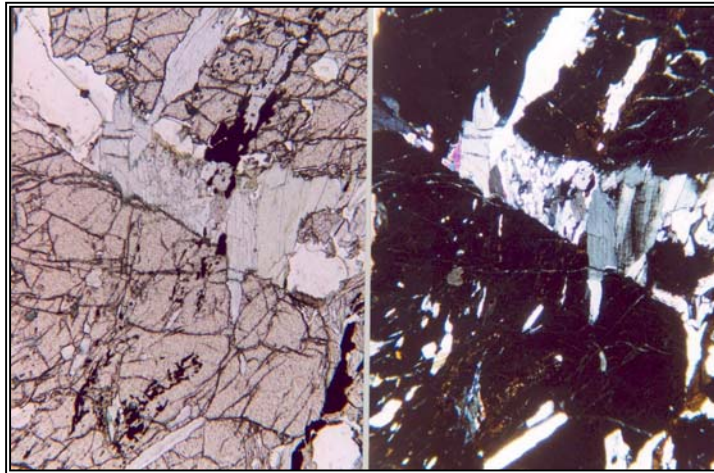
existe variedad de anfíboles. Una de las secciones presenta huecos. No se observa orientación preferencial entre los granos (fig. 45).

Anfíbol: glaucofano y barroisita

La sección r: 37 es completamente glaucofano y granate. Las secciones r: 4 y 18 presentan la barroisita. El color de la barroisita es un verde azul pálido claro y hasta verde mas oscuro, el glaucofano es azul violeta pálido y claro (algunos granos), con pleocroismo débil a moderado el cual va aclarando los tonos verdes hasta un crema pálido. El mineral es anhedral y subhédrico (pocos), con borde corroídos astillosos e irregulares quebrados y hábito algo granudo, pero más hojoso y semi-laminar. Unos pocos granos muestran inclusiones micro laminares de micas blancas, se observan con textura superficial bastante lisa y un buen grupo con una distinción de dirección de clivaje en una dirección, son muy pocos los que conservan ambas direcciones de clivaje cruzadas característica del anfíbol. La asociación es general al resto de los minerales, sobre la sección r: 18 se distribuyen muy unidos, en agregados granulares laminares, los granos por las zonas o espacios que dejan los granates y en general presenta distribución homogénea a lo largo y ancho de la sección.

Granate:

Mineral color rosa claro, pálido, algo sucio, anhedral y subhédrico (pocos), con bordes irregulares fracturados a semi redondeados y habito granudo. Se observan microfracturas, algunas hasta formando grietas que se observan llenas de clorita y algunos anfíboles, presentan alteración a muscovita (pseudomorfo, mineral post-tectónico) (v, Cap. 6, p. 455), algunos granos de una de las secciones presentan como sombreados sobre bordes (observados en nícoles cruzados), también se observan inclusiones de microcristales de diversidad mineralógica, esfena en mayoría y algunos anfíboles. El mineral se presenta porfidoblástico (v, Cap. 6, p. 85). A su vez La asociación es general al resto de los minerales y distribución homogénea sobre las secciones. Las secciones se observan bastante granudas y con el mineral en agregados y con fenocristales.



**Fig. 45. Fotomicrografía de la sección RM-602-r 37. (N: // y X). Glaucofanita granatífera. Parte de porfidoblastos de granate fracturados con fracturas rellenas de clorita y alterado a muscovita. Cristalización post-tectónica.**

Grupo del Epidoto: epidoto

Los minerales son de color crema claro, amarilloso a blanco, de alto relieve, sin pleocroismo, no muy limpios, anhedrales, de bordes irregulares semi redondeados y hábito granudo. Se observan con agrietamientos dentro de los mismos y algo corroídos hacia los bordes, con microfracturas, se observa algo de óxido sobre algunos granos. Equigranulares, con asociación general entre el resto de los minerales y distribución homogénea y dispersa en las secciones.

Clorita:

Mineral verde hoja, claro, con pleocroismo muy débil a casi nulo que aclara a un verde amarilloso casi incoloro, anhedral, de bordes irregulares corroídos y hábito hojoso escamoso. Presenta dificultad para su distinción entre granos triturados de anfíboles y los que están muy rebajados en las secciones. Asociación general al anfíbol y al resto de minerales y distribución homogénea y dispersa en las secciones.

Esfena:

El color del mineral es pardo oscuro, pálido, unos más limpio o puros que otros en una de las secciones (r: 37) de este grupo, sin pleocroismo, entre anhedral y

subhédrico en mayoría, con bordes irregulares suaves a semi lisos y habito granudos alargados, unos pocos semi prismáticos rómbicos alargados. Sobre algunos granos en la sección r: 37 se observan algunas direcciones de clivaje incompletas junto a un grupo de microfracturas, se muestran algunos micro fragmentos alrededor de los granos producto de los bordes quebrados, a su vez exponen algo de oxidación algunos bordes. La asociación es general al resto de los minerales y con distribución inhomogénea en agregados granulares formando pequeños nidos, en zonas dispersas sobre las secciones.

Opacos: pirita y hematita

Mineral muy oscuro, negro, sin pleocroísmo, con luz reflejada sigue observándose muy oscuro y opaco y otro grupo con un brillo uniforme poco metálico latón y rojizo oscuro opaco hacia los bordes, algunos granos de una de las secciones muestran un color ferroso, pardo oscuro rojizo, con leve brillo latón. Son granos anhedrales, de bordes irregulares fracturados y quebrados y habito granudos y deformes. Inequigranulares, con asociación general entre el resto de minerales y con distribución homogénea muy dispersa sobre las secciones. Un grupo de granos de la sección r: 4 se encuentran como triturados (aspecto esquelético) y dispersos alrededor y por pequeñas agrupaciones.

Mica blanca: moscovita.

Las secciones r: 37 y 18 son las que presentan esta mica y r: 18 como mineral traza. Color beige claro, bastante blanco a incoloro, con pleocroísmo muy débil a nulo disminuyendo el tono a incoloro, anhedral, con bordes semi lisos a más lisos sobre los extremos más largos de los granos y corroídos astillosos sobre los borde cortos y habito hojoso laminar. Se observa en mayoría como inclusiones en porfidoblastos, son muy laminares y limpios. Se asocian con preferencia entre los granates y anfíboles y con distribución homogénea y dispersa sobre las secciones.



**Cuarzo:**

Las secciones r: 4 y 18 son las que contienen el mineral. Anhedral, con bordes irregulares suaves y habito granudo, se presenta en granos mono y policristalinos, con alteraciones, causadas por recristalización del pegamento en la realización de la sección. Sobre algunos granos se observan pequeños grupos de microfracturas (pocas) y con inclusiones de microcristales, hasta en los de menor tamaño. Este grupo de minerales se observan como de relleno entre los espacios vacíos que dejan los anfíboles junto a los opacos. La asociación es general y con distribución homogénea en agrupaciones inequigranulares y dispersas sobre las secciones.

**Plagioclasa:**

Este mineral se observó solo en las secciones r: 4 y 18 (en traza). Anhedral, de bordes irregulares y como quebrados y habito granudo. No se aprecian direcciones de maclas, de ningún tipo y son muy pocos los granos que logran distinguirlas muy difusas del tipo albita. Se asocia al cuarzo y en general con distribución dispersa y homogénea sobre las secciones. Es un mineral traza.

**Calcita:**

Se aprecia este mineral bastante dudosa sobre la sección r: 37, de un color crema pálido, a un rosa muy claro, de pleocroísmo muy débil a nulo, anhedral, de bordes irregulares corroídos suaves y habito granudo semi hojoso. No muestra direcciones de clivaje y por ello se dificulta su reconocimiento, se asocia en general al resto de los minerales y de distribución muy dispersa e inhomogénea hacia un lado de la sección.

**Anfibolita epidótica. (r: 42) (Sin granate)**

Macroscópicamente se tiene una roca poco meteorizada, compacta, masiva y homogénea. Afanítica, sin orientación de granos, máfica, de color verde con leves manchones más claros casi blancos de aspecto como moteado.

Al microscopio se observa una sección alterada, no muy limpia y con poca claridad de distinción entre granos de epidoto y anfíbol, notándose con ello que son los minerales mayoritarios de las secciones, equigranular y muy máfica. También se observan unos cuantos granos de cuarzo pero con mal rebajamiento (amarillos), pocos granos de plagioclasa redondeados y en menor proporción microcristales de turmalinas hacia los bordes de la sección y muy dispersos. Se observa presencia de oxidación.

#### Anfíbol: barroisita

Mineral color verde claro a verde azul pálido, con un débil pleocroismo que pasa a color verde crema más claro, inequigranular, anhedral, con bordes irregulares corroídos y habito hojoso. Se observan algunos granos con huecos hacia el centro y sobre los bordes de los mismos junto a microfracturas y pequeños fragmentos disgregados alrededor. Se observa diversidad entre los anfíboles, un grupo conserva y muestran sus sistemas de clivajes en dos direcciones característico de los anfíboles junto a otro grupo que solo muestra una dirección de clivaje y el resto se llega a observar completamente lisos. Como mayoría se observan fenocristales de actinolitas, con alteración y en menor proporción se distinguen algunos granos de barroisitas. La asociación es general al resto de minerales y distribución homogénea en la sección.

#### Grupo del Epidoto: epidoto y zoisita

Minerales color crema verdoso, amarillo pálido, sin pleocroismo, anhedrales, con bordes irregulares corroídos y habito granudo algo semi tabular unos pocos granos. Se observan microfracturas, algunos muy fracturados y disgregados alrededor de los de mayor tamaño. La asociación que presentan es general como formando una especie de gran mezcla junto a los anfíboles, equigranulares, unos pocos se presentan como inclusiones, y con distribución homogénea en la sección. Presenta la variedad de zoisita y en menor proporción, en traza.

**Mica blanca: sericita**

El mineral se presenta color crema muy claro a incoloro, con pleocroismo muy débil casi nulo, aclarando a incoloro y blanco, anhedral, con bordes semi lisos a corroídos y habito hojoso laminar. Se observan granos bastante diminutos y microcristales dispersos y con sus bordes poco marcados. Se asocian en general entre anfíbol, epidoto y con las cloritas en pequeños espacios entre estos granos, y con distribución homogénea y bastante dispersa e individuales sobre la sección.

**Clorita:**

Mineral verde claro, pálido, sin pleocroismo, anhedral, con aspecto de fluido, de bordes irregulares poco marcados (como corroídos) y habito hojoso. Se observa asociado entre los anfíboles y con distribución homogénea y dispersa sobre la sección.

**Cuarzo:**

Se observa un mineral no muy limpio, anhedral, con bordes irregulares un poco corroídos y habito granudo. Se dispersan muchos de estos granos con las plagioclasas no macladas, presentan suaves microfracturas marcadas hacia los bordes. La asociación es general al resto de los minerales y distribución homogénea algo dispersa en la sección.

**Plagioclasa:**

El mineral no esta muy conservado, anhedral semi redondeado, de bordes corroídos poco marcados y habito semi laminar a granudo. Se muestran sólo unos pocos granos y como fragmentos que muestran maclas tipo carlsbad algo difusas, levemente marcadas. Se presentan algunos porfidoblastos donde solo se observan sus bordes ya que poseen grandes granos de anfíboles y epidotos sobre o dentro de ellos. La asociación es general con cuarzo y al resto de minerales y de distribución homogénea.

**Esfena:**

Mineral algo sucio, color ocre pardo, amarillo, sin pleocroismo, anhedral semi redondeado, de bordes irregulares corroídos y habito granudo. Se observan equigranular, y granos de bastante diminutos, microcristales, individuales y dispersos con distribución homogénea en la sección y asociación general al resto de los minerales. Algunos se observan como inclusiones.

**Opacos: hematita**

Mineral oscuro rojizo, sin pleocroismo, con luz reflejada muestran un brillo metálico, dorado, amarillo latón solo en las zonas centrales y hacia los bordes se conservan oscuro rojizo, sin brillo. Hay apariencia de proceso de oxidación. Anhedral, con bordes irregulares y semi corroídos y habito granudo masivo. Se observan fracturados algunos granos y disgregados en micro fragmentos alrededor, se asocian en general al resto de minerales y de distribución dispersa y homogénea sobre la sección.

**Apatito:**

Se aprecia incoloro, de alto relieve, sin pleocroismo, anhedral, de bordes irregular suave y habito granudo masivo. Inequigranular, algunos microcristales como inclusiones, se asocia entre cuarzo y plagioclasa y de distribución dispersa y homogénea sobre la sección.

**Anfibolita granatífera. (eclogítica). (r: 43)**

Macroscópicamente se tiene una roca muy máfica, fresca de poca meteorización, homogénea, masiva y compacta. Color verde alternando con distribución regular entre claro y oscuro, sin orientación de minerales y afanítica.

Al microscopio se observa una roca anfibólica granatífera, de grano grueso, con porfidoblastos, y variedad de actinolita. Se presenta alto grado de alteración, con

grandes granos de clorita, a su vez se aprecian grandes cristales de granate muy fracturados y de fracturas rellenas.

Anfíbol: barroisita.

Granos bastante alterados, color verde claro, pálido y algo verde azul, de pleocroísmo débil aclarando la tonalidad a crema claro verdoso, son anhedrales a subhédricos unos pocos, con bordes irregulares suaves a corroídos y habito hojoso laminar. Se aprecian alteraciones ya que en nicoles paralelos se aprecia un borde sobre los granos con tonos más oscuros que el de los granos, como dando especie de envoltorios finos a algo gruesos algunos granos el aclare de los bordes hacia el centro. Solo pocos granos conservan el sistema de clivaje en dos direcciones y se encuentran bastante fracturados y quebrados tanto dentro de los granos como en los bordes, otros muestran solo una dirección de clivaje y el resto solo se presentan lisos. Inequigranulares, con microfracturas y cloritización, la asociación general al resto de minerales, se aprecian algunos granos con inclusiones microgranulares de esfena y epidoto, entre los que se reconocen, y una distribución homogénea y muy agrupada sobre toda la sección.

Esfena:

El mineral de la sección r: 43 es color ocre oscuro, pardo negruzco, no muy limpio, sin pleocroísmo, con bordes semi lisos a irregulares corroídos y habito granudo y unos pocos semi prismáticos rómbicos largos. Se aprecian en agregados minerales, formando nidos, presentan los bordes envueltos como en una fina mancha negra, al parecer producto de oxidación sobre los borde de algunos granos. Una buena cantidad se encuentran fracturados disgregando fragmentos alrededor de los mismos, otros se aprecian como inclusiones más individuales, la asociación que dan es general al resto de minerales, en numerosas y pequeñas agrupaciones y con distribución homogénea y dispersa en grupos a lo largo de la sección. Se observan esfenas más limpias y oxidadas en el centro.

**Apatito:**

Es un mineral traza en la sección, incoloro, anhedral, de bordes irregulares suaves, alto relieve y habito granudo. La asociación es general al resto de los minerales y con distribución inhomogénea y dispersa en algunos grupos a lo largo de las secciones. Ausencia de este mineral sobre el resto de las secciones.

**Clorita:**

Sobre r: 43 el mineral es color verdoso claro, pálido a crema amarillento (algunos borde incoloros), presentan dificultad en su reconocimiento, con pleocroismo muy débil poco distinguible, que pasa los granos a incoloros, anhedral, con bordes irregulares gastados y habito hojoso. Son bastante confusos entre los anfíboles que alteran y se aprecian con leves oxidaciones. Se presentan algunos como relleno de las fracturas o grietas de los granos de granates y otros son producto de alteraciones. La asociación es general al resto de minerales y con distribución homogénea a lo largo de la sección.

**Biotita:**

Los granos se confunden entre la clorita, mineral de color verde claro pálido, con débil pleocroismo que pasa a crema amarillento el color, anhedral, con bordes semi lisos a corroídos sobre los bordes más cortos y habito hojoso y un poco laminar. Se observan pocos granos con distinción de su dirección de clivaje en una dirección, muy asociada esta mica a la clorita y con el anfíbol, la mayoría muestra un suave aspecto plumoso, se llega a apreciar alterando a clorita y con una distribución homogénea en agrupaciones o agregados micro laminares sobre la sección.

**Granate:**

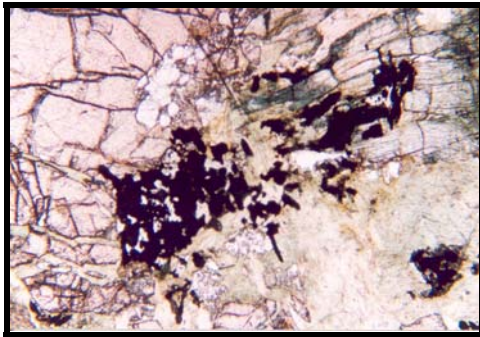
El mineral se distingue sólo en la sección r: 43 y se aprecia de color rosa claro pálido, de alto relieve, sin pleocroismo, anhedral y un poco redondeado, de bordes irregulares quebrados y habito granudo. Se observan microfracturas sobre los granos, la mayoría de los granos de mayor tamaño se presentan agrietados o fracturados y con

las mismas llenas de clorita. Inequigranular, con asociación general al resto de minerales y de distribución homogénea sobre la sección.

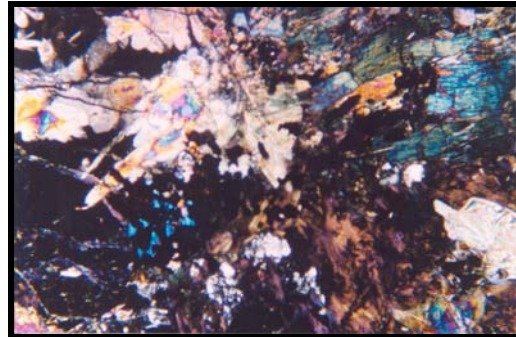
### **Meta-gabros. (r: 41,38)**

**r – 41:** Al microscopio se observa una sección muy epidótica, anfibolítica, donde los cristales de epidoto son bastante equigranulares y con aspecto triturado, separados de los anfíboles por medio de micas blancas muy laminares, los cuales están bordeando porfidoblastos de anfíbol muy poco preservados, con algunos granos alterándose (fig. 46).

**r – 38:** Se aprecia una sección de roca muy máfica, de alto contenido anfibólico con variedad de barroisita y sin orientación preferencial. Inequigranular, alteración sobre algunos granos, a su vez se aprecian granos de clorita y epidoto. Algunos anfíboles se aprecian muy sucios hacia sus bordes, no muestran clivaje y presentan gran cantidad de microfracturas y hasta bordes fracturados y gastados. En algunas zonas de la sección se aprecia un hábito plumoso.



**Fig. 46. Fotomicrografías de la sección RM-602-r 41 (N: //). Meta-gabro.**



**RM-602-r 41 (N:/ X). Meta-gabro. Partes de granate fracturados y con relleno de clorita.**

### **Grupo del Epidoto: epidoto y zoisita**

En la sección r: 41 el mineral es color crema verdoso, amarillosos, poco limpio, sin pleocroismo, anhedral, con bordes irregulares corroídos a fracturados y hábito granudo. Hay numerosa presencia de microfracturas y granos fracturados,

disminuyendo con ello la distinción entre los anfíboles. Equigranulares, con asociación general al resto de minerales y distribución homogénea tipo matriz a lo largo de la sección. Es el mineral mayoritario de la sección.

En la sección r: 38 sólo se observó epidoto, de color crema claro, rosa pálido amarilloso, alto relieve levemente apreciado, sin pleocroismo, anhedral y redondeado, de bordes irregulares corroídos y habito granudo (alargados). En mayoría los granos se muestran fracturados y con microfracturas sobre los mismos, son inequigranulares y se llegan a apreciar fragmentos microgranulares disgregados alrededor de los grupos de granos de epidoto y esfenas de mayor tamaño. La asociación es general junto a los epidotos y entre anfíboles y de distribución homogénea semi agrupados y como inclusiones dentro de algunos granos de cloritas, a lo largo de la sección.

Anfíbol: actinolita y barroisita

La sección r: 41 presenta actinolita, los granos se aprecian algo sucios, con dificultad de diferenciación entre epidoto, color verde, crema pálido, con pleocroismo muy débil a casi no distinguible, anhedrales, con bordes irregulares corroídos a fracturados y habito semi laminar. Se observan muy fracturados y disgregados, equigranulares, alterados y como formando una especie de mezcla tipo matriz junto a los epidotos. La asociación es general al resto de los minerales y distribución homogénea muy junta sobre la sección. Se aprecian hacia los bordes de la sección fenocristales muy terrosos y gastados, por rebajamiento de la sección.

La r: 38 presenta claramente barroisita, granos color verde claro, con suave tonalidad azulosa agua marina, y hacia los bordes reflejan un tono verde azuloso, unos granos se aprecian lisos otros con muchas fracturas y con pequeños fragmentos de epidoto hacia los bordes. Muchos de los granos presentan bordes quebrados, son anhedrales, de bordes corroídos gastados y habito granudo hojoso. Se aprecian algunas inclusiones de esfenas sobre los bordes, se asocian generalmente al resto de los granos y se distribuyen homogéneamente a lo largo de la sección. Se aprecia una pequeña cantidad de granos subhedrales rómbicos pero bastante quebrados y con desgaste mostrando leve clivaje.



**Esfena:**

Sobre la sección r: 31, el mineral muestran un color pardo amarilloso, con alto relieve, sucios, sin pleocroismo, anhedral y en pocos casos subhédrico, de bordes irregulares suaves a corroídos y habito granudo y unos pocos y de muy diminutos semi prismáticos rómbicos largos. Se observan agregados microgranulares en especie de nidos y con bordes y centros poco marcados. Se alcanzan levemente a observar microfracturas y hasta bordes fracturados. Presentan una asociación preferencial a las micas blancas, siguiendo una leve orientación alargada a o largo de la sección y distribución homogénea y dispersa en grupos a lo largo de la sección.

**Mica blanca: moscovita**

Se presenta este mineral sólo sobre las secciones r: 31, 38 y 41 (en trazas), muestra un color verde claro pálido y un pleocroismo muy débil a no distinguibles en ciertos casos, anhedral, de bordes semi lisos corroídos (algo astillosos sobre bordes cortos) y habito laminar hojoso. Se observa equigranular, en granos agrupados de contactos longitudinales semi paralelos, algunos como agregados, como nidos y otros formando finas bandas, orientadas, bordeando, sobre algunos bordes, fenocristales de anfíboles. La mayoría muestra un maclado en una dirección pero alteradas con ondulaciones, algunos granos presentan microfracturas y granos con leve deformación (semi plegados), la asociación es general y junto a esfenas y trozos de epidotos en agrupaciones y distribución inhomogénea a lo largo de la sección. La sección r: 43 no lo presenta.

**Opaco: pirita y magnetita**

La sección r: 31 muestra un mineral muy oscuro, rojizo, sin pleocroismo, anhedral, de bordes corroídos a irregulares suaves y habito granudo. Alto relieve, con luz reflejada se observa 4 grandes granos rojizos (vino tinto) representando la hematita, y los demás reflejando brillo amarillo latón metálico con bordes rojos representando granos de piritas alterándose y oxidados. Sobre algunos granos se aprecian huecos,

bordes quebrados y con microgrietas. La asociación es general al resto de minerales y con distribución homogénea y muy dispersa o separada lo largo de la sección.

En r: 38 el mineral opaco es de color negro rojizo, subhedral y redondeado, de bordes quebrados y suavemente corroídos y habito granudo y unos pocos semi prismáticos. Se aprecia oxidación de algunos granos sobre sus bordes. Se observan granos bastante redondeados y con bordes muy gastados y fracturados, hasta se aprecian algunas fracturas abiertas y en mayoría se presentan bordeados completamente por cloritas los granos de mayor tamaño, otros por epidotos. Inequigranular, de asociación general entre cloritas y epidotos y de distribución inhomogénea hacia uno de los bordes de la sección. Con luz reflejada muestra levemente brillo amarillo latón, alto relieve y hacia algunos bordes solo se aprecian rojo oscuro, sin brillo y otros completamente rojo oscuro. En las secciones r: 41 y 43 no se observó mineral opaco. Puede ser magnetita oxidada a hematita.

#### Apatito:

Es un mineral traza en las secciones r: 31 y 43, incoloro, anhedral, de bordes irregulares suaves, alto relieve y habito granudo. La asociación es general al resto de los minerales y con distribución inhomogénea y dispersa en algunos grupos a lo largo de las secciones. Ausencia de este mineral sobre el resto de las secciones.

#### Clorita:

El mineral de la sección r: 41 muestra un color verde muy claro y crema amarillento, sin pleocroismo a uno muy débil que baja la tonalidad a incoloro y amarillo muy pálido, anhedral, de bordes irregulares suaves a corroídos y semi lisos sobre los bordes más largos y habito semi laminar hojoso. Se observa una textura superficial plumosa, con leve deformación dúctil sobre algunas láminas más finas. Algunos granos están agrupados por zonas sobre la sección y todas juntas semiparalelas, en agregados semi laminares. La asociación es general, en mayoría aisladas en grupos entre ellas, y distribuidas por dispersas zonas semi paralelas

aleatorias homogéneamente a lo largo de la sección, concentrándose hacia el centro las de mayor tamaño ocupado. Producto de cloritización.

La clorita de la sección r: 38 se muestra color crema verdoso claro, anhedral, de bordes corroídos gastados alcanzando a desaparecer algunos y habito hojoso escamoso. Muchos de los granos muestran una textura plumosa, otros son producto de alteración bordeando granos de anfíboles y epidotos. La asociación es generalmente entre los anfíboles y con distribución homogénea dispersa en moderadas agrupaciones, a lo largo de la sección.

Cuarzo:

Ausencia de este mineral sobre la sección r: 38. Mineral no muy conservado, anhedral, de bordes irregulares corroídos y no muy marcados y habito granudo. Presentan dificultad para su reconocimiento entre granos de plagioclasa sin maclas. Se observan algunas inclusiones de microcristales granulares y laminares micáceos (pocos). La asociación que presenta es general al resto de los minerales y con distribución muy dispersa y homogénea entre granos a lo largo de la sección.

### **Meta-diabasa. (r: 31, 35, 5)**

**r – 31:** Al microscopio se observa una sección muy epidótica, anfíbolítica, donde los cristales de epidoto son bastante equigranulares y con aspecto triturado, separados de los anfíboles por medio de micas blancas muy laminares, los cuales están bordeando porfidoblastos de anfíbol muy poco preservados y alterándose algunos granos.

**r – 35:** Al microscopio se observa una sección muy máfica, anfíbólica con una variedad entre barroisitas, entre otros poco reconocibles, se aprecian fenocristales de epidoto y apatito no muy limpios. Se llegan a observar y distinguir una gran distribución de inclusiones. Es una sección muy hojosa y granuda, sin foliación y llegan a observarse grandes granos de apatito (porfidoblastos).

**r – 5:** Se observa al microscopio una sección no muy limpia, en buen estado, sólo una zona aislada presenta recristalización por completo, impidiendo su visualización y estudio. Es una roca inequigranular, feldespática, con cuarzos limpios y plagioclasas con muchas inclusiones, sausuritizadas. Se aprecian biotitas y gran cantidad de cloritas, por cloritización. Hay leve oxidación alrededor de los granos de plagioclasas de las micas verdes, a su vez se aprecia sobre algunas de las grietas de los cuarzos (fig. 47).

Anfíbol: barroisita y tremolita.

Sobre la sección r: 31 se observa la variedad de barroisita, de color crema pálido, gris pardoso muy claro de tono verde amarillento, con pleocroísmo muy débil aclarando a crema amarillento bastante claro, anhedral, de bordes corroídos a gastados y habito hojoso granudo. Los granos son inequigranulares, con porfidoblastos que muestran grietas que los atraviesan pero sin ningún tipo de relleno de algún mineral. Los granos están muy alterados que hasta pierden sus direcciones de clivaje, son muy pocos los que muestran levemente y hacia los bordes sus direcciones de clivaje característico. Se observan sobre sus bordes finos envoltorios de micas blancas y microcristales fracturados de epidotos y esfenas, a su vez se aprecian inclusiones de epidotos y esfenas. La asociación es general y con distribución homogénea y como fenocristales sobre la sección y sin orientación.

La sección r: 35 muestra un mineral color verde claro, pardoso y hasta verde azul, de pleocroísmo moderado a débil que pasa los granos a crema verdoso y amarillo claro, anhedral y subhédrico, de bordes irregulares suaves a corroídos y habito hojoso semi laminar. Los granos se aprecian bastante fracturados hasta algunos bordes y a su vez con microfracturas, se presentan variación entre estos granos, unos bastante pequeños muy bien conservados donde muestran sus direcciones de clivaje y otros en mal estado donde ni siquiera los presentan, son lisos e incompletamente muestran una sola dirección de clivaje. Los granos subhédricos, de forma rómbica y hexagonal redondeadas presentan en mayoría bordes y centros gastados y corroídos. Son inequigranulares, de asociación general al resto de los minerales y es el mayoritario

entre los mismos, y con distribución homogénea, muy juntos en contactos longitudinales y como interdigitados, a lo largo de la sección.

Sobre r: 5 el mineral se aprecia de color verde oscuro, con débil pleocroismo que los pasa a beige claro e incoloro, no muy limpio, anhedral, de bordes irregulares corroídos y habito laminar hojoso y unos pocos semi tabulares. Se llegan a observar algunas micro fracturas y con borde poco marcados, son muy pocos los granos que conservan sus direcciones de clivaje en dos direcciones y el resto solo lisos y con una solo dirección de clivaje. La asociación que muestran es general y entre las micas verdes y con distribución homogénea a lo largo de la sección.

Grupo del Epidoto: epidoto y zoisita.

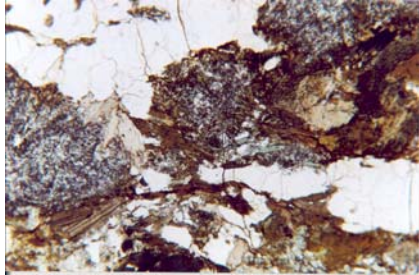
La sección r: 31 presenta ambas variedades, color crema verdoso amarillento, sin pleocroismo, no muy limpios, anhedrales, de bordes irregulares y habito granudo. En contacto se observan grandes concentraciones céntricas muy granuda, en agregados granulares, sin espacios para otros minerales. Algunos granos presentan microfracturas, en mayoría los que poco conservan distinguibles los clivajes. Se asocian entre los mismos y generalmente al resto de los minerales ya que forman como especie de matriz y con distribución homogénea y muy junta o agrupada sobre la sección.

En las secciones r: 35 y 5 se aprecia de color crema claro, no muy limpio, sin pleocroismo, anhedral, de bordes irregulares y habito granudo masivo. Algunos de los granos se presentan como porfidoblastos, de moderado relieve y grano grueso, muestran asociación general entre anfíbol y con una distribución homogénea y dispersa sobre las secciones.

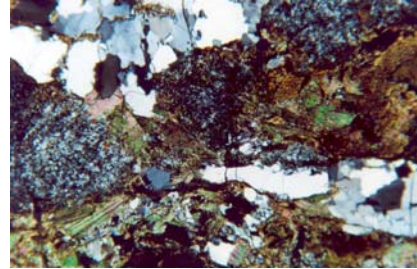
Granate:

Mineral de color rosáceo amarillento, anhedral, de bordes irregulares semi corroídos y habito granudo masivo. Algunos granos se muestran poco marcados sus bordes y se observan fragmentos disgregados, microgranulares, redondeados

alrededor de los de mayor tamaño, pocos conservados. La asociación es general al resto de los minerales y con distribución homogénea, dispersa y por pequeños agregados granulares separados entre los mismos sobre las secciones.



**Fig. 47. Fotomicrografías de la sección RM-602-r 5 (N: //). Meta-diorita**



**RM-602-r 5 (N: X). Meta-diorita Granos de plagioclasa completamente saussuritizada, agregados de cuarzo y mica verde.**

**Apatito:**

Mineral incoloro, de alto relieve, sin pleocroismo, bastante confuso entre los epidoto más limpio, anhedral, de bordes irregulares corroídos suavemente y habito granudo masivo. Se llegan a observar como fenocristales, algunos granos muestran microfracturas leves y hasta algunos bordes fracturados, se asocian en general al resto de minerales entre los anfíboles y con distribución homogénea y muy dispersa en la sección. Sobre la sección r: 5 se muestran en dominio como inclusiones sobre plagioclasas y con distribución inhomogénea y sin orientación a lo largo de la sección.

**Esfena:**

Se aprecia un mineral bastante diminuto, pequeños (<0.10mm), color pardo oscuro, sucios, sin pleocroismo, anhedral y alargado, de bordes irregulares suaves y levemente corroídos y habito granudo. Se aprecian en agregados granulares, formando especie de nidos, junto con micro fragmentos disgregados alrededor de los mismos, se asocian en general al resto de los minerales y de distribución homogénea y bastante dispersa en los respectivos agregados y microcristales individuales sobre las secciones.

La esfena de la sección r: 5 muestra granos color pardo oscuro, rojizo, amarillo ocre, con bordes irregulares corroídos y habito granudo. Se observan algunos bordes quebrados y con micro fragmentos alrededor de los mismos. La asociación es general más hacia las biotitas.

#### Plagioclasa:

Mineral observado sólo en la sección r: 5, anhedral, de bordes corroídos irregulares y habito granudo y semi laminar muy pocos. Se aprecian y se distinguen con dificultad por presentarse completamente llenos de inclusiones con microcristales, eliminando la visualización de las maclas, muchos irreconocibles y entre las inclusiones de microcristales que se llegan a reconocer están los apatitos, turmalinas y micas verdes. Se observa leve oxidación sobre algunos granos, en mayoría sobre los de bordes corroídos por micas verdes y pardas muy laminares. Presentan una asociación general al resto de minerales y distribución homogénea en grandes granos y poco dispersos pero con contactos entre los mismos, a lo largo de la sección.

#### Cuarzo:

Sólo presente en la sección r: 5, es anhedral, de bordes irregulares y habito granudo. Se aprecian algunas microfracturas sobre los granos y se presentan tanto mono como policristalinos. La mayoría de los bordes se aprecian corroídos e inclusionados por los minerales micáceos. Sobre algunos granos se observan inclusiones pero en muy poca proporción, entre ellas la mayor parte de micas verdes. La asociación de estos granos es general entre la plagioclasa y al resto de los minerales y con distribución homogénea y algo dispersa en agregados granulares sobre la sección.

#### Biotita:

Esta presente en la sección r: 5 y el mineral es color verde claro, con pleocroismo moderado que pasa a crema claro amarillento y pardo claro, anhedral, de bordes

irregulares suaves a corroídos, algo astillosos sobre los lados más cortos y habito laminar hojoso. Se observa alteración a clorita, cloritización y una suave deformación tipo dúctil, muy leve, no guardan orientación preferencial y están agrupados en agregados laminares con contactos longitudinales y semi paralelos algunos. Presentan asociación general al resto de los minerales y distribución homogénea a lo largo de la sección.

#### Clorita:

El mineral se presenta en la sección r: 5, de color verde parduzco, pálido, sin pleocroismo, anhedral, de bordes irregulares suaves a gastados y habito hojoso algo escamoso. Se aprecia con asociación preferencial a la biotita y con distribución homogénea sobre la sección. Se determinó como producto de alteración de micas.

#### Opaco: hematita y pirita.

Mineral presente sólo sobre la sección r: 5, opaco, anhedral, muy pequeños, de bordes irregulares y habito granudo masivo. En luz reflejada se aprecia un brillo metálico, latón, mostrando las piritas, otros granos presentan colores rojizos y se aclaran hacia los bordes, mostrando las hematitas. La asociación es general al resto de minerales y distribución homogénea y dispersa a lo largo de la sección.

#### *Rocas meta-ígneas ultramáficas:*

##### **Serpentinitas. (r: 11,39,17)**

En general, se presenta una roca completamente serpentizada poco meteorizada, homogénea y masiva, de brillo entre craso y céreo, con minerales muy hojosos, foliada y afanítica. Color verde oscuro con algunas finas vetillas en superficie de un mineral verde más claro.

Al microscopio se observan secciones con un contenido casi en 90% o más de mineral de serpentina, con algunas alteraciones a talco (en trazas) en todas las



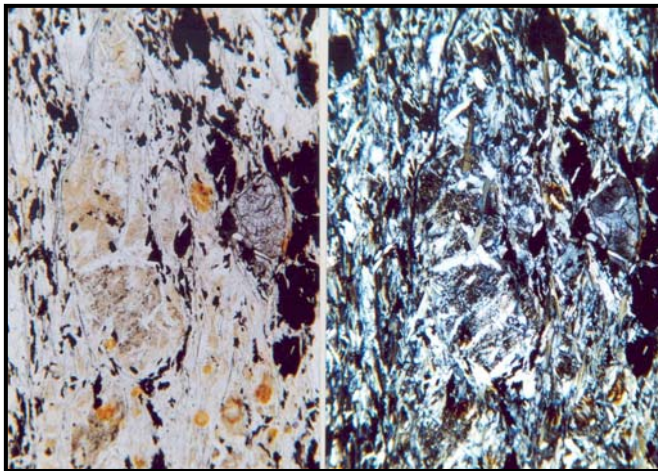
secciones. Se observa textura superficial plumosa, a modo de hebras finas muy compactas semi paralelas (fig.48).

Serpentina: antigorita

Mineral incoloro a crema claro verdoso amarilloso, con pleocroismo muy débil a nulo, de bordes semi lisos astillosos y hábito hojoso plumoso. Se observa proceso de serpentización y alteración a talco. Hay presencia de granos muy sucios de esfena y algunos opacos, disgregados en finos hilos bandeados entre la serpentina y con aspecto filamentososo (opaco irreconocible, posible magnetita o cromita) acompañado con algo de oxidación.

Opacos: pirita y magnetita

Opacos y con luz reflejada se llegan a apreciar igual de opacos sin brillo y como crasos y en otros casos da brillo metálico, amarillo ocre como latón, de alto relieve, algunos fracturados y rellenos de serpentina. La asociación es general al resto de minerales y de distribución muy dispersa y homogénea sobre la sección.



**Fig. 48. Fotomicrografía de la sección RM-602-r 17 (N: // y X). Serpentina. Serpentinita con traza de epidoto y algo de oxidación, cromita.**

Talco: (trazas)

El mineral es incoloro a algo amarillento, por oxidación, sin pleocroismo, de bordes irregulares suaves semi corroídos y hábito hojoso y de aspecto como plumoso.

Es producto de alteración de la serpentina, guardan equigranularidad, se asocian entre la serpentina y con una distribución bastante dispersa e individual y homogénea sobre las secciones.

#### Bastita:

La sección r: 11 es la única que muestra trazas de este mineral, de color blanco amarillento a incoloro, de pleocroismo muy débil a nulo, anhedral alargado, de bordes irregulares y habito hojoso. La asociación es general al resto de minerales y de distribución muy dispersa y en pequeños agregados laminares y homogénea sobre la sección. El mineral es muy probable producto de alteración del mineral enstatita, un orto piroxeno alterado a una variedad de antigorita tabular denominada bastita.

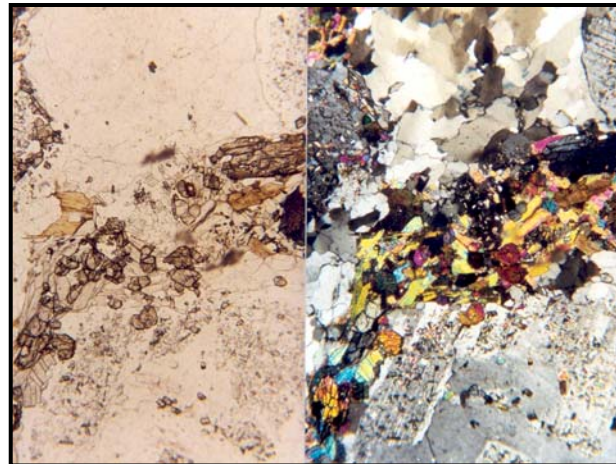
#### Grupo del Epidoto: epidoto

Se aprecia como mineral traza sobre las secciones r: 17 y 11 solamente, de color crema muy claro, sin pleocroismo, de bordes irregulares y habito granudo. Guardan equigranularidad, alto relieve, no aparece muy limpio, de asociación general entre la serpentina y de distribución muy dispersa y homogénea sobre las secciones.

**CUENCA: RÍO NAIGUATÁ.****Petrografía***Gneises:***Augengneis cuarzo feldespático micáceo. (r: 13)**

Macroscópicamente se observa una muestra de roca fresca, de color blanco grisáceo, homogénea, de minerales orientados, desarrollo de ojos en la cual se observa el maclado tipo Carlsbad en el microclino. Tamaño de grano grueso.

Al microscopio se observa una muestra heterogénea bastante limpia, con porfidoblastos de microclino y plagioclasa sausrinizada. El microclino se encuentra generalmente formando ojos. Las micas se encuentran pseudo-orientadas, se distorsionan para rodear los granos de feldespato para formar los ojos (fig. 49).



**Fig. 49. Fotomicrografía de la sección RN-802-r 13 (N: // y X). Augengneis cuarzo feldespático micáceo. Plagioclasa con bordes albíticos. Micas y epidoto formando la textura augen bordeando al feldespato K.**

**Plagioclasa:**

Anhedral de bordes irregulares, con hábito masivo. Se encuentra sausrinizada. Poiquiblastística con inclusiones de epidoto y apatito. Presenta maclado tipo Albita y Periclino poco visible y en algunos granos el maclado está ausente. Se presenta también como parches peritéticos dentro del microclino, con maclado tipo Albita y poiquiblastística. Desarrollo de bordes albíticos entre plagioclasa y microclino (v, Cap. 6, p. 93). Asociada a todos los minerales presentes y su distribución es homogénea en la sección.

**Microclino:**

Anhedral de bordes irregulares, con hábito masivo-granular. Presenta maclado en rejilla difuso y tipo Carlsbad. Posee a su vez parches peritéticos e inclusiones de plagioclasa tabular poiquiloblástica maclada tipo Albita. Lo atraviesan trenes de cuarzo microgranular. Los intercrecimientos peritéticos también tienen forma de llamas. Se observan sombras de presión. Asociado a todos los minerales presentes y su distribución es irregular en la sección.

**Cuarzo:**

Anhedral de bordes irregulares, con hábito masivo-granular, en parches gruesos de cuarzo policristalino y en vetas finas de cuarzo microgranular atravesando los porfidoblastos de microclino. Asociado a todos los minerales presentes y su distribución es irregular en la sección.

**Grupo del Epidoto: epidoto**

De color amarillento, sin pleocroismo, subhedral de bordes lisos e irregulares, con hábito prismático corto y granular. Microcristales prismáticos como inclusión. Asociado principalmente a las micas y plagioclasa y su distribución es irregular en la sección.

**Mica blanca: muscovita y sericita**

Incolora, subhedral de bordes lisos y corroídos, con hábito hojoso-laminar y en agregados tabulares. Presenta intercalaciones de biotita. Poiquiloblástica con inclusiones de esfena y epidoto. Se presenta en su variedad sericita, incolora, diminuta y escamosa. Asociada a todos los minerales presentes y su distribución es irregular en la sección.

**Biotita:**

De color pardo con fuerte pleocroismo que va del crema al pardo oscuro, subhedral de bordes lisos y corroídos, con hábito hojoso y tabular. Algunas hojas

alterando a clorita. Poiquiloblástica con escasas inclusiones de esfena. Asociada a todos los minerales presentes y su distribución es irregular a lo largo de la sección.

Apatito:

Incoloro de alto relieve, anhedral de bordes irregulares, con hábito granular, asociado a la plagioclasa. Escaso.

Esfena:

Accesorio común. De color pardo oscuro, sin pleocroismo, anhedral de bordes redondeados, con hábito granular y en agregados granulares formando nidos. Asociada a las micas. Escasa.

Opacos: hematita

La hematita se observa a la luz reflejada de color rojo sangre, anhedral de bordes irregulares, con hábito granular. Asociada a todos los minerales presentes. Escasa.

### **Gneis cuarzo plagioclásico micáceo granatífero. (con microclino) (r: 3, 32)**

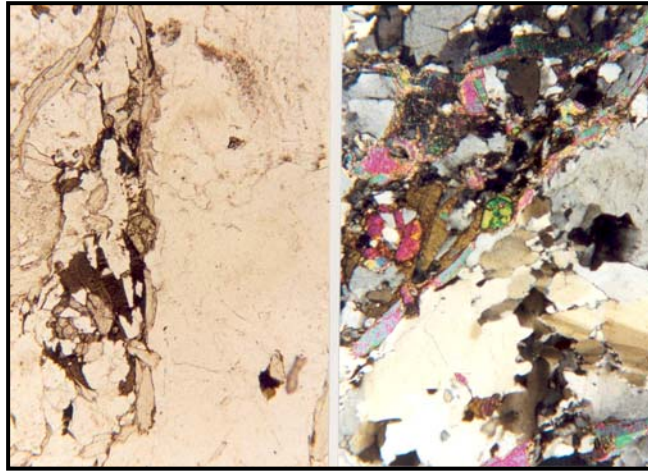
Macroscópicamente se observa una muestra de roca fresca, de color blanco grisáceo, micáceo, de minerales orientados, con tamaño de grano fino y medio, homogénea.

Al microscopio se observan muestras homogéneas y limpias, solo se observan algunas micas, epidoto granate y esfenas. La mayoría de granos que la componen son de cuarzo y feldespatos (fig. 50).

Plagioclasa:

Anhedral de bordes irregulares, hábito masivo-granular. La mayoría de los granos de este mineral se presenta sin macla. Escasos con macla tipo Carlsbad y tipo Albite donde los trenes de macla son discontinuos y distorsionados, donde no se puede determinar el % de An. Escasas inclusiones de muscovita y epidoto. Presenta

microfracturas paralelas en la superficie. Asociada a todos los minerales presentes y su distribución en la sección es irregular.



**Fig. 50. Fotomicrografías de la sección RN-802-r 3 (N: // y X). Gneis cuarzo plagioclásico micáceo granatífero. Parte de un porfidoblasto de cuarzo con micas lepidoblásticas y epidoto.**

#### Microclino:

Anhedral con bordes irregulares, hábito masivo granular. Maclado en rejilla difuso. Presenta intercrecimiento pertítico en parches. Algunas pertitas presentan macla. Asociado a todos los minerales presentes y su distribución dentro de la sección es irregular.

#### Cuarzo:

Anhedral de bordes irregulares, con hábito masivo-granular y en bandas gruesas y parches de cuarzo policristalino. Con extinción ondulatoria. Microfracturas en su superficie. En la muestra (r: 32) estas fracturas se pronuncian. Asociado a todos los minerales presentes y su distribución en la sección es irregular.

#### Mica blanca: muscovita y sericita.

Ligeramente oscurecida y pleocróica en tonos verdosos, subhedral de bordes irregulares, con hábitos hojoso y tabular. Algunas hojas poiquiloblásticas con

inclusiones de epidoto y esfena. Presenta textura lepidoblástica. Asociada a todos los minerales presentes y su distribución es irregular en la sección.

Grupo del Epidoto: epidoto

De color amarillento y sin pleocroismo, subhedral de bordes irregulares, con hábito granular y prismático corto. Granos fracturados y disgregados. Asociada a todos los minerales presentes y su distribución en la muestra es irregular.

Biotita:

De color pardo y con pleocroismo fuerte que va del crema al pardo oscuro, anhedral, de bordes lisos y corroídos, con hábito hojoso-laminar. Altera a clorita. Algunas hojas con escasas inclusiones de esfena. Asociada a la muscovita y su distribución en la muestra es irregular.

Granate:

De color rosa claro y sin pleocroismo, subhedral, con hábito poligonal y granular. Cristales fracturados y algo oxidados. Algunas zonas sustituidas por biotita. Escaso.

Esfena:

De color pardo sin pleocroismo, de anhedral a subhedral, de bordes redondeados, se presenta en agregados granulares en forma de nido y rómbicos. Asociada al epidoto y a las micas principalmente y su distribución en la sección es irregular.

Clorita:

De color verde y con pleocroismo débil. En las hojas donde aún se observa la presencia de la biotita el pleocroismo es fuerte, que va de crema al verde grama. Anhedral de bordes irregulares y corroídos, con hábito escamoso-hojoso. Asociada a las otras micas y su distribución es irregular en la sección.

**Opacos: pirita**

Ausente en la muestra (r 32). La pirita a la luz reflejada se ve de color amarillo latón, anhedral a subhedral, de bordes lisos e irregulares, con hábitos granular, poligonal y esquelético alargado. Asociada a todos los minerales presentes y su distribución es irregular en la sección.

**Apatito:**

Incoloro, de alto relieve, anhedral de bordes redondeados, con hábito granular. Granos fracturados. Asociado a las micas y epidoto generalmente. Escaso.

**Gneis cuarzo plagioclásico micáceo. (Sin microclino) (r 33 y 50)**

Macroscópicamente se observa una muestra de roca ligeramente meteorizada, de color grisáceo, de minerales orientados, con tamaño de grano medio, homogénea.

Al microscopio se observan muestras homogéneas, algo sucias, con micas de textura lepidoblástica, bien orientada. La mayoría de granos que la componen son de cuarzo y feldespato (fig. 51).

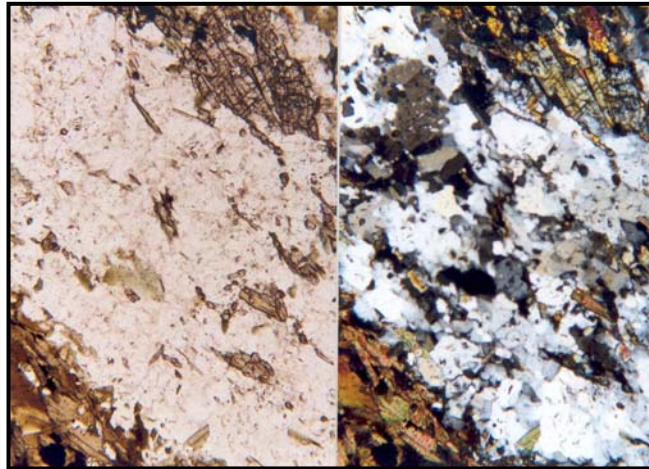
**Plagioclasa:**

Anhedral de bordes irregulares, hábito masivo-granular. La mayoría de los granos de este mineral se presenta sin macla. Escasos con macla tipo Carlsbad y tipo albita donde los trenes de macla son discontinuos y distorsionados, donde no se puede determinar el % de An. Escasas inclusiones de muscovita y epidoto. Presenta microfracturas en la superficie. Asociada a todos los minerales presentes y su distribución en la sección es irregular.

**Cuarzo:**

Anhedral de bordes irregulares, con hábito masivo-granular y en bandas gruesas y parches de cuarzo policristalino. Microfracturas en su superficie. Asociado a todos los minerales presentes y su distribución en la sección es irregular.





**Fig. 51. Fotomicrografías de la sección RN-802-r 50(N: // y X). Gneis cuarzo plagioclásico micáceo. Mica lepidoblástica y agregados de cuarzo y feldespato intercalados y orientados. Porfidoblastos de epidoto.**

Mica blanca: muscovita, sericita y fengita.

Ligeramente oscurecida y pleocrómica en tonos verdosos, subhedral de bordes irregulares, con hábitos hojosa-laminar y escamoso. Algunas hojas poiquiloblásticas con inclusiones de epidoto y piritita. Presenta textura lepidoblástica. Se presenta en su variedad sericita, diminuta y escasa. La fengita aparece en la muestra (r: 50). En la muestra (r: 33) se intercala con biotita. Asociada a todos los minerales presentes y su distribución es irregular en la sección.

Grupo del epidoto: epidoto y zoisita.

De color amarillento y sin pleocroismo, subhedral de bordes irregulares, con hábito granudo y prismático corto. Granos fracturados y disgregados. Ausente en la muestra (r: 33). Se presenta también la variedad zoisita, que se caracteriza por presentar color de interferencia anómalo azul de prussia en la muestra (r: 50) con hábito columnar. Asociada a todos los minerales presentes y su distribución en la muestra es irregular.

Biotita:

De color pardo y con pleocroismo fuerte que va del crema al pardo oscuro, y pardo rojizo en la muestra (r: 33), subhedral, con hábito tabular-laminar. Altera a clorita.

En la muestra (r: 33) se intercala con la muscovita. Asociada a la muscovita y su distribución en la muestra es irregular.

#### Esfena:

De color pardo terroso y sin pleocroismo, de anhedral a subhedral, de bordes redondeados, se presenta en agregados granulares en forma de nido y rómbico. En la muestra (r: 50) la esfena se observa casi negra ya que su núcleo está sustituido por pirita. Asociada al epidoto y a las micas principalmente y su distribución en la sección es irregular.

#### Clorita:

De color verde y con pleocroismo débil. En las hojas donde aún se observa la presencia de la biotita el pleocroismo es fuerte, que va de crema al verde grama. Anhedral de bordes irregulares y corroídos, con hábito escamoso-hojoso. Asociada a las otras micas y su distribución es irregular en la sección. Ausente en (r: 33).

#### Calcita:

Solo aparece en la muestra (r: 33). Algo oscurecida con pleocroismo moderado que es donde se oscurece. Anhedral de bordes irregulares, se presenta en agregados amorfos, vetillas y parches. Generalmente se observa sobre la plagioclasa y su distribución en la sección es irregular.

#### Opacos:

La pirita a la luz reflejada se ve de color amarillo latón, anhedral a subhedral, de bordes lisos e irregulares, con hábitos granular, cúbico y esqueletal alargado. Asociada a todos los minerales presentes y su distribución es irregular en la sección.

#### Apatito:

Incoloro, de moderado relieve, anhedral de bordes redondeados, con hábito granular. Granos fracturados. Asociado a las micas y epidoto generalmente. Escaso.

**Gneis plagioclásico cuarzo biotítico (sin muscovita) (r: 28)**

Macroscópicamente se observa una muestra de roca fresca, bandeada en tonos gris oscuro y blanco, con minerales orientados, tamaño de grano medio en las bandas grises y grueso en las bandas blancas. Heterogénea.

Al microscopio se observa una muestra homogénea de plagioclasa sausriritizada y biotita moderadamente orientada (lepidoblástica) y cuarzo masivo (fig. 52).

**Plagioclasa:**

Como se encuentra alterada su color es gris mate, anhedral de bordes irregulares hábito masivo granular. Con maclado difuso tipo Albita y ausente en otros donde no se pudo determinar el % de An. Asociada a todos los minerales presentes y su distribución es homogénea en la sección.

**Biotita:**

De color pardo con pleocroismo fuerte que va del crema al pardo rojizo, de bordes lisos e irregulares, subhedral, se presenta en agregados tabulares-laminares, sin alteración. Presenta escasas inclusiones de pirita. Asociada a la plagioclasa y su distribución es homogénea en la sección.

**Cuarzo:**

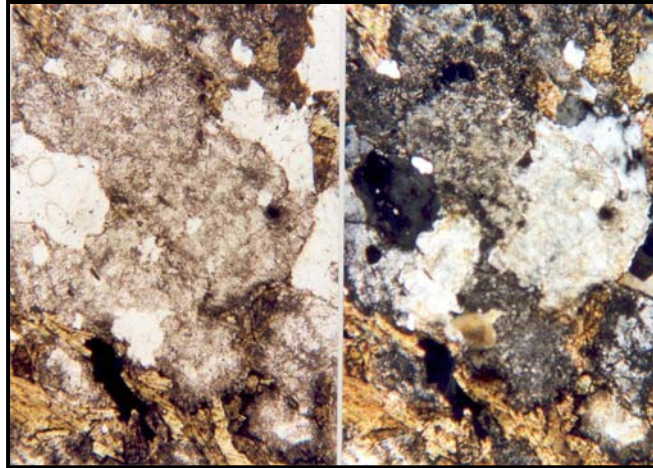
Anhedral de bordes irregulares, con hábito masivo-granular. Presenta extinción ondulatoria. Asociado a todos los minerales presentes y su distribución es irregular en la sección.

**Apatito:**

Incoloro y de alto relieve, anhedral de bordes redondeados, con hábito granular. Algunos granos fracturados. Escaso.

¡Error!

**Fig. 52. Fotomicrografías de la sección RN-802-r 28 (N:// y X). Gneis plagioclásico cuarzo biotítico. Porfidoblastos de plagioclasa completamente sausrinizados, biotita y cuarzo.**



Opacos: pirita

La pirita se observa a la luz reflejada de color amarillo latón, de bordes irregulares y corroídos, con hábito granular y esqueletal. Asociada a todos los minerales presentes y su distribución es irregular.

*Esquistos moteados:*

Macroscópicamente se observa una muestra de roca de color verde oscuro, ligeramente meteorizada, donde no se observa orientación de minerales, con tamaño de grano fino (afanítica). La superficie de esta roca está cubierta por moticas redondeadas de color blanco. Homogénea.

En general al microscopio se observa una muestra homogénea, caracterizadas por desarrollar ovoides de plagioclasa, rodeadas de anfíbol o biotita, donde la plagioclasa es poiquiloblástica y las micas y el anfíbol presentan una ligera orientación (fig. 53).

Se presentan las siguientes clases:

**Esquisto plagioclásico biotítico anfibólico. (Con granate) (r: 8, 17 y 27).**

**Esquisto plagioclásico biotítico epidótico. (Sin granate) (r: 5).**

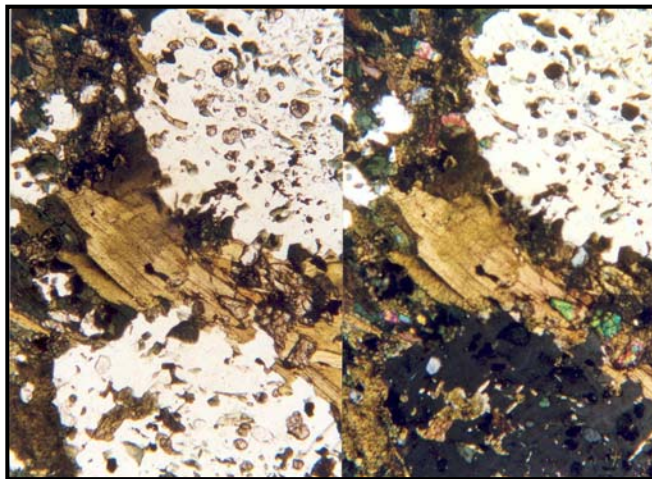
Cabe destacar que sin embargo las características descriptivas y distribución de los minerales son las mismas.

**Plagioclasa:**

Se presenta en su variedad albíta. Anhedral de bordes irregulares y con hábito masivo granular en forma de ovoides (fig. 53). Presenta textura porfidoblástica (v, Cap. 6, p. 85), y poiquiloblástica con inclusiones de esfena, apatito, anfíbol, pirita y granate. No se observan maclas, escasos granos con maclado tipo Carlsbad. Presencia de microfracturas no continuas en su superficie. Asociada y en equilibrio con todos los minerales presentes y su distribución es homogénea en toda la sección.

**Biotita:**

De color pardo con fuerte pleocroísmo que va de crema al pardo oscuro, de subhedral a anhedral, de bordes rectos y corroídos, con hábito tabular y escamoso, algunas hojas no presentan clivaje debido a que el corte fue realizado paralelo al clivaje. Es poiquiloblástica con inclusiones de esfena, apatito, epidoto, anfíbol y pirita. Asociada principalmente al anfíbol pero en general en equilibrio con los demás minerales presentes y su distribución es homogénea en la sección.



**Fig. 53. Fotomicrografías de la sección RN-802-r 8 (N: // y X). Esquisto plagioclásico biotítico anfibólico. Porfidoblastos de plagioclasa tipo albíta, ovoidal y poiquiloblástica, bordeadas de micas. Sección más representativa de un esquisto moteado.**

**Grupo del Epidoto: epidoto**

De color amarillento y sin pleocroísmo, de subhedral a anhedral de bordes rectos e irregulares, con hábitos granular, poligonal y prismático. Presenta granos fracturados.

Asociado generalmente a las micas y anfíbol y su distribución en de la sección es irregular.

#### Barroisita:

Los cristales se muestran de color verde y con pleocroismo fuerte, que va del crema al verde azul, algunos cristales no muestran pleocroismo. Anhedral, de bordes irregulares, con hábitos hojoso, tabular y granular. En las muestras (r: 17 y 27) los cristales están muy fracturados. En r: 17 (fig. 55), la barroisita se presenta porfidoblástica (v, Cap. 6, p. 85). Muchos de los granos no presentan clivaje. Asociada a las micas y epidoto generalmente y su distribución es irregular en la sección.

#### Cuarzo:

Ausente en las muestras (r: 8 y 27). Anhedral de bordes irregulares, se presenta en parches y bandas cortas de cuarzo policristalino. Con algunas microfracturas en su superficie. Asociado a todos los minerales presentes y su distribución es irregular en la sección.

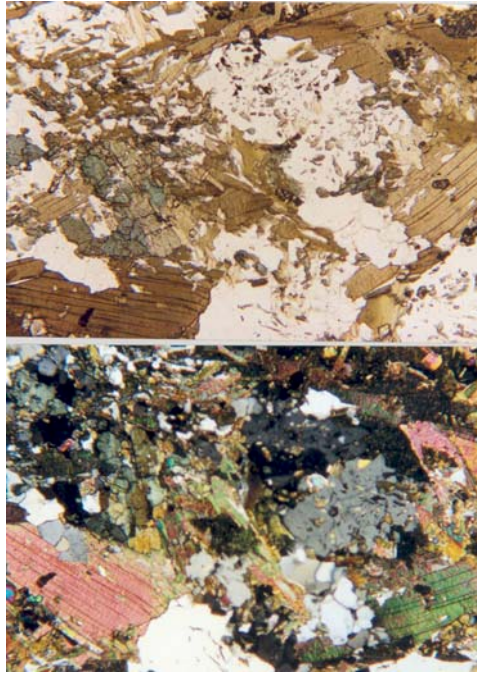
#### Clorita:

Ausente en las muestras (r: 5 y 27). De color verde y con pleocroismo débil en tonos verdosos, anhedral de bordes irregulares y corroídos, con hábito escamoso, ligeramente poiquiloblástica con inclusiones de epidoto y pirita. Algunas hojas se presentan intercaladas con biotita. Asociada al anfíbol y biotita y su distribución es irregular en la sección.

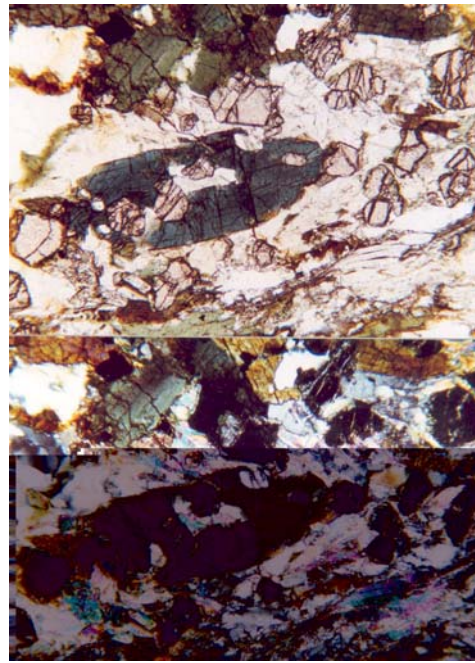
#### Mica blanca: muscovita

Se presenta solo en las muestras (r: 5 y 17). Anhedral de bordes irregulares y corroídos, con hábito hojoso-laminar. Asociada al anfíbol y a la biotita y su distribución es irregular en la sección.





**Fig. 54. Fotomicrografías de la sección RN-802-r 5 (N: // y X). Esquisto plagioclásico biotítico epidótico. Porfidoblastos de biotita y plagioclasa poiquiloblástica en esquisto moteado.**



**Fig. 55. Fotomicrografías de la sección RN-802-r 17 (N: // y X). Esquisto plagioclásico biotítico anfibólico. Cristales de anfíbol verde azul porfidoblástico y granates pseudo hexagonales.**

Esfena:

De color pardo, no pleocrónica, anedral de bordes redondeados, con hábitos granular y en agregados en forma de nidos. Asociada al epidoto, micas y anfíbol y su distribución es irregular en la sección.

Granate:

Ausente en (r: 5). De color rosa claro y sin pleocroismo, de anedral a subhedral, de bordes irregulares y redondeados, con hábitos granular y poligonal, presencia de granos fracturados. Algunos de los granos presentan sus fracturas rellenas de clorita, y en la superficie se observan algunas laminillas de óxido (r: 17). Asociado a todos los minerales presentes y su distribución es irregular en la sección.

**Apatito:**

Anhedral y de alto relieve, de bordes redondeados e irregulares, con hábito granular. Algunos granos fracturados. En la muestra (r: 17) se presentan porfidoblastos de este mineral fracturados. Asociado a todos los minerales presentes y su distribución es irregular en la sección.

**Opacos: pirita**

La pirita se presenta a la luz reflejada de color amarillo latón. Anhedral de bordes irregulares y corroídos, de hábito granular y esqueletal. Asociada a todos los minerales presentes y su distribución es irregular en la sección. Ausente en la muestra (r: 5).

**Turmalina:**

De color verde botella ligeramente pleocrómica, anhedral de bordes irregulares, con hábito astilloso y granular. Escasa.

***Esquistos no motados:***

Macroscópicamente se observa una muestra de roca ligeramente meteorizada, de color gris verdoso, la mayoría de ellos presenta abundantes astillas de color verde. Ligeramente orientada, homogénea y afanítica.

Al microscopio se observa que la mayoría de ellas con abundante clorita y epidoto. Estas muestras se caracterizan por ser homogéneas, con abundante plagioclasa albita en forma de ovoides (aspecto moteado). Las micas presentan ligera orientación, no se genera una buena foliación (figs. 56, 57 y 58).



**Esquisto plagioclásico epidótico clorítico micáceo. (r: 35, 38, 44, 48)****Plagioclasa:**

Se presenta en su variedad albita. Anhedral de bordes irregulares y con hábito masivo granular en forma de ovoides. Presenta textura poiquiloblástica con inclusiones de esfena, epidoto, clorita, y anfíbol. La mayoría de los granos no maclados, escasos granos con maclado tipo Carlsbad y Albita. Presencia de microfracturas no continuas en su superficie. Asociada y en equilibrio con todos los minerales presentes y su distribución es homogénea en la sección.

**Cuarzo:**

Anhedral de bordes irregulares. Se presenta en parches de cuarzo policristalino, asociado a todos los minerales presentes y de distribución irregular en la sección.

**Mica blanca: muscovita y fengita**

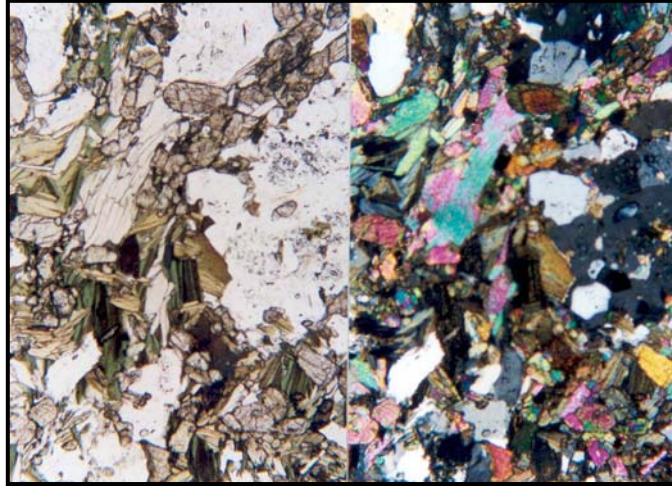
Incolora, en algunos casos algo oscurecida, no pleocróica. De anhedral a subhedral, de bordes rectos e irregulares, con hábitos escamoso y hojoso. Presenta intercalaciones de biotita en (r: 44). Se presenta también la variedad fengita, con intercalaciones de banditas finas de color verde en (r: 35 y 44). Algunas hojas no presentan clivaje debido a que el corte fue realizado paralelo al mismo, son amorfas. Ligeramente lepidoblástica. Está asociada a todos los minerales presentes y su distribución es irregular en la sección.

**Biotita:**

De color pardo, con pleocroismo fuerte que va del crema al pardo oscuro, anhedral de bordes irregulares y corroídos, de hábito hojoso y plumoso, con intercalaciones de clorita. Asociada a las otras micas y al epidoto y su distribución es irregular en la sección.

### Clorita:

De color verde claro, anhedral de bordes irregulares y corroídos, con pleocroísmo moderado que va del crema al verde claro, algunas hojas no pleocróicas, de hábito escamoso. Algunas de ellas amorfas. Ligeramente poiquiloblásticas con inclusiones de epidoto, piritita y esfena. Muestran restos de biotita. Asociada a las micas y al epidoto y su distribución en la sección es irregular.



**Fig. 56. Fotomicrografías de la sección RN-802-r 38 (N: // y X). Esquisto plagioclásico epidótico clorítico micáceo. Micas semi-orientadas bordeando parte de porfidoblásto de plagioclasa poiquiloblástica.**

### Grupo del Epidoto: epidoto

De color amarillento sin pleocroísmo, de subhedral a anhedral, con bordes recto, irregular y redondeado, de hábitos prismático y granular, con algunas inclusiones de esfena y opacos. También se pueden observar algunos granos maclados. Se encuentra bastante fracturado. Asociado generalmente a las micas y su distribución es irregular en la sección.

### Esfena:

Accesorio común. De color pardo y algunos casi negro sin pleocroísmo, de forma anhedral, de bordes irregulares y redondeados, se presenta en agregados granulares. Algunas esfenas en su núcleo están sustituidas por piritita. Asociadas al epidoto y a las micas y su distribución es irregular a lo largo de la sección.

**Apatito:**

Incoloro, de alto relieve, de forma anhedral, bordes irregulares y redondeados, con hábito granular. Algunos granos fracturados. Escaso o ausente.

**Opacos:**

La piritita se presenta a la luz reflejada de color amarillo latón, de bordes irregulares y corroídos, de hábito granular y esqueletal. Escasa o ausente.

**Esquisto plagioclásico epidótico micáceo granatífero. (23 y 31)****Plagioclasa:**

Se presenta en su variedad albita. Anhedral de bordes irregulares y con hábito masivo granular en forma de ovoides. Presenta textura poiquiloblástica con inclusiones de esfena, epidoto, clorita, y anfíbol. La mayoría de los granos no maclados, escasos granos con maclado tipo Carlsbad y Albita. Presencia de microfracturas no continuas en su superficie. Asociada y en equilibrio con todos los minerales presentes y su distribución es homogénea en la sección.

**Cuarzo:**

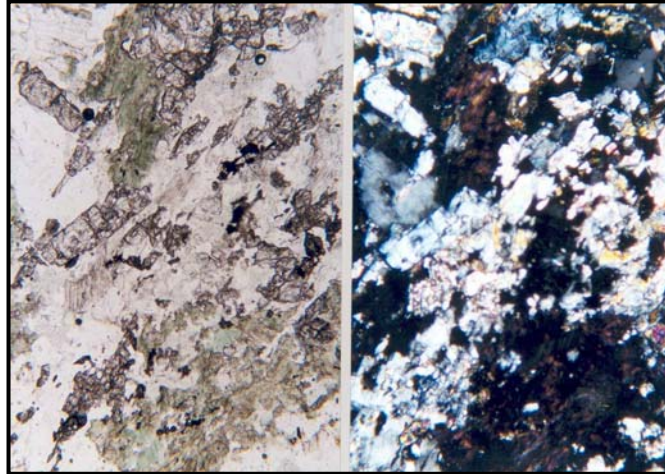
Anhedral de bordes irregulares. Se presenta en parches de cuarzo policristalino, asociado a todos los minerales presentes y de distribución irregular en la sección.

**Mica blanca: muscovita y fengita**

Incolora, en algunos casos algo oscurecida, no pleocróica. De anhedral a subhedral, de bordes rectos e irregulares, con hábitos escamoso, hojoso. Presenta intercalaciones de biotita. Se presenta también la variedad fengita, con intercalaciones de banditas finas de color verde. Algunas hojas no presentan clivaje debido a que el corte fue realizado paralelo al mismo. Ligeramente lepidoblástica. Está asociada a todos los minerales presentes y su distribución es irregular en la sección.

**Biotita:**

De color pardo, con pleocroismo fuerte que va del crema al pardo oscuro, anedral de bordes irregulares y corroídos, de hábito hojoso y plumoso, con intercalaciones de clorita. Algunas hojas no presentan clivaje y presentan cierto brillo. Asociada a las otras micas y al epidoto y su distribución es irregular en la sección.



**Fig. 57. Fotomicrografías de la sección RN-802-r 31 (N: // y X). Esquisto plagioclásico epidótico micáceo granatífero. Agregados de clorita, epidoto con hábito columnar y muscovita. Minerales semi-orientados.**

**Clorita:**

De color verde claro, anedral de bordes irregulares y corroídos, con pleocroismo moderado que va del crema al verde claro, algunas hojas no pleocrómicas, de hábito escamoso. Algunas de ellas amorfas. Ligeramente poiquiloblásticas con inclusiones de epidoto, piritita y esfena. Muestran restos de biotita. Asociada a las micas y al epidoto y su distribución en la sección es irregular.

**Grupo del epidoto: epidoto**

De color amarillento terroso y sin pleocroismo, de subhedral a anedral, con bordes recto, irregular y redondeado, de hábitos prismático y granular, con algunas inclusiones de esfena y opacos. En la muestra (r: 31) se observan granos con núcleo rojizo pleocrómico (allanita). También se pueden observar algunos granos maclados. Se

encuentra bastante fracturado. Asociado generalmente a las micas y su distribución es irregular en la sección.

Granate:

De color rosa claro y sin pleocroismo, de anhedral a subhedral, de bordes recto y redondeado, con hábitos granular y poligonal. Algunos granos presentan su superficie oxidada. Los granos fracturados tienen las fracturas rellenas de clorita, otros casi totalmente sustituidas por esta. Asociado a todos los minerales presentes y su distribución es irregular en la sección.

Esfena:

Accesorio común. De color pardo y algunos casi negro sin pleocroismo, de forma anhedral, de bordes irregulares y redondeados, se presenta en agregados granulares. Asociadas al epidoto y a las micas y su distribución es irregular a lo largo de la sección.

Apatito:

Incoloro y sin pleocroismo, de alto relieve, de forma anhedral, bordes irregulares y redondeados, con hábito granular. Algunos granos fracturados. Escaso o ausente.

Opacos: pirita

La pirita se presenta a la luz reflejada de color amarillo latón, de bordes irregulares y corroídos, de hábito granular y esquelético. Escasa o ausente.

### **Esquisto plagioclásico micáceo epidótico granatífero. (r: 26)**

Plagioclasa:

Anhedral de bordes irregulares, con hábito masivo-granular en forma de ovoides. Poiquiloblástica con inclusiones de anfíbol, esfena y epidoto. No maclada, escasos granos con maclado tipo Carlsbad. Se encuentra fracturada. Asociada a todos los minerales presentes y su distribución es irregular en la sección.

**Mica blanca: muscovita**

Incolora, ligeramente pleocróica en tonos verdosos, anhedral, de bordes irregulares, algo distorsionada. Se presenta en agregados tabulares, aspecto plumoso y escamosos. En algunos casos se intercala con biotita. Asociada a todos los minerales presentes y su distribución es irregular en la sección.

**Biotita:**

De color pardo con pleocroismo fuerte que va del crema al pardo oscuro, anhedral de bordes irregulares, se presenta en agregados de masas escamosas. Altera a clorita. Algo distorsionada. Asociada a las otras micas y su distribución es irregular en la sección.

**Clorita:**

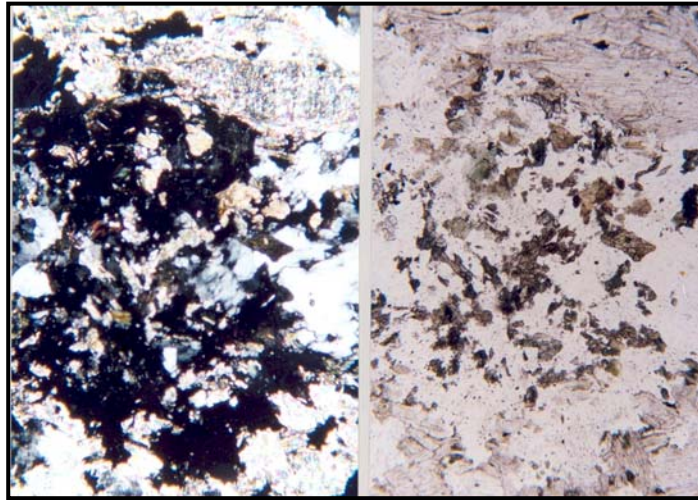
De color verde con pleocroismo moderado en tonos verdosos, anhedral de bordes irregulares, se presenta en agregados escamosos. Producto de alteración de la biotita. Asociada a las otras micas y su distribución es irregular en la sección.

**Barroisita:**

De color verde azul, con pleocroismo moderado en varias tonalidades de verde y azul claro. Anhedral de bordes irregulares, con hábito granular y tabular. Los cristales se presentan muy fracturados y disgregados. Algunos conservan el clivaje. Asociado a todos los minerales presentes y su distribución es irregular a lo largo de la sección.

**Granate:**

De color rosa claro, no pleocróico, anhedral de bordes irregulares y hábito granular. Los cristales se encuentran fracturados, algunos sustituidos por epidoto y clorita. Asociado a todos los minerales presentes y su distribución es irregular en la sección.



**Fig. 58. Fotomicrografías de la sección RN-802- r 26 (N: X y //). Esquisto plagioclásico micáceo epidótico granatífero. Porfidoblastos de muscovita. Muestra muy rebajada.**

#### Grupo del Epidoto: epidoto

De color amarillento y sin pleocroismo, anhedral de bordes lisos e irregulares, con hábitos prismático corto y granular. Algunos cristales fracturados. Asociado a todos los minerales presentes y su distribución es irregular en la sección.

#### Apatito:

Incoloro, de alto relieve, subhedral de bordes redondeados, con hábito granular y algunos cristales diminutos prismático corto. Escaso.

#### Opacos: piritita

Se presenta a la luz reflejada de color amarillo latón y cobrizo (calcopirita o pirrotita), anhedral de bordes irregulares y corroídos, con hábitos granular y esqueletal. Asociada a todos los minerales presentes y su distribución es irregular.

#### Turmalina:

De color verde y azul, ligeramente pleocróica, de anhedral a subhedral, de bordes lisos y con hábito prismático corto. Escasa.

Esfena:

Accesorio común de color pardo algunas casi negras, anhedral de bordes redondeados, hábito granular. Escasa.

**Esquisto anfibólico cuarzo plagioclásico micáceo. (r: 20, 43 y 47)**

Macroscópicamente se observa una muestra de roca fresca, bandeada entre colores verde oliva y blanco, heterogénea, con minerales orientados, afanítica.

Al microscopio se observa una muestra heterogénea, con abundancia de anfíboles intercalados con bandas gruesas y finas de cuarzo, donde el anfíbol presenta textura nematoblástica. La abundancia de este mineral le da buena foliación a la roca (fig. 59).

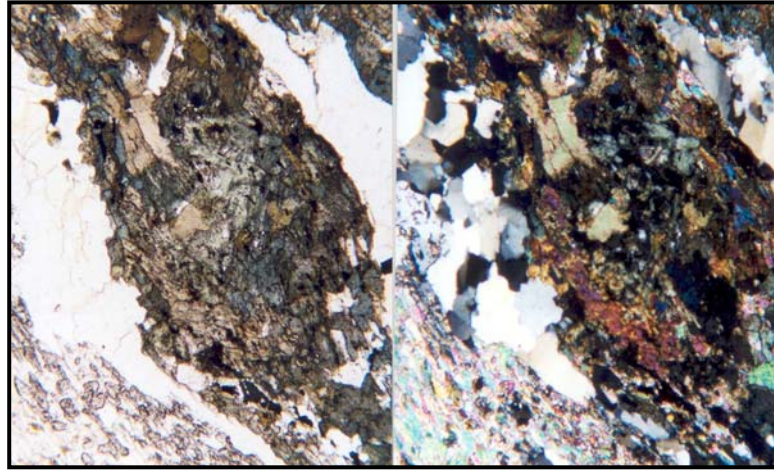
Cuarzo:

Anhedral de bordes irregulares, se presenta en bandas y parches de cuarzo policristalino. Los parches tienen forma ovoidal alargada. Se muestra paralelo a la foliación. Asociado a todos los minerales presentes y su distribución es irregular a lo largo de la sección.

Barroisita:

De color verde azul y con pleocroísmo de fuerte a moderado, que va del crema al verde azul, otros cristales no pleocróicos. Anhedral de bordes irregulares, con hábitos tabular y laminar, algunos presentan clivaje perfecto, otros ausente. Muchos granos fracturados y disgregados. Presenta textura nematoblástica. La abundancia de este mineral le imparte una buena foliación a la roca. Escasas inclusiones de esfena, epidoto y pirita. Asociada y en equilibrio con todos los minerales presentes y su distribución es homogénea a lo largo de la sección.





**Fig. 59. Fotomicrografías de la sección RN-802-r 43 (N: // y X). Esquisto anfibólico cuarzo plagioclásico micáceo. Agregado de cuarzo policristalino semi-orientado bordeado de micas, anfíbol y epidoto orientados.**

#### Plagioclasa:

Anhedral, de bordes irregulares, con hábito masivo-granular. Ligeramente poiquiloblástica con escasas inclusiones de epidoto, anfíbol y muscovita. No se observan maclas, escasos granos con maclado tipo Albita, solo algunas microfracturas en su superficie. Asociada a todos los minerales presentes y su distribución es irregular a lo largo de la sección.

#### Mica blanca: muscovita

Incolora de subhedral a anhedral, de bordes rectos e irregulares, se presenta en forma de tablitas agrupadas y escamosa. Presenta textura lepidoblástica. Algunas hojas presentan escasas inclusiones de esfena y pirita e intercalaciones de biotita. Asociada a todos los minerales presentes y su distribución es irregular a lo largo de la sección.

#### Biotita:

De color pardo con pleocroísmo fuerte que va del crema al pardo oscuro. Anhedral de bordes irregulares y corroídos, con hábito escamoso y hojoso. Algunas hojas sin clivaje son brillantes. Se presenta también sustituyendo parte de algunos anfíboles.

Con escasas inclusiones de esfena y epidoto. Asociado al anfíbol generalmente y su distribución es irregular a lo largo de la sección.

#### Clorita:

Ausente en la muestra (r: 47). De color verde claro con pleocroismo débil, anhedral de bordes irregulares y corroídos, con hábito plumoso-escamoso. Asociada a la biotita. Presenta pequeñas y escasas inclusiones de epidoto. Su distribución es irregular a lo largo de la sección.

#### Grupo del Epidoto: epidoto

De color amarillento y sin pleocroismo, de subhedral a anhedral, de bordes lisos y redondeados, presenta hábito prismático corto y granular, con abundancia de granos amorfos y fracturados. Asociado generalmente a las micas y su distribución es irregular a lo largo de la sección.

#### Esfena:

Accesorio común. Se presenta en tonos pardos, amarillentos y casi negros, no pleocróica, de forma anhedral de bordes redondeados, se presenta en agregados granulares formando como esqueletos alargados. El núcleo de algunas esfenas está sustituido por pirita. Asociada generalmente a las micas, epidoto y anfíbol. Escasa.

#### Apatito:

Incoloro de alto relieve, anhedral de bordes redondeados, con hábito granular. Algunos granos fracturados. Escaso.

#### Opacos:

La pitita se presenta a la luz reflejada de color amarillo latón, anhedral de bordes irregulares y corroídos, con hábito granular. Escasa.

La hematita solo se presenta en la muestra (r: 47). De color negro, a la luz reflejada es de color rojo sangre, no pleocróica, anhedral, de bordes irregulares y corroídos, con hábito granular. Escasa.

### **Esquisto cuarzo anfibólico epidótico granatífero. (r: 16)**

Al microscopio se observa una muestra heterogénea, con abundancia de anfíboles intercalados con bandas gruesas y finas de cuarzo, donde el anfíbol presenta textura nematoblástica. La abundancia de este mineral le da buena foliación a la roca (fig. 60).

Cuarzo:

Anhedral de bordes irregulares, se presenta en bandas y parches de cuarzo policristalino masivos y granulares con extinción ondulatoria. Los parches tienen forma ovoide alargada. Se muestra paralelo a la foliación. Asociado a todos los minerales presentes y su distribución es irregular a lo largo de la sección.

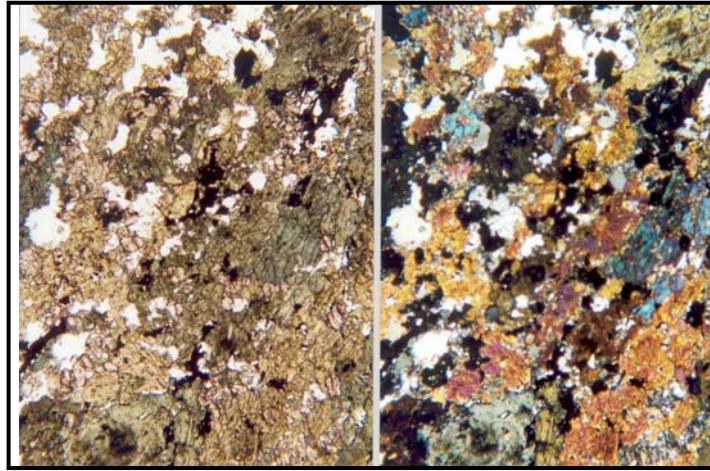
Barroisita:

De color verde azul y con pleocroismo de fuerte moderado, que va del crema al verde azul. Anhedral de bordes irregulares, con hábitos tabular y laminar, algunos presentan clivaje perfecto, otros ausentes. Muchos granos fracturados y disgregados. Presenta textura nematoblástica. La abundancia de este mineral le imparte una buena foliación a la roca. Escasas inclusiones de esfena, epidoto y pirita. Asociada y en equilibrio con todos los minerales presentes y su distribución es homogénea a lo largo de la sección.

Plagioclasa:

Anhedral, de bordes irregulares, con hábito masivo-granular. Ligeramente poiquiloblástica con escasas inclusiones de epidoto, anfíbol y muscovita. No se observan maclas en la mayoría de los granos, escasos con macla tipo Albita, algunas

microfracturas en su superficie. Asociada a todos los minerales presentes y su distribución es irregular a lo largo de la sección.



**Fig. 60. Fotomicrografías de la sección RN-802-r 16 (N: // y X). Esquisto cuarzo anfibólico epidótico granatífero. Barroisita y epidoto nematoblásticos.**

Mica blanca: muscovita

Incolora de subhedral a anhedral, de bordes rectos e irregulares, se presenta en forma de tablitas agrupadas y escamosa. Las hojas sin clivaje son muy brillantes. Presenta textura lepidoblástica. Algunas hojas presentan escasas inclusiones de esfena y pirita e intercalaciones de biotita. Asociada a todos los minerales presentes y su distribución es irregular a lo largo de la sección.

Biotita:

De color pardo con pleocroismo fuerte que va del crema al pardo oscuro. Anhedral de bordes irregulares y corroídos, con hábito escamoso y hojoso. Algunas hojas sin clivaje son brillantes. Se presenta también sustituyendo parte de algunos anfíboles. Con escasas inclusiones de esfena y epidoto. Escasa.

Grupo del Epidoto: epidoto

De color amarillento y sin pleocroismo, de subhedral a anhedral, de bordes lisos y redondeados, se presenta en agregados granulares, con abundancia de granos amorfos

y fracturados. Asociado generalmente a las micas y su distribución es irregular a lo largo de la sección.

Esfena:

Se presenta en tonos pardos, amarillentos y casi negros, no pleocróica, de forma anhedral de bordes redondeados, se presenta en agregados granulares formando como esqueletos alargados. El núcleo de algunas esfenas está sustituido por piritita. Asociada generalmente al anfíbol. Escasa.

Apatito.

Incoloro, de alto relieve, anhedral de bordes redondeados, con hábito granular. Algunos granos fracturados. Escaso.

Opacos:

La pitita se presenta a la luz reflejada de color amarillo latón, anhedral de bordes irregulares y corroídos, con hábito granular y esquelético, sustituye el núcleo de algunas esfenas. Escasa.

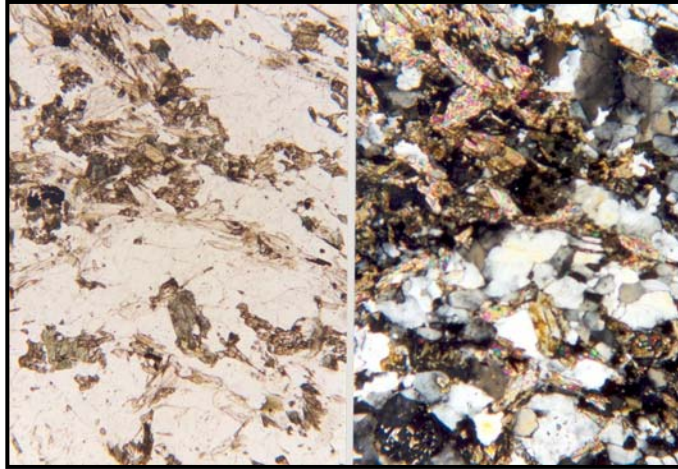
Granate:

De color rosa claro, no pleocróica, anhedral, de bordes redondeados, con hábito granular. Algunos granos fracturados y sustituidos por epidoto. Asociado a todos los minerales presentes y de distribución irregular.

### **Esquisto cuarzo muscovítico anfibólico. (r: 19)**

Macroscópicamente se observa una muestra de roca ligeramente meteorizada, de color gris verdoso, micácea, de minerales orientados, con parches irregulares y paralelos a la foliación de color blanco, fanerítica y homogénea.

Al microscopio se observa una muestra heterogénea, ligeramente limpia, con micas con textura lepidoblástica y abundancia de granos de cuarzo con textura granoblástica (fig. 61).



**Fig. 61. Fotomicrografías de la sección RN-802- r 19 (N: // y X). Esquisto cuarzo muscovítico anfibólico. Plagioclasa no maclada, cuarzo y micas semi-orientadas.**

Cuarzo:

Anhedral de bordes irregulares, se presenta masivamente y agregados granulares dando a la muestra textura granoblástica. Algunos granos presentan escasas inclusiones y microfracturas en su superficie. Asociado a todos los minerales presentes y su distribución es homogénea a lo largo de la sección.

Mica blanca: moscovita y fengita

Incolora ligeramente pleocróica en tono verdoso (fengita), anhedral de bordes irregulares, se presenta en agregados escamoso-laminar y tabular. Con escasas inclusiones de epidoto y pirita, con restos de biotita. Moderadamente lepidoblástica. Asociada a todos los minerales presentes y su distribución es irregular a lo largo de la sección.

**Grupo del Epidoto: epidoto**

De color amarillento y sin pleocroismo, de subhedral a euhedral, de bordes lisos e irregulares, con hábito prismático corto en agregados y granular, sin alteración. Asociado a las micas principalmente. Escaso.

**Barroisita:**

De color verde azul con fuerte pleocroismo que va del amarillo al verde, subhedral, de bordes irregulares y lisos, con hábitos laminar y tabular, algunos granos amorfos, sin alteración. Algunos granos conservan sus maclas otros están fracturados y disgregados. Asociada a todos los minerales presentes y su distribución es irregular a lo largo de la sección.

**Biotita:**

De color pardo con pleocroismo fuerte que va del crema al pardo oscuro, anhedral de bordes irregulares y corroídos, se presenta en agregados escamosos-laminares y algunos plumosos. Altera a clorita en un 5%. En algunos casos alterna con la muscovita. Asociada a todos los minerales presentes y su distribución es homogénea a lo largo de la sección.

**Clorita:**

De color verde y con pleocroismo débil, anhedral de bordes irregulares y corroídos, se presenta en agregados escamosos-laminares. Con inclusiones de epidoto y pirita. Asociada a la muscovita principalmente y su distribución es irregular a lo largo de la sección.

**Opacos:**

La pirita se observa a la luz reflejada de color amarillo latón, de anhedral a subhedral, de bordes lisos e irregulares, con hábitos granular, pseudo-prismático y en forma esqueletal alargado. Asociada a todos los minerales presentes y su distribución es irregular a lo largo de la sección.

Apatito:

Incoloro, de alto relieve, de anhedral a subhedral, de bordes redondeados, hábito granular, sin alteración. Algunos granos fracturados. Escaso.

**Esquito sillimanítico plagioclásico micáceo. (r: 14)**

Macroscópicamente se observa una muestra de roca fresca de color gris oscuro, con parches irregulares de color blanco. Fanerítica, homogénea, de minerales orientados.

Al microscopio se observa una muestra heterogénea caracterizada por la presencia de la sillimanita, de aspecto afieltrado, con micas ligeramente lepidoblásticas. Se presenta alterada en un 15% a leucoxeno (fig. 62).

Sillimanita y fibrolita:

De color pardo, no pleocróica, subhedral, con bordes lisos y astillosos, se presenta como una masa fibrosa de aspecto afieltrado, en otras secciones se presenta en forma acicular parecida a un manojito de astillas (variedad fibrolita). Presenta textura poiquiloblástica con inclusiones de muscovita, biotita y pirita. Asociada a todos los minerales presentes y su distribución es homogénea a lo largo de la sección.

Mica blanca: muscovita y sericita

Incolora, ligeramente pleocroica a verde pálido, subhedral de bordes irregulares, aparece en agregados escamosos-laminares y tabular. Se presenta en su variedad sericita, diminuta. Algunas hojas presentan inclusiones de pirita y en otras se presenta intercalada con biotita. Asociada a la biotita y su distribución es irregular a lo largo de la sección.





**Fig. 62. Fotomicrografías de la sección RN-802-r 14 (N: // y X). Esquito sillimanítico plagioclásico micáceo. Sillimanita con textura afieltrada, biotita y plagioclasa. Minerales orientados.**

#### Biotita:

De color pardo y pardo rojizo, de fuerte pleocroismo, que va del crema al pardo oscuro, subhedral, se presenta en agregados laminares, ligeramente alterada en algunos cristales a clorita. Muchas de las hojas han perdido su clivaje debido a que el corte fue realizado paralelo al mismo y están rodeadas en el borde por una capa delgada de leucoxeno. Asociada a todos los minerales presentes y su distribución es irregular a lo largo de la sección.

#### Plagioclasa:

Incolora, de anhedral a subhedral, de bordes irregulares, con hábitos granular y tabular. Ligeramente poiquiloblástica con inclusiones de biotita. Con maclado difuso tipo Albita y otros granos ausente de maclas. Asociada a todos los minerales presentes y su distribución es irregular a lo largo de la sección.

#### Cuarzo:

De anhedral a subhedral, de bordes irregulares, con hábitos masivo, granular y en parches. Algunos granos presentan alargamiento y con extinción ondulatoria.

Asociado a todos los minerales presentes y su distribución es irregular a lo largo de la sección.

Opacos: pirita y leucoxeno

La pirita a la luz reflejada se ve de color amarillo latón, anhedral, de bordes irregulares, con hábito granular y en forma esquelética alargados y otros con caras rectas, sin alteración. Asociada a todos los minerales presentes y su distribución es irregular a lo largo de la lámina.

El leucoxeno se presenta de color gris no pleocrómico, a la luz reflejada se ve blanco, anhedral de bordes irregulares y astillosos, se presenta en fibras como cabellos y en masas. Asociado a todos los minerales presentes y su distribución es homogénea.

Granate:

El granate se presenta totalmente anhedral, de color rosado, anhedral de bordes redondeados. Se observa una masa amorfa sustituida en gran parte por biotita y con inclusiones de pirita y muscovita. Asociado a todos los minerales presentes y de distribución irregular.

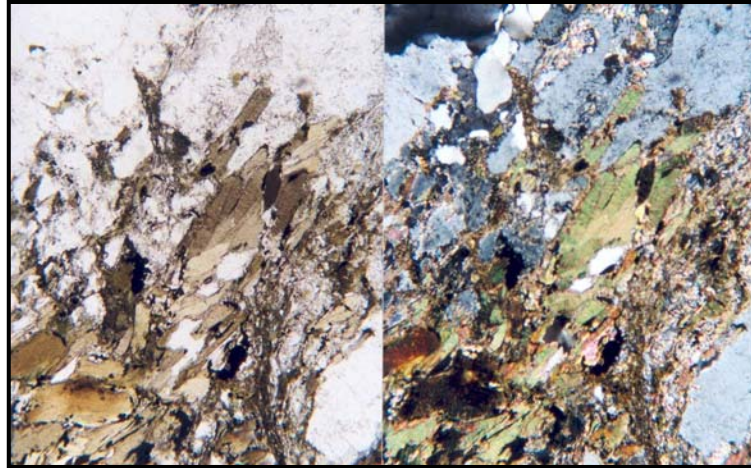
Clorita:

De color verde y moderadamente pleocrómica, anhedral de bordes irregulares y corroídos, de hábito tabular-hojoso. Presenta fibras de leucoxeno en su superficie y restos de biotita. Con escasas inclusiones de esfena y pirita. Asociada a la biotita. Escasa.

### **Esquisto biotítico feldespático cuarzoso. (r: 34)**

Macroscópicamente se observa una muestra de roca fresca de color gris oscuro, con parches pequeños e irregulares de color blanco, de minerales orientados, afanítica y homogénea.

Al microscopio se observa una muestra heterogénea, formada por abundante biotita moderadamente lepidoblástica, con finas capas de leucoxeno. Los feldespatos se presentan ligeramente sausrinizados por lo que la muestra se ve algo sucia (fig. 63).



**Fig. 63. Fotomicrografías de la sección RN-804-r 34 (N: // y X). Esquisto biotítico feldespático cuarzoso. Mica lepidoblástica junto a plagioclasa y cuarzo con extinción ondulatoria.**

#### Biotita:

De color pardo con pleocroismo fuerte que va del crema al pardo oscuro, subhedral de bordes rectos e irregulares, con hábito tabular-hojoso. Con escasas inclusiones de pirita. Algunas hojas están rodeadas por una fina capa de leucoxeno. Ligeramente curvada. Presenta textura lepidoblástica. Asociada a todos los minerales presentes y su distribución es homogénea a lo largo de la sección.

#### Plagioclasa:

Anhedral de bordes irregulares, con hábito masivo granular, con maclas difusas o ausentes, escasos granos del tipo Periclino. Ligeramente sausrinizada con inclusiones de sericita. Asociada a todos los minerales presentes y su distribución es irregular.

**Microclino:**

Anhedral de bordes irregulares, con hábito masivo granular. Maclas difusas. Presenta intercrecimientos peritéticos en parches y en rallado de cebrá y con algunos parches de cuarzo. Asociado a todos los minerales presentes y su distribución es irregular a lo largo de la sección.

**Clorita:**

De color verde y con pleocroismo débil y moderado, anhedral de bordes irregulares, con hábito escamoso, presenta restos de biotita. Asociada a todos los minerales presentes y su distribución es irregular a lo largo de la sección.

**Opacos:**

La pirita se observa a la luz reflejada de color amarillo latón y cobrizo (calcopirita o pirrotina), de anhedral a subhedral, de bordes lisos, irregulares y corroídos según la forma, con hábitos poligonal, granular y en forma esquelética. Asociada a todos los minerales presentes y de distribución irregular.

**Mica Blanca: sericita**

Incolora y sin pleocroismo, anhedral de bordes irregulares, se presenta como una masa amorfa y diminuta. Sin clivaje. Asociada a todos los minerales presentes y su distribución es irregular a lo largo de la sección.

**Apatito:**

Incoloro, de alto relieve, anhedral de bordes redondeados, con hábito granular. Escaso.

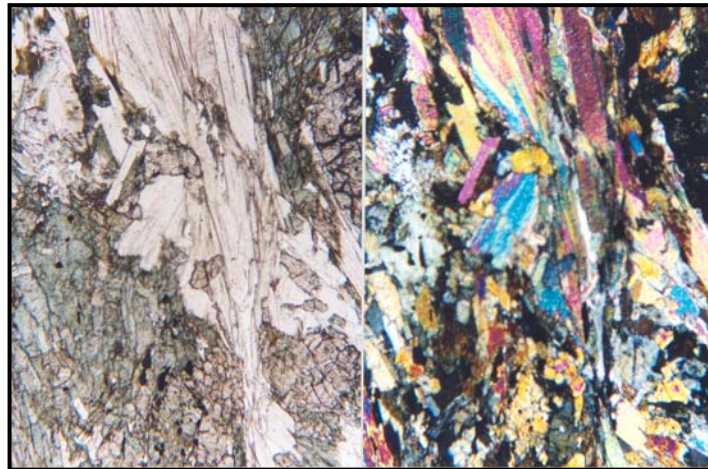
**Cuarzo:**

Anhedral de bordes irregulares, con hábito granular y en parches en forma de amiba, con extinción ondulatoria. Microfracturas en su superficie. Asociado a todos los minerales presentes y su distribución es irregular a lo largo de la sección.

**Esquisto anfibólico epidótico granatífero. (r: 2, 37)**

Macroscópicamente se observa una muestra de roca ligeramente meteorizada de color verde oliva, granatífera, afanítica, homogénea, de minerales orientados.

Al microscopio se observa como muestras limpias y homogéneas, donde el anfíbol presenta textura nematoblástica y con inclusiones principalmente de esfena, a su vez el resto de los minerales se encuentra orientado (fig. 64). Presenta porfidoblastos de granate envueltos por la foliación, formando sombras de presión, a su vez, estos granates, lo que indica una textura índice de cristalización pre-tectónica (v, Cap. 6, p. 95).



**Fig. 64. Fotomicrografías de la sección RN-802-r 37 (N: // y X). Esquisto anfibólico epidótico granatífero. Barroisita nematoblástica y muscovita lepidoblástica.**

Barroisita:

De color verde con pleocroísmo moderado que va del crema al verde azul, de bordes rectos e irregulares, de subhedral a anhedral, con hábito tabular, columnar y poligonales, escasos granos amorfos. Presenta textura nematoblástica donde el anfíbol se encuentra bien orientado dando a la muestra una buena foliación. Con escasas inclusiones de esfena. Asociado a todos los minerales presentes y su distribución es homogénea en la sección.

**Grupo del Epidoto: epidoto**

De color amarillento y sin pleocroismo, de anhedral a subhedral, de bordes irregulares con granos alargados columnares, granulares y amorfos. Algunos granos fracturados. Asociado al anfíbol y su distribución es irregular en la sección.

**Mica blanca: muscovita y fenjita**

Incolora, subhedral, de bordes rectos e irregulares con hábito tabular hojoso. Se presenta en su variedad fenjita con finos hilos de color verde. Presenta también intercalaciones de finas hojas de biotita. Presenta textura lepidoblástica. Asociada a todos los minerales presentes y su distribución es irregular en la sección.

**Granate:**

De color rosado claro y sin pleocroismo, de subhedral a anhedral de bordes irregulares, hábito granular. Los granos se encuentran fracturados. Algunas zonas de este mineral se encuentra sustituida por clorita, epidoto y biotita. Se observan sombras de presión de clorita y muscovita. Presenta fracturas perpendiculares a la foliación y rellenas de clorita (v, Cap. 6, p. 96). Asociado a todos los minerales presentes y su distribución es irregular.

**Biotita:**

Se presenta solo en la muestra (r: 37). De color pardo con fuerte pleocroismo que va del crema al pardo oscuro, anhedral de bordes irregulares y corroídos, con hábito escamoso. Algunas hojas alterando a clorita. Se encuentra asociada a las micas y anfíbol y su distribución es irregular en la sección.

**Clorita:**

De color verde y con pleocroismo moderado en tonos verdosos, anhedral de bordes irregulares y corroídos, con hábito escamoso y amorfo. Asociada a la biotita y al granate y su distribución es irregular en la sección.

**Esfena:**

Accesorio común. De color pardo amarillento, algunas casi negras y sin pleocroismo, de anhedral a subhedral, de bordes redondeados, se presenta en agregados granulares, algunas con forma rómbica, Algunos granos se encuentran sustituidos por pirita. Asociada a todos los minerales presentes y su distribución es irregular.

**Apatito:**

Incoloro de alto relieve, de subhedral a anhedral, de bordes redondeados e irregulares, con hábito granular y columnar corto. Escaso.

**Opacos: pirita**

La pirita se presenta a la luz reflejada de color amarillo latón, anhedral de bordes irregulares y corroídos, con hábito granular. Algunos granos alteran a hematita donde se observa en sus bordes a la luz reflejada de color rojo sangre en (r: 37). Asociada a todos los minerales presentes y su distribución es irregular en la sección.

**Esquisto actinolítico. (r: 1)**

Macroscópicamente se observa una muestra de roca fresca de color verde oliva muy brillante, afanítica, de minerales orientados, homogénea.

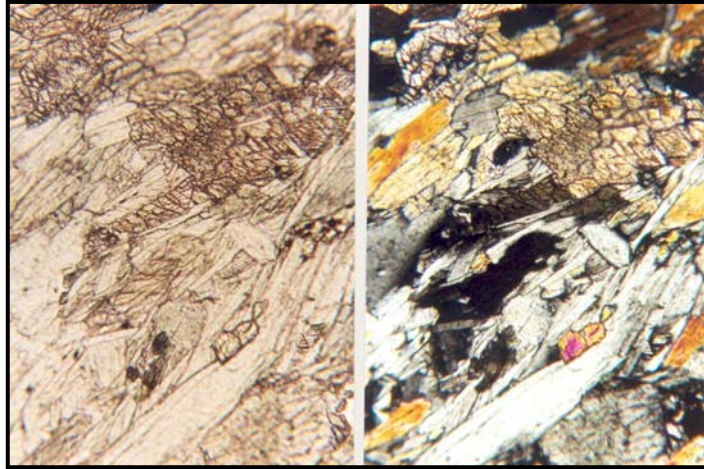
**Actinolita:**

De color verde claro, algunas algo sucia, con pleocroismo débil en tonos verdosos, subhedral con bordes irregulares, algunos corroídos, con hábito hojoso y tabular. Los cristales están orientados. Presenta algunas inclusiones de esfena. Su distribución es homogénea en la sección siendo el mineral principal y más abundante (fig. 65).



Grupo del Epidoto: epidoto

De color amarillento, algo sucio, sin pleocroismo, anhedral de bordes irregulares, con hábito granular. Asociado al anfíbol. Escaso.



**Fig. 65. Fotomicrografías de la sección RN-802-r 1 (N: // y X). Aumento de 10X. Esquisto actinolítico. Actinolita orientada con granos de epidoto porfidoblástico.**

Esfena:

Accesorio común. De color pardo oscuro, sin pleocroismo, anhedral de bordes redondeados, con hábito granular. Asociada al anfíbol. Escasa.

*Epidocitas:*

**Epidocita granatífera. (r: 7)**

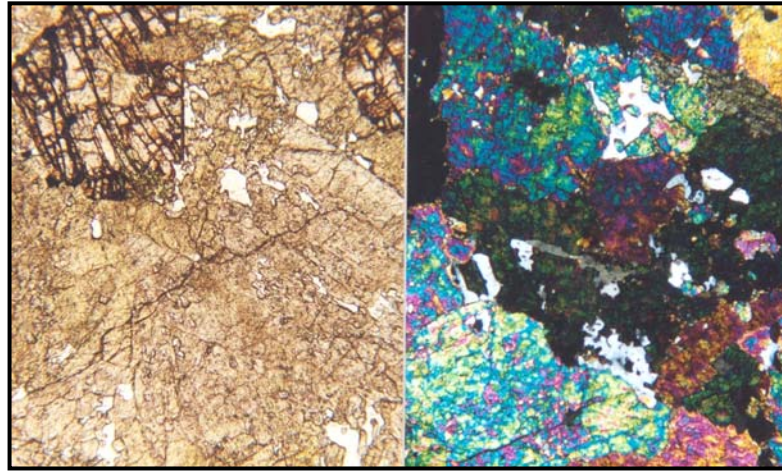
Macroscópicamente se observa una muestra de roca fresca, masiva, homogénea, de color verde pistacho, con tamaño de grano fino y minerales sin orientación. En algunas zonas presenta parches gruesos de color blanco.

Al microscopio se observa una muestra homogénea y limpia cuyo mineral principal es el epidoto, se presenta masivo y con presencia de porfidoblastos idiomórficos de granate, algo de cuarzo y anfíbol. Estas rocas son producto de alteración metasomáticas de eclogitas, por los grandes y euhedrales cristales de granate (fig. 66).



### Grupo del Epidoto: epidoto

De color amarillento, algo sucio, sin pleocroismo, subhedral de bordes irregulares y lisos, con hábito masivo, sin alteración. Asociado a todos los minerales presentes y su distribución es homogénea en la sección.



**Fig. 66. Fotomicrografías de la sección RN-802-r 7 (N: // y X). Aumento de 10X. Epidocita granatífera. Porfidoblastos de granate euهدral y epidoto masivo.**

### Cuarzo:

Anhedral de bordes irregulares, con hábito masivo-granular, presenta extinción ondulatoria. Asociado al epidoto. Escaso.

### Granate:

De color rosado algo oxidado, sin pleocroismo, de subhedral a euهدral, de bordes lisos, con hábito prismático corto. Presenta algunas zonas sustituidas por clorita y epidoto, otros granos sustituidos totalmente por clorita. Asociado al epidoto. Escaso.

### Actinolita:

De color verde amarillento claro, con pleocroismo débil, anhedral de bordes lisos y corroídos, con hábito laminar. Asociado al epidoto. Escasa.

**Clorita:**

De color verde con pleocroísmo débil, anhedral de bordes irregulares, hábito escamoso. Se encuentra sustituyendo algunos granates. Escasa.

**Cuarcitas:****Cuarcita micácea epidótica plagioclásica. (r: 30)**

Macroscópicamente se observa una muestra de roca fresca de color blanco grisáceo, con minerales orientados, micácea, homogénea y con tamaño de grano medio.

Al microscopio se observa el cuarzo como mineral esencial en las muestras, acompañada de porfidoblastos de plagioclasa y microclino, y mica muscovita. Presentan orientación moderada por la presencia de la mica (fig. 67).

**Cuarzo:**

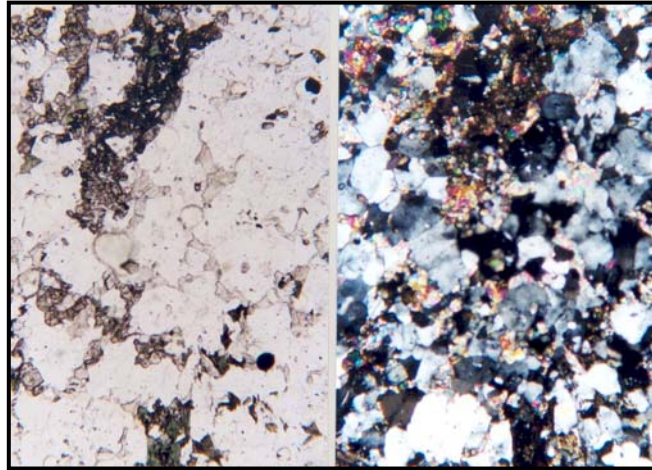
Anhedral, de bordes irregulares, con hábito granular presentando textura granoblástica y extinción ondulatoria y en parches de cuarzo policristalino. Asociado a todos los minerales presentes y su distribución es homogénea en la sección.

**Plagioclasa:**

Anhedral de bordes irregulares, con hábito granular, presenta textura granoblástica junto con el cuarzo. Maclas difusas tipo Carlsbad y algunos granos ausentes de esta. Asociada a todos los minerales presentes y su distribución es irregular.

**Mica blanca: muscovita y sericita**

Incolora, ligeramente pleocróica verdosa, anhedral de bordes irregulares y corroídos, se presenta en agregados escamosos. Aparece en su variedad sericita, incolora, escamosa y diminuta. Asociada a todos los minerales presentes y su distribución es irregular en la sección.



**Fig. 67. Fotomicrografías de la sección RN-802-r 30 (N: // y X). Cuarzita micácea epidótica plagioclásica. Cuarzo con textura granoblástica, epidoto y muscovita.**

#### Biotita:

De color pardo y con pleocroismo fuerte que va del crema al pardo oscuro, subhedral, de bordes irregulares, lisos y corroídos, con hábito hojoso-laminar. Altera a clorita. Asociada a todos los minerales presentes y su distribución es irregular en la sección.

#### Grupo del Epidoto: epidoto

De color amarillento algo sucio y sin pleocroismo, anhedral de bordes redondeados, se presenta en agregados granulares y en masas amorfas. Algunos granos se encuentran fracturados y disgregados. Asociado a todos los minerales presentes y su distribución es irregular en la sección.

#### Esfena:

De color pardo y sin pleocroismo, anhedral de bordes redondeados, se presenta en agregados granulares. Asociada a todos los minerales presentes. Escasa.

**Clorita:**

De color verde, moderadamente pleocróica, anedral de bordes corroídos y con hábito escamoso. Producto de alteración de la biotita. Poiquiblastica con inclusiones de esfena. Asociada principalmente a la biotita y su distribución es irregular.

***Meta-ígneas graníticas:*****Meta-trondhjemita (con granate y sin microclino). (r: 9)****Meta-trondhjemita (sin granate y con microclino). (r: 18, 39)**

Cabe destacar que la descripción mineralógica es la misma.

Macroscópicamente se observan muestras de roca fresca, de color blanco grisáceo, con minerales no orientados, homogénea y tamaño de grano grueso.

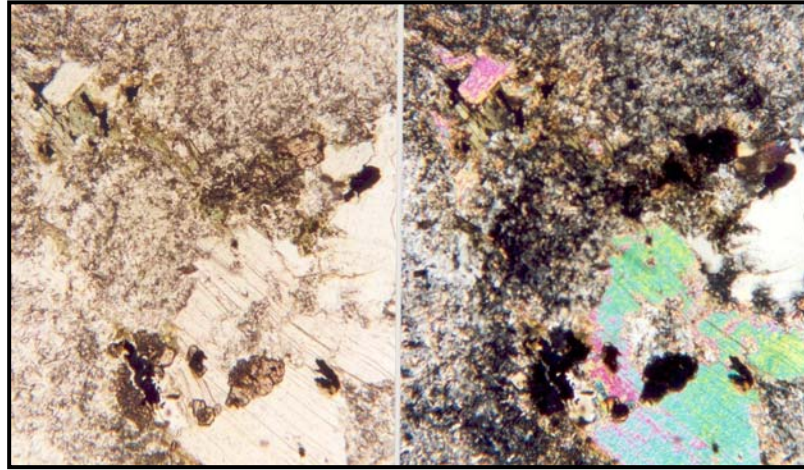
Al microscopio se observan muestras limpias, homogéneas, con abundante plagioclasa sauritizeda. En segundo orden de abundancia viene el cuarzo. Los minerales no poseen orientación. Escasas micas (figs. 68 y 69).

**Plagioclasa:**

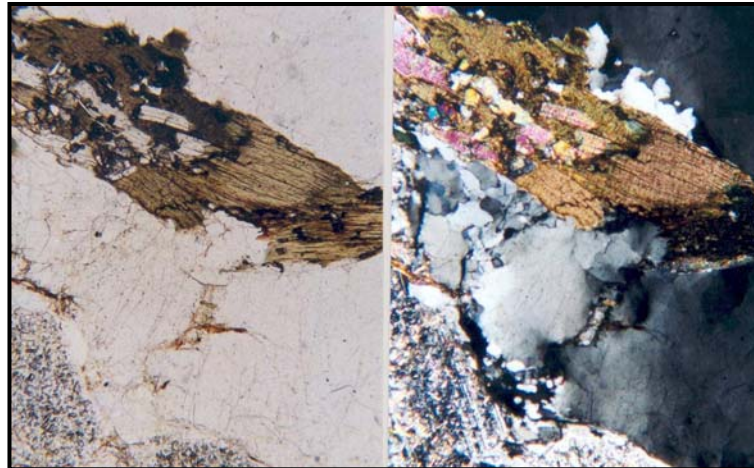
Como se encuentra sauritizeda presenta color grisáceo mate. Anedral de bordes irregulares, con hábito masivo-granular, algunos granos tabulares. El maclado en (r: 9) es está ausente, en (r: 18) es del tipo albita y se encuentra difuso y distorsionado, en (r: 39) es del tipo Albita y Periclino discontinuo y difuso. Poiquiblastica con inclusiones de epidoto y sericita. Asociada a todos los minerales presentes y su distribución es homogénea en la sección.

**Cuarzo:**

Anedral de bordes irregulares, con hábito masivo-granular con extinción ondulatoria y algunos parches de cuarzo policristalino. Asociado a todos los minerales presentes y su distribución es irregular en la sección.



**Fig. 68. Fotomicrografías de la sección RN-802-r 9 (N: // y X). Meta-trondhjemita. Porfidoblastos de plagioclasa sausrinizada y muscovita. Granate.**



**Fig. 69. Fotomicrografías de la sección RN-802-r 39 (N: // y X). Meta-trondhjemita. Porfidoblastos de biotita y cuarzo con extinción ondulatoria. Plagioclasa sausrinizada con maclado tipo albita.**

#### Biotita:

De color pardo y con pleocroismo fuerte que va del crema al pardo oscuro, anhedral de bordes irregulares y corroídos, con hábito hojoso y tabular. Porfidoblastos de biotita en r: 39 (v, Cap. 6, p. 85). Altera a clorita en algunas hojas y también se encuentra intercalada con la misma. Con escasas inclusiones de esfena. Asociada a todos los minerales presentes y su distribución es irregular en la sección.

**Grupo del Epidoto: epidoto**

Ausente en (r: 9). De color amarillento y sin pleocroismo, de subhedral a anhedral de bordes irregulares, con hábito granular y prismático corto (como inclusión). Asociado a todos los minerales presentes y su distribución es irregular en la sección.

**Mica blanca: muscovita y sericita**

Incolora, anhedral de bordes irregulares y corroídos, con hábito escamoso-hojoso, se presenta en algunas zonas en masas amorfas. Alterna con biotita. En (r: 18) se presenta en su variedad sericita, incolora, diminuta y escamosa. Asociada a todos los minerales presentes y su distribución es irregular en la sección.

**Clorita:**

De color verde y con pleocroismo débil, anhedral de bordes irregulares y corroídos, con hábito escamoso y en masas amorfas. Con escasas inclusiones de esfena y pirita. Intercala con biotita y en algunas hojas se presentan restos de la misma. Asociada a la biotita y su distribución es irregular en la sección.

**Opacos: pirita y hematita**

La pirita se presenta a la luz reflejada de color amarillo latón, anhedral de bordes irregulares, hábito granular. Asociada generalmente a las micas. En (r: 18) se observa alterando a hematita. Escasa. Ausente en (r: 39).

La hematita se presenta a la luz reflejada de color rojo sangre, anhedral de bordes irregulares y corroídos, con hábito granular. Asociada a todos los minerales presentes. Escasa.

**Apatito:**

Incoloro de alto relieve, de subhedral a anhedral, de bordes redondeados e irregulares, con hábito granular y columnar corto. Escaso.

Granate:

Solo se presenta en (r: 9). De color rosado claro sin pleocroismo, anhedral, de bordes irregulares, con hábito granular. Escaso.

**Meta-sienogranito. (r: 41)**

Macroscópicamente se observa una muestra de roca fresca de color blanco grisáceo, micácea, ligeramente orientada, con tamaño de grano grueso, homogénea.

Al microscopio se observa una muestra limpia y heterogénea con fenocristales de microclino y con cuarzo diminuto con textura granoblástica, con micas y minerales no orientados (fig. 70).

Cuarzo:

Anhedral de bordes irregulares, con hábito granular y con textura granoblástica, también en parches de cuarzo policristalino y trenes de cuarzo microgranular que atraviesan los fenocristales de microclino. Asociado a todos los minerales presentes y su distribución es irregular en la sección.

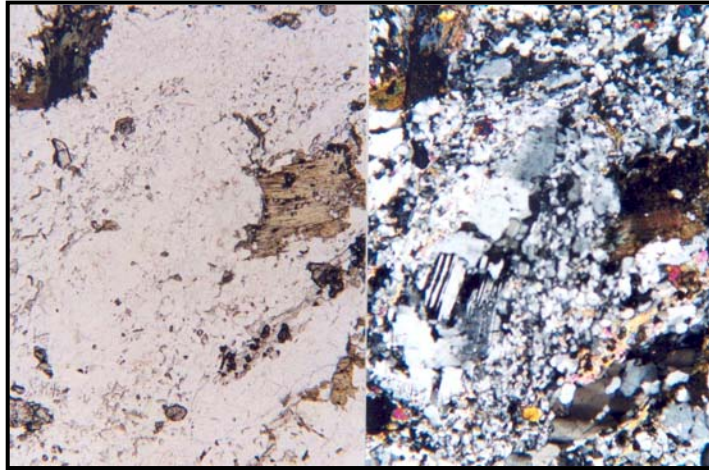
Microclino:

Anhedral de bordes irregulares y hábito masivo-granular. Con intercrecimientos pertíticos en parches y vetas. Lo atraviesan trenes de cuarzo microgranular. Maclado en rejilla difuso. Asociado a todos los minerales presentes y su distribución es irregular en la sección.

Plagioclasa:

Anhedral de bordes irregulares, con hábito masivo-granular. Maclado ausente. Con escasas inclusiones. Asociada a todos los minerales presentes y su distribución es irregular en la sección.





**Fig. 70. Fotomicrografías de la sección RN-802-r 41 (N: // y X). Meta-sienogranito. Cuarzo con textura granoblástica, plagioclasa con maclado tipo albita. Fábrica desordenada. Biotita, clorita y epidoto granular.**

#### Biotita:

De color pardo y con pleocroismo fuerte que va del crema al pardo oscuro, anhedral de bordes irregulares y corroídos, con hábito hojoso y tabular. Se presenta también en agregados tabulares formando nidos. Altera a clorita en algunas hojas. Asociada a todos los minerales presentes y su distribución es irregular en la sección.

#### Mica blanca: muscovita y sericita

Incolora, anhedral de bordes irregulares y corroídos, con hábito escamoso-hojoso, algunas amorfas. Se presenta en su variedad sericita, incolora, diminuta y escamosa. Asociada a todos los minerales presentes y su distribución es irregular en la sección.

#### Grupo del Epidoto: epidoto

De color amarillento y sin pleocroismo, de subhedral a anhedral de bordes irregulares, con hábito granular y prismático corto. Asociado a todos los minerales presentes y su distribución es irregular en la sección.



**Clorita:**

De color verde y con pleocroismo débil, anhedral de bordes irregulares y corroídos, con hábito escamoso. Con escasas inclusiones de esfena. Asociada a la biotita y su distribución es irregular en la sección.

**Apatito:**

Incoloro de alto relieve, de subhedral a anhedral, de bordes redondeados e irregulares, con hábito granular. Escaso.

**Esfena:**

De color pardo oscuro, sin pleocroismo, anhedral de bordes irregulares y redondeados, se presenta en agregados granulares. Asociada a las micas y epidoto. Escasa.

***Meta-ígneas intermedias:*****Granofels plagioclásico cuarzo biotítico. (r: 24)**

Macroscópicamente se observa una muestra de roca fresca de color gris oscuro, cubierta casi totalmente por pequeñas motas redondeadas de color blanco, de minerales no orientados, afanítica y homogénea.

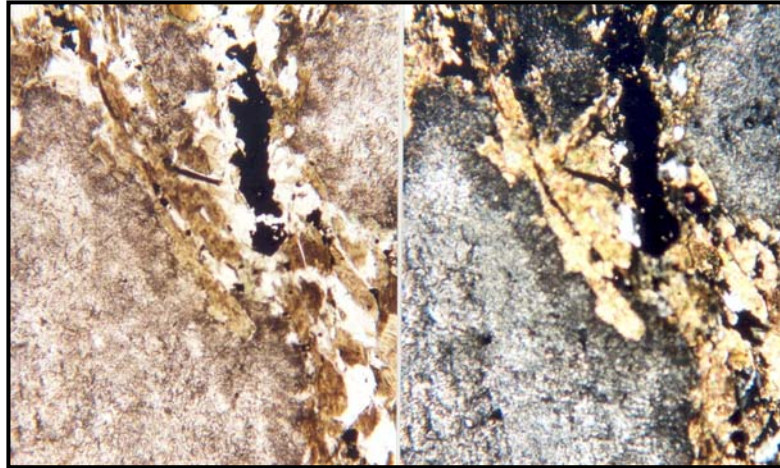
Al microscopio se observa una muestra homogénea de plagioclasa descompuesta masiva, cuarzo y biotita (fig. 71).

**Plagioclasa:**

Como se encuentra alterada, la plagioclasa presenta un color gris mate, de anhedral a subhedral, de bordes irregulares, con hábito masivo y tabular. Apenas se observan sus maclas en algunos de sus granos del tipo Albita. Asociada a todos los minerales presentes y su distribución es homogénea en la sección.

**Cuarzo:**

De anhedral a subhedral de bordes irregulares, masivo con extinción ondulatoria. Presenta algunas microfrazuras en su superficie. Asociado a todos los minerales presentes y su distribución es homogénea en la sección.



**Fig. 71. Fotomicrografías de la sección RN-802-r 24 (N: // y X). Granofels plagioclásico cuarzo biotítico. Porfidoblastos de plagioclasa completamente saussurizadas, con biotita, muscovita y pirita.**

**Biotita:**

De color pardo con pleocroismo fuerte que va del crema al pardo rojizo, de anhedral a subhedral, de bordes irregulares y corroídos, con hábito escamoso-laminar, algo curvada, Altera a clorita en escasas escamas. Presenta algunas inclusiones de esfena. Asociada a todos los minerales presentes y su distribución es homogénea en la sección.

**Clorita:**

De color verde con pleocroismo moderado que va del crema al verde grama, anhedral de bordes irregulares y corroídos, se presenta en agregados escamosos-laminares. Producto de alteración de la biotita. Asociada a la biotita y su distribución es irregular en la sección.

**Opacos: piritita**

La piritita se presenta a la luz reflejada de color amarillo latón, de anhedral a subhedral, de bordes irregulares y lisos según el hábito y forma, se presenta en granos esqueléticos, granulares y granos diminutos prismático corto. Asociada a todos los minerales presentes. Escasa.

**Grupo del Epidoto: epidoto**

De color amarillento y sin pleocroismo, anhedral, de bordes redondeados, con hábito granular, granos pequeños. Asociado a todos los minerales presentes. Escasa.

**Esfena:**

Accesorio común. De color pardo oscuro, anhedral de bordes redondeados, se presenta en agregados granulares. Asociada a todos los minerales presentes. Escasa.

**Granofels plagioclásico epidótico cuarzoso. r(25, 45)**

Macroscópicamente se observa una muestra de roca fresca de color verde pistacho, afanítica, masiva, sin orientación de minerales, homogénea.

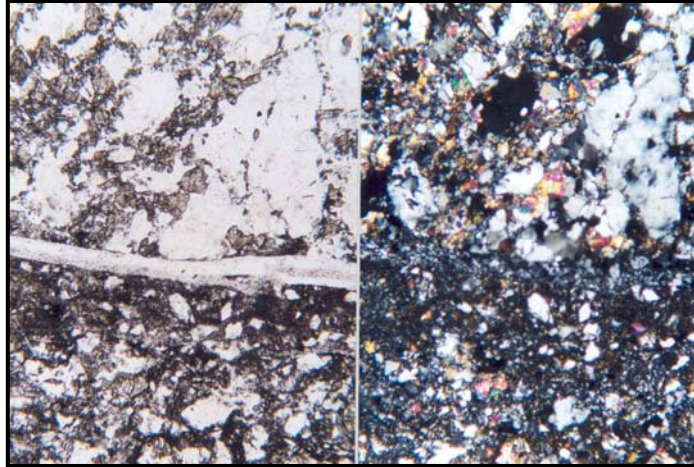
Al microscopio se observa una muestra heterogénea que contiene una matriz de grano muy fino de epidoto y mucho leucoxeno, con porfidoblastos de plagioclasa, cuarzo y algo de epidoto (fig. 72).

**Plagioclasa:**

Anhedral de bordes irregulares con hábito masivo-granular, con inclusiones de epidoto y clorita. No se observan maclas en (r: 45) y maclado difuso tipo Albita y Carlsbad en (r: 45). Asociada a todos los minerales presentes y su distribución es irregular en la sección.

Grupo del Epidoto: epidoto

De color amarillento y sin pleocroismo, de anhedral a subhedral, de bordes lisos y redondeados, de bordes lisos, redondeados e irregulares, con hábito prismático corto,, agregados granulares y en masas amorfas de granos diminutos casi imperceptibles que se comportan como matriz. Asociado a todos los minerales presentes y su distribución es homogénea en la sección.



**Fig. 72. Fotomicrografías de la sección RN-802-r 25 (N: // y X). Granofels plagioclásico epidótico cuarzoso. Cuarzo, epidoto y plagioclasa granulares, veta de cuarzo microgranular. Fábrica desordenada. Matriz de epidoto.**

Cuarzo:

Anhedral de bordes irregulares, con hábito granular con extinción ondulatoria. En (r: 25) también se observa en pequeñas vetas de cuarzo microgranular. Asociado a todos los minerales presentes y su distribución es irregular en la sección.

Clorita:

Se presenta solo en la muestra (r: 45). De color verde y con pleocroismo débil en tonos verdosos, anhedral de bordes irregulares y corroídos, con hábito escamoso amorfo. Asociada generalmente al epidoto y su distribución es irregular en la sección.

Opacos: pitita , hematita y leucoxeno

La pitita se presenta a la luz reflejada de color amarillo latón, de anhedral a subhedral, de bordes irregulares y lisos según el hábito y forma, se presenta en granos esqueléticos y granulares. Asociada a todos los minerales presentes. Escasa.

La hematita se presenta a la luz reflejada de color rojo sangre, d anhedral a subhedral, de bordes irregulares y corroídos, con hábito granular y prismático corto. En el centro de los granos se observa restos de pitita. . Asociada a todos los minerales presentes. Escasa.

El leucoxeno se presenta a la luz reflejada de color blanco, anhedral, se presenta en masas amorfas o en forma de mechones de cabello. Rodea a muchos granos. Asociado a todos los minerales presentes y su distribución es irregular en la sección.

Esfena:

De color pardo oscuro, anhedral de bordes irregulares, hábito granular y en agregados. Asociada a todos los minerales presentes en (r: 25) y al epidoto y a la clorita en (r: 45). Escasa.

Apatito:

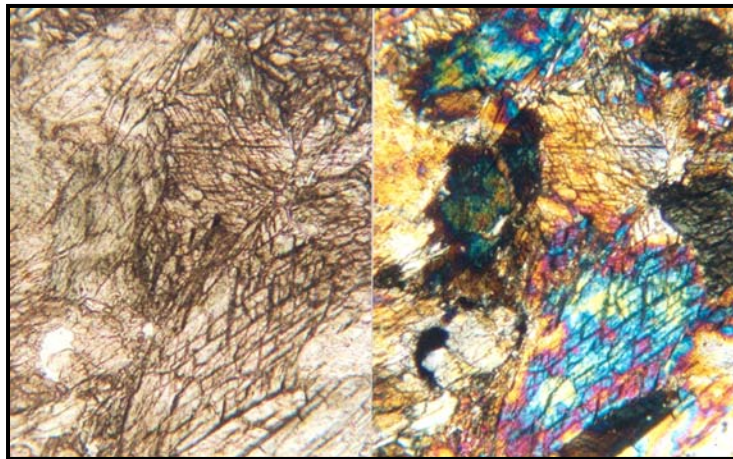
Incoloro de alto relieve, de anhedral a subhedral, de bordes rectos y redondeados, con hábito granular y columnar diminuto. Asociado a todos los minerales presentes. Escaso.

*Meta-ígneas máficas:*

**Actinolítitas. (r: 10 y 15)**

Macroscópicamente se observa una muestra de roca fresca de color verde oliva, minerales sin orientación, con tamaño de grano fino, donde no son observables a simple vista los minerales, homogénea y astillosa. Posiblemente podrían ser rocas gabroides metasomatizadas

Al microscopio se observa una muestra limpia y homogénea de anfíbol actinolita, donde dicho mineral ocupa casi la totalidad de la sección. Sin orientación y con algunas inclusiones de pirita y esfena (fig. 73).



**Fig. 73. Fotomicrografías de la sección RN-802-r 10 (N: // y X). Aumento de 10X. Actinolita. Cristales de actinolita semi-orientados.**

#### Actinolita:

De color verde con pleocroismo moderado en varias tonalidades verdosas, de anhedral a subhedral, de bordes lisos e irregulares, con hábito laminar-hojoso y tabular. No presenta orientación, con escasas inclusiones de pirita y esfena. En la muestra (r: 15), los granos se encuentran bastante fracturados. Su distribución es homogénea a lo largo de la sección.

#### Esfena:

Se presenta en la muestra (r: 10). De color pardo oscuro, sin pleocroismo, anhedral, de bordes redondeados, con hábito granular. Asociada al anfíbol. Escasa.

#### Opacos: pirirta

Se presenta en la muestra (r: 15). La pirita se presenta a la luz reflejada de color amarillo latón, anhedral de bordes irregulares y corroídos, con hábito granular. Asociada al anfíbol. Escasa.

**Anfibolita granatífera plagioclásica micácea (con biotita). (r: 29)****Anfibolita plagioclásica epidótica granatífera (sin biotita). (r: 36)**

Cabe destacar que la descripción mineralógica de ambas clases es la misma.

Macroscópicamente se observa una muestra de roca fresca de color verde oliva, con minerales sin orientación, tamaño de grano fino donde no se observan a simple vista los minerales, heterogénea con grandes vetas de color blanco y chispas verdes.

Al microscopio se observa una muestra limpia y homogénea, donde el anfíbol barroisita se presenta sin orientación, donde los granos se encuentran fracturados y disgregados. Presencia de granate, plagioclasa y otros accesorios (figs. 74 y 75).

**Barroisita:**

De color verde azul, con pleocroismo fuerte en varias tonalidades verdosas, subhedral de bordes irregulares y algo astillosos, con hábito tabular. Los granos están bastante fracturados y disgregados. Ligeramente poiquiloblástica con escasas inclusiones de pirita y abundante granate en (r: 29).

**Granate:**

De color rosado claro, sin pleocroismo, de anhedral a subhedral, con bordes irregulares y redondeados, con hábito granular y prismático corto. Algunos granos ligeramente oxidados. En (r: 36) se observan partes del grano sustituidas por clorita y poiquiloblásticas con inclusiones de epidoto, anfíbol y muscovita.

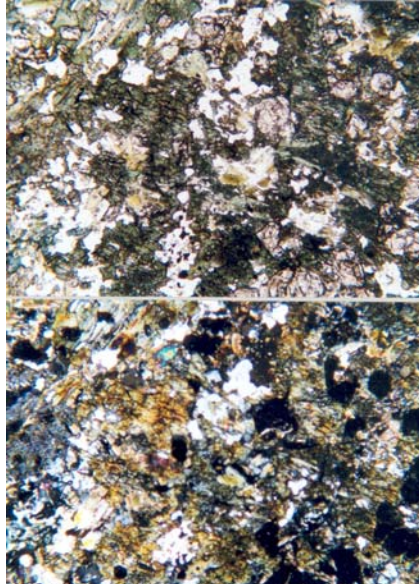
**Grupo del Epidoto: epidoto**

De color amarillento y sin pleocroismo, de anhedral a subhedral, de bordes lisos y redondeados, con hábito granular y prismático. Asociado a todos los minerales presentes y su distribución es irregular en la sección.

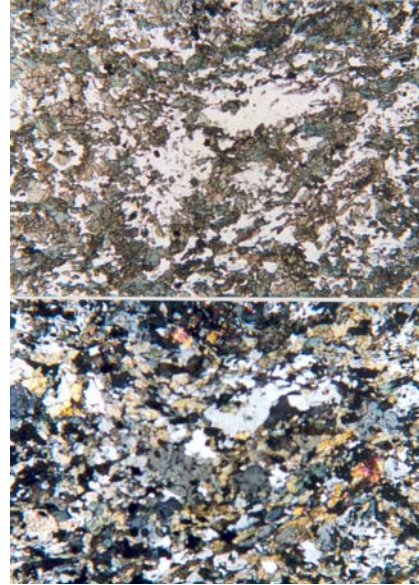


### Mica blanca: muscovita

Incolora, de bordes rectos e irregulares, subhedral, con hábito laminar-hojoso en (r: 36) y escamoso en (r: 29), sin alteración. Asociada a todos los minerales presentes y su distribución es irregular en la sección.



**Fig. 74. Fotomicrografías de la sección RN-802-r 29 (N: // y X). Anfibolita granatífera plagioclásica micácea. Barroisita, granate y plagioclasa con fábrica desordenada.**



**Fig. 75. Fotomicrografías de la sección RN-802-r 36 (N: // y X). Anfibolita plagioclásica epidótica granatífera. Barroisita, granate, plagioclasa y epidoto con fábrica desordenada.**

### Biotita:

Se presenta en la muestra (r: 29). De color pardo con pleocroísmo fuerte que va del crema al pardo oscuro, anhedral de bordes irregulares y corroídos, se presenta en agregados escamosos. Asociada al anfíbol y su distribución es irregular en la sección.

### Plagioclasa:

Anhedral, de bordes irregulares y hábito granular. No se observan maclas. Poiquiloblástica con algunas inclusiones de epidoto, esfena y anfíbol. Asociada a todos los minerales presentes y su distribución es irregular en la sección.



**Clorita:**

Se presenta solo en la muestra (r: 29). De color verde con pleocroismo moderado que va del crema al verde grama, anhedral de bordes irregulares y corroídos, con hábito escamoso. Con algunas inclusiones de pirita. Asociada al anfíbol y a la biotita y su distribución es irregular en la sección.

**Opacos: pirita**

La pirita a la luz reflejada se ve de color amarillo latón, anhedral de bordes irregulares y corroídos, con hábito granular. En (r: 36) también se observan granos poligonales. Asociada a todos los minerales presentes y su distribución es irregular en la sección.

**Esfena:**

Se presenta solo en (r: 36). De color pardo oscuro, sin pleocroismo, anhedral de bordes irregulares y redondeados, se presenta en agregados granulares. Asociada a todos los minerales presentes. Escasa.

**Apatito:**

Incoloro y de alto relieve, anhedral de bordes redondeados e irregulares, con hábito granular. Asociado a todos los minerales presentes. Escaso.

## CUENCA: RÍO SAN JULIÁN.

### Petrografía

#### *Gneises*

#### **Augengneis cuarzo-plagioclásico-micáceo. (r: 29,21,37,43,19)**

Macroscópicamente se observan muestras de una roca poco meteorizada, compacta, masiva y homogénea, fanerítica de grano fino a medio, donde una de las secciones (r:37) alcanza a mostrar granos gruesos, en corte o fresco muestra color pardo grisáceo claro con finos bandeamientos más oscuros grisáceos negruscos y color superficial gris claro, tonalidad blanco verdoso pardoso claro. Se observan fenocristales, como bolsones de colores claros blancos, alineados y de granos grueso. Las bandas finas de minerales más oscuros y hojosos como laminares, están orientadas y semi onduladas e intercaladas entre los porfidoblastos de minerales claros a su vez semi orientados, mostrando la textura gnéisica entre un grupo de rocas bastante foliadas.

Al microscopio se observan secciones moderadamente limpias, de considerable presencia de cuarzo y feldespatos, en mayoría como porfidoblastos y en bolsones, con presencia de microcristales, como fragmentos, de aspecto terrosos y en agrados y dispersos sobre granos de mayor tamaño, la mayoría de los granos son anhedrales con excepción de unos pocos granos de epidoto que conservan forma euédral. Hay orientación preferencial, con aspecto de deformación dúctil y semi ondulada de minerales micáceos (textura lepidoblástica) bastante pequeños, epidoto, esfena y clorita, todos estos minerales levemente se aprecian bordeando agregados de cuarzo y feldespatos, sobre algunas zonas se forman como ojos o bolsones. Las secciones son inequigranulares, con los minerales claros bastante granudos, las secciones se observan conservadas y con algunas alteraciones sobre las micas (fig. 76).

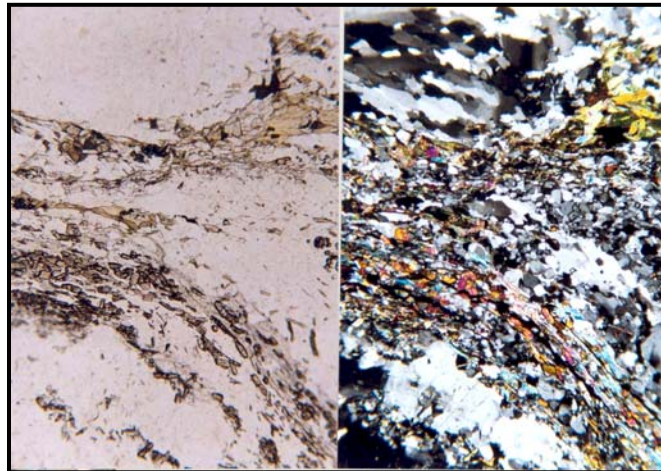
#### Cuarzo:

Anhedral algo redondeado, de bordes irregular suave y hábito granudo. Se aprecian granos mono y policristalinos, inequigranular, los de mayor tamaño muestran inclusiones de microcristales micáceos y de epidoto en microfragmentos

granulares (pocos) y otros presentan suaves microfracturas distorsionadas hacia los bordes. La asociación es en agregados a feldspatos y de distribución homogénea en las secciones.

Plagioclasa: albita.

Anhedral, de bordes corroídos e irregulares y habito granudo. Inequigranular, no muy limpio ya que presenta inclusiones de microcristales, sin orientación, dentro y hacia los bordes, algunos granos se aprecian con manchones, se llegan a apreciar sobre la mayoría de los granos inclusiones de minerales laminares micáceos. Algunos granos muestran maclado tipo albita (r: 19) y tipo carlsbad (r: 37, 43, 19). No todos los granos muestran las maclas solo muy pocos granos, otros enseñan como especie de huellas o un maclado difuso. Se llegan a observar bordes poco marcados, a su vez con microfracturas y hasta granos fracturados. Una de las secciones presentan estos granos con leve oxidación sobre algunos bordes (r: 37), dominan sobre las secciones como porfidoblastos y en mayoría bordeados por microcristales micáceos y agregados granulares de cuarzo y mismos feldspatos. La asociación de estos granos es con el cuarzo y microclino en notables agrupaciones o agregados y de distribución homogénea sobre las secciones.



**Fig. 76. Fotomicrografías de la sección RSJ-802-r 43 (N: // y X). Augengneis cuarzo-plagioclásico-micáceo Parte de porfidoblastos de microclino mostrando sombras de presión de cuarzo granoblástico. El feldspato bordeado por bandas de minerales micáceos y epidoto (textura augen).**

Mica blanca: moscovita y sericita

Todas las secciones (r: **29, 21, 37, 43, 19**) presentan dominio micáceo de moscovita, sólo la sección r: 19 presenta la sericita. Mica de color crema claro y de tonalidad verde amarillento algunas, de pleocroísmo débil que aclara los tonos hasta incoloro, anhedral, de bordes semi lisos muy pocos a corroídos y astillosos sobre bordes más cortos, y habito hojoso semi laminar. La mayoría de los granos se agrupan en agregados laminares finos formando bandeados y con suave deformación dúctil muy juntos los granos en contactos longitudinales y semi paralelos.

Sobre las secciones r: 19, 37, se aprecian algunos bordes poco marcados y con leve oxidación, el resto de granos generalmente no son muy limpios y con inclusiones de microcristales irreconocibles, al parecer de mismos fragmentos de micas y epidoto. Son inequigranulares y en mayoría de granos más pequeños que las micas verdes, algunos granos muestran alteraciones, a clorita, sobre los bordes junto con una birrefringencia levemente anómala. La asociación la presentan junto al resto de micas y de distribución inhomogénea en planos semiparalelos y bandeados envolviendo porfidoblastos y agregados de minerales claros de cuarzo y feldespatos sobre las secciones.

Biotita:

Mica de color verde oliva y pardo claro, de pleocroísmo moderado a fuerte que pasa a un color verde más claro, pardo amarillento y crema pálido, anhedral, de bordes semi lisos sobre los lados mas largo a irregulares suaves corroídos sobre los mas cortos, y habito hojoso laminar. Los granos de mayor tamaño se aprecian con suave deformación de aspecto dúctil, en agrupaciones formando las bandas y en contacto semiparalelos, un grupo muestra bordes gastados, con oxidación y otro de granos más pequeños presenta cloritización.

En las secciones r: 43 y 21 se aprecian más conservadas que en el resto de las secciones, ya que la mayoría se aprecian bastante alteradas, con cloritización y oxidación bastante marcada sobre los bordes. Entre agrupaciones más numerosas se pueden apreciar microcristales de esfenas dentro de ellas, esta mica se asocia entre

micas blancas, epidoto y esfena y con distribución inhomogénea dentro de planos bandeados semiparalelos a lo largo de las secciones, bordeando porfidoblastos sobre las secciones.

Grupo del Epidoto: epidoto y zoisita.

La variedad de zoisita sólo se observó sobre la sección r: 29. El mineral es color crema claro, beige con tonos amarillento y verdoso pálidos, de moderado relieve, sin pleocroismo, anhedral a subhédrico redondeado en mayoría, de bordes irregulares a unos pocos corroídos y bien marcados y habito granudo a semi prismático rómbico y hexagonal con bordes quebrados. En todas las secciones dominan como agregados granulares junto a las micas y donde hay mayor concentración de estos grupos se aprecia un notable grado de oxidación. Algunos granos de mayor tamaño presentan microfracturas, junto a estos se aprecian agregados de micro fragmentos dispersos alrededor de los mismos y hasta granos fracturados completamente, la asociación es general y entre los minerales micáceos y clorita, con distribución inhomogénea y dentro de los bandeamientos semi orientados a lo largo de las secciones. Se llegan a apreciar unos pocos entre los porfidoblastos de cuarzo y feldespato. Ausencia del mineral en la sección r: 37.

Microclino:

Anhedral, de bordes irregulares gastados y muy poco marcados, algunos como corroídos, no muy limpio y habito granudo semi hojoso. Inequigranular, algunos granos están notablemente manchados sobre sus centros, con algunas inclusiones de microcristales como fragmentos de minerales de alto relieve, poco reconocibles, al parecer epidoto y apatito. Se aprecian fenocristales dentro de agregados granulares de cuarzo y plagioclasa, donde estos microclinos no muestran bordes marcados (r: 37). Son muy pocos los granos que llegan a mostrar las direcciones de clivaje característico de mayado, por ello se presenta la dificultad en su reconocimiento entre las plagioclasas ya que las mismas están bastante manchadas superficialmente al igual que estos granos. Sobre las secciones r: 37, 43 y 19 se llegan a apreciar maclado tipo

Carlsbad y periclino (r: 19) y textura pertítica en parches. Porfidoblastos de este mineral formando textura augen (fig. 56), donde se observan sombras de presión de cuarzo granoblástico, lo que indica una textura índice de cristalización pre-tectónica (v, Cap. 6, p. 95). La asociación es general al cuarzo y plagioclasa y con distribución homogénea y muy dispersa en agrupaciones sobre las secciones.

#### Esfena:

Granos color pardo bastante oscuro, marrón, muy sucios, de moderado relieve, algunos un poco más limpios que muestran un pardo claro amarillento, sin pleocroismo, anhedrales y unos pocos subhédricos hasta redondeados, de bordes irregulares suaves a semi lisos y habito granudo a semi prismático rómbico alargado. Equigranulares, diminutos y en agregados microgranulares formando como nidos, en algunas zonas de grandes grupos se aprecian microcristales disgregados alrededor, sueltos e individuales. La asociación es general entre las bandas de micas y epidoto y semi orientados alineadamente con distribución inhomogénea a lo largo de las secciones.

#### Clorita:

Se aprecia de color verde claro, limpio, sin pleocroismo, anedral, de bordes irregulares suaves a corroídos y habito hojoso escamoso. Inequigranular y sobre algunos granos se aprecia presencia de oxidación sobre pocos bordes, se asocian entre las micas, como producto de alteración de las mismas y al epidoto preferencialmente, con una distribución homogénea y bastante dispersa a lo largo de las secciones. Sólo la sección r: 43 no se llegó a reconocer presencia de este mineral.

#### Apatito:

Mineral incoloro, de alto relieve, anedral redondeado, de bordes irregulares suaves y habito granudo semi tabular. Equigranular y en dominio se presenta como inclusiones sobre el resto de minerales, en especial sobre los porfidoblastos y hacia los bordes de el cuarzo y la plagioclasa. La asociación es general al resto de

minerales y de distribución homogénea a lo largo de las secciones. Las secciones r: 21 y 43 son las que contienen este mineral.

Opaco: pirita y hematita.

Mineral opaco sólo sobre las secciones r: 21 y 37. Los granos son muy oscuros, negro a rojizo vino tinto sobre todo hacia los bordes, presentan bordes muy marcados irregulares suaves a corroídos, es anhedral y subhédrico redondeado y habito granudo. Con luz reflejada los granos se muestran bastante oscuros y con un leve brillo (sobre r: 21), el resto sigue opaco pero ambos casos con bordes bastante rojizos. Se aprecian microfracturas y hasta granos fracturados sobre todo sobre sus bordes y disgregados fragmentos alrededor de los mismos, algunos bordes presentan leve oxidación (sobre la sección r: 21) se asocian generalmente al resto de los minerales y con distribución bastante dispersa e inhomogénea hacia los bordes de las secciones.

### **Gneis cuarzo-feldespático-micáceo epidótico. (r: 1, 32, 18, 52)**

Macroscópicamente se aprecian muestras de roca muy cuarzosa, poco meteorizadas, homogéneas, compactas y masivas. Faneríticas de grano fino a medio, de color en corte fresco muestra como manchones moteados color claro, blanco verdoso con el resto de la roca un gris oscuro a medio algo pardoso y con color superficial gris claro, blanco parduzco y verdosos sobre algunas zonas. Se aprecian finas bandas orientadas semi paralelas de minerales más oscuros y de aspecto laminar y hojoso, presentando leve oxidación sobre estas zonas más oscuras. Con textura mas esquistosa que gnéisica pero con porfidoblastos que aparentan especies de ojos, augengnéisica.

Al microscopio se aprecian secciones moderadamente limpias, muy cuarzosas y feldespáticas, de orientación preferencial en especies de bandas sobre minerales laminares micáceos, que sobre algunas zonas bordean porfidoblastos y agrupaciones de minerales claros de cuarzo y feldespatos. Es inequigranular, y bastante granuda,

con alteraciones sobre algunas micas y de notable cantidad de inclusiones sobre los feldespatos. Homogénea y de textura gnéisica (figs. 77 y 78).

#### Cuarzo:

Mineral no muy limpio, con algunas zonas como manchadas y marcada sobre los bordes, anhedral, de bordes irregular suave y levemente marcados en ciertos casos y habito granudo. La extinción ondulatoria es bastante alterada. Se aprecian microfracturas y hasta granos fracturados hacia los bordes, inequigranulares, con asociación general al resto de minerales entre feldespatos y distribución homogénea en agrupaciones semi orientadas entre bandas de minerales laminares a lo largo y ancho de las secciones.

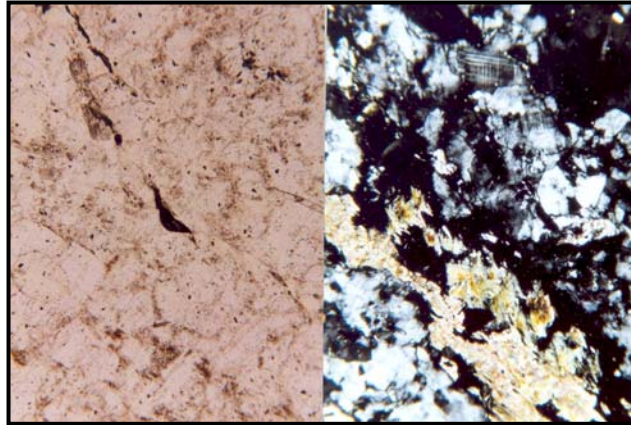
#### Plagioclasa:

Anhedral, no muy limpio, de bordes irregular suave a corroídos (pocos) y habito granudo semi laminar. Inequigranular, presenta gran número de inclusiones de microcristales, algunos granos se aprecian bastante manchados hasta no diferenciarse algunos bordes. Muy pocos granos son los que conservan maclas y bastante difusas, sobre las secciones r: 32, 18 y 52 se reconocen maclas tipo Carlsbad. La asociación es en general con cuarzo y microclino y con distribución homogénea sobre las secciones.

#### Microclino:

Mineral anhedral redondeado y semi laminar, de bordes irregulares gastados y habito granudo. Presenta poca distinción entre la plagioclasa, ya que son muy pocos los granos que conservan el maclado característico, en mayados, que se aprecian difusos y con maclas tipo carlsbad unos pocos, ya que la mayoría de los granos están manchados y con inclusiones de microcristales laminares micáceos y granulares. Se asocia junto al cuarzo y la plagioclasa y con distribución inhomogénea y dispersa sobre las secciones.





**Fig. 77. Fotomicrografías de la sección RSJ-802-r 32 (N: // y X). Gneis cuarzo-feldespático-micáceo epidótico Granos de plagioclasa, microclino y cuarzo, de bordes poco marcados y agregado microlaminar de mica blanca.**

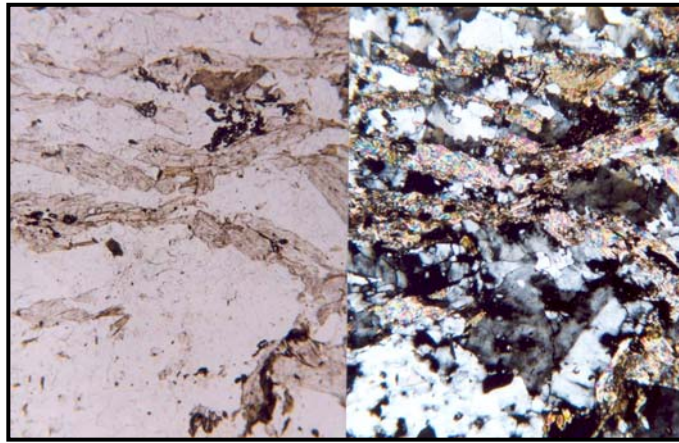
Mica blanca: moscovita.

Mica color crema claro de leve tonalidad pardo claro pálido, de pleocroismo muy débil que pasa a color más claro e incoloro, con suave textura ojo de pájaro bajo nicoles cruzados, anhedral, de bordes semi lisos a corroídos y habito laminar hojoso. Algunos granos presentan bordes gastados, poco marcados y como fracturados, a su vez otros muestran un fino envoltorio fuera de las características donde hay presencia de alteración, se agrupan en contactos longitudinales, la mayoría, semiparalelos y formando como especies de bandas donde envuelven algunos granos de esfena y epidoto, apreciándose estos a su vez sobre sus bordes. El mineral es inequigranular, la sección r: 52 muestra granos con leve oxidación sobre algunos bordes, la asociación es general entre las micas verdes, esfena y epidoto y con distribución inhomogénea sobre bandas semi paralelas, bordeando en algunos casos porfidoblastos de minerales claros, a lo largo de las secciones.

Biotita:

Mineral color verde oscuro oliva y pardo verdoso claro, de pleocroismo moderado que pasa a color verde claro pardoso y crema amarilloso pálido, no muy limpio, y sobre granos de mayor tamaño se aprecian como manchones más oscuros, es

anhedral, de bordes semi lisos a irregulare suave y corroídos y habito laminar hojoso. Se aprecian algunos granos de mayor tamaño con leve deformación tipo dúctil, hay cloritización sobre algunos granos, se llegan a apreciar microfracturas distorcionadas y hasta bordes fracturados y otros con leve oxidación sobre parte de sus bordes. Inequigranular, se asocia en general entre las demás micas, esfena y epidoto, son pocos los que forman agregados laminares, guardando poco paralelismo entre ellos y con distribución inhomogénea y dispersa a lo largo de las secciones.



**Fig. 78. Fotomicrografías de la sección RSJ-802-r 52 (N: // y X). Gneis cuarzo-feldespático-micáceo epidótico Micas orientadas en bandas finas, junto a epidoto y esfena, bordeando agregados graduales de feldespato y cuarzo no muy limpios.**

Grupo del Epidoto: epidoto y zoisita.

Mineral color crema claro de tonalidad amarillenta, pálido y claro, no muy limpio, de moderado relieve, sin pleocroismo, anhedral y subhédrico redondeado, de bordes irregular suave a corroídos y habito granudo. Algunos granos presentan microfracturas y bordes fracturados, como quebrados, se llegan a apreciar inclusiones de microfragmentos granulares y algunos disgregados alrededor de los mismos. Algunos granos son bordeados y envueltos por minerales micáceos, se asocian generalmente entre micas y esfena y al resto de minerales y con una distribución homogénea y dispersa sobre las secciones. La sección r: 52 presenta zoisita en muy poca proporción.

**Esfena:**

El mineral es microgranular, de color marrón oscuro parduzco, sin pleocroismo, muy sucio, moderado relieve, anhedral y subhédrico (pocos), de bordes irregular suave a corroídos y hábito granudo y semi prismático rómbico alargado. Equigranular, como inclusiones en mayoría, se asocia al resto de minerales y en mayoría entre las bandas de micas y en agregados micro granulares formando especie de nidos y de distribución inhomogénea y dispersa a lo largo de las secciones.

**Clorita:**

Solo se reconoció el mineral en las secciones r: 1 y 32, de color verde claro pálido, sin pleocroismo, anhedral, de bordes corroídos y poco marcados y hábito hojoso escamoso. Se distingue en mayoría como producto de alteración de micas, la asociación es con las micas y de distribución inhomogénea y dispersa sobre las secciones.

**Apatito: (traza)**

Mineral incoloro, de alto relieve, con textura superficial, anhedral, de bordes irregulares a suaves y hábito granudo masivo. Se aprecia como inclusiones y en granos individuales en mayoría, equigranular, la asociación es en general al resto de los minerales y con distribución homogénea y bastante dispersos los granos en las secciones. Se reconoció como mineral traza en todas las secciones de este grupo.

**Gneis feldespático-cuarzo-micáceo-granatífero. (r: 8,20)**

Al microscopio se observan secciones muy feldespáticas y cuarzosas, inequigranulares, limpias, con porfidoblastos de cuarzo y feldespatos con inclusiones y textura pertítica. Se aprecian minerales micáceos, epidoto y granate con dificultad de reconocimiento de algún tipo de orientación, sólo una muy leve sobre algunas micas y suavemente marcada por zonas dentro de las secciones. Se aprecia con dificultad una textura gnéisica (fig. 79).

**Plagioclasa:**

Anhedral y algo redondeado, de bordes irregulares y muy poco marcados y habito granudo. Inequigranular, con inclusiones e microcristales de epidoto, micas, cuarzo y microfragmentos de feldespatos, se aprecian suaves microfracturas y hasta bordes corroídos por micas y esfena. Son pocos los granos que llegan a mostrar y conservar maclas tipo Carlsbad y tipo albita (sólo sobre la sección r: 20). La asociación es general al resto de mineral y de distribución, sin orientación alguna, homogénea sobre las secciones.

**Cuarzo:**

Mineral anhedral, de bordes irregulares poco marcados y habito granudo. Inequigranular, de muy pocas inclusiones microcristalinas, se asocia a los feldespatos y al resto de los minerales y de distribución homogénea algo dispersa sobre las secciones.

**Microclino:**

Es un mineral anhedral, de bordes irregulares suaves poco marcados y habito granudo semi hojoso. Inequigranular, con algunas inclusiones de microcristales micáceos, epidoto, cuarzo y plagioclasa, son muy pocos los granos que muestran el maclado característico en mayado, más hacia los bordes, en mayoría. Sobre ambas secciones se aprecian pocos granos con maclas del tipo Carlsbad y con textura pertítica en parches. La asociación es general entre cuarzo y plagioclasa y de distribución dispersa y homogénea sobre las secciones.

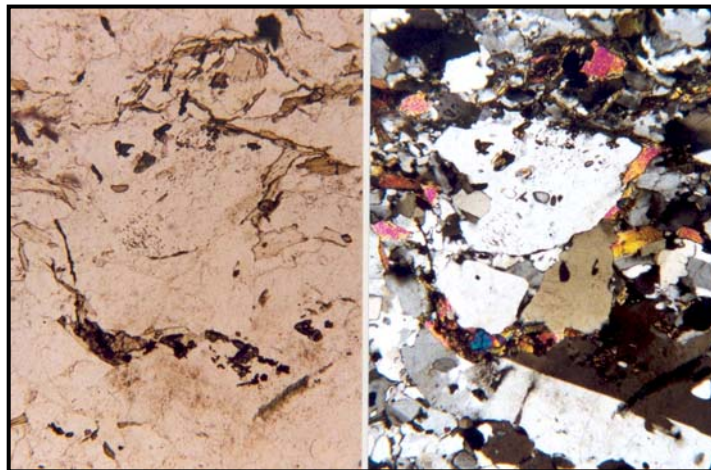
**Mica blanca: moscovita**

Mica de color crema muy claro pardoso, pleocroismo débil que pasa a incoloro el mineral, bordes corroídos astillosos sobre los bordes más cortos y semi lisos y habito hojoso semi laminar. Se aprecian como inclusiones y sobre los bordes de pórfidos de cuarzo y feldespatos, algunos bordes presentan leve oxidación y se aprecia

cloritización (poca). La asociación es junto a otras micas, clorita y epidoto y con distribución homogénea sobre las secciones.

#### Biotita:

Mica de color verde pardo oliva, de pleocroismo moderado a fuerte que pasa los granos a color pardo claro verdusco, amarillento, es anhedral, de bordes irregular corroídos y habito hojoso laminar. Se aprecian algunos granos con bordes oxidando y se notan algunas direcciones de clivaje semi paralelas sobre los de mayor tamaño de grano junto con microfracturas sobre los bordes e incompletas. La asociación es con las micas blancas, epidoto, clorita y esfena y de distribución homogénea y sobre los bordes de pórfidos de cuarzo y feldespatos en ambas secciones.



**Fig. 79. Fotomicrografías de la sección RSJ-802-r 20 (N: // y X). Gneis feldespático-cuarzo-micáceo-granatífero. porfidoblastos de plagioclasa con inclusiones y macla tipo Carlsbad, con finas y cortas bandas de epidoto y micas.**

#### Grupo del Epidoto: epidoto.

Mineral color pardo oscuro verdusco, sin pleocroismo, de bordes irregulares corroídos, de moderado relieve y habito granudo. Se aprecian microfracturas sobre algunos granos y bordes quebrados redondeando los granos, algunos forman agregados granulares poco numerosos y en conjunto con micas y esfenas sobre los bordes de feldespatos y cuarzo. La asociación es junto a las micas y esfena y de distribución dispersa y homogénea sobre las secciones.

**Esfena:**

Mineral color pardo oscuro, marrón, sin pleocroismo, bastante diminuto, anhedral y subhédrico alargado, de bordes irregulares corroídos y habito granudo. Se aprecian microcristales como inclusiones y hasta formando pequeños agregados microgranulares alrededor del epidoto, de asociación general al epidoto y micas y de distribución dispersa y homogénea sobre las secciones.

**Granate:**

Se aprecia como mineral traza en ambas secciones, de color crema claro rosáceo, no muy limpio, anhedral y subhédrico redondeado, de bordes irregulares y quebrados y habito granudo y dodecaédrico de bordes fracturados. Se aprecian granos con microfracturas y como inclusiones dentro de feldespatos, de asociación general al resto de minerales y de distribución muy dispersa y homogénea sobre las secciones.

**Gneis cuarzo-feldespático muscovítico (calcítico). (r: 26)**

Macroscópicamente la muestra de roca presenta moderada meteorización, homogeneidad, roca compacta y masiva. Fanerítica de grano medio a grueso, color gris con presencia de porfidoblastos de minerales claros, es casi irreconocible superficialmente orientación preferencial en los granos, aspecto granudo y de índice de color moderadamente alto.

Al microscopio se observa una sección cuarzosa y feldespática, con leve orientación sobre minerales laminares micáceos, poco limpia, homogénea e inequigranular. Se aprecia textura gnéisica y con textura pertítica sobre los feldespatos, los granos de mayor tamaño presentan inclusiones de microcristales. Hay presencia de carbonato en poca proporción.

**Cuarzo:**

Mineral anhedral, de bordes irregulares a corroídos y habito granudo. Se llegan a apreciar microfracturas en las zonas céntricas de algunos granos y otros presentan muy pocas inclusiones. Se observan granos mono y policristalinos, de asociación

general entre feldespatos y con distribución homogénea en agrupaciones a lo largo de la sección.

#### Plagioclasa:

Anhedral, con bordes irregulares gastados y hábito granudo. Tienen dificultad en el reconocimiento entre el resto de feldespatos ya que la gran mayoría no muestran macados, son pocos los granos que muestran maclas distorsionadas y difusas y las que llegan a distinguirse se reconocen del tipo Carlsbad. Los granos no son muy limpios se presentan con ciertos manchones en general sobre los mismos, presentan inclusiones microgranulares sobre los bordes en algunos granos, son inequigranulares, de asociación general al cuarzo y microclino y de distribución homogénea a lo largo de la sección.

#### Microclino:

Anhedral, de bordes irregulares y gastados y hábito granudo. Se aprecian algunos granos con manchones, no muy limpios, el mayado en dos direcciones de clivaje solo se aprecian pobremente conservados y sobre algunas zonas de los mismos, muestran algunas microfracturas, inclusiones de microcristales laminares micáceos y granulares y algunos porfidoblastos presentan grietas las cuales se presentan sustituidas por agregados microgranulares de cuarzo, son como trenes de cuarzo microgranular que atraviesan los granos. La asociación es general entre cuarzo y plagioclasa y de distribución inhomogénea a lo largo de la sección. Se observa textura perítica en parches y maclado tipo Carlsbad.

#### Mica blanca: moscovita y sericita.

Mica de color crema claro a incoloro, de pleocroísmo muy débil a nulo, anhedral, de bordes irregulares corroídos y hábito hojoso laminar. Se observa leve alteración sobre algunos bordes de los granos más laminares como finos envoltorios donde se pierde la característica textural ojo de pájaro. Se aprecian bastante agrupadas en agregados de pequeñas laminillas de contacto longitudinal y semi paralelo entre las

mismas, se asocian generalmente al resto de las micas y de distribución inhomogénea mostrando especie de finas bandas con aspecto de fluidez y bordeando porfidoblastos de cuarzo y feldespato a lo largo y ancho de la sección.

#### Biotita:

Mineral verde oliva, parduzco, de pleocroismo moderado que pasa el color a crema y verde amarillento pálido, anhedral, de bordes corroídos irregulares y habito laminar hojoso. Sobre algunos granos se aprecian finos envoltorios sobre los bordes, mostrando alteración y cloritización, la asociación de los granos es general entre las demás micas, esfena y epidoto y de distribución inhomogénea y siguiendo el bandeo de las micas blancas sobre la sección.

#### Grupo del Epidoto: epidoto.

Se observa un mineral color crema claro amarillento, pálido y tonalidad verdosa, de moderado relieve, sin pleocroismo, anhedral, de bordes irregulares y habito granudo. Algunos granos muestran grietas, microfracturas y algunos huecos hacia las zonas céntricas, equigranular, de asociación general al resto de minerales y entre micas y de distribución bastante dispersa y homogénea a lo largo de la sección.

#### Esfena:

Este mineral presenta color pardo claro, no muy limpio, sin pleocroismo, subhedral y euhédrico (pocos), de bordes lisos a irregulares suaves y habito semi prismático rómbico alargado a granudo. Se presentan microgranulares y en agregados, medianamente numerosos, formando como nidos, la asociación es general con las micas, epidoto y calcita y de distribución dispersa y homogénea en agregados sobre la sección.

#### Calcita:

Mineral de color crema claro a casi incoloro, de pleocroismo muy débil, anhedrales, de bordes irregulares corroídos a poco marcados y habito granudo semi



hojoso. Se llegan a observar en pequeñas zonas de los granos las maclas características cruzadas y en tres direcciones, llegan a apreciarse con un poco de alteración y con algo de dificultad para determinar el tipo de carbonato. La asociación es general al resto de minerales y de distribución inhomogénea sobre una de las zonas de a sección y entre cuarzos.

### **Augengneis y gneis cuarzo-anfibólico-clorítico. (r: 53,33)**

Macroscópicamente se observan muestras de roca poco meteorizada a fresca, homogénea, compacta y masiva. Faneríticas de grano fino a grueso, de color gris claro casi blanco y con tonalidades verdosas, con porfidoblastos de minerales redondeados y de colores claros, como aspecto de moteado (sobre algunas zonas dan aspecto de ojos bordeados de minerales más oscuros), de color verde parduzco. Son muestras de roca claramente anfibólicas y de muy poca y débil apreciación de minerales orientados.

Al microscopio se observan secciones cuarzosas y anfibólicas, inequigranulares, con homogeneidad, de porfidoblastos bordeados por cuarzo microgranular, minerales laminares, finos y micáceos, de anfíbol alterado en gran mayoría, y de manchones sobre algunos cuarzos y feldspatos. La sección r: 53 presenta mayor tamaño de grano, grano más grueso. Leve oxidación sobre los bordes de algunos anfíboles y claramente se aprecia una textura gnéisica (fig. 80).

#### **Cuarzo:**

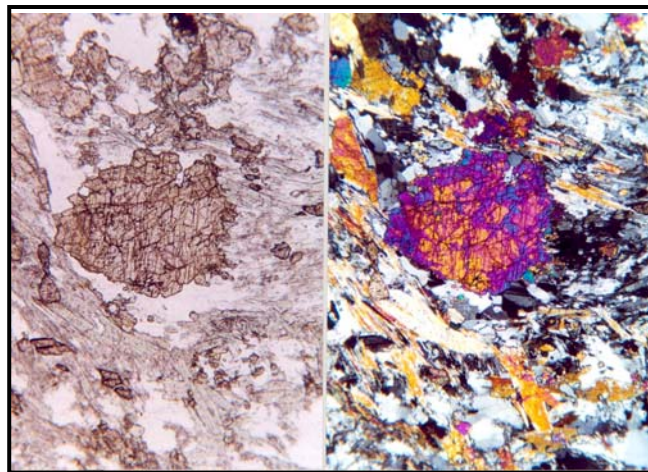
Mineral moderadamente limpio, anhedral, de bordes irregulares suaves algunos hasta levemente marcados y habito granudo. Se aprecian granos mono y poli cristalinos, sobre algunas zonas se llegan a apreciar como llenando espacios entre anfíboles, ello por no mostrar marcados sus respectivos bordes. La asociación es general al resto de los minerales y en mayoría en agrupaciones o agregados junto a feldspatos y de distribución homogénea a lo largo de las secciones y un poco dispersos.

**Plagioclasa:**

Anhedral, moderadamente redondeado, de bordes irregular suave a corroídos y habito granudo. Inequigranular, se aprecian algunos granos bastante manchados, no muy limpios y con inclusiones microcristalinas, la mayoría de los bordes están poco marcados y casi no se encuentran granos con maclas definidas, entre los que se llegan a reconocer y con dificultad se aprecian con maclas tipo Carlsbad. La asociación es con microclino y cuarzo y de distribución homogénea a lo largo de las secciones.

**Clorita:**

Mineral color verde claro pálido a incoloro, sin pleocroismo, anhedral, de bordes irregulares corroídos y habito hojoso escamoso. Hacia los bordes se aclaran mucho más los granos y están poco marcados e incoloros, se asocian entre mica verde y anfíbol y con distribución homogénea en agrupaciones poco numerosas sobre las secciones.



**Fig. 80. Fotomicrografías de la sección RSJ-802-r 53 (N: // y X). Augengneis y gneis cuarzo-anfibólico-clorítico. Porfiroblasto de epidoto, redondeado, con bordes fracturados y microfracturas, bordeado por finas bandas de micas y actinolita y epidoto microgranular.**

**Anfíbol: actinolita.**

Los granos se aprecian moderadamente sucios, de color crema verdoso y pardo claro, con pleocroismo débil que aclara el color a tonos más pálidos crema, mineral

anhedral y subhédrico, de bordes irregulares quebrados y habito granudo semi hojoso. Inequigranular, la gran mayoría presenta una notable cantidad de microfracturas y hasta bordes fracturados y disgregados en micro fragmentos alrededor de los mismos, aprecian las direcciones de clivaje distorsionadas, por las mismas microfracturas, en mayoría muestran una sola dirección de maclas, con ello dificulta el reconocimiento y distinción del tipo de anfíbol. Muchos bordes están quebrados y muy poco marcados y sobre algunas zonas están bordeados por micas y microcristales de cuarzo. Algunos granos presentan una leve oxidación, muy frecuente sobre granos de menor tamaño. La asociación es general al resto de los minerales y de distribución homogénea a lo largo de las secciones. La sección r: 33 muestra gran alteración sobre estos granos no tan conservados junto a granos de menor tamaño que la otra sección y a su vez presenta mucha menor proporción de granos que la sección r: 53.

#### Grupo del Epidoto: epidoto.

Mineral color crema amarillento y pálido, sin pleocroismo, anhedral y subhédrico redondeado (pocos), de bordes irregular suave a corroídos y habito granudo. Muestra moderado relieve, con microfracturas y granos fracturados y tienen gran semejanza con los anfíboles en la sección r: 53. Muestra equigranularidad, algunos granos presentan bordes quebrados y disgregan microfragmentos granulares alrededor de los mismos, se asocia en general al resto de minerales y entre las micas y anfíbol sobre sus bordes en mayoría y de una distribución homogénea sobre las secciones.

#### Biotita:

Sólo se reconoció el mineral en la sección r: 33. Color verde oliva parduzco, de pleocroismo moderado que pasa el color a crema claro amarillento, es anhedral, de bordes corroídos e irregulares y habito hojoso laminar. Se observan alteraciones de cloritización sobre los bordes de algunos granos, se asocian en general a las demás micas y clorita junto al resto de minerales y con distribución grupal homogénea sobre la sección.

Mica blanca: sericita y moscovita.

La sección r: 33 muestra sólo la sericita y la r: 53 la moscovita. Los granos son crema muy claro de tonalidad verdosa pálida a incoloros, sin pleocroismo a uno muy débil pasando los granos a incoloros, anhedrales, de bordes semi lisos a irregulares sobre los lados más cortos y habito hojoso laminar. Se llegan a apreciar, sobre algunos granos de sericita, se llega a distinguir alteración a clorita, estas micas se asocian a la biotita, clorita y al anfíbol y con distribución homogénea sobre las secciones.

Esfena:

Mineral de color pardo oscuro y pardo claro pálido en casos de granos más limpios, sin pleocroismo, subhedral y redondeado, de bordes irregulare suave a semi lisos y habito granudo y semi prismático rómbico alargado. Algunos granos presentan desgaste sobre los bordes, como corroídos, poca inequigranularidad y se presentan como agregados granulares, formando especie de nidos. La asociación es general al resto de minerales y en mayoría entre micas (dentro de ellas) y clorita y con distribución homogénea en grupos pequeños sobre las secciones.

Microclino:

Este mineral sólo se presenta en la sección r: 33. Anhedral, de bordes irregulares corroídos y habito granudo semi laminar. Se aprecian porfidoblastos con manchones, no muy limpios, de poca visibilidad de sus direcciones de clivaje o mayado característico, sólo sobre ciertas zonas de los mismos, se distinguen algunas maclas con dificultad del tipo Carlsbad y se llega a apreciar, sobre algunas zonas y sobre los porfidoblastos en mayoría, texturas pertítica en parches y micropertítica. La asociación es general con plagioclasa y cuarzo y de distribución homogénea sobre la sección. Dentro de los porfidoblastos se reconocen trenes de cuarzo microgranular en inclusiones y atravesando los mismos.

**Apatito:**

Se observa en la sección r: 53 solamente y como mineral traza. Incoloro de muy suave tonalidad pálida verdosa, sin pleocroismo, anhedral, de bordes lisos a irregular suave y habito laminar fino. Se aprecia granos como filones astillosos alargados, muy limpios como inclusiones la gran mayoría, de asociación general y distribución homogénea sobre la sección.

**Opaco: pirita y hematita.**

Sólo se observaron sobre la sección r: 53. Opaco negro y rojizo, sin pleocroismo, anhedral, de bordes irregular gastados y habito granudo y semi prismático cúbico. La mayoría de los bordes se muestran bastante quebrados, con luz reflejada muestran tonos rojos fuerte y con leve brillo metálico latón algunos, sobre las zonas centrales de algunos granos. La asociación es general al resto de minerales y de distribución bastante dispersa y homogénea sobre la sección. Son granos de pirita con alteración de oxidación hacia hematita.

***Esquistos moteados:*****Esquisto epidótico-anfibólico-cuarzoso. (r: 57)**

Macroscópicamente se presenta una roca poco meteorizada, homogénea, de grano fino sin orientación preferencial y particularmente con una concentración de un grupo o agregado de minerales claros que atraviesa la muestra en dos franjas, como bandas, semi paralelas. Es masiva de color verde oscuro y con un aspecto de moteado generalmente disperso de un mineral claro rosado parduzco.

Al microscopio se aprecia una sección que destaca un grupo o agregados de minerales oscuros, de colores pardos verdosos y sin orientación preferencial sobre estos minerales de aspecto bastante granudo y con abundancia de inclusiones sobre los granos de feldespato de mayor tamaño. Es inequigranular y con una textura esquistosa de grano medio a grueso pobremente marcada sobre la sección (fig. 81).

Grupo del Epidoto: epidoto.

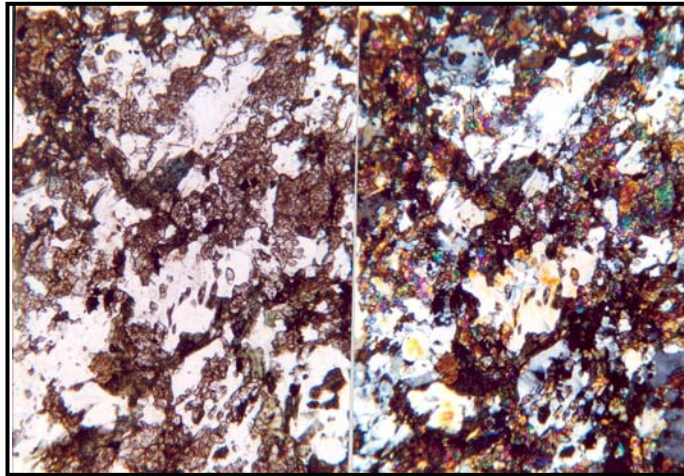
Los granos son de color ocre, pardo claro a casi incoloros, los más limpios, moderado relieve, pleocroismo nulo, anhedrales de unos pocos granos subhédricos, de bordes irregulares a semi lisos y habito granudo prismático pseudo-rómbico de bordes quebrados la gran mayoría. Equigranulares, mineral mayoritario y se reconocen en agregados granulares, en algunas zonas formando numerosos nidos, de bordes quebrados y con microfragmentos disgregados alrededor y hasta en inclusiones, estos agregados se presentan bastante oscuros, como sucios y con presencia de oxidación. Se llegan a apreciar con una alta birrefringencia ( $\Delta n$  alto), se asocian en general a los minerales verde pardo, micas y anfíboles y de distribución homogénea a lo largo de la sección.

Anfíbol: barroisita.

Se encontraron granos color verde pardo y azulosos, de moderado pleocroismo que aclara las tonalidades a crema verdoso amarillento, de bordes irregulares a corroídos y habito masivo laminar (semi hojoso unos pocos). Poco inequigranulares, algunas micro-fracturas suaves hacia sus bordes junto a leve oxidación, se asocian en general al resto de minerales junto al epidoto y en sus bordes y con una distribución homogénea sobre la sección.

Clorita:

Mineral de color verde claro, algunos pálidos, sin pleocroismo, anhedral, de bordes corroídos a gastados y habito semi granudo hojoso. Se aprecian en mayoría como producto de alteración de los minerales verdes, mica y anfíbol, con asociación a los mismos y de distribución homogénea y dispersa sobre la sección.



**Fig. 81. Fotomicrografías de la sección RSJ-802-r 57 (N: // y X). Esquisto epidótico-anfibólico-cuarzoso. Porfidoblastos de plagioclasa ovoidal poiquiloblástica.**

#### Cuarzo:

Anhedral, bastante limpio, los de mayor tamaño, de bordes irregulares a suavemente corroídos poco marcados y habito granudo. Se reconocen en pocos granos inclusiones de apatito, turmalina y otros microcristales posiblemente micáceos hasta haciendo desaparecer algunos bordes del cuarzo dichas inclusiones. Se llegan a observar suaves micro-fracturas, en mayoría hacia los bordes, se asocian generalmente al resto de los minerales y con distribución homogénea a lo largo de la sección.

#### Esfena:

Mineral bastante micro-granular, diminuto, moderado relieve, de color pardo oscuro, sin pleocroismo, anhedral alargado, de bordes irregulares a suaves corroídos y habito granudo. Se reconoce alto oscurecimiento sobre la mayoría de los granos donde se establece presencia de oxidación, forman agregados micro granulares poco numerosos sobre los bordes de los epidoto, se asocian en general al epidoto y anfíbol, algunos se presentan como inclusiones y de distribución bastante dispersa y homogénea a lo largo de la sección.

**Apatito:**

Se reconoció muy poca proporción, mineral incoloro, de alto relieve, algo de brillo, anhedral, de bordes irregulares suaves y de hábito granudo semi tabular. Se aprecian como inclusiones microgranulares, con asociación general al resto de minerales y al cuarzo y epidoto (los más limpios) y de una distribución bastante dispersa y homogénea sobre la sección.

**Turmalina:**

Los granos son casi incoloros de tonalidad verde pálido, alto relieve y leve brillo, moderado pleocroismo, anhedrales, de bordes suaves concoidales y hábito granudo semi masivo. La gran mayoría se aprecian como inclusiones entre el cuarzo, la asociación es general al resto de minerales y de distribución muy dispersa y inhomogénea hacia los bordes de la sección.

**Esquisto epidótico-biotítico-cuarzo-calcítico. (r: 38)**

Macroscópicamente la roca es moderadamente meteorizada, masiva, compacta y homogénea. Fanerítica de grano fino, color verde oscuro negrusco. Se observa con dificultad una pobre orientación preferencial en los minerales, de aspecto laminar muy fino y de poca visibilidad la intercalación entre minerales micáceos. Textura esquistosa más hacia filítica.

Al microscopio se observa una sección poco limpia, inequigranular, con buenas cantidades de agregados granulares, de aspecto triturado, de minerales micáceos y epidoto, con cuarzos y feldespatos poco conservados y alterados por gran número de inclusiones. Es muy pobre la determinación de planos preferenciales seguidos por algunos minerales. La sección es homogénea, con agrupaciones de minerales más oscuros sobre zonas equitativamente distribuidas.



**Cuarzo:**

Anhedral, no muy limpio, de bordes irregulares a corroídos y poco marcados y habito granudo. Se aprecian con pocas inclusiones hacia los bordes, la gran mayoría de minerales laminares micáceos, esfena, apatito y epidoto, también se llegan a determinar sobre la mayoría micro-fracturas. Se presentan bastante equigranulares, y con aspecto de matriz sobre la mayoría de las zonas de la sección, se asocian en general con el resto de los minerales y de distribución homogénea sobre la sección.

**Plagioclasa:**

Anhedral, muy pocos granos muestran maclas bastante difusas y del tipo Carlsbad, no muy limpios, de bordes irregulares y corroídos y de habito granudo. Muestran bordes y centros inclusionados, a su vez presentan microfracturas levemente marcadas. La asociación es general al resto de los minerales y de distribución homogénea y dispersa sobre la sección.

**Grupo del Epidoto: epidoto y zoisita.**

Los granos son color crema y beige claro amarillento de leve tonalidad verdosa, sin pleocroismo y sobre algunos granos con posibilidad de uno muy débil ya que aclara la tonalidad de los granos a crema muy pálido, anhedrales y subhédricos, de bordes irregulares a semi lisos unos pocos y habito granudo y prismático pseudo-hexagonal largo. Se aprecian altamente fracturados y disgregados sobre la sección y muy confusos entre los anfíboles, con aspecto de granos triturados ambos minerales. Se llega a observar leve oxidación sobre zonas de algunos bordes, la asociación es en general con los anfíboles y las micas y como inclusiones microgranulares entre cuarzos y epidoto y de asociación homogénea a lo largo de la sección.

**Anfíbol:**

Los granos se reconocen de color verde amarillento, con débil pleocroismo, anhedrales, de bordes semi lisos e irregulares y habito granudo y semi hojoso. La mayoría de los granos están poco conservados, presentan gran número de

microfracturas hasta sus bordes bastante quebrados, muestran dificultad para la distinción entre epidoto, la asociación es a las micas y epidoto, gran parte de granos con presencia de oxidación sobre algunas zonas de sus bordes y con una distribución poco dispersa y homogénea sobre la sección.

#### Esfena:

Mineral de color pardo oscuro, bastante sucio, sin pleocroismo, subhedral, de bordes irregulares suaves y habito granudo prismático pseudo-rómbico alargado. Se aprecian unos pocos como agregados micro granulares formando pequeños nidos, el resto son granos individuales como inclusiones en cuarzo y feldespatos. Equigranular, se asocia generalmente al resto de los minerales y mayormente al epidoto y micas, llegan a presentar leve oxidación marcada hacia la mayoría de sus bordes y con distribución homogénea sobre la sección.

#### Biotita:

Mineral micáceo de color verde oliva parduzco, con manchones mas oscuros sobre los granos, de pleocroismo moderado que pasa los granos a pardo claro, pálido amarillento y con los mismos manchones, anhedral, de bordes semi lisos a irregulares y habito hojoso laminar. Se aprecian en agregados laminares y micro laminares, con leve oxidación marcada sobre algunos bordes en la mayoría de los granos, no se observa claramente alguna orientación preferencial sobre estos granos mas bien un suave semi paralelismo entre ellos. Sobre algunos granos se llega a reconocer cloritización sobre todo hacia los bordes, otro grupo presenta inclusiones de microcristales de epidotos, turmalinas y apatito. La asociación es general con epidoto y esfena y con una distribución homogénea. A menor aumento puede llegar a apreciarse pobremente una leve orientación sobre planos preferenciales semi paralelos y bordeando junto a clorita, epidoto y anfíbol algunas agrupaciones de cuarzo poco numerosas y feldespatos de grano grueso.

**Clorita:**

Mineral de color verde claro pálido, sin pleocroismo, anhedral, de bordes corroídos e irregulares gastados y hábito hojoso. Son pocos los granos que se distinguen, en mayoría producto de alteración entre biotitas y anfíboles, la asociación es general entre biotitas y hacia algunos bordes de cuarzos y de distribución homogénea a lo largo de la sección.

**Turmalina:**

Granos de color pardo claro, verdoso pálido, de alto relieve, anhedrales, de bordes irregulares suaves a concoidales y hábito granudo masivo. Se tiene confusión en la distinción entre granos de epidoto bastante limpios, se asocian en general al resto de minerales, se reconocen como inclusiones y con suaves microfracturas, y con distribución homogénea sobre la sección.

**Apatito:**

Incoloro, anhedral, de bordes irregulares suaves a concoidales y hábito granudo tabular. La mayoría se aprecia como inclusiones micro granulares y en granos individuales de mayor tamaño que se distinguen con una textura superficial y suaves microfracturas hacia los bordes (pocas), se asocian al resto de minerales y con distribución dispersa y homogénea sobre la sección.

**Opaco: Pirita.**

Opaco, subhedral y anhédrico, de bordes irregulares semi lisos y hábito granudo y muy pocos rómbicos de bordes quebrados. A luz reflejada pobremente muestran leve brillo metálico, amarillento latón y con presencia de óxido sobre la mayoría de los bordes. La asociación es al resto de los minerales y con una distribución bastante dispersa y homogénea sobre la sección.

**Esquisto cuarzo-biotítico-epidótico-plagioclásico. (r: 10,48,42)**

Este grupo de rocas seleccionadas se muestran macroscópicamente con moderada meteorización, masivas, compactas y homogéneas con diferencia de la muestra r: 42 la cual se observó claramente heterogénea. Faneríticas de grano fino a medio, sobre las rocas r: 10 y 48, y la r: 42 presenta una zona claramente afanítica. De colores gris oscuro verdoso con moteados más claros blancos grisáceos. Sólo la roca r: 10 muestra muy suavemente minerales con orientación preferencial sobre planos de muy pobre semi paralelismo sobre minerales laminares micáceos, las demás no logran definirlos ya que son más de aspecto granudo y anfibólico, los moteados que enseñan son de minerales más claros y de aspecto micáceos.

Al microscopio se aprecian secciones, homogéneas, no muy limpia, de alto contenido de inclusiones microcristalinas sobre la mayoría de los granos, inequigranulares, de minerales laminares micáceos con alta alteración sobre todo en la birrefringencia de los mismos, se destacan porfidoblastos de biotitas sobre la sección r: 10 (fig. 82).

**Cuarzo:**

Anhedral, de bordes irregulares suaves a corroídos y habito granudo. Se presentan bordes poco marcados en la mayoría de los granos, con pocas inclusiones microcristalinas sobre algunos granos y suaves microfracturas. La mayoría de los granos están bordeados en grupos por minerales micáceos laminares, se asocian en general a feldespatos y suavemente alargados en pequeños grupos de agregados granulares y de distribución homogénea dentro de las secciones. Sobre las secciones r: 48 y 42 se aprecian granos mono y policristalinos.

**Plagioclasa:**

Se reconoció un mineral anhedral, de bordes irregulares suaves y habito granudo. Se reconocen algunos porfidoblastos con microlitos micáceos. Pocos granos son los que muestran bastante difusas las maclas que se llegan a reconocer del tipo Carlsbad,

presentan inequigranularidad, se asocia generalmente al cuarzo y con una distribución homogénea dentro de las secciones.

#### Microclino:

El mineral se reconoció sólo en la sección r: 42, anhedral, de bordes irregulares suaves y habito granular. Son muy pocos los granos que muestran maclas cruzadas características, apenas se reconocieron pocas y bastante difusas, en mayado y sobre algunas zonas de los granos. Se llegaron a apreciar inclusiones microcristalinas y una textura pertítica en algunos granos, la asociación es general al resto de minerales y con distribución dispersa y regular dentro de la sección.



**Fig. 82.** Fotomicrografías de la sección RSJ-802-10 (N: // y X). Esquisto cuarzo-biotítico-epidótico-plagioclásico. Porfidoblastos de biotita y plagioclasa poiquiloblástica ovoidal.

#### Mica blanca: muscovita

Sólo se distinguió y con gran dificultad este mineral sobre la sección r: 23. Mica color claro de tonalidad crema pálida verdosa, de pleocroismo débil que pasa a crema amarillento con leve tono verde claro, anhedral, de bordes semi lisos a irregulares suaves y habito laminar poco hojoso. Se aprecia muy alterado, con cloritización y de granos altamente confusos entre clorita y anfíbol, se asocian entre éstos y con distribución homogénea y bastante dispersa sobre la sección.

**Biotita:**

Mineral micáceo de color verde oliva parduzco, con manchones mas oscuros sobre los granos, de pleocroismo moderado que pasa los granos a pardo claro, pálido amarillento y con los mismos manchones, anhedral, de bordes semi lisos a irregulares y habito hojoso laminar. Se aprecian en agregados laminares y micro laminares, con leve oxidación marcada sobre algunos bordes en la mayoría de los granos, no se observa claramente alguna orientación preferencial sobre estos granos mas bien un suave semi paralelismo entre ellos. Sobre algunos granos se llega a reconocer cloritización sobre todo hacia los bordes, otro grupo presenta inclusiones de microcristales de epidotos, turmalinas y apatito. La asociación es general con epidoto y esfena y con una distribución homogénea. A menor aumento puede llegar a apreciarse pobremente una leve orientación sobre planos preferenciales semi paralelos y bordeando junto a clorita, epidoto y anfíbol algunas agrupaciones de cuarzo poco numerosas y feldespatos de grano grueso. Porfidoblástica (v, Cap. 6, p. 85).

**Clorita:**

Mineral de color verde claro pálido, sin pleocroismo, anhedral, de bordes corroídos e irregulares gastados y hábito hojoso. Son pocos los granos que se distinguen, en mayoría producto de alteración entre biotitas y anfíboles, la asociación es general entre biotitas y hacia algunos bordes de cuarzos y de distribución homogénea a lo largo de la sección.

**Grupo del epidoto: epidoto y zoisita**

Los granos son color crema y beige claro amarillento de leve tonalidad verdosa, sin pleocroismo y sobre algunos granos con posibilidad de uno muy débil ya que aclara la tonalidad de los granos a crema muy pálido, anhedrales y subhédricos, de bordes irregulares a semi lisos unos pocos y habito granudo y prismático pseudo-hexagonal largo. Se aprecian altamente fracturados y disgregados sobre la sección y muy confusos entre los anfíboles, con aspecto de granos triturados ambos minerales. Se llega a observar leve oxidación sobre zonas de algunos bordes, la asociación es en

general con los anfíboles y las micas y como inclusiones microgranulares entre cuarzos y epidoto y de asociación homogénea a lo largo de la sección.

Esfena:

Mineral color pardo amarillento bastante oscuro a marrón, no muy limpio, sin pleocroismo, de bordes irregular suave a corroídos y habito semi prismático rómbico alargado, pero muy poco conservados. La mayoría son microgranulares y de bordes gastados, se asocian en general al resto de minerales y sobre algunos bordes de epidoto y con una distribución homogénea a lo largo de las secciones.

Apatito:

Incoloro, anhedral, de bordes irregulares suaves a concoidales y habito granudo tabular. La mayoría se aprecia como inclusiones micro granulares y en granos individuales de mayor tamaño que se distinguen con una textura superficial y suaves microfracturas hacia los bordes (pocas), se asocian al resto de minerales y con distribución dispersa y homogénea sobre la sección.

Opaco:

Opaco, subhedral y anhédrico, de bordes irregulares semi lisos y habito granudo y muy pocos rómbicos de bordes quebrados. A luz reflejada pobremente muestran leve brillo metálico, amarillento latón y con presencia de oxido sobre la mayoría de los bordes. La asociación es al resto de los minerales y con una distribución bastante dispersa y homogénea sobre la sección.

*Esquistos no moteados:*

**Esquisto anfibólico-epidótico-clorítico (sin granate). (r: 23,5)**

Macroscópicamente se aprecian muestras de roca poco a moderadamente meteorizadas, roca homogénea, masiva y compacta. Fanerítica de grano fino a muy fino, afanítica, color verde oscuro y leves y finas bandas blancas que atraviesan la

muestra (esto se observa solo en la sección r: 5), no es apreciable orientación preferencial entre minerales. Muestra algunas microfracturas incompletas. Abundancia de mineral laminar muy oscuro como muy anfibólica.

Al microscopio se aprecian secciones muy anfibólicas y cuarzosas, limpias, de moderada orientación en los anfíboles, de leves alteraciones y minerales bastante terrosos. Homogéneas, una de las secciones (r: 5) muestra notable alteración y desgaste en los granos (fig. 83).

Anfíbol: actinolita y barroisita.

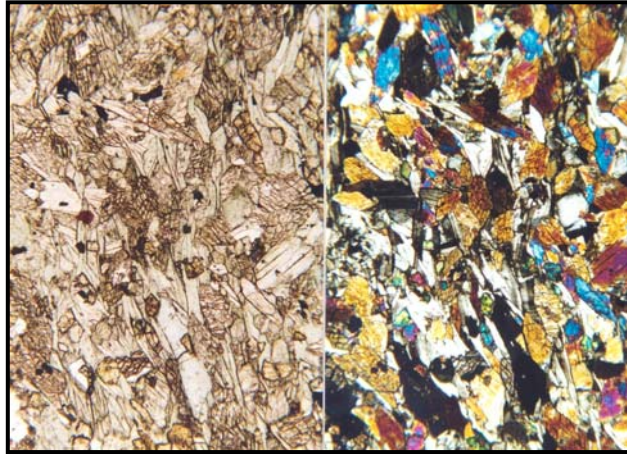
Se llegan a apreciar variedades tipo actinolita en r: 23 y barroisita en r: 5, a su vez se presenta un mayor dominio de este mineral sobre la sección r: 23. Se aprecia color de verde manzana y azulado, levemente pardo claro pálido, de un pleocroismo débil que aclara la tonalidad verde crema levemente amarillento, anhedral y bastante subhédrico, de bordes irregulares suave a corroídos y habito semi hojoso y prismáticos algunos rómbicos de bordes y puntas quebrados. Sobre la sección r: 5 los granos están poco conservados ya que se aprecian como triturados, no muestran direcciones de clivaje en ninguna dirección, de bordes quebrados y centros con huecos algunos granos, inequigranulares, con microfracturas levemente marcadas. Los anfíboles de la sección r: 23 se aprecian más completos y conservados, con dos direcciones de clivaje bien marcadas e interrumpidas por microfracturas sobre algunos granos, con algunos bordes poco marcados, levemente siguen una orientación semi paralela. Los granos se asocian en general al resto de los minerales y con distribución homogénea sobre las secciones.

Grupo del Epidoto: epidoto

Mineral de color amarillo claro verdoso, pálido, sin pleocroismo, de moderado relieve, no muy limpio, anhedral y subhedral alargados (pocos), de bordes irregulares a corroído y habito granudo y semi prismático rómbico alargado. La mayoría de los bordes están quebrados, con presencia de oxidación y con inclusiones de esfena microgranulares. Se aprecian micro fracturas y hasta granos como triturados



agrupados en agregados granulares, formando especie de nidos y con aspecto de granos triturados, estos últimos se destacan en mayor proporción sobre la sección r: 5. La asociación es general entre el resto de minerales junto al anfíbol y de distribución homogénea a lo largo de las secciones.



**Fig. 83. Fotomicrografías de la sección RSJ-802-r 23 (N: // y X). Esquisto anfibólico-epidótico-clorítico**

Cuarzo:

Los granos de cuarzo sólo se encontraron en la sección r: 5. Mineral anhedral, de bordes irregular y poco marcados y hábito granudo. Se aprecian granos mono y policristalinos, llegan a presentar leves microfrazuras distorsionadas, en mayoría hacia los bordes, con algunas inclusiones (pocas) de microcristales laminares y de epidoto, la asociación es general junto a la plagioclasa con distribución homogénea a lo largo de la sección.

Clorita:

Mineral de color verde claro pálido a incoloro sobre los bordes, sin pleocroismo a uno muy débil que aclara la tonalidad de algunos granos a amarillo pálido, anhedral, de bordes corroídos y algunos levemente marcados y hábito hojoso escamoso. La asociación es general entre posibles micas (no se logran distinguir por alteración y

muy poca proporción) y anfíbol y de distribución homogénea y dispersa sobre las secciones.

Mica blanca: moscovita.

Sólo se distinguió y con gran dificultad este mineral sobre la sección r: 23. Mica color claro de tonalidad crema pálida verdosa, de pleocroismo débil que pasa a crema amarillento con leve tono verde claro, anhedral, de bordes semi lisos a irregulares suaves y habito laminar poco hojoso. Se aprecia muy alterado, con cloritización y de granos altamente confusos entre clorita y anfíbol, se asocian entre éstos y con distribución homogénea y bastante dispersa sobre la sección.

Esfena:

Mineral color pardo amarillento bastante oscuro a marrón, no muy limpio, sin pleocroismo, de bordes irregular suave a corroídos y habito semi prismático rómbico alargado, pero muy poco conservados. La mayoría son microgranulares y de bordes gastados, se asocian en general al resto de minerales y sobre algunos bordes de epidoto y con una distribución homogénea a lo largo de las secciones.

Apatito:

Sólo se observaron granos de este mineral sobre la sección r: 5, incoloros, de alto relieve, anhedrales redondeados, de borde irregulares suaves y habito masivo. Equigranulares y no muy limpios, de asociación general con el epidoto, como inclusiones y de distribución homogénea y dispersa sobre toda la sección.

Plagioclasa:

Únicamente presentes sobre la sección r: 5, granos anhedrales redondeados, de bordes semi lisos e irregulares suaves y habito granudo semi laminar. Se reconocen manchones sobre los granos, muy pocas maclas tipo albita difusas y distorsionadas, presentan algunas inclusiones de microcristales laminares y de epidoto. La asociación es general con los agregados granulares de cuarzo y de distribución homogénea y dispersa sobre la sección.

Opaco: pirita y hematita.

Anhedral, de moderado relieve y textura superficial, con bordes irregulares suaves y hábito granudo de aspecto esqueletal. Con luz reflejada muestra leve brillo metálico latón oscuro sólo hacia la zona central, los bordes se reconocen rojizo oscuro, a su vez se encuentran granos sin brillo y sólo muy oscuros de bordes rojo negrusco. La asociación es general con el resto de los minerales y de distribución muy dispersa y regular dentro de las secciones.

#### **Esquisto (filítico) anfibólico-epidótico-clorítico-granatífero. (r: 44)**

Macroscópicamente se observa una roca poco meteorizada, masiva, compacta y homogénea. Afanítica, de grano muy fino, color verde claro algo blanco, con leve orientación en bandeado en los minerales y de aspecto laminar hojoso. Se observa como especie de proceso de serpentización.

Al microscopio se observa una sección bastante microgranular, filítica, altamente epidótica, alterada, con especie de textura de huellas que atraviezan la sección (como especie de micro diques), donde pierden la secuencia los granos sólo donde se atraviesan, muestra una notable cantidad de epidoto muy triturados como especie de matriz. Es bastante pobre la distinción de orientación en los granos y se aprecian desgaste sobre la mayoría de los minerales.

Grupo del Epidoto: epidoto.

Mineral de color pardo verdoso, moderado relieve, de textura superficial, sin pleocroismo, anhedrales, de bordes irregulares y hábito granudo masivo. Se presentan con aspecto muy triturado, como agregados micro granulares, inequigranulares, unos algo más limpios, los más microgranulares se aprecian con leve oxidación por su alto oscurecimiento, en mayoría hacia los bordes. Se llega a distinguir la zoisita, con un bajo  $\Delta n$  bastante bajo, presentan aspecto de mezcla junto a los granos de cuarzo y

feldespatos. La asociación es general al resto de minerales y con una distribución homogénea sobre la sección.

Cuarzo:

Granos limpios, anhedrales, de bordes irregulares y poco marcados y habito granudo. Se aprecian en agrupaciones granulares, equigranulares, algunos en agregados microgranulares se encuentran entre grupos de epidoto formando parte de la especie de matriz granular, la asociación es general al resto de minerales y con distribución homogénea sobre la sección.

Plagioclasa:

Los granos son bastante sucios, anhedrales, de bordes irregulares angulares y poco marcados y habito granudo. Es un mineral bastante microgranular, poco conservado con manchones mayormente marcados sobre los bordes, no llegan a observarse inclusiones visibles ni granos con maclas tipo albita muy difusas que se observan con aspecto de hilos finos. La asociación es general y al cuarzo y con una distribución homogénea mostrándose como especie de matriz junto al cuarzo sobre toda la sección.

Mica blanca: moscovita:

Mica que se aprecia altamente alterada, de color crema claro verdoso, no muy limpio, anhedral, de bordes irregulares corroídos y habito laminar muy fino hojoso. Se asocia en general sobre los bordes de los agregados microgranulares poco numerosos de epidoto y cuarzo (micas suavemente marcadas), en contactos longitudinales semiparalelos y de distribución homogénea sobre la sección, levemente dispersos.

Anfíbol:

Mineral bastante alterado, microgranular, no muy limpio, de color verde claro crema, pálido, con pleocroismo muy débil aclarando el color a crema claro, anhedral, de bordes irregulares corroídos y habito granudo semi hojoso. Se confunden entre el

epidoto formando parte de la especie de mezcla de minerales microgranulares con aspecto de triturados. La asociación es general al resto de minerales y con epidoto comúnmente y con distribución homogénea sobre la sección.

Esfena:

Mineral muy diminuto, microgranular, de color pardo oscuro, marrón, sin pleocroismo, anhedral, de bordes irregulares y habito granudo alargado. Se aprecian en agregados microgranulares formando especie de nidos y con apariencia posiblemente de oxido sobre la mayoría de los bordes. La asociación es al resto de minerales y con distribución dispersa en grupos pocos numerosos y homogéneos sobre la sección.

Granate:

El mineral se aprecia de color pardo claro rosáceo, con textura superficial, sin pleocroismo, anhedral redondeado, de bordes irregulares y como quebrados y habito granudo. Se presentan poco conservados ya que están fracturados en mayoría, con algunas microfracturas hacia los bordes, se asocian regularmente al resto de los minerales y con una distribución bastante dispersa y homogénea sobre la sección.

#### **Esquisto cuarzo-plagioclásico-clorítico-calcítico. (r: 2,46) (moteado)**

Macroscópicamente se tienen muestras de roca poco meteorizada, compacta, masiva y homogénea. Fanerítica de grano muy fino a afanítica, colores gris verdoso medianamente claro y un gris verdoso oscuro negrusco, levemente muestra brilloso micácea equitativamente distribuida. Se aprecia con dificultad orientación sobre planos finos y semi paralelos de minerales laminares y micáceos y una textura esquistosa de grano muy fino a filítica.

Al microscopio se observan secciones cuarzosas y feldespáticas, en general inequigranular, homogénea, no muy limpia y con notable contenido de inclusiones microcristalinas sobre la mayoría de los minerales claros y de mayor tamaño. Se

aprecia leve alteración sobre algunos minerales micáceos y suaves y difusas microfracturas sobre los granos de mayor tamaño (fig. 84).

Cuarzo:

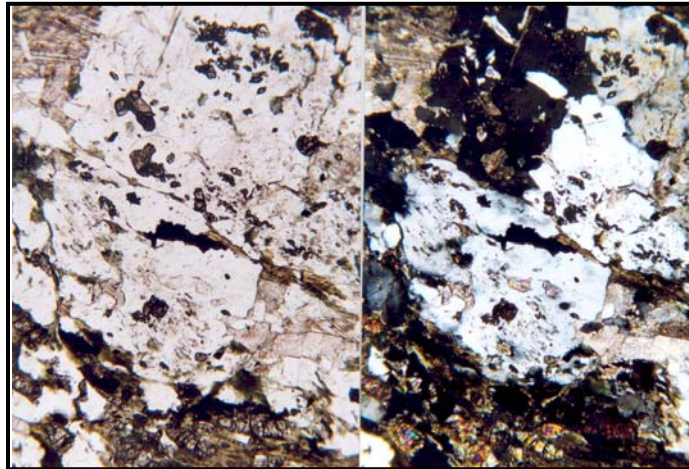
Anhedral, algunos pocos no muy limpios algo manchados, de bordes irregulares a corroídos y habito granudo. Se aprecian granos mono y policristalinos y en agregados microgranulares, con muy pocas inclusiones hacia zonas céntricas de los mismos. Algunos granos más redondeados se encuentran bordeados, sobre algunas zonas, por finas bandas laminares de minerales micáceos, con algunas microfracturas suavemente marcadas hacia los bordes. La asociación es general y con plagioclasa y de distribución homogénea en agrupaciones poco numerosas sobre las secciones.

Plagioclasa:

La mayoría no presentan direcciones de clivaje o sus maclas características, el mineral aumenta un poco de tamaño con respecto al cuarzo, es anhedral redondeado, de bordes corroídos a suavemente marcados y habito granudo. Se presenta poiquiloblástica (v, Cap. 6, p. 88), con mayor cantidad de inclusiones de micas, epidoto y esfena, con microfracturas hacia los bordes y hasta sustituidas por minerales micáceos. La mayoría de los bordes están como corroídos por minerales micáceos y cloritas (inclusiones sobre sus bordes) y llegan a reconocerse con dificultad pocas maclas tipo Carlsbad bastante difusas. Es inequigranular, se asocia al cuarzo y generalmente al resto de minerales y con distribución homogénea. Se aprecia en poca proporción de porfidoblastos medianos sobre la sección r: 46.

Clorita:

Mineral color verde claro, pálido, no muy limpio, anhedral, de bordes semi corroídos a poco marcados y hábito hojoso escamoso. La gran mayoría se distingue como producto de alteración de la mica verde, se asocian entre las micas y de distribución homogénea sobre los bandeados semiparalelos levemente marcados sobre las secciones.



**Fig. 84. Fotomicrografías de la sección RSJ-802-r 46 (N: // y X). Esquisto cuarzo-plagioclásico-clorítico-calcítico Porfidoblastos de plagioclasa poiquiloblástica con inclusiones de epidoto, esfena y cuarzo.**

#### Biotita:

Mica de color verde, de manchones pardos sobre algunas zonas del mismo y un verde hoja, con pleocroismo moderado que pasa los granos a un verde crema pálido amarillento con manchones, de bordes corroídos gastados y habito hojoso laminar. Sobre algunos bordes se aprecia alteración tanto de oxidación como de cloritización, encontrándose bordes poco marcados, es inequigranular, sobre algunas zonas se agrupan semi paralelamente siguiendo finos planos de orientación preferencial pero muy levemente marcadas y con algo de deformación dúctil (pocas). Se asocian generalmente al resto de micas, epidoto y esfena y con distribución homogénea y en agrupaciones poco numerosas a lo largo de la sección. Las micas de la sección r: 2 se aprecian con tamaño de grano mucho menor y a su vez con menor grado de alteración que la sección r: 46.

#### Grupo del Epidoto: epidoto.

Mineral amarillo parduzco, claro y verdoso, no muy limpio, de moderado relieve, sin pleocroismo, anhedral, de bordes irregulares y habito granudo semi masivo. Equigranular, sobre algunas zonas de las secciones se presentan en agregados micro granulares como triturados, muestran microfracturas y bordes fracturados

disgregando alrededor microfragmentos granulares y en su mayoría estos últimos se encuentran como inclusiones. La asociación es general a la esfena y las micas y con una distribución homogénea y dispersa sobre las secciones. En la sección r: 46 se reconoció la zoisita.

#### Calcita:

Los granos se muestran color crema claro, sin pleocroismo, anhedrales, de bordes corroídos e irregulare suave y habito semi granudo hojoso. Muy pocos granos muestran y conservan las tres direcciones de clivaje y solo sobre algunas zonas, se asocian en general al resto de minerales y de distribución homogénea a lo largo de las secciones. La sección r: 46 muestra este mineral en granos más conservados y de mayor tamaño de grano que la sección r: 2.

#### Esfena:

Granos color pardo oscuro amarillento, bastante sucios, sin pleocroismo, moderado relieve, subhedrales semi redondeados y euhedrales muy pocos, de bordes semi lisos a irregulares y habito granudo semi prismático rómbico y rómbico alargado. Granos bastante diminutos, sin alteración visible, solo algunos borde mas oscurecidos posible oxidación presente, se llegan a apreciar como agregados micro granulares formando nidos y se asocian en general al resto de minerales y entre micas y epidoto con una distribución homogénea a lo largo de la sección. Algunos granos se aprecian como inclusiones.

#### Mica blanca: moscovita.

Sólo se aprecia este mineral sobre la sección r: 2, de color crema claro amarillento, pálido como beige claro, con pleocroismo muy débil que aclara los tonos hasta incoloro, anhedral, de bordes irregulares algo corroídos sobre los lados más cortos y suaves a semi lisos sobre los mas largo y de habito laminar hojoso. Algunos granos muestran sobre los bordes mas cortos leve alteración, posible cloritización, presentan asociación en general dentro de grietas formadas entre cuarzo y plagioclasa micro



granulares y en pequeños grupos junto a las demás micas, y con distribución homogénea y sobre los leves bandeados que estos minerales laminares forman a lo largo de la sección.

**Apatito:**

Incoloro, de alto relieve, anhedral y subhédrico, redondeado (pocos), de bordes irregulares suaves a lisos y habito granudo semi prismáticos tabulares. Se presentan como inclusiones en mayoría, se asocian en general al resto de minerales y con distribución homogénea a lo largo de las secciones.

**Opaco: pirita.**

Opaco, anhedral y subhédrico, de bordes semi lisos a suavemente corroídos y habito granudo y semi prismático rómbicos. Con luz reflejada se aprecia un leve brillo metálico amarillo latón, en mayoría hacia los centros de los granos y levemente opaco y pardoso sobre algunas zonas y bordes. Sobre la sección r: 46 se aprecian en mayor proporción y poco conservados disgregando microfragmentos alrededor de los mismos. La asociación es general al resto de minerales y con distribución bastante dispersa y homogénea sobre las secciones.

### **Esquisto muscovítico-cuarzo-epidótico. (r: 16,17,4)**

Se aprecian macroscópicamente muestras de rocas de mediana a altamente meteorizadas, homogéneas, masivas y compactas. Afaníticas de grano muy fino, de colores verdes variando entre claro grisáceo y oscuro negrusco. Se aprecian claramente suaves bandeados semiparalelos de minerales muy finos laminares micáceos de color grises claros casi blancos. Rocas de aspecto bastante laminar y de textura esquistosa claramente notables y de grano fino.

Al microscopio se presentan secciones bastante cuarzosas y micáceas, de destacable proporción en índice de color y buena presencia de oxidación sobre los planos orientados por minerales laminares micáceos intercaladas entre bandeados de

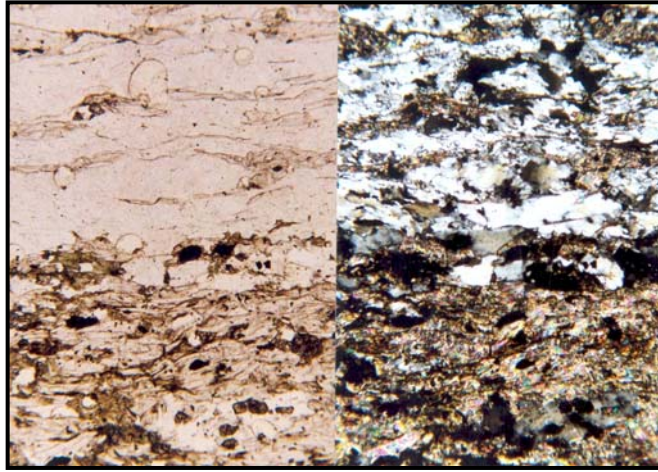
minerales claros entre cuarzos y feldespatos. Poco inequigranulares, homogéneas, no muy limpias y con textura esquistosa bastante marcada (fig. 85).

#### Cuarzo:

Mineral anhedral y como alargado (pocos), de bordes irregular a corroídos unos pocos y habito granudo. Se aprecian granos mono y policristalinos, la mayoría de los granos presentan los bordes poco marcados envueltos por las micas y formando mayormente como bolsones finos y alargados, suavemente ondulados, esta última característica esta mejor marcada sobre las secciones r: 16 y 17 y muy poco en la sección r: 4. Los cuarzos de la sección r: 4 se encuentran bastante marcados por microfracturas y corroídos hacia sus bordes. Se llegan a apreciar un mínimo número de inclusiones de minerales micáceos y micro granulares sobre los granos de mayor tamaño pero sin orientación alguna. La asociación es general entre los mismos y al resto de minerales y con distribución homogénea en agrupaciones alargadas entre planos preferenciales a lo largo de las secciones.

#### Mica blanca: moscovita.

Mica de color crema claro de tonalidad verdosa pálida, de pleocroismo débil que aclara los granos a amarillento incoloro, anhedral, de bordes irregular suave a corroídos y habito laminar hojoso. Se observa alto grado de alteración con la mayoría de los bordes oxidados y bastante corroídos, la sección r: 17 presenta granos de mayor tamaño con leve deformación dúctil y semi ondulados, en el resto de las secciones las micas son más finas y pequeñas sin deformaciones. Se presentan en agregados micro laminares de contactos longitudinales semiparalelos, se asocian entre el resto de micas, epidoto y esfena y con distribución inhomogénea sobre planos ondulados, como bandas, de orientación semiparalela, variando entre finas y gruesas bandas, a lo largo de las secciones. Sobre la sección r: 16 se observan como muy finas y pequeñas bandas de micas inclusionan granos de cuarzo policristalino sobre varias zonas.



**Fig. 85. Fotomicrografías de la sección RSJ-802-r 16 (N:// y X). Esquisto muscovítico-cuarzo-epidótico En contacto minerales microlaminares, micáceos orientados semi bandeados con feldespato y cuarzo semi orientados y bandeados.**

#### Biotita:

Es un mineral micáceo de color verde hoja claro y sobre la sección r: 4 un poco más pardoso, de pleocroismo moderado que aclara las tonalidades a crema amarillento, verde muy claro, anhedral, de bordes semi lisos a corroídos y habito hojoso semi laminar. La mayoría de los granos están altamente alterados, sobre todo hacia los bordes presentando mayor desgaste y algo de oxidación y cloritización. La asociación es general a las demás micas, epidoto y esfena y con una distribución inhomogénea sobre las bandas onduladas orientadas, a lo largo de las secciones. Sobre la sección r: 4 no se aprecian estos granos muy orientados, más bien individuales, dispersos y como inclusiones en granos de mayor tamaño de micas y cuarzo.

#### Clorita:

Mineral verde claro pálido levemente parduzco, de pleocroismo muy débil a nulo pasando el color a un beige verdoso muy pálido a incoloro sobre los bordes, anhedral, de bordes irregulares corroídos y habito hojoso escamoso. La mayoría de los bordes llegan a estar muy poco marcados hasta no apreciarse por zonas, se asocia a las micas

y con distribución homogénea muy dispersa a lo largo de las secciones. Sobre la sección r: 4 se encontró éste como mineral traza.

Grupo del Epidoto: epidoto.

Se presentan granos de color crema amarillo verdoso, pálido, sin pleocroismo, de moderado relieve, anhedral y subhédrico redondeado y habito granudo semi prismático rómbico y hexagonal (pocos). Se aprecian algunos granos alterados con oxidación hacia los bordes, de bordes mayormente como quebrados, sobre los de mayor tamaño se aprecian microfracturas hacia algunos bordes. En la sección r: 4 se aprecian mejor conservados y mayormente agregados granulares poco numerosos y el resto individuales como inclusiones en cuarzo y feldespato. Se asocia entre las micas y esfena y con distribución inhomogénea sobre las bandas micáceas y poco dispersos, sobre las secciones.

Plagioclasa:

Sólo se observó este mineral sobre la sección r: 4, anhedral, de bordes irregulares suaves y habito granudo. Poca claridad y distinción, en muy pocos granos, de maclas bastante difusas, pero que se llegaron a reconocer del tipo albita y Carlsbad, algunos granos muestran microfracturas distorsionadas y hacia los bordes. La asociación es general al cuarzo y demás feldespatos y de distribución homogénea a lo largo de la sección.

Microclino:

Estos granos se apreciaron solo en la sección r: 4, anhedrales, con bordes irregulares suaves y gastados y habito granudo. Pocos granos son los que muestran las direcciones de clivaje cruzado característico y no sobre el total de superficie de los granos sólo por zonas, algunos bordes corroídos y leves microfracturas incompletas, también están un poco manchados. La asociación es entre cuarzos y plagioclasas y de distribución homogénea y dispersa sobre la sección. Se reconoce la textura pertítica en parches en las secciones r: 4 y 17.

**Esfena:**

Los granos son color pardo amarillento, ocre, de aspecto superficial bastante terroso, sin pleocroismo, anhedrales y subhédricos, de bordes irregulares a corroídos unos pocos y habito granudo semi prismático rómbico largo. Algunos granos presentan bordes quebrados y otros afectados por oxidación, son microgranulares, unos pocos se muestran como inclusiones. Se observan asociados en general al resto de minerales y de distribución homogénea y dispersa entre micas y epidoto. Sobre unas pocas zonas se aprecian agregados granulares poco numerosos formando como nidos. Este mineral sólo se reconoció con claridad en las secciones r: 16 y 4, en la sección r: 17 se puede asegurar se presenta pero hubo dificultad en su reconocimiento por la alta oxidación y oscurecimiento sobre granos de epidoto muy confusos con la esfena.

**Opaco: pirita y grafito.**

Los granos son oscuros, negros, sin pleocroismo, subhedrales, de bordes irregulares suaves gastados y habito granudo y semi prismático cúbico con bordes quebrados. Con luz reflejada los granos muestran brillo metálico oscuro, algunos con textura superficial sedosa y opaca, hay presencia de oxidación sobre algunos bordes. La asociación es general al resto de minerales y de distribución homogénea y regular a lo largo de las secciones. Arrojan granos de piritas oxidadas y grafito.

**Turmalina:**

Sólo se reconoció en las secciones r: 16 y 4 y como mineral traza. Los granos son muy diminutos, de alto relieve y de apariencia superficial vidriosa, muestran color azuloso claro, de pleocroismo muy débil, subhedral y redondeado, de bordes lisos y habito semi prismático listoneados y poco granudo. Se aprecian como inclusiones, con asociación al resto de los minerales y una distribución inhomogénea hacia los extremos o bordes de las secciones.

**Esquisto cuarzo-plagioclásico-muscovítico. (r: 14)**

Macroscópicamente se tiene una roca poco meteorizada, homogénea, compacta y masiva. Fanerítica de grano fino a muy fino y afanítica, color gris claro verdoso, de aspecto superficial moteado de minerales más claros casi blancos. Con dificultad se observa leve orientación semi paralela de minerales. Presenta un brillo superficial bastante micáceo de distribución regular sobre toda la muestra, se aprecia poca presencia de oxidación y una textura esquistosa y de minerales marcadamente laminares.

Al microscopio se aprecia una sección cuarzosa y micácea, inequigranular, bastante limpia, con algunas microfracturas sobre los granos de mayor tamaño y de leve y poca presencia de oxidación sobre algunos bordes de granos de micas, esfena y epidoto. Se aprecian granos con inclusiones y solo se observan micas blancas (fig. 86).

**Cuarzo:**

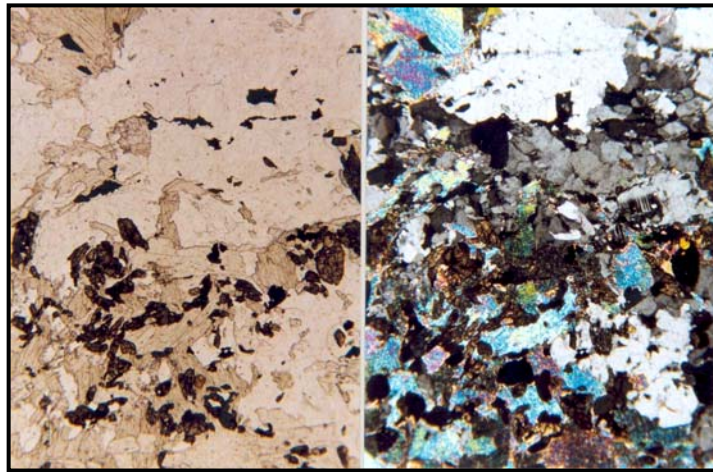
Anhedral, de bordes irregulares y hábito granudo. Se observan microfracturas dentro y hacia los bordes de algunos granos, con una pequeña cantidad de inclusiones, entre las reconocibles son micas y epidoto microgranulares, se asocia generalmente al resto de los minerales y con distribución homogénea. Se aprecia inequigranularidad.

**Mica blanca: moscovita.**

Se reconoció una mica de color crema claro, pálido y de tonalidad verdosa, con pleocroísmo débil que aclara a incoloro, de bordes lisos a irregulares y algo corroídos sobre los bordes más cortos y hábito hojoso laminar corto. Se llega a apreciar algunos granos de bordes alterados, ya que se reconocen con finos envoltorios donde desaparecen sus características originales, dentro de algunos agregados se presentan inclusionadas esfenas micro granulares. La asociación es general con el resto de minerales y junto a epidoto y esfena y de distribución homogénea en agregados y con poca distinción de orientación preferencial sobre la sección.

Esfena:

Mineral pardo y ocre oscuro, sin pleocroismo, subhedral a euhédrico (pocos), con bordes lisos e irregulares suaves y habito pseudo-prismático rómbico largo a granudo. Se aprecian suaves microfracturas y en algunas zonas de la sección se forman agregados microgranulares poco numerosos junto con granos individuales (microgranulares) alrededor. Algunos granos se reconocen inclusionando micas y hacia los bordes de epidoto de gran tamaño, se asocian en general a moscovita y epidoto y pocas veces entre los feldespatos y con una distribución homogénea sobre la sección.



**Fig. 86. Fotomicrografías de la sección RSJ-802-r 14 (N: // y X). Esquisto cuarzo-plagioclásico-muscovítico.**

Grupo del Epidoto: epidoto.

Se encuentran granos de color crema amarillento, pálido a verde claro, sin pleocroismo, anhedrales y subhédricos unos pocos, de bordes irregulares suaves y habito granudo. Algunos granos presentan leve oxidación y gran cantidad de microfracturas, se asocian generalmente al resto de los minerales y de distribución dispersa y regular sobre la sección. Se aprecian bastante redondeados los de menor tamaño.

**Apatito:**

Incoloro, de alto relieve, anhedral, de bordes irregulares y hábito masivo granudo. Se aprecian algunos granos bastante quebrados y fracturados sus bordes con fragmentos microgranulares disgregados alrededor de los mismos, a su vez se reconocen como inclusiones microgranulares. La asociación es general al resto de los minerales mayormente al cuarzo y a los feldespatos y con distribución dispersa y homogénea sobre la sección.

**Plagioclasa:**

Anhedral, de bordes irregulares gastados muy poco marcados y hábito granudo semi laminar. La mayoría no muestra maclas, solo unos pocos granos las presentan tipo Carlsbad y difusas, como trozos de láminas, presentan maclas incompletas sobre algunas zonas de los mismos. La asociación es general al cuarzo y al microclino y de distribución dispersa y homogénea sobre la sección.

**Microclino:**

Mineral anhedral, de bordes irregulares muy poco marcados y hábito granudo semi laminar. La mayoría no conserva ni muestra sus direcciones de clivaje solo unos pocos granos, presentan maclas incompletas, difusas y discontinuas sobre algunas zonas de los mismos, presentan algunas inclusiones microgranulares y suaves microfracturas. La asociación es general al cuarzo y la plagioclasa y con distribución dispersa y homogénea sobre la sección.

**Opaco: pirita.**

Opaco que con luz reflejada muestran brillo metálico amarillo latón. Los granos son subhedrales y euhédricos cúbicos (pocos), de bordes lisos y un poco corroídos sobre algunas zonas y hábito prismático rómbico a granudo. Se asocian en general al resto de los minerales y de distribución dispersa y homogénea a lo largo de la sección.



**Esquisto cuarzo-muscovítico-epidótico-granatífero. (r: 11)**

Macroscópicamente se observa una muestra de roca moderadamente meteorizada, homogénea, masiva y compacta. Afanítica de grano muy fino, color gris pardoso oscuro con notables planos semi paralelos de aspecto bandeado de minerales más claros blanco verdoso. Se aprecia sobre superficie presencia de oxidación junto con algunas microfracturas, se aprecia levemente planos de orientación preferencial de algunos minerales y textura esquistosa más bien como filítica.

Al microscopio se aprecia una sección cuarzosa y micácea, granatífera, homogénea, limpia, equigranular, con orientación preferencial suavemente marcada sobre todos los minerales intercalados entre los laminares micáceos y los granudos, también se observa alteración por oxidación sobre algunos bordes de las micas y epidoto. La sección es claramente de textura esquistosa y sobre algunas zonas se presentan agregados granulares de cuarzo (fig. 87).

**Cuarzo:**

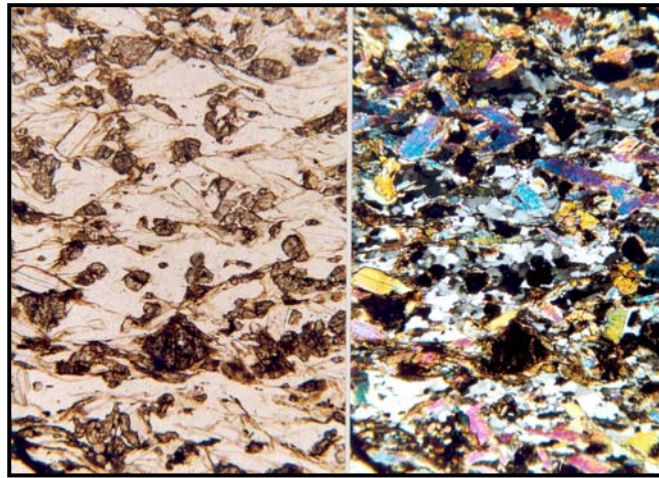
Mineral bastante limpio, anhedral, de bordes irregulares suaves a poco marcados y habito granudo. Se llegan a apreciar granos mono y policristalinos, algunos granos presentan en muy poca cantidad microcristales inclusionados y de muy leves microfracturas discontinuas hacia los bordes. La asociación es general al resto de minerales y con una distribución homogénea sobre la sección.

**Grupo del Epidoto: epidoto.**

Se reconocen granos color crema verdoso y con leve tonalidad amarillenta pálida, de moderado relieve, sin pleocroismo, anhedrales redondeados, de bordes irregulares suaves a corroídos y habito granudo y muy pocos prismáticos pseudo-hexagonal de bordes quebrados. Inequigranulares, se aprecian algunos bordes con oxidación, numerosas microfracturas sobre la mayoría de los granos y bordes fracturados. La asociación es general al resto de minerales y con distribución homogénea ya que muy suavemente y de poca frecuencia siguen orientación semi paralela sobre la sección. Se llega a apreciar la variedad de zoicita en proporción equitativa.

Mica blanca: moscovita.

Se reconoce una mica de color crema claro de tonalidad verde pálido, con pleocroísmo muy débil que pasa los granos a casi incoloros, anhedral y subhédrica, de bordes semi lisos a corroídos y habito laminar hojoso. La gran mayoría de los granos presentan un fino envoltorio alterado como de oxidación otros de posible cloritización, se encuentran siguiendo una dirección preferencial en láminas individuales y semiparalelas de asociación general junto a epidotos y otras micas y de distribución homogénea en alternadas bandas no muy juntas, a lo largo de la sección.



**Fig. 87. Fotomicrografías de la sección RSJ-802-r 11 (N: // y X). Esquisto cuarzo-muscovítico-epidótico-granatífero. Granates con fracturas perpendiculares a la foliación. Típica sección esquistosa.**

Biotita:

Mica de color verde oliva, parduzco, con pleocroísmo moderado pasando a color crema amarillento pálido, anhedral, de bordes irregulares corroídos y habito hojoso semi laminar. Se observa, en mayoría, con leve oxidación sobre algunos bordes y con alteración a clorita, algunos se llegan a apreciar con leve deformación de aspecto dúctil. La asociación es general a las micas blancas y epidoto y con distribución dispersa y regular sobre la sección.

**Granate:**

Mineral de color crema amarillento, alto relieve, subhedral redondeado, de borde irregular a corroído y suaves y hábito granudo a prismático pseudo-hexagonal de bordes fracturados. Leve oxidación en algunos bordes más oscurecidos y hay granos con microfracturas distorsionadas. Presenta fracturas perpendiculares a la foliación rellenas de clorita, lo que indica una textura índice de cristalización pre-tectónica (v, Cap. 6, p. 95). La asociación la presenta en general a micas en planos preferenciales bandeados y distribución irregular, ubicados hacia uno de las zonas casi céntrica de la sección.

**Clorita:**

Mineral de color verde claro algo parduzco pálido, sin pleocroismo, anhedral, de bordes irregulares a suavemente corroídos y hábito hojoso. Se aprecian como producto de alteración de micas y de algunas zonas hacia los bordes con leve oxidación. La asociación es general a las micas y de distribución dispersa y homogénea sobre la sección.

**Apatito:**

Incoloro, de alto relieve, subhedral, de bordes irregular suave a semi lisos y hábito masivo tabular. La mayoría son microcristales y se reconocen como inclusiones, de asociación general al resto de minerales y distribución dispersa y homogénea a lo largo de la sección. Se llegan a apreciar grandes granos con redondez bien marcada y de birrefringencia baja con un gris muy oscuro casi negro.

**Plagioclasa:**

Anhedral, de bordes irregulares a corroídos y de hábito granudo. Bastante limpio, algunos presentan inclusiones de microlitos no reconocidos, los granos no llegan a mostrar maclado. La asociación es entre los cuarzos y de distribución homogénea y dispersa sobre la sección. Es un mineral traza.

**Opaco:**

Los granos son muy oscuros, negro, sin pleocroismo, anhedrales, de bordes irregulares corroídos y habito granudo y de alto relieve. Con luz reflejada se muestra bastante opaco sólo ciertas zonas enseñan leve brillo metálico amarilloso, se presentan con desgaste y con presencia de oxidación. Arroja muy probablemente grafito.

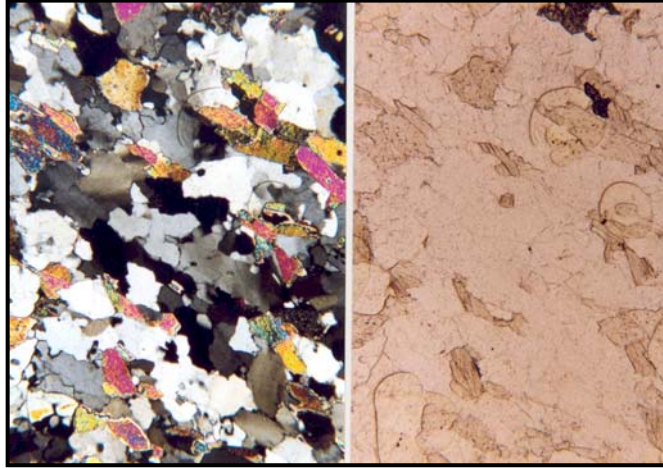
**Rocas no foliadas:****Cuarcita. (r: 28)**

Muestra de roca poco meteorizada, homogénea, compacta y masiva. Es fanerítica de grano muy fino, de color fresco gris claro algo parduzco, con presencia de oxidación (alta) y meteoriza a un color blanco grisáceo claro levemente verdoso. No se reconoce orientación en los minerales, se llegan a observar granos de hasta 4 mm, distribuidos irregularmente, de mineral claro entre cuarzo o feldespato. La muestra es de aspecto granudo de grano fino.

Al microscopio se observa una sección fina muy limpia, muy cuarzosa, equigranular, con buena distinción de mica blanca, epidoto, apatito y opacos. Las micas muestran una suave y muy leve orientación semi paralela, sin formar bandas y se aprecia muy poca presencia de granos de plagioclasa (fig. 88).

**Cuarzo:**

El mineral es anhedral, con bordes irregulares y habito granudo. Hay presencia de granos mono y policristalino y se reconocen en grupos muy numerosos regularmente distribuidos, la mayoría de los granos muestran claramente su extinción ondulatoria y con bordes poco marcados, la asociación es general al resto de minerales y con distribución homogénea como mineral mayoritario a lo largo y ancho de la sección.



**Fig. 88. Fotomicrografías de la sección RSJ-802-r 28 (N: // y X). Cuarzita. Granos de cuarzo, feldespato y mica blanca semi orientados.**

#### Plagioclasa:

Anhedral, de bordes irregulares algo corroídos y poco marcados y habito granudo. Se reconoce pocos granos y algunos son los que muestran maclas, bastante difusas, del tipo Carlsbad y unas pocas suaves microfracturas hacia los bordes. Se llegan a reconocer inclusiones de microfragmentos de epidoto, se asocia en general al cuarzo y con una distribución dispersa y homogénea dentro de la sección.

#### Mica blanca: moscovita.

Mineral micáceo de color crema claro de leve tonalidad verdosa a incoloro, de pleocroismo muy débil que pasa a casi incoloro los granos, anhedral, de bordes semi lisos, sobre los bordes mas largos a corroídos astillosos en los mas cortos y con habito laminar hojoso. Se aprecia la mayoría de láminas con bordes alterados donde se reconocen finos envoltorios sin características micáceas, posible proceso de cloritización. La asociación es general, algunas micas forman agregados laminares poco numerosos y con distribución homogénea dentro de la sección. Muestra una muy suave orientación semi paralela por laminas alargadas.

Grupo del Epidoto: epidoto.

Mineral de color verde pardo amarillento, muy sucio, de moderado relieve, anhedral, con bordes irregulares y hábito granudo. Se reconocen algunos agregados microgranulares poco numerosos y con microfracturas en la mayoría de los granos, se llegan a apreciar unos pocos hacia algunos bordes de las micas. La asociación es general a las micas y al resto de minerales (pocos) y con distribución dispersa y homogénea dentro de la sección.

Apatito:

Mineral incoloro, de moderado relieve, anhedral, de bordes irregulares suaves a concoidales y hábito granudo. Se aprecian con una textura superficial de suaves relieves irregulares y como inclusiones microgranulares en el cuarzo y feldespatos. La asociación es general al cuarzo y la plagioclasa y con distribución bastante dispersa y regular dentro de la sección.

Opaco: grafito.

Mineral opaco que con luz reflejada muestra un color bastante opaco y sin brillo, es anhedral, de bordes irregulares y hábito granudo. Presenta un aspecto esquelético, de alto relieve y con superficie irregular, se asocia al resto de minerales y con una distribución muy dispersa e inhomogénea hacia un lado de la sección y como mineral traza.

*Rocas meta-ígneas graníticas:*

**Meta-trondhjemitita. (r: 35, 40, 3) (Con biotita)**

**Meta trondhjemitita con anfíbol. (r: 12) (Con anfíbol)**

Macroscópicamente se tienen rocas poco meteorizadas, compactas, masivas y homogéneas. La sección **r: 35** de color fresco, en corte, gris claro con zonas seriadas de un blanco grisáceo (más claro) que meteoriza a gris claro algo blanco. De grano muy fino, sobre una zona afanítica, a fanerítica de grano medio, no se observa

orientación preferencial en los minerales y muestra un aspecto bastante granudo y notablemente inequigranular.

La muestra **r: 40** es inequigranular, fanerítica de grano fino, granuda hasta con granos de 5mm de mineral claro, blanco verdosos, de color fresco, en corte, blanco grisáceo (porfidoblastos de cuarzo o feldespato) con oxidación en ciertas zonas de tonalidad pardosa y de aspecto micáceo laminar. Muestra de bajo índice de color, con una leve orientación en los minerales laminares micáceos y se reconocen algunos granos de pirita.

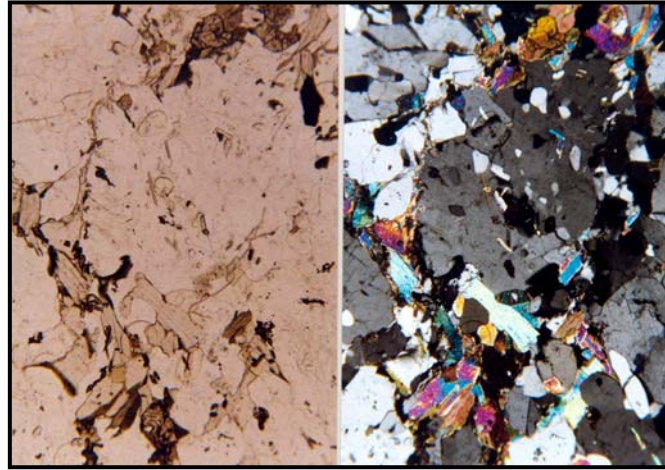
La roca seleccionada como **r: 3** es de color fresco gris algo oscuro a blanco pálido grisáceo que meteoriza a un gris muy claro a blanco. Presenta oxidación superficial e internamente, con textura granítica y levemente apreciable un brillo micáceo de distribución regular sobre toda la muestra.

La muestra de roca **r: 12** se aprecia macroscópicamente poco meteorizada, homogénea, compacta y masiva granuda. Fanerítica de grano medio a grueso, de color gris parduzco con porfidoblastos color blanco crema a rosáceos, meteorizando a un color más claro blanco grisáceo parduzco pálido con un contenido de especto moteado de un mineral gris oscuro casi negro. Se aprecia una leve orientación en los minerales pero con una textura granuda bastante granítica.

Al microscopio se aprecian secciones limpias, inequigranulares, de alto contenido de cuarzo y feldespato junto con algunas inclusiones microcristalinas. Se reconocen a su vez micas blancas y verde, esfena, epidoto, apatito y mineral opaco. Sobre los feldespatos se reconocen pertitas y leves texturas pertítica y micropertítica en la sección r: 35 (fig. 89).

#### Cuarzo:

Mineral anhedral, con bordes irregulares suaves y poco marcados y habito granudo. Se reconocen muy pocas inclusiones de epidoto y esfena microgranulares y microfragmentos de micas junto con suaves microfracturas hacia los bordes. La asociación es general al resto de minerales y con distribución homogénea dentro de las secciones.



**Fig. 89. Fotomicrografías de la sección RSJ-802-r 3 (N: // y X). Meta-trondhjemita. Granos de plagioclasa poiquiloblástica sin maclas.**

#### Plagioclasa:

Se reconoce anhedral, de bordes irregulares a corroídos, poco marcados y habito granudo semi hojoso. Algunos granos presentan microfracturas y hasta bordes fracturados, son pocos los granos que llegan a mostrar maclas y se reconocen del tipo Carlsbad y en la sección r: 40 se distinguen a su vez del tipo albita y difusas. La asociación es general al resto de minerales y con distribución regular dentro de las secciones.

#### Microclino:

El mineral sólo se reconoció en las secciones r: 35 y 40. Anhedral, con bordes irregulares a suavemente corroídos, sólo en la sección r: 35, y de habito granudo semi hojoso. Muy pocos granos presentan las dos direcciones de clivaje cruzados, sólo sobre zonas de los mismos y hacia los bordes en mayoría, a su vez se reconocen inclusiones microcristalinas, comúnmente dentro de porfidoblastos que presentan textura pertítica. La asociación es general al resto de los minerales y con distribución homogénea dentro de las secciones.



Mica blanca: moscovita.

El mineral se reconoce de color crema pálido claro de tonalidad verdosa, con pleocroismo muy débil que lleva los granos a casi incoloro, anhedral, con bordes lisos a levemente corroídos astillosos sobre los bordes más cortos y un habito laminar hojoso. Algunos granos presentan alteración a clorita, sobre todo en las secciones r: 35 y 3, observándose un fino envoltorio donde se llega a determinar el paso a clorita. En la sección r: 3 se reconocen algunas inclusiones de microcristales de esfena y hasta en sus bordes (de granos individuales y agregados microgranulares poco numerosos), esta mica se asocia en general a la biotita, epidoto y esfena y con una distribución homogénea y en algunos agregados granulares, no muy numerosos y regulares dentro de las secciones.

Biotita:

Mica de color verde oliva y claro, de pleocroismo moderado que pasa el mineral a un color crema verdoso y amarillento, anhedral, de bordes lisos a irregulares suaves a corroídos sólo en los granos de la sección r: 35, en los bordes mas cortos y un habito hojoso laminar. Se observan en pocos granos algunas inclusiones microgranulares de esfena y con algunos bordes suavemente marcados con oxidación, a su vez se llega a reconocer alteración de cloritización de algunos granos y muy asociados a las micas blancas, epidoto y esfena y con una distribución dispersa y regular dentro de las secciones. Pueden distinguirse unos pocos formando agregados laminares poco numerosos junto a la moscovita.

Grupo del Epidoto: epidoto

Mineral de color beige crema claro a verdoso y amarillento, sin pleocroismo, de moderado relieve, anhedral a redondeado, con bordes irregulares suaves a corroídos y un habito granudo. Se aprecian algunas microfracturas suaves y hasta bordes fracturados, observándose algunos microfragmentos alrededor de los mismos. La asociación es general a las micas y esfena y con distribución regular dentro de las secciones.

**Esfena:**

Mineral de color pardo oscuro a ocre parduzco, sin pleocroismo, de moderado relieve, anhedral y subhédrico, con bordes irregulares suaves y habito granudo semi prismático rómbico alargado con bordes quebrados redondeados. La mayoría forma como nidos bastante numerosos en agregados microgranulares, también se llegan a reconocer micro cristales individuales como inclusiones en micas, epidotos y algunos pocos en cuarzo y feldespatos. En la sección r: 40 se llegan a reconocer agrupaciones microgranulares de este mineral que dan aspecto de granos triturados. La asociación es general al epidoto y a las micas y con una distribución regular junto a las micas dentro de las secciones.

**Apatito:**

Se determinó en las tres secciones como mineral traza, reconociéndose incoloro, de leve brillo, alto relieve, anhedral redondeado, de bordes irregulares a corroídos y habito granudo semi masivo. Se reconoce en mayoría como inclusiones inequigranulares dentro del grupo del cuarzo y feldespatos y hacia sus bordes. La asociación es general al resto de minerales y con distribución muy dispersa y regular dentro de las secciones.

**Opaco:**

Un mineral opaco, de alto relieve, y con luz reflejada un brillo metálico amarillento latón, es anhedral, de bordes irregulares a corroídos y habito granudo masivo. Se reconocen la mayoría de los granos de aspecto esquelético, con bordes fracturados y con microfragmentos granulares disgregados alrededor. La asociación es general al resto de minerales y con distribución muy dispersa y regular dentro de las secciones.

**Clorita:**

Sólo se reconoció en la sección r: 35, mineral de color verde oliva pálido, con un pleocroismo muy débil a nulo, donde sólo se reconoce sobre los bordes aclarando la

tonalidad verdosa, anhedral, de bordes irregulares suaves y poco marcados y habito hojoso. Es reconocido como producto de alteración de las micas asociándose a las mismas hacia sus bordes y con distribución dispersa y regular dentro de la sección.

*Roca meta-ígneas intermedia:*

**Granofels anfibólico-epidótico-cuarzoso. (r: 49)**

Macroscópicamente se tiene una muestra de roca de baja meteorización, compacta, masiva y homogénea, de grano muy fino afanítica, en corte presenta un color fresco verde oscuro a medio con manchones irregulares de diversas tonalidades verdosas y hacia los bordes presencia de granate (granos de hasta 5mm), meteorizando a un color verde oscuro medio con distribución regular de granos de granate color rojizo oscuro vino tinto parezco en toda la muestra. La roca es de aspecto anfibólico.

Al microscopio se aprecia una sección bastante granuda sin orientación de minerales, inequigranular, no muy limpia, de minerales mayoritarios y de aspecto granular triturado de anfíbol y epidoto, a su vez se reconocen granos de cuarzo mono y policristalino, muy pocas micas y con alteración a clorita, apatito, esfena y opaco como mineral traza. Es destacable una apariencia de especie de matriz altamente microgranular de minerales irreconocibles, muy triturada y con distribución regular sobre la sección (fig. 90).

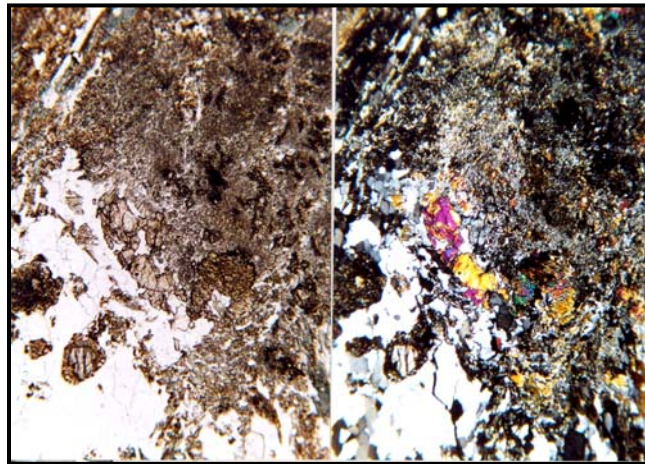
Anfíbol:

Mineral bastante alterado, con dificultad de reconocimiento en la variedad, muestra un color verde claro amarillento, no muy limpio, de un pleocroismo débil que pasa a color crema amarillento a pardo claro, anhedral, de bordes irregulares corroídos y habito hojoso semi granudo. Se llega a reconocer oxidación sobre algunos granos ubicados hacia uno de los lados de la sección, la gran mayoría de los granos se reconocen muy fracturados, con microfracturas y como triturados disgregados en aspecto de laminillas. Muy pocos granos son los que llegan a conservar el clivaje en

dos direcciones y distorsionados, se asocian en general al epidoto y como mineral mayoritario con distribución homogénea dentro de la sección.

Cuarzo:

Anhedral, limpios, con bordes irregulares algo suaves y habito granudo. Inequigranular, pocos granos llegan a mostrar algunas inclusiones de epidoto y anfíbol microgranulares junto con algunas microfracturas y de bordes poco marcados. La asociación es general al resto de minerales y con una distribución inhomogénea de una concentración hacia una de las esquinas de la sección junto con micas y muy pocos dispersos entre la especie de masa microgranular.



**Fig. 90. Fotomicrografías de la sección RSJ-802-r 49 (N: // y X). Granofels anfibólico-epidótico-cuarzoso.**

Grupo del Epidoto: epidoto.

Mineral de color crema claro amarillento, sin pleocroismo, anhedral, de bordes irregulares corroídos y habito granudo de aspecto triturado. Inequigranular, se reconocen bastante fracturados la mayoría de los bordes, a su vez con microfracturas en los granos de mayor tamaño, de moderado relieve y con microfragmentos del mismo mineral disgregados alrededor. Se reconocen granos de mayor tamaño dentro de la masa o matriz microgranular anfibólica y hasta inclusionando ciertos anfíboles, se asocia al anfíbol y con una distribución homogénea dentro de la sección.

**Plagioclasa:**

Se reconocen muy pocos granos, anhedral, de bordes irregulares poco marcados y habito granudo. Al parecer los granos están altamente saurizados, casi imposible de describir, lo cual dificulta su reconocimiento, mantiene asociación general al resto de minerales y con distribución homogénea dentro de la sección.

**Mica blanca: moscovita.**

Mineral micáceo de color crema claro a incoloro, de pleocroismo muy débil a casi irreconocible, anhedral, con bordes irregulares y astillosos y un habito semi laminar hojoso. Son muy poco los granos que se reconocen, de asociación general con el resto de minerales y de distribución bastante dispersa y homogénea en la sección.

**Biotita:**

Mica de color verde claro, limpia, de pleocroismo moderado que pasa el verde a un crema amarillento pálido, anhedral, de bordes semi lisos a irregulares y habito hojoso semi laminar. Se aprecian muy pocos granos, con alteración a clorita, asociados generalmente al resto de minerales junto a la mica blanca y con una distribución muy dispersa y homogénea dentro de la sección. Se llegan a reconocer particularmente una mayoría de estos granos en contacto y hacia un extremo entre la especie de matriz anfibólica y grandes granos de cuarzo.

**Clorita:**

Se encuentran granos de color verde muy claro, pálido, con pleocroismo bastante débil a casi irreconocible aclarando la tonalidad verdosa, anhedral, con bordes irregulares a suaves y un hábito hojoso. La mayoría se reconoce como producto de alteración, se asocian en general a micas y anfíbol y con una distribución muy dispersa y homogénea dentro de la sección.

Esfena:

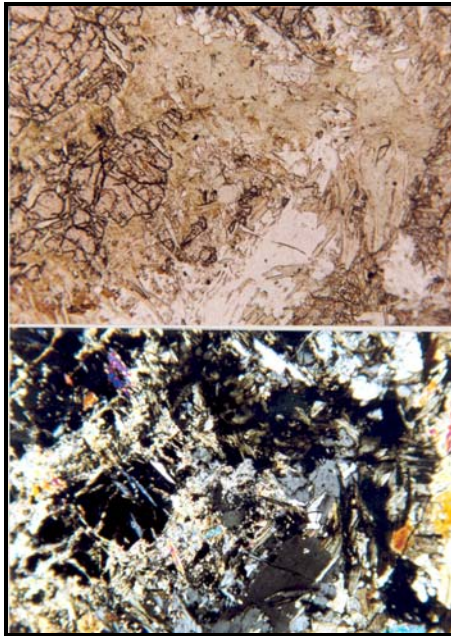
Mineral bastante diminuto, de color pardo oscuro, sucio, sin pleocroísmo, anhedral y subhédrico, con bordes irregulares suaves y habito granudo y prismático rómbico alargado de bordes algo redondeados. Se observa oxidación sobre algunos granos, disgregados y equigranulares, llegan a apreciarse algunos agregados micro granulares, poco numerosos, formando como nidos. La asociación es general al resto de minerales (muy poca al cuarzo) y con distribución dispersa y homogénea en toda la sección.

*Rocas meta-ígneas máficas:*

**Anfibolitas granatíferas. (r: 30,25,36,41)**

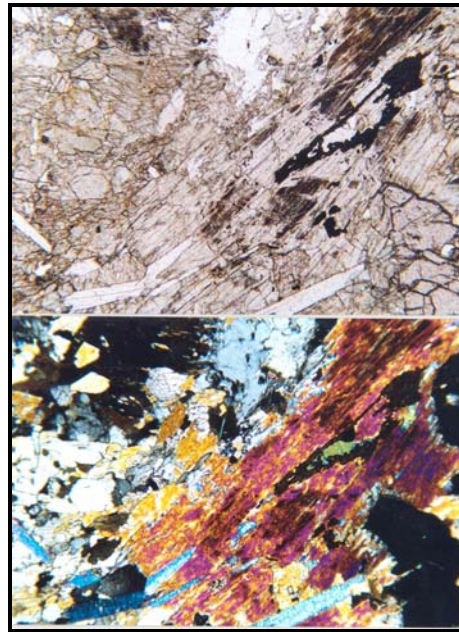
Se observan cuatro muestras de roca de poco a medianamente meteorizadas, homogéneas, compactas y masivas. De color fresco verde oscuro grisáceo con minerales con apariencia de moteados de color gris rojizo rosáceo (granate) en las secciones r: 30, 25 y 36 y en la r: 41 se aprecia como un suave bandeo de mineral más claro blanco grisáceo junto con distribución regular de granate. Estas muestras meteorizan a un color verde oscuro pardo negruzco con minerales más claros grisáceos de distribución regular, donde las secciones r: 36 y 30 muestran oxidación leve. En general son faneríticas de grano fino a muy fino y afaníticas.

Al microscopio se reconocen secciones con anfíbol como mineral mayoritario, muy anfibólicas y granatíferas, con procesos de cloritización y alteración en granate. Inequigranular, con minerales laminares micáceos, epidoto, esfena, muy poco cuarzo y algunas plagioclasas (sólo en la sección r: 36). Se aprecian gran número de microfracturas sobre la mayoría de los minerales y hasta bordes muy fracturados y corroídos (figs. 91 y 92).



**Fig. 91. Fotomicrografías de la sección RSJ-802-r 25 (N: // y X). Anfibolitas granatíferas.**

**Granate fracturado, bordeado y rellenado de clorita (pseudomorfo).**



**Fig. 92. Fotomicrografías de la sección RSJ-802-r 36 (N: /7 y X). Anfibolitas granatíferas.**

**Actinolita orienta muy laminar y granate fracturado**

Anfíbol: barroisita y actinolita.

Las secciones r: 25, 36 y 41 presentan actinolita y la r: 30 la barroisita. El mineral es de color verde claro pálido algo crema amarillento y verde azulado (r: 30), con pleocroismo muy débil que pasa al crema verdoso amarillento, anhedral y subhédrico y alargados, con bordes irregulares a semi lisos y habito granudo a hojoso. La mayoría presenta alteración, hay granos con machones pardos verdoso oscuro dentro de los mismos y otros con cloritización. Se reconocen algunos con una dirección de clivaje, paralelas e interrumpidas por microfracturas y unos pocos con dos direcciones de clivaje a su vez con suaves microfracturas y hasta bordes fracturados. Al parecer hay presencia de leve oxidación sobre algunos granos hacia sus bordes. La asociación es general al resto de minerales y con distribución regular dentro de las secciones.

Granate:

Mineral de moderado relieve, color crema rosáceo, de textura superficial, sin pleocroismo, anhedral y subhédrico, con bordes irregulares a corroídos y habito

granudo semi prismático con bordes muy fracturados y quebrados. Se reconocen los granos pseudomorfos (v, Cap. 6, p. 89) (fig. 92), con fracturas abiertas algunas rellenas de clorita y hasta con un color pardo con aspecto de óxido o posible esfena y micas (en r: 37 y 41). A su vez se observan microfragmentos disgregados alrededor de los mismos, con algunas inclusiones microcristalinas de micas y epidoto mayormente hacia los bordes. La asociación es general al resto de minerales y con distribución regular y dispersa dentro de las secciones.

Mica blanca: moscovita.

La mica es de color crema claro levemente verdoso a incoloro, en la sección r: 36 se llega a apreciar bastante incolora muy limpia casi blanca, en general muestra pleocroísmo muy débil, es anhedral, con bordes lisos y algo corroídos en los bordes más cortos y un hábito hojoso laminar. La sección r: 41 muestra una mica blanca bastante diminuta y alterada y las secciones r: 25 y 41 muestran cloritización posible. La asociación es general al resto de minerales y con distribución en agregados laminares y regular dentro de las secciones.

Clorita:

Mineral de color verde claro pálido, con pleocroísmo casi inapreciable muy débil aclarando a casi incoloro los bordes, anhedral, de bordes irregulares corroídos suaves y hábito hojoso y de aspecto plumoso en la sección r: 25. Se reconoce como producto de alteración entre micas y anfíbol y con distribución regular en agregados micro laminares y unos pocos como inclusiones en granate, dentro de las secciones.

Grupo del Epidoto: epidoto.

Mineral de color crema claro verdoso y amarillento, sin pleocroísmo, anhedral, de bordes irregulares a corroídos y hábito granudo. Se reconocen algunas microfracturas y hasta bordes fracturados, unos pocos se presentan como inclusiones microgranulares y los de mayor tamaño con algunas inclusiones de esfena



microgranular hacia los bordes. La asociación es general al resto de minerales y con distribución regular dentro de las secciones.

Apatito:

Se reconoció sólo en las secciones 25 y 41 y como mineral traza. Un mineral de moderado relieve, incoloro, anhedral, con bordes irregulares a suaves y habito granudo semi tabular. Forman algunos agregados microgranulares poco numerosos, se asocia generalmente al cuarzo y entre el resto de minerales y con una distribución muy dispersa y regular dentro de las secciones.

#### **Anfibolitas epidóticas calcíticas. (r: 54)**

Macroscópicamente se observa una roca poco meteorizada, compacta, masiva y homogénea. Afanítica, de color verde claro con esquirlas o laminillas finas de un color verde más oscuro oliva, de aspecto anfibólico y de muy pobre orientación preferencial sobre los minerales laminares micáceos.

Al microscopio se observa una sección terrosa, sucia, con alteración en general sobre los granos, homogénea y equigranular de grano fino, dando apariencia de matriz con granos de aspecto triturado. Se observan numerosos agregados microgranulares de epidoto, anfíbol y de menor proporción de esfena.

Anfíbol:

Se presentan dificultad para su reconocimiento, entre los pocos granos reconocibles se distinguió el mineral de color verde crema claro, pálido, no muy limpio, de pleocroismo débil que pasa a color crema más claro, anhedral, de bordes semi lisos a irregulares y habito hojoso semi granudo. Algunos granos se aprecian rómbicos de bordes gastados y quebrados, hay diversidad en los granos, presentando granos con direcciones de clivaje un grupo de clivajes incompletos en una dirección, otros en dos direcciones pero distorsionadas e interrumpidas por microfracturas y la mayoría sin clivajes y bastante manchados. Se llegan a confundir entre granos

subhedrales de epidoto, se asocian en general al epidoto y al resto de minerales y con distribución homogénea dentro de la sección. Muestran alto grado de alteración.

Grupo del Epidoto: epidoto y zoisita.

Mineral de color verde claro amarillento, pálido, no muy limpio, moderado relieve, sin pleocroismo, de bordes irregulares y habito granudo masiva. Algunos granos de mayor tamaño se presentan con microfracturas, a su vez se encuentran algunos fracturados junto a los anfíboles, dificultando su reconocimiento y distinción. Se presentan en numerosos agregados microgranulares y sobre algunas zonas hasta con aspecto de granos triturados, se asocian en general al anfíbol y al resto de minerales y con distribución homogénea dentro de la sección.

Esfena:

Se observa un mineral de color pardo ocre, muy sucio, de alto relieve, sin pleocroismo, anhedral y subhédrico, de bordes irregulares semi redondeados y habito granudo y rómbico alargado. Inequigranular, la mayoría presenta leve oxidación hacia los bordes completos, se reconocen granos con microfracturas y hasta con algunos bordes fracturados y se encuentran en agregados microgranulares formando nidos poco numerosos. La asociación es general al resto de mineral y con distribución dispersa en grupos y homogénea dentro de la sección.

Cuarzo:

Anhedral, con bordes irregulares corroídos y habito granudo y de aspecto triturado. Los granos son bastante diminutos, no muy limpios y dentro del grupo de minerales que forman la especie de matriz microgranular, se aprecian unas suaves microfracturas y hasta la mayoría de los bordes fracturados a poco marcados bordeados por completo por anfíbol. La asociación es general al resto de los minerales y con distribución regular en la sección.

**Calcita:**

Mineral carbonático, de color crema claro a incoloro, de pleocroismo muy débil, anhedral, de bordes irregulares corroídos a poco marcados y habito hojoso de aspecto disgregado. No muestra direcciones de clivaje, con asociación general al resto de minerales, en especial al cuarzo y anfíbol y con una distribución bastante dispersa y regular dentro de la sección.

**Mica blanca: moscovita.**

Mica de color crema muy claro a incoloro, no llega a distinguirse pleocroismo, anhedral, con bordes irregulares corroídos a poco marcados y habito semi laminar y hojoso. Se pueden reconocer algunas inclusiones microcristalinas y hasta algunas esfenas sobre los bordes. La asociación es general con el resto de minerales y distribución dispersa y regular dentro de la sección.

## CUENCA: RÍO CAMURI CHICO.

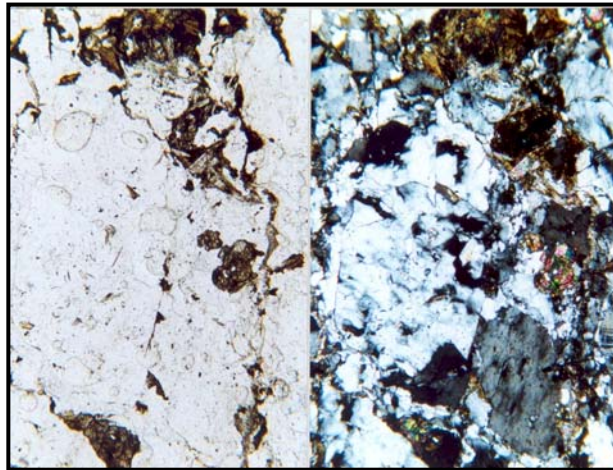
### Petrografía

#### *Gneises:*

#### **Augengneis feldespático cuarzo micáceo. (r: 54)**

Macroscópicamente se observa una muestra de roca de color gris, con grandes ojos de color rosado parduzco, homogénea, con perfecta orientación de minerales y con tamaño de grano grueso en los ojos y el resto de medio a fino. Alternancia de bandas finas de color gris con bandas gruesas de color blanco.

Al microscopio se observa una muestra heterogénea, limpia de micas orientadas y con tamaño de grano variable. Presenta porfidoblastos de plagioclasa y microclino y bandas de cuarzo policristalino (fig. 93).



**Fig. 93. Fotomicrografías de la sección RCCh-802-r 54 (N: // y X). Augengneis feldespático cuarzo micáceo. Porfidoblastos de plagioclasa y epidoto y clorita.**

#### Microclino:

Anhedral de bordes irregulares y hábito masivo-granular. Algunos granos presentan microfracturas en su superficie, apenas se observan sus maclas en rejillas. Presenta intercrecimientos peritéticos en parches y cuarzo microgranular de la misma forma. Asociado a todos los minerales presentes y su distribución es irregular en la sección.

**Plagioclasa:**

Anhedral, de bordes irregulares, con hábito masivo-granular. Presenta fracturas y microfracturas en su superficie. Presenta maclado tipo Albita y Carlsbad, otros granos no maclados. Como las maclas están difusas y en muchas distorsionadas no se puede determinar el % de An. Se encuentra también dentro de porfidoblastos de microclino. Asociada a todos los minerales presentes y su distribución es irregular en la sección.

**Cuarzo:**

Anhedral, de bordes irregulares, con hábito granular con extinción ondulatoria y en bandas y parches de cuarzo policristalino. En algunas zonas de la sección presenta textura granoblástica. Asociado a todos los minerales presentes y su distribución es irregular en la sección.

**Biotita:**

De color pardo con fuerte pleocroismo que va del crema al pardo rojizo, anhedral de bordes irregulares y corroídos, con hábito escamoso-hojoso. Poiquiloblástica en algunas hojuelas con inclusiones de esfena y epidoto. Altera a clorita. Ligeramente lepidoblástica. Asociada a todos los minerales presentes y su distribución es irregular en la sección.

**Grupo del Epidoto: epidoto**

De color amarillento algo sucio y sin pleocroismo, anhedral de bordes irregulares, con hábito columnar y granular. Algunos granos con núcleo rojizo (allanita). Pocos fracturados y disgregados. Asociado a todos los minerales presentes y su distribución es irregular en la sección.

**Mica blanca: muscovita**

Se encuentra algo oscurecida y con leve pleocroismo, anhedral de bordes irregulares y lisos, con hábito hojoso. Algo deformada (curvada). Levemente

lepidoblástica. Asociada a las micas presentes y su distribución es irregular en la sección.

Clorita:

De color verde grama, algunas hojas con pleocroismo fuerte y otras débil, anhedral de bordes irregulares y corroídos, con hábito escamoso. Asociada a las micas presentes y su distribución es irregular en la sección.

Esfena:

Accesorio común. De color pardo oscuro, sin pleocroismo, anhedral de bordes redondeados, se presenta en agregados granulares. Asociada a las micas. Escasa.

Apatito:

Incoloro, de alto relieve, anhedral de bordes irregulares, con hábito granular, algunos fracturados. Escaso.

#### **Gneis feldespático cuarzo micáceo granatífero. (Con granate) (r: 30 y 32)**

Macroscópicamente se observa una muestra de roca ligeramente meteorizada con algunas zonas oxidadas, de color blanco grisáceo y bandas gris oscuro, con tamaño de grano grueso y fino, bien orientada, micácea, homogénea.

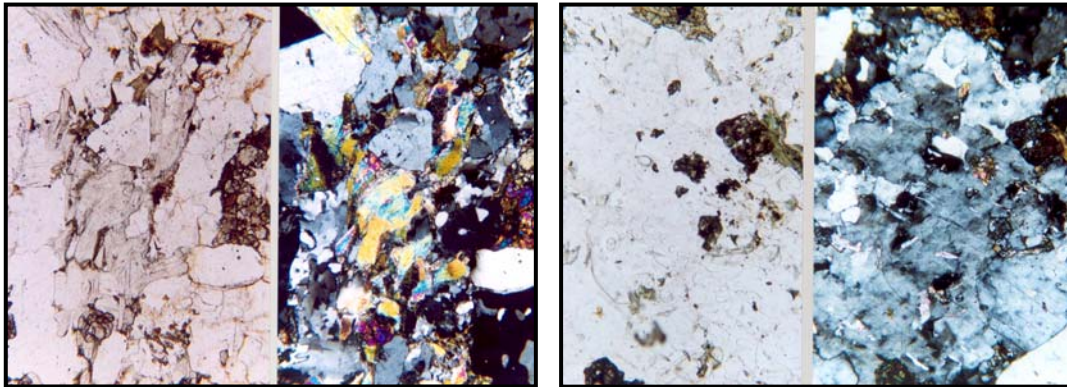
#### **Gneis feldespático cuarzo epidótico clorítico. (Sin biotita) (r: 34 y 46)**

Macroscópicamente se observa una muestra de roca ligeramente meteorizada de color verde oliva con franjas gruesas de color blanco, con tamaño de grano grueso en la franja blanca y grano fino en el resto de color verde, heterogénea, con minerales orientados. En (r: 46) es de color verde claro, homogénea con tamaño de grano fino y con poca orientación de minerales.

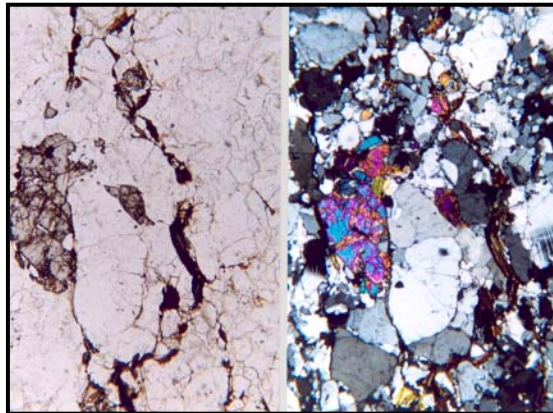
**Gneis feldespático cuarzo micáceo. (Con biotita y microclino) (r: 6,16 y 27).**

Macroscópicamente se observa una muestra de roca ligeramente meteorizada, algo oxidada, de color blanco grisáceo con chispitas de color negro. Micácea, con tamaño de grano grueso, orientada, homogénea

Cabe destacar que la descripción mineralógica de las distintas clases es aproximadamente la misma.



**Fig. 94.** Fotomicrografías de las secciones RCCh-802-r 30 (N: // y X) (der.). Gneis feldespático cuarzo micáceo granatífero. Feldespato sin maclas, epidoto granular redondeado y granate.  
**Fig. 95.** Fotomicrografías de la sección RCCh-802-r 46 (N: // y X) (izq.). Gneis feldespático cuarzo epidótico clorítico. Feldespato y cuarzo con mica blanca y epidoto, poco orientada.



**Fig. 96.** Fotomicrografías de la sección RCCh-802-r 6 (N: // y X). Gneis feldespático cuarzo micáceo. Plagioclasa y epidoto porfidoblásticos y lamelas de deformación en plagioclasa maclada.

En general, se observan las secciones r: 30, 32, 34, 46, 6, 16 y 27, al microscopio como una muestra limpia homogénea, con micas moderadamente orientadas (textura

lepidoblástica). La mayoría de los granos gruesos y presencia de cuarzo policristalino (figs. 94, 95 y 96).

#### Plagioclasa:

Anhedral, de bordes irregulares, con hábito masivo-granular. Presenta microfracturas paralelas y discontinuas. Con maclado tipo Albita, Carlsbad discontinuas y difusas, o ausentes, en (r: 46) con maclas también del tipo Albita-Carlsbad y en esta misma muestra se presenta con escasas inclusiones de muscovita y epidoto. En (r: 6) (fig. 96), se observa lamelas de deformación en plagioclasa maclada (v, Cap. 6, p. 97) Asociada a todos los minerales presentes y su distribución es irregular en la sección.

#### Cuarzo:

Anhedral de bordes irregulares, se presenta en parches gruesos de cuarzo policristalino y trenes delgados en (r: 6, 34). Presenta microfracturas. Asociado a todos los minerales presentes y su distribución es homogénea en la sección.

#### Microclino:

Ausente en (r: 46). Anhedral, de bordes irregulares, con hábito masivo-granular. Sus maclas en rejilla no se observan claramente. Presenta intercrecimientos peritéticos en parches en los porfidoblastos. En (r: 6) presenta parches de cuarzo policristalino. Asociado a todos los minerales presentes y su distribución es homogénea en la sección.

#### Mica blanca: muscovita

Incolora, ligeramente pleocróica verdosa, de anhedral a subhedral, de bordes irregulares y corroídos, con hábito hojoso tabular. Interdigitada con biotita en algunas hojas, con escasas inclusiones de epidoto y esfena. Moderadamente lepidoblástica. Se presenta en su variedad fengita en (r: 34, 46). Asociada a las micas presentes y su distribución es irregular en la sección.



**Biotita:**

Ausente en (r: 34, 46). De color pardo con pleocroismo fuerte que va del crema al pardo oscuro, anhedral de bordes irregulares y corroídos, con hábito tabular y escamosa. Intercala con clorita. Algunas hojas pasando a clorita Asociada a las micas presentes y su distribución es irregular en la sección.

**Grupo del Epidoto: epidoto y allanita.**

De color amarillento y sin pleocroismo, anhedral de bordes irregulares, con hábito prismático y granular. Algunos granos fracturados y disgregados. En (r: 32) es escaso y con núcleo rojizo (allanita). En (r: 6) se presentan porfidoblastos de este mineral (v, Cap. 6, p. 85), (fig. 96). Asociado a las micas principalmente y su distribución es irregular en la sección.

**Clorita:**

Ausente en (r: 6). De color verde y con pleocroismo moderado que va del crema al verde, anhedral de bordes irregulares y corroídos, con hábito escamoso y en abanico. Con escasas inclusiones de esfena. Asociada a las otras micas y su distribución es irregular en la sección. En (r: 46) también presenta inclusiones de epidoto y también en escamitas redondeadas.

**Esfena:**

Accesorio común. De color pardo oscuro, sin pleocroismo, anhedral de bordes redondeados, se presenta en agregados granulares. En (r: 46) se presenta también subhedral y rómbica. Asociada a las micas y epidoto. Escasa.

**Apatito:**

Incoloro, de alto relieve, anhedral de bordes irregulares, con hábito granular, algunos fracturados. Escaso.

**Granate:**

Se presenta en (r: 30, 32). De color rosado claro, anhedral de bordes irregulares, con hábito granular y poligonal. Se encuentra fracturado y con poca oxidación. Zonas sustituidas por biotita e inclusiones de muscovita. Escaso.

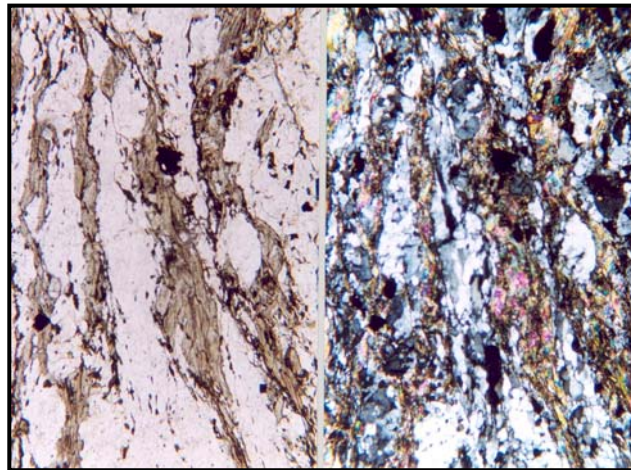
**Opacos:**

La hematita se presenta a la luz reflejada de color rojo sangre, anhedral de bordes irregulares y corroídos, con hábito granular y esquelético. Escasa.

**Augenesquisto feldespático cuarzo muscovítico. (r: 8, 31, 58).**

Macroscópicamente se observa una muestra ligeramente meteorizada, homogénea con bandas finas y gruesas, en tonos grises y con granos medios de color blanco formando ojos. Con minerales bien orientados, esquistosa.

Al microscopio se observa una muestra homogénea, un poco sucia y oxidada, con buena orientación, con micas de textura lepidoblástica y presencia de trenes de cuarzo policristalino y abundante plagioclasa y en menor proporción microclino (fig. 97).



**Fig. 97. Fotomicrografías de la sección RCCh-802-r 31 (N: // y X). Augenesquisto feldespático cuarzo muscovítico. Micas lepidoblásticas, bandeadas semiparalelas, intercaladas y encerrando agregados granulares de cuarzo y feldespato.**

**Plagioclasa:**

Anhedral, de bordes irregulares, con hábito. Presenta fracturas y microfracturas en su superficie. Presenta maclado tipo Albita y Carlsbad, otros granos no maclados. Como las maclas están difusas y en muchas distorsionadas y los granos muy pequeños no se puede determinar el % de An. En algunas zonas se presenta con el cuarzo formando textura granoblástica. Asociada a todos los minerales presentes y su distribución es irregular en la sección.

**Microclino:**

Anhedral, de bordes irregulares, con hábito granular. Sus maclas en rejilla no se observan claramente. Granos fracturados. Presenta intercrecimientos peritéticos en parches y con escasas inclusiones de biotita en (r: 8). Asociado a todos los minerales presentes y su distribución es homogénea en la sección.

**Biotita:**

De color pardo con pleocroismo fuerte que va del crema al pardo oscuro y algunas pardo rojizo, anhedral de bordes irregulares y corroídos, con hábito hojoso y escamosa. Sus hojas son finas, curvadas y alargadas. Altera a clorita. Asociada a las micas presentes y su distribución es irregular en la sección.

**Mica blanca: muscovita**

Incolora, ligeramente pleocrómica verdosa, de anhedral a subhedral, de bordes irregulares y corroídos, con hábito hojoso y plumoso. Se encuentra algo curvada. Con escasas inclusiones de epidoto y esfena. Moderadamente lepidoblástica. Intercala con biotita. Asociada a las micas presentes y su distribución es homogénea en la sección.

**Grupo del Epidoto: epidoto y allanita.**

De color amarillento y sin pleocroismo, anhedral de bordes irregulares, con hábito prismático corto y granular. Algunos granos fracturados y disgregados. En (r: 8) es

escaso y con núcleo rojizo (allanita). Asociado a las micas principalmente y su distribución es irregular en la sección.

#### Cuarzo:

Anhedral de bordes irregulares, se presenta en parche, bandas de cuarzo policristalino y trenes delgados. Los trenes van paralelo a la foliación. Presenta microfracturas. Asociado a todos los minerales presentes y su distribución es irregular en la sección.

#### Clorita:

Ausente en (r: 8, 58). De color verde y con pleocroísmo moderado que va del crema al verde, anhedral de bordes irregulares y corroídos, con hábito escamoso. Asociada a las otras micas y su distribución es irregular en la sección.

#### Esfena:

Accesorio común. De color pardo oscuro, sin pleocroísmo, anhedral de bordes redondeados, se presenta en agregados granulares. Asociada a las micas y epidoto. Escasa.

#### Apatito:

Incoloro, de alto relieve, anhedral de bordes irregulares, con hábito granular, algunos fracturados. Escaso.

#### Opacos:

La pirita se presenta a la luz reflejada de color cobrizo, de anhedral a subhedral, de bordes rectos y corroídos, con hábito granular y poligonal. Asociada a todos los minerales presentes. Escasa.

*Esquistos moteados:*

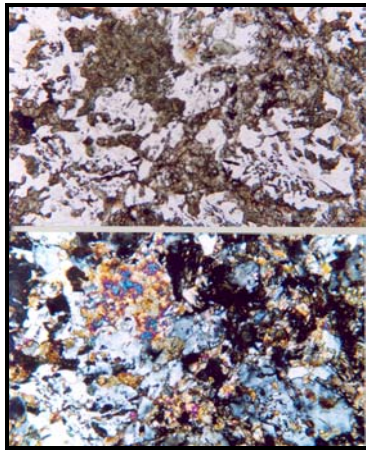
**Esquisto anfibólico plagioclásico epidótico. (r: 17, 39)**

Macroscópicamente se observa una muestra de roca fresca, homogénea, de color verde oliva, con moticas blancas diminutas en su superficie, no se observa orientación de minerales y ligera foliación, masiva, con tamaño de grano fino donde no se observan los minerales a simple vista.

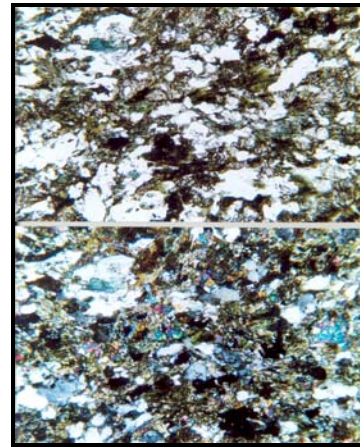
Al microscopio se observa una muestra homogénea, con plagioclasa ovoide presentando sobrecrecimiento de albita y poiquiloblástica y envueltas por el anfíbol barroisita moderadamente orientado (figs. 98 y 99).

Barroisita:

De color verde azul, con pleocroismo moderado que va del crema al verde azul, de subhedral a anhedral, con bordes irregulares y rectos, con hábito tabular-hojoso. Muestra granos bastante fracturados. Con escasas inclusiones de esfena y epidoto. Asociado a todos los minerales presentes y su distribución es homogénea en la sección.



**Fig. 98. Fotomicrografías de la sección RCCh-802-r 17 (N: // y X). Esquisto anfibólico plagioclásico epidótico. Porfidoblastos de plagioclasa ovoidal poiquiloblástica y barroisita.**



**Fig. 99. Fotomicrografías de la sección RCCh-802-r 39 (N: // y X). Esquisto anfibólico plagioclásico epidótico. Porfidoblastos de plagioclasa ovoidal poiquiloblástica y biotita alterando a clorita.**

**Plagioclasa:**

Del tipo Albita. Anhedral, de bordes irregulares, con hábito masivo-granular en forma de ovoides. No se observan maclas. Con microfracturas no continuas en su superficie. Poiquiloblástica con escasas inclusiones de esfena, epidoto y anfíbol. Asociada a todos los minerales presentes y su distribución es homogénea en la sección.

**Grupo del Epidoto: epidoto**

De color amarillento y sin pleocroismo de forma anhedral, de bordes irregulares y lisos, con hábito granular y columnar. Asociado a todos los minerales presentes y su distribución es irregular en la sección.

**Biotita:**

De color pardo con fuerte pleocroismo que va del crema al pardo rojizo, anhedral de bordes irregulares, con hábito plumoso en (r: 39). Se presenta en pequeñas escamas en (r: 17). En (r: 39) muchas hojas alterando a clorita. Asociada al anfíbol principalmente y su distribución es irregular en la sección.

**Esfena:**

Accesorio común. De color pardo oscuro, sin pleocroismo, anhedral de bordes redondeados, se presenta en agregados granulares. Asociada al anfíbol y epidoto. Escasa.

**Apatito:**

Incoloro, de alto relieve, anhedral de bordes irregulares, con hábito granular, algunos fracturados. Porfidoblastos de este mineral fracturados e incompletos en (r: 39). Escaso.

**Esquisto epidótico plagioclásico anfibólico. (r: 5)**

Macroscópicamente se observa una muestra de roca poco meteorizada de color gris verdoso, muy clara, masiva, homogénea, con tamaño de grano fino donde los granos no son visibles a simple vista. No presenta orientación y con pequeñas vetas blancas.

Al microscopio se observa una muestra de abundante epidoto amorfo, como coladas rodeando granos semi-ovalados de plagioclasa. Es homogénea y está algo oxidada y sucia (fig. 100).

Grupo del Epidoto: epidoto y zoisita:

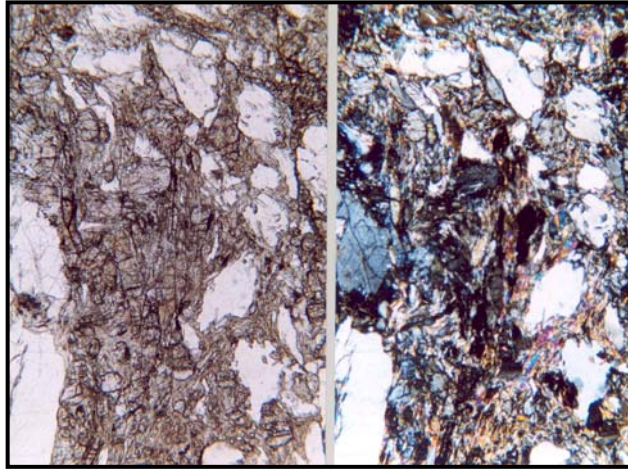
De color amarillento y sin pleocroismo, anhedral de bordes irregulares, se presenta como una masa amorfa en coladas escasos granos. Se presenta en su variedad zoicita con hábito columnar, donde se diferencia del anfíbol por su color de interferencia en NX anómalo azul de prusia. Asociado a todos los minerales presentes y su distribución es homogénea en la sección.

Plagioclasa: (Albita)

Se presenta en su variedad Albita. Anhedral de bordes irregulare, con hábito masivo-granular. Con microfracturas en su superficie paralelas o en cuadrícula. Ligeramente poiquiloblástica con inclusiones de anfíbol y epidoto. Escasos granos maclados tipo Carlsbad. Asociada a todos los minerales presentes y su distribución es irregular en la sección.

Mica blanca: muscovita

Se encuentra algo oscurecida, anhedral de bordes irregulares y corroídos, se presenta curvada, se presenta como una masa amorfa que envuelve a otros granos, pocas se presentan con hábito hojoso. Asociada a todos los minerales presentes y su distribución es irregular en la sección.



**Fig. 100. Fotomicrografía de la sección RCCh-802-r 5 (N: // y X). Esquisto epidótico plagioclásico anfibólico. Epidoto columnar y plagioclase ovoidal.**

**Barroisita:**

Ligero verde azul, con pleocroismo débil, anhedral de bordes irregulares, con hábito hojoso tabular. Asociada a todos los minerales presentes y su distribución es irregular en la sección.

**Cuarzo:**

Anhedral, de bordes irregulares, hábito granular. Escaso.

**Opacos:**

La pirita se presenta a la luz reflejada de color amarillo latón, anhedral de bordes irregulares, con hábito granular. En algunas zonas está oxidado tiñendo la muestra de color naranja. Asociado a todos los minerales presentes. Escasa.

**Esfena:**

Accesorio común. De color pardo oscuro, sin pleocroismo, anhedral de bordes redondeados, se presenta en agregados granulares. Asociada a las micas y epidoto. Escasa.



**Apatito:**

Incoloro, de alto relieve, anhedral de bordes irregulares, con hábito granular, algunos fracturados. Escaso.

**Calcita:**

Algo oscurecida y con pleocroismo débil, anhedral, de bordes irregulares, se presenta en finas vetas y parches sobre la plagioclasa. Escasa.

**Esquisto plagioclásico cuarzo micáceo. (r: 50).**

Macroscópicamente se observa una muestra de roca fresca, homogénea, de color gris verdoso, ligeramente micácea, homogénea, con tamaño de grano fino. Los minerales se presentan orientados y de moderada orientación.

Al microscopio se observa una muestra homogénea con plagioclasa masiva y epidoto granular, de micas orientadas con textura lepidoblástica (v, Cap. 6, p. 85), con tamaño de grano variable (fig. 101).

**Epidoto:**

De color amarillento y sin pleocroismo, anhedral de bordes irregulares, con hábito columnar, granular y amorfo. Presenta núcleo rojizo (allanita) en algunos granos. Asociado a las micas y su distribución es irregular en la sección.

**Plagioclasa:**

Anhedral de bordes irregulares, con hábito masivo granular. Pocos granos con maclado tipo Albita y mal maclada. Con escasas inclusiones de epidoto. Presenta fracturas y microfracturas en su superficie. Asociada a todos los minerales presentes y su distribución es homogénea en la sección.

**Cuarzo:**

Anhedral, de bordes irregulares, con hábito granular, con extinción ondulatoria. Asociado a todos los minerales presentes y su distribución es irregular en la sección.

**Mica blanca: muscovita y fengita.**

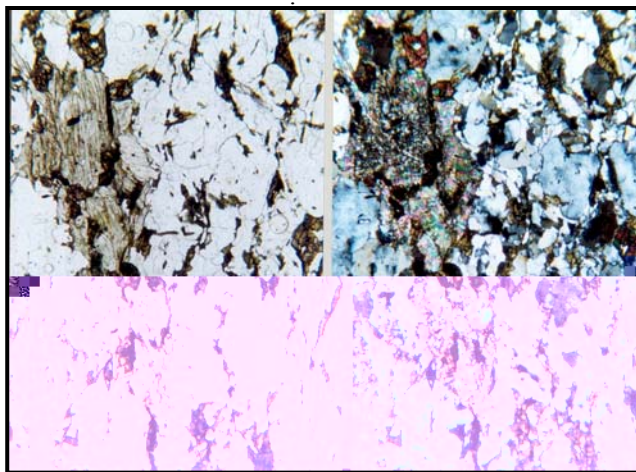
Se encuentra oscurecida, de subhedral a anhedral de bordes lisos y corroídos, con hábito hojoso-laminar, algunas hojas amorfas y ligeramente curvadas. Presenta tonalidades verdosas (fengita). Asociada a todos los minerales presentes y su distribución es homogénea en la sección.

**Biotita:**

De color pardo con pleocroismo fuerte que va del crema al pardo oscuro, anhedral de bordes irregulares y corroídos, con hábito hojoso y escamosa.. Altera a clorita. Algunas hojas alterando a clorita Asociada a las micas presentes y su distribución es irregular en la sección.

**Microclino:**

Anhedral de bordes irregulares, con hábito granular, maclado en rejilla. Asociado a todos los minerales presentes y su distribución es irregular en la sección.



**Fig. 101. Fotomicrografías de la sección RCCh-802-r 50 (N: // y X). Esquisto plagioclásico cuarzo micáceo. Muscovita oscurecida (fengita) semi orientada con inclusiones de esfena entre cuarzo y plagioclase no maclada.**

**Clorita:**

De color verde y con pleocroismo moderado que va del crema al verde, anhedral de bordes irregulares y corroídos, con hábito escamoso. Asociada a la biotita y su distribución es irregular en la sección.

**Esfena:**

Accesorio común. De color pardo oscuro, sin pleocroismo, anhedral y subhedral de bordes redondeados, se presenta en agregados granulares y algunos rómbicos. Asociada a las micas y epidoto. Escasa.

**Apatito:**

Incoloro, de alto relieve, anhedral de bordes irregulares, con hábito granular, algunos fracturados. Escaso.

**Esquisto anfibólico epidótico plagioclásico. (r: 52)**

Macroscópicamente se observa una muestra de roca ligeramente meteorizada, homogénea de color verde oliva, masiva con escasa foliación, donde no se observa claramente la orientación de los minerales, con tamaño de grano fino donde no se observan los minerales a simple vista.

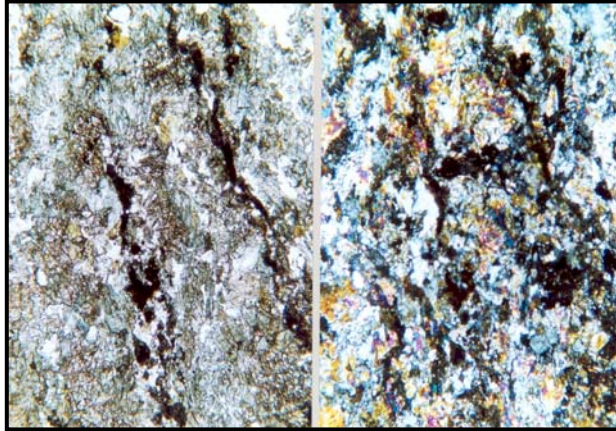
Al microscopio se observa una muestra homogénea de anfíbol barroisita como mineral esencial, pseudo-orientada, con escasa plagioclasa, esfena y epidoto. Granos fracturados (fig. 102).

**Barroisita:**

De color verde azul, con pleocroismo débil, anhedral de bordes rectos e irregulares, con hábito hojoso-tabular. Granos fracturados. Con escasas inclusiones de esfena y epidoto. Asociada a todos los minerales presentes y su distribución es homogénea en la sección.

**Plagioclasa:**

Anhedral de bordes irregulares, con hábito masivo granular. Pocos granos con maclado tipo Albita muy difusa. Con escasas inclusiones de epidoto esfena y anfíbol. Presenta fracturas y microfracturas en su superficie. Asociada a todos los minerales presentes y su distribución es homogénea en la sección.



**Fig. 102. Fotomicrografías de la sección RCCh-802-r 52 (N: // y X). Esquisto anfibólico epidótico plagioclásico. Barroisita, epidoto y plagioclasa semi-orientados.**

**Grupo del Epidoto: epidoto**

De color amarillento algo sucia y sin pleocroismo, de forma anhedral y bordes irregulares, con hábito granular y columnar. Algunos granos se encuentran fracturados. Asociado a todos los minerales presentes y su distribución es homogénea en la sección.

**Esfena:**

Accesorio común. De color pardo oscuro y algunos amarillentos, sin pleocroismo, anhedral de bordes redondeados, se presenta en agregados granulares. Asociada a las micas y epidoto. Escasa.

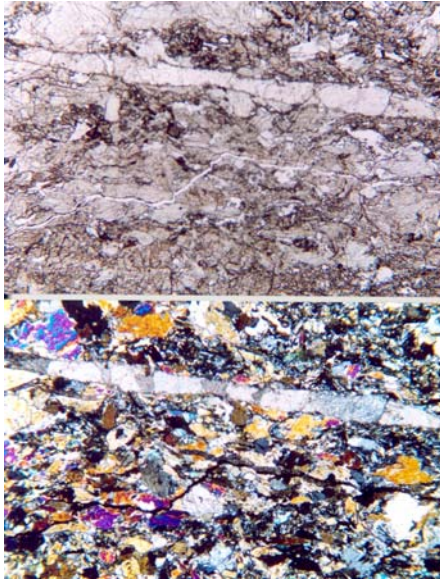
**Esquisto anfibólico epidótico cuarzoso. (r: 15 y 35).**

Macroscópicamente se observa una muestra de roca fresca, heterogénea, con bandas, de color verde pistacho y zonas de color oliva, con parches blancos con chispas de color verde oscuro. Con minerales orientados y tamaño de grano medio a grueso.

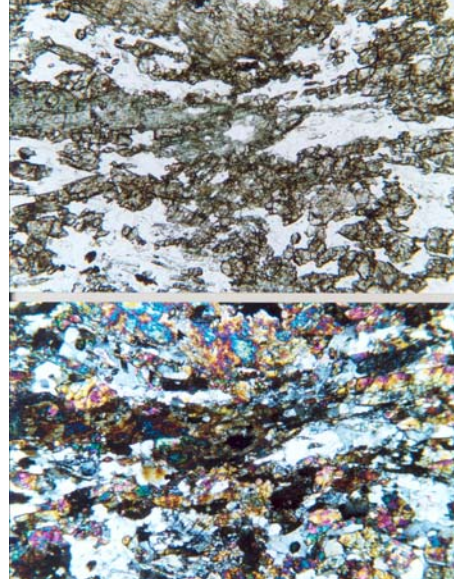
Al microscopio se observa una muestra homogénea de epidoto, bastante limpia, de minerales orientados y bandas de cuarzo policristalino (figs. 103 y 104).

**Grupo del Epidoto: epidoto**

De color amarillento y sin pleocroismo, un poco sucio, de anhedral a subhedral, de bordes rectos e irregulares, presenta hábito granular, tabular y columnar. Muchos cristales están totalmente fracturados. Los cristales están orientados. En (r: 15) apenas se conservan escaso granos porfidoblásticos ya que el 85% de la muestra está formado por microcristales en una masa casi no diferenciada. Asociado a todos los minerales presentes y su distribución es homogénea en la sección.



**Fig. 103. Fotomicrografías de la sección RCCh-802-r 15 (N: // y X). Esquisto anfibólico epidótico cuarzoso. Veta de calcita.**



**Fig. 104. Fotomicrografías de la sección RCCh-802-r 35 (N: // y X). Esquisto anfibólico epidótico cuarzoso.**

**Cuarzo:**

Anhedral de bordes irregulares, se presenta en parches y bandas finas de cuarzo policristalino que corren paralelas a la foliación. Asociado a todos los minerales presentes y su distribución es irregular.

**Plagioclasa:**

Se presenta en (r: 35). Anhedral a subhedral, de bordes irregulares, con hábito tabular y masivo-granular. Algunos granos con textura poiquiloblástica con inclusiones de epidoto, esfena y apatito. Presenta maclado tipo Albita y Carlsbad difusas y discontinuas donde no se puede determinar el % de An. Asociada a todos los minerales presentes y su distribución es irregular en la sección.

**Actinolita:**

De color verde claro y con pleocroismo moderado, que va del amarillento al verde, anhedral, de bordes irregulares, con hábito tabular hojoso. Muchos cristales fracturados. Asociada a todos los minerales presentes y su distribución es irregular en la sección.

**Mica blanca: muscovita**

Incolora, anhedral de bordes rectos e irregulares, con hábito tabular- laminar. Presenta textura lepidoblástica y ligeramente curvada. Asociada a todos los minerales presentes y su distribución es irregular en la sección.

**Esfena:**

Accesorio común. De color pardo oscuro, sin pleocroismo, anhedral de bordes redondeados, se presenta en agregados granulares y esqueletales. Asociada a las micas y epidoto. Escasa.

**Apatito:**

Incoloro, de alto relieve, anhedral de bordes irregulares, con hábito granular, algunos fracturados. Escaso.

**Calcita:**

Solo se presenta en (r: 15). Se encuentra algo oscurecida, anhedral de bordes irregulares. Se presenta en vetas. Escasa.

**Esquisto plagioclásico micáceo epidótico granatífero. (r: 43)**

Macroscópicamente se observa una muestra de roca fresca, homogénea, de color gris, con tamaño de grano medio, de ligera orientación, ligeramente micácea.

Al microscopio se observa una muestra de mica muscovita orientada, presentando textura lepidoblástica, la biotita en forma desordenada, homogénea, abundante plagioclasa, ligeramente poiquiloblástica y sin maclas (fig. 105).

**Plagioclasa:**

Anhedral de bordes irregulares, con hábito masivo-granular. Poiquiloblástica con inclusiones de epidoto y esfena. Con algunas fracturas y microfracturas en su superficie. Los escasos granos que presentan maclado son del tipo Albita y se presenta discontinua. Asociada a todos los minerales presentes y su distribución es irregular en la sección.

**Biotita:**

De color pardo con fuerte pleocroismo, que va del crema al pardo oscuro, de forma anhedral, de bordes irregulares y corroídos, con hábito hojoso. Presenta algunas inclusiones de epidoto y esfena. Altera a clorita. Asociada a la muscovita y su distribución es irregular en la sección.

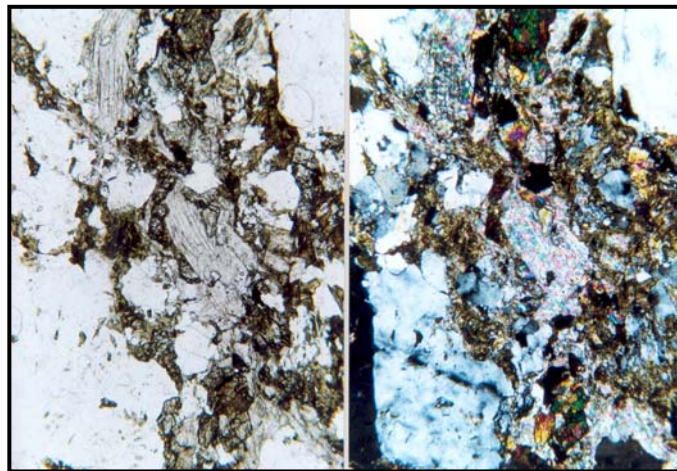


**Mica blanca: muscovita**

Ligeramente oscurecida al girar la platina, de subhedral a anhedral, de bordes lisos e irregulares, con hábito hojoso y escamoso. Presenta textura lepidoblástica y poiquiloblástica con inclusiones de epidoto y esfena. Algunas hojas presentan intercalaciones de biotita. Asociada a todos los minerales presentes y su distribución es irregular en la sección.

**Grupo del Epidoto: epidoto**

De color amarillento algo sucia y sin pleocroismo, de forma anhedral y bordes irregulares, con hábito granular. Algunos granos se encuentran fracturados. Asociado a todos los minerales presentes y su distribución es irregular en la sección.



**Fig. 105. Fotomicrografías de la sección RCCh-802-r 43 (N: // y X). Esquisto plagioclásico micáceo epidótico granatífero. Porfidoblastos de plagioclasa con maclado tipo albita, micas y epidoto, semi orientados.**

**Cuarzo:**

Anhedral de bordes irregulares, se presenta en parches de cuarzo policristalino y microgranular. Asociado a todos los minerales presentes y su distribución es irregular en la sección.



**Granate:**

De color rosado claro y sin pleocroismo, anhedral de bordes irregulares, hábito granular. Los granos fracturados presentan las fracturas rellenas de clorita y algunas inclusiones de epidoto. Escaso.

**Esfena:**

Accesorio común. De color pardo oscuro, sin pleocroismo, anhedral y subhedral de bordes redondeados, se presenta en agregados granulares y esqueletales y granos rómbicos. Asociada a las micas y epidoto. Escasa.

**Apatito:**

Incoloro, de alto relieve, anhedral de bordes irregulares, con hábito granular, algunos fracturados. Escaso.

**Clorita:**

De color verde y con pleocroismo moderado que va del crema al verde, anhedral de bordes irregulares y corroídos, con hábito escamoso. Asociada a la biotita y su distribución es irregular en la sección.

***Meta-psamitas:*****Meta-conglomerado epiclástico. (r: 44)**

Macrocópicamente se observa una muestra de roca fresca, homogénea, masiva, de color negro, grafitosa, con fragmentos de granos de color blanco poco distinguibles, sin orientación. Tamaño de grano fino y grueso.

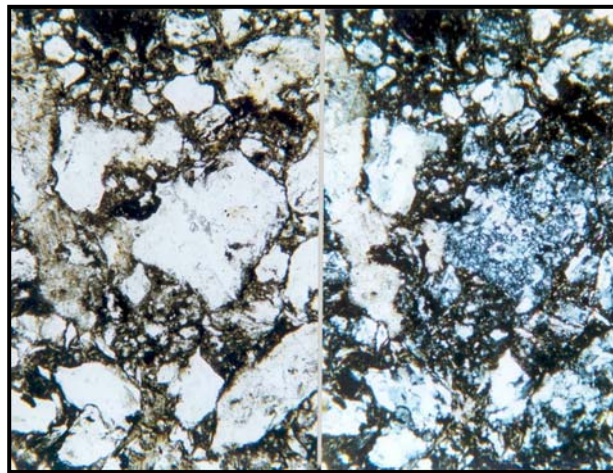
Al microscopio se observa una muestra homogénea de grano grueso, sin orientación, oxidada, con matriz de grafito y porfidoblastos de cuarzo como fragmento de roca (meta chert) (fig. 106).

**Grafito:**

De color negro mate, anhedral de bordes irregulares, se presenta en fibras gruesas y delgadas, algunas masas amorfas, bordea los granos. Asociado a todos los minerales presentes y su distribución es homogénea en la sección.

**Fragmento de roca: cuarzo (meta-chert)**

Anhedral de bordes irregulares, con hábito granular y sub-redondeado. Se presenta como fragmentos de roca (meta chert), donde pareciera un grano de cuarzo con textura granoblástica microgranular, los granos no presentan ninguna orientación. Asociado a todos los minerales presentes y su distribución es homogénea en la sección.



**Fig. 106. Fotomicrografías de la sección RCCh-802-r 44 (N: // y X). Fragmentos de roca (meta chert) y plagioclasa, en matriz grafitosa muy fina.**

**Calcita:**

Incolora. Algunos granos se oscurecen al girar la platina, maclada, anhedral de bordes irregulares, se presenta en agregados granulares finos y gruesos y en vetas. Asociada a todos los minerales presentes y su distribución es irregular en la sección.

**Mica blanca: muscovita**

Con un ligero pleocroismo verdoso, anhedral de bordes lisos e irregulares, con hábito hojoso-escamoso y finas como fibras. Algo distorsionada. Asociada a todos los minerales presentes y su distribución es irregular en la sección.

**Opacos:**

La pirita se observa a la luz reflejada de color amarillo latón, de forma subhedral a anhedral, de bordes lisos y corroídos según la forma, con hábito poligonal y granular. Asociada a todos los minerales presentes y su distribución es irregular en la sección.

**Plagioclasa:**

Anhedral de bordes irregulares, con hábito masivo-granular. Mal maclada tipo Albita. Escasa.

**Mármoles:****Mármol tremolítico. (r: 2 y 42)**

Macroscópicamente se observa una muestra de roca fresca de color verde, homogénea, con cristales aciculares de color verde oscuro y con vetillas y parches blancos de carbonato. Presenta tamaño de grano medio, homogénea.

Al microscopio se observa una muestra limpia y homogénea de calcita y tremolita, con textura granoblástica y porfidoblástica (v, Cap. 6, p. 84 y 85) , con tamaño de grano medio, en (r: 42) el tamaño de grano es grueso y en algunos granos la calcita y el anfíbol se interdigitan (figs. 107 y 108).

**Tremolita:**

De color verde claro casi incolora, de subhedral a anhedral, de bordes lisos e irregulares, con hábito tabular hojoso y poligonal. En (r: 42) se presenta de grano grueso y se interdigita con la calcita. Algunos granos fracturados. Asociada a todos los minerales presentes y su distribución es homogénea en la sección.

**Calcita:**

Incolora. Algunos granos se oscurecen al girar la platina, maclada, anhedral de bordes irregulares, se presenta en agregados granulares finos y gruesos y masiva. Asociada a todos los minerales presentes y su distribución es homogénea en la sección.

**Mica blanca: muscovita**

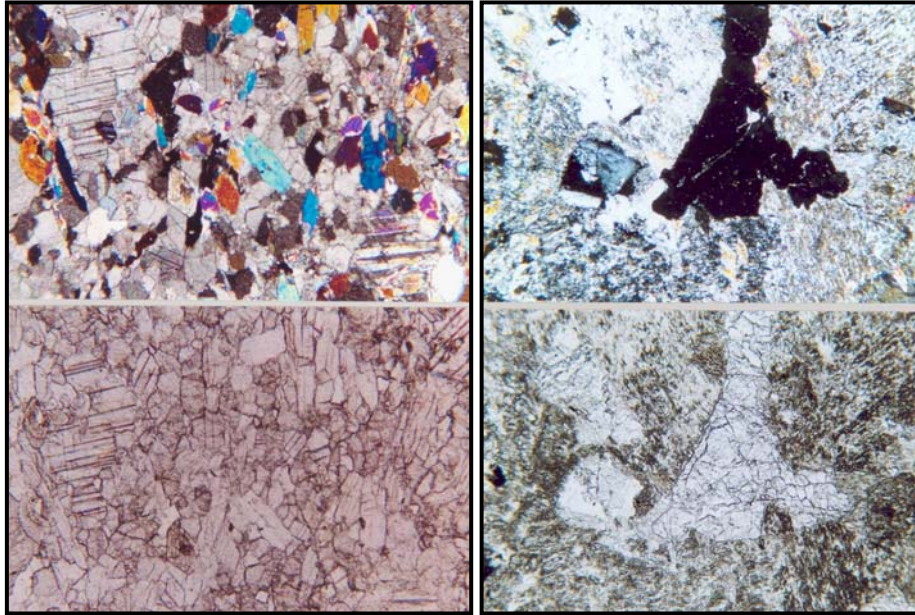
Se presenta solo en la muestra (r: 2). Incolora, subhedral, de bordes irregulares y rectos, con hábito tabular-laminar. Asociada a todos los minerales presentes y su distribución es irregular en la sección.

**Esfena:**

Accesorio común. De color pardo oscuro, sin pleocroismo, anhedral de bordes redondeados, se presenta en agregados granulares y esqueléticos. Escasa.

**Apatito:**

Incoloro, de alto relieve, anhedral de bordes irregulares, con hábito granular amorfo, algunos fracturados. En la muestra r(42) se observa un porfidoblasto de este mineral (v, Cap. 6, p. 85) (fig. 108). Escaso.



**Figs. 107 y 108. Fotomicrografías de las secciones RCCh-802-r 2 (der) y RCCh-802-r 42 (N: X y //) (izq). Mármol tremolítico. Granos de calcita y tremolita con textura granoblástica r: 2 y r: 42 presenta un porfidoblasto de apatito.**

*Meta-ígneas graníticas:*

**Meta-trondhjemita. (r: 9, 56)**

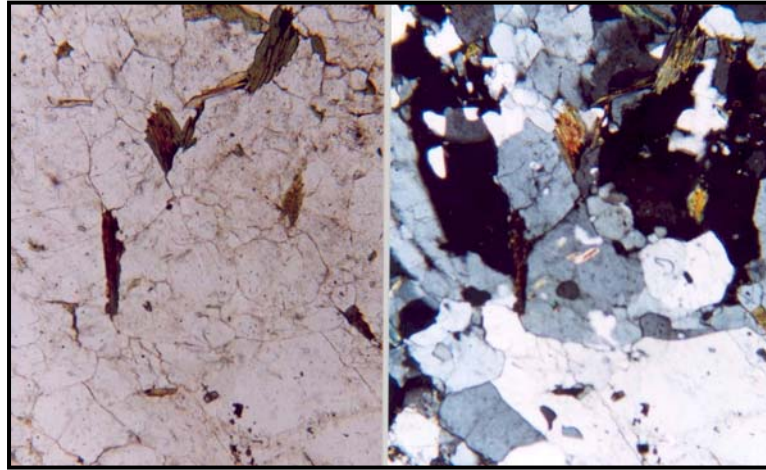
Caracterizada por las muestras r: 9, 56, donde r: 56 no tiene biotita.

Macroscópicamente se observa una muestra de roca fresca de color blanco grisáceo, con tamaño de grano fino, homogénea y sin orientación de minerales.

Al microscopio se observa una muestra homogénea de minerales incoloros (cuarzo, plagioclasa, etc) y algo de leucoceno y epidoto, sin orientación (figs. 109 y 110).

**Plagioclasa:**

Anhedral de bordes irregulares, con hábito masivo-granular. Se encuentra fracturada. Poiquiloblástica con inclusiones de epidoto, biotita y clorita. Maclado tipo Albita y Carlsbad. Asociada a todos los minerales presentes y su distribución es irregular en la sección.



**Fig. 109. Fotomicrografías de la sección RCCh-802-r 9 (N: // y X). Meta-trondhjemita. Granos de cuarzo y plagioclasa no maclada.**

#### Cuarzo:

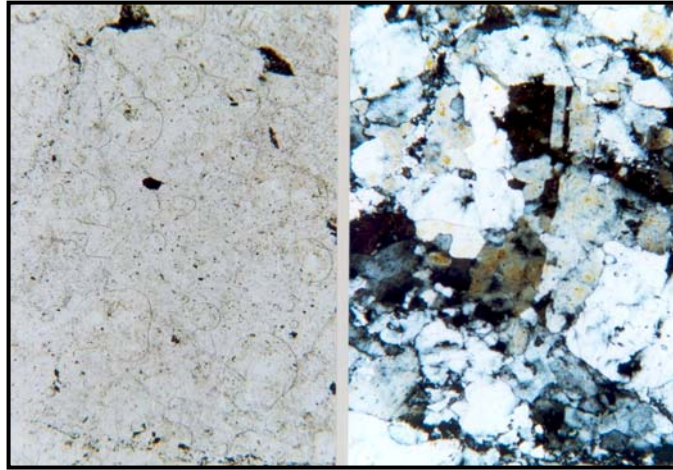
Anhedral de bordes irregulares, se presenta en bandas y parches de cuarzo policristalino. En (r: 56) también se presenta microgranular. Asociado a todos los minerales presentes y su distribución es irregular en la sección.

#### Grupo del Epidoto: epidoto y allanita.

De color amarillento sin pleocroismo, de forma anhedral a subhedral, de bordes irregulares, con hábito granular y prismático. Algunos granos con núcleo rojizo (allanita). Asociado a todos los minerales presentes y su distribución es irregular en la sección.

#### Biotita:

Ausente en r: 56. De color pardo con fuerte pleocroismo, que va del crema al pardo oscuro, anhedral a subhedral, de bordes lisos y corroídos, con hábito escamoso y hojoso. Altera a clorita. Asociada a todos los minerales presentes y su distribución es irregular en la sección.



**Fig. 110. Fotomicrografías de la sección RCCh-802-r56 (N: // y X). Meta-trondhjemita Granos de plagioclasa no maclada y macla tipo albita y cuarzo.**

#### Clorita:

Ausente en r: 56. De color verde manzana con pleocroismo débil, anhedral de bordes irregulares y corroídos, con hábito escamoso. Algunas hojas presentan restos de biotita. Asociada a todos los minerales presentes y su distribución es irregular.

#### Microclino:

Anhedral de bordes irregulares, con hábito granular, con maclado en rejilla difuso. Asociado a todos los minerales presentes y su distribución es irregular en la sección.

#### Opacos:

La pirita se presenta a la luz reflejada de color amarillo latón y presenta zonas de color rojo sangre donde altera a hematita, anhedral de bordes irregulares y corroídos, con hábito granular. Escasa.

El leucoxeno es de color gris mate, se presenta a la luz reflejada de color blanco, anhedral de bordes irregulares, se presenta en fibras y masas amorfas. Asociado a todos los minerales presentes. Escaso.



*Meta-ígneas máficas:*

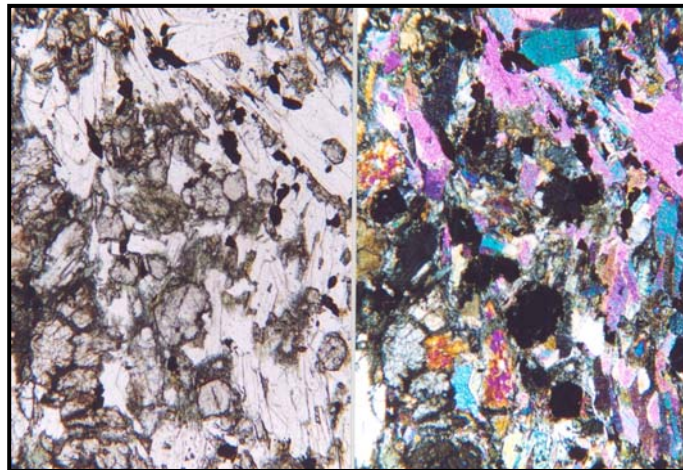
**Eclogita anfibolítica paragonitizada. (r: 12)**

Macroscópicamente se observa una muestra de roca medianamente meteorizada de color verde turquesa, con vetas blancas, micácea, con tamaño de grano fino, donde los granos no son observables a simple vista, heterogénea, sin ninguna orientación de minerales.

Al microscopio se observa una muestra homogénea presentando dos contactos. Uno con actinolita y escasa onfacita y cianita, algo sucia. El otro con abundante paragonita, granate y esfena, muy limpia esta parte de la sección. No se observa ninguna orientación, la mayoría de los granos rodeados por una fina capa de leucoxeno (fig. 111).

Actinolita:

Casi incoloro con un ligero pleocroismo verdoso, anhedral de bordes irregulares, con hábito tabular, hojoso y granular. Escasas inclusiones de esfena. La mayoría de los granos son amorfos. Asociada a todos los minerales presentes y su distribución es homogénea en la sección.



**Fig. 111. Fotomicrografías de la sección RCCh-802-r 12 (N: // y X). Eclogita anfibolítica paragonitizada. Contacto entre actinolita y escasa onfacita y paragonita. Granate.**



**Onfacita:**

Casi incolora con un ligero pleocroismo verdoso, anhedral de bordes irregulares, con hábito granular. La mayoría de los granos son amorfos y esqueléticos. Se diferencia de la actinolita por su ángulo de extinción de casi  $45^{\circ}$ . Asociada a todos los minerales presentes y su distribución es irregular en la sección.

**Cianita:**

Casi incolora con un ligero pleocroismo verdoso, anhedral de bordes irregulares, con hábito granular. La mayoría de los granos son amorfos y esqueléticos. Se diferencia de la actinolita y la onfacita, por su color de interferencia amarillo de primer orden, aunque este mineral alcanza hasta el rojo de primer orden. Asociada a todos los minerales presentes. Escasa.

**Granate:**

De color rosado claro sin pleocroismo, de subhedral a anhedral, de bordes irregulares, con hábito poligonal y granular. Escasos granos fracturados donde dichas fracturas están rellenas de clorita. Asociado a todos los minerales presentes y su distribución es irregular en la sección.

**Mica blanca: paragonita**

Incolora, subhedral, de bordes rectos y corroídos, con hábito tabular-hojoso. Poiquiloblástica con inclusiones de granate, esfena y epidoto. Asociada a todos los minerales presentes y su distribución es irregular en la sección.

**Grupo Epidoto: epidoto**

De color amarillento sin pleocroismo, de forma anhedral y bordes irregulares, con hábito granular. Algunos granos se encuentran fracturados. Asociado a todos los minerales presentes y su distribución es irregular en la sección.

**Cuarzo:**

Anhedral de bordes irregulares, se presenta en parches de cuarzo policristalino. Asociado a todos los minerales presentes y su distribución es irregular en la sección.

**Esfena:**

Accesorio común. De color pardo amarillento, sin pleocroismo, anhedral de bordes redondeados, se presenta en agregados granulares y esqueletales. Asociada principalmente a la paragonita. Escasa.

**Apatito:**

Incoloro, de alto relieve, anhedral de bordes irregulares, con hábito granular, algunos fracturados. Escaso.

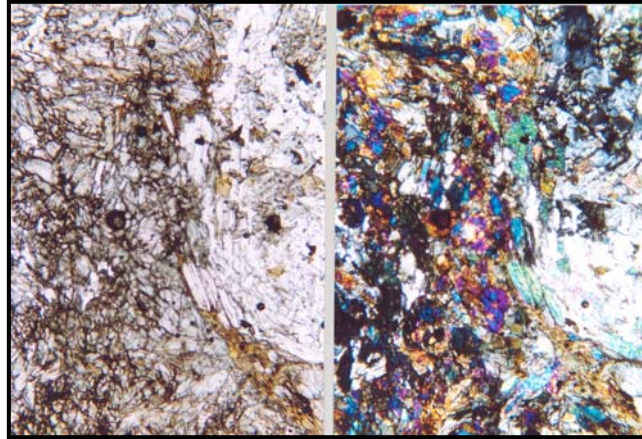
**Anfibolita micácea plagioclásica. (r: 24)**

Macroscópicamente se observa una muestra de roca moderadamente meteorizada de color verde oliva, micácea, granatífera, homogénea, con tamaño de grano fino y sin orientación de minerales.

Al microscopio se observa una muestra homogénea, de minerales no orientados, con abundante anfíbol de granos algo sucios y fracturados y plagioclasa no maclada poiquiloblástica (fig. 112).

**Barroisita:**

De color verde azul (X) con pleocroismo moderado que va del crema (Y) al verde (Z), de anhedral a subhedral, de bordes irregulares, con hábito tabular-hojoso y granular. Con escasas inclusiones de esfena. Muchos granos fracturados. Asociado a todos los minerales presentes y su distribución es homogénea en la sección.



**Fig. 112. Fotomicrografías de la sección RCCh-802-r 24 (N: // y X). Anfibolita micácea plagioclásica. Barroisita semi orientada en contacto con mica blanca laminar bandeada.**

#### Mica blanca: muscovita

Incolora, algunas oscurecidas al girar la platina, de subhedral a anhedral, de bordes rectos y corroídos, con hábito tabular laminar. Presenta escasas inclusiones de esfena y anfíbol y se intercala con biotita en otras. Asociada al anfíbol y su distribución es irregular en la sección.

#### Biotita:

De color pardo con fuerte pleocroísmo, que va del crema al pardo oscuro, anhedral a subhedral, de bordes lisos y corroídos, con hábito escamoso y laminar. Altera a clorita. Asociada a la muscovita y su distribución es irregular en la sección.

#### Grupo del Epidoto: epidoto

De color amarillento sin pleocroísmo, de forma anhedral a subhedral, de bordes irregulares, con hábito granular, prismático y columnar delgados. Asociado a todos los minerales presentes y su distribución es irregular en la sección.

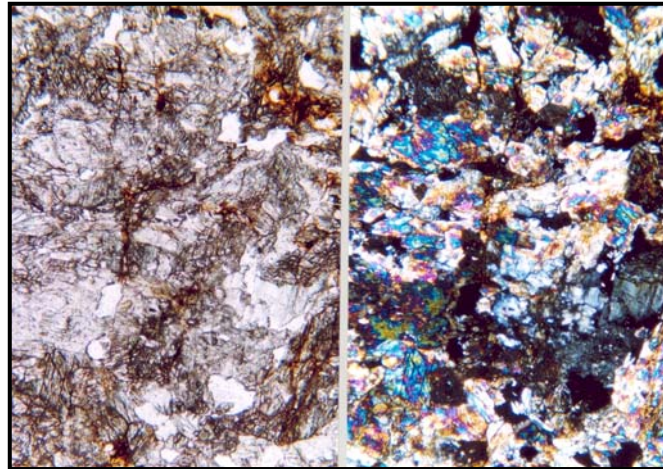
#### Plagioclasa:

Anhedral de bordes irregulares, con hábito masivo-granular. Se encuentra fracturada. Poiquiloblástica con inclusiones de muscovita, anfíbol y epidoto. No maclada. Asociada a todos los minerales presentes y su distribución es irregular en la sección.

### **Anfibolitita epidótica. (r: 33)**

Macroscópicamente se observa una muestra de roca moderadamente meteorizada de color verde oliva, masiva homogénea, con tamaño de grano fino donde no se observan minerales a simple vista y sin orientación.

Al microscopio se observa una muestra homogénea algo sucia y oxidada, cuyo mineral principal es el anfíbol actinolita. Desordenada con granos fracturados. Escasos minerales accesorios como epidoto, esfena y apatito (fig. 113).



**Fig. 113. Fotomicrografías de la sección RCCh-802-r 33 (N: // y X). Anfibolitita epidótica. Cristales de actinolita sin orientación junto a epidoto y esfena.**

#### Actinolita:

De color verde con pleocroismo moderado, que va del crema al verde grama, de anhedral a subhedral, de bordes irregulares, con hábito tabular-hojoso, algunos poligonales. Los cristales se encuentran fracturados. Asociada a todos los minerales presentes y su distribución es homogénea en la sección.

**Esfena:**

Accesorio común. De color pardo oscuro, sin pleocroismo, anhedral de bordes redondeados, se presenta en agregados granulares. Asociada al anfíbol. Escasa.

**Apatito:**

Incoloro, de alto relieve, anhedral de bordes redondeados, con hábito granular. Escaso.

**Grupo del Epidoto: epidoto**

De color amarillento sin pleocroismo, anhedral, de bordes irregulares, con hábito granular. Asociado a todos los minerales presentes y su distribución es irregular en la sección.

**Anfibolita plagioclásica calcítica cuarzosa. (r: 19)**

Macroscópicamente se observa una muestra de roca fresca, masiva, de color verde oliva, con tamaño de grano fino donde no se pueden identificar a simple vista, homogénea y sin orientación de minerales.

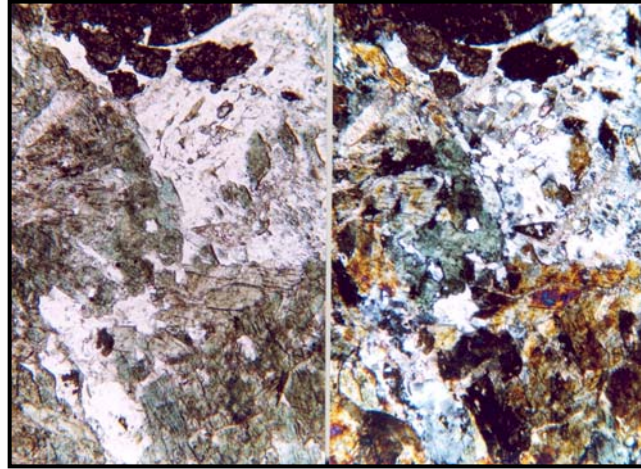
Al microscopio se observa una muestra homogénea y limpia de minerales no orientados, con abundante anfíbol y escasa plagioclasa. Presencia de calcita y escaso cuarzo con porfidoblastos de esfena y apatito (fig. 114).

**Barroisita:**

De color verde azul con pleocroismo moderado que va del crema al verde, de anhedral a subhedral, de bordes irregulares, con hábito tabular-hojoso y granular. Con escasas inclusiones de esfena. Muchos granos fracturados. Asociado a todos los minerales presentes y su distribución es homogénea en la sección.

**Plagioclasa:**

Anhedral de bordes irregulares, con hábito masivo-granular. Se encuentra fracturada. Poiquiloblástica con inclusiones de anfíbol y calcita. Maclado tipo Albita difuso y discontinuo, donde no se pudo determinar el % de An. Asociada a todos los minerales presentes y su distribución es irregular en la sección.



**Fig. 114. Fotomicrografías de la sección RCCh-802-r 19 (N: // y X). Anfibolita plagioclásica calcítica cuarzosa Parte de un porfidoblasto de esfena (sup). Barroisita y plagioclasa poiquiloblástica en el resto de la sección.**

**Cuarzo:**

Anhedral de bordes irregulares, se presenta en parches de cuarzo policristalino. Asociado a todos los minerales presentes y su distribución es irregular en la sección.

**Esfena:**

Accesorio común. De color pardo amarillento, sin pleocroismo, anhedral y subhedral de bordes redondeados y rectos, se presenta en agregados granulares y rómbica. Presencia de porfidoblastos de este mineral (v, Cap. 6, p. 85) (fig. 114). Asociada principalmente al anfíbol. Escasa.

**Apatito:**

Incoloro, de alto relieve, anhedral de bordes redondeados, con hábito granular. Presencia de porfidoblastos de este mineral fracturados. Escaso.

**Opacos:**

La pirita se presenta a la luz reflejada de color amarillo latón, anhedral de bordes irregulares y corroídos, con hábito granular. Asociado a todos los minerales presentes. Escaso.

**Calcita:**

Incolora. Algunos granos se oscurecen al girar la platina, maclada, anhedral de bordes irregulares, se presenta en agregados granulares finos y gruesos y masiva. Asociada a la plagioclasa y su distribución es homogénea en la sección.

*Meta-igneas ultramáficas:***Serpentinita. (r: 26, 36)**

Macroscópicamente se observa una muestra de roca poco meteorizada de color verde oscuro casi negro, con tamaño de grano fino donde no se observan los minerales a simple vista, masiva y homogénea, sin orientación de minerales. Posee un brillo craso.

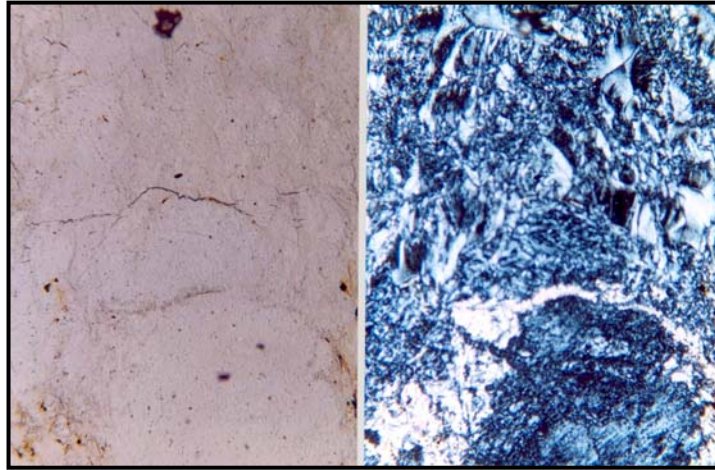
Al microscopio se observa una muestra con un ligero tinte verdoso, homogénea con presencia de opacos y algunas fracturas. Casi el total de la muestra es pura serpentinita (fig. 115).

**Serpentina:**

Casi incolora con un ligero tinte verdoso, sin pleocroismo, se presenta en forma masiva. Presenta chispas de talco y alguna pirita.

**Talco:**

Incoloro, un poco oscurecido, anhedral de bordes irregulares, aparece en agregados fibrosos bastos y finos. Asociado a la serpentinita y su distribución es irregular en la sección.



**Fig. 115. Fotomicrografías de la sección RCCh-802-r 26 (N: // y X). Serpentina. Escasas hojitas de talco.**

Opacos:

La piritita se presenta a la luz reflejada de color amarillo latón, anhedral de bordes irregulares y corroídos, con hábito granular. Asociado a la serpentina. Escaso.



**CUENCA: QUEBRADA TACAMAHACA.****Petrografía***Gneises:***Augengneis y gneis cuarzo-micáceo-plagioclásico-epidótico (r:16,18,19,43).  
(Con biotita)**

Macroscópicamente se observan muestras de rocas en general poco metamorfizadas (la muestra r: 19 presenta moderada meteorización), homogénea (algo heterogénea la muestra r: 43), compacta y masiva. Fanerítica de grano fino a grueso, de color gris claro levemente verdoso y con porfidoblastos más claros blanco grisáceos, muestra finos y distorsionados semi bandeados minerales de color gris oscuro a negro y meteoriza a un gris claro verdoso con manchones más claros blancos grisáceos. Claramente se observa la textura augen y leve oxidación superficial junto a un brillo micáceo.

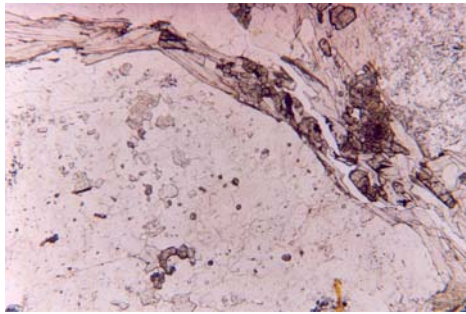
Al microscopio se observa un grupo de secciones de clara textura gnéisica, con notable orientación de los minerales micáceos, con mineral mayoritario de cuarzo y porfidoclastos de plagioclasa y microclino. Algunas secciones muestran textura pertítica en parches, junto a los porfidoclastos se presentan finas bandas micáceas orientadas, bordeando los mismos y con cierto paralelismo. Las secciones son bastante limpias. Todas las plagioclasas se observan con gran cantidad de inclusiones sin orientación. El cuarzo se observa mono y policristalinos (figs. 116 y 117).

Cuarzo:

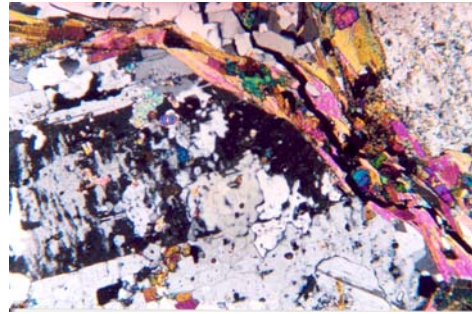
Anhedral, limpio, borde irregular suave a semi liso y habito granudo semi masivo. Algunos granos presentan microfracturas y bordes fracturados (pocos). La asociación es general al resto de minerales, en agregados granulares (formando como semi ovalados de leve orientación) bordeados por minerales laminares micáceos y con distribución homogénea sobre las secciones.

**Plagioclasa:**

Mineral anhedral, de bordes irregulares suaves a corroídos (pocos) y hábito semi laminar y granudo redondeado. Se observan porfidoblastos con inclusiones de microcristales micáceos y de epidoto, cuarzo y microlitos, sin orientaciones, también se observan con micro vetillas, como trenes, de cuarzo microgranular. Algunos granos presentan microfracturas. Con asociación general al resto de minerales y distribución homogénea e inequigranular en las secciones.



**Fig. 116. Fotomicrografías de la sección RT-602-r 18 (N: //) Augengneis cuarzo-micáceo-plagioclásico-epidótico**



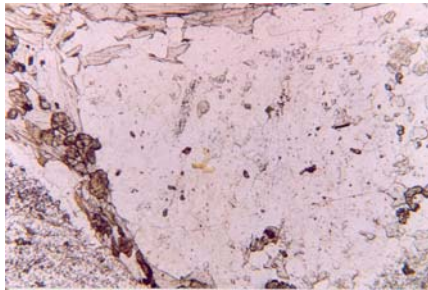
**Parte de porfidoclasto de feldespato con macla tipo Carlsbad e intercrecimientos perfiticos en parches RT-602-r 18 (N: X)**

Mica blanca: moscovita, fengita y sericita.

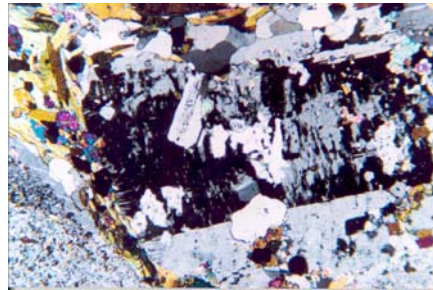
Se encontró una variedad de micas bancas de moscovita, fengita y sericita. La fengita sólo esta presente en la sección r: 16 y la sericita en r: 19, estas dos últimas en menores proporciones. Incolora, con leve tonalidad verde claro pálido las de mayor tamaño, con pleocroismo débil que pasa de color crema claro a beige pálido casi incoloro, anhedral (listoneadas), con bordes lisos en mayoría a irregulares y corroídos sobre sus lados más cortos y habito semi laminar hojoso. Se observan algunos granos con leve oxidación, en finos envoltorios sobre los bordes. Asociada a la biotita, formando finas bandas con orientación preferencial, con textura lepidoblástica, seguidas y semiparalelas y con distribución inhomogénea bordeando pórfidos de cuarzo y feldespato a lo largo de las secciones.

**Biotita:**

Mineral color pardo oscuro verdoso, verde oliva, con un pleocroismo fuerte que pasa el color a crema claro pálido y verde amarillento, subhédrico y anhedral (pocos), de bordes lisos y sobre los lados más cortos se observan astillosos e irregulares y habito hojoso laminar. Algunos granos se observan con bordes levemente marcados con oxido. Tienen asociación preferencial con la mica blanca, conservando la distribución en finas bandas orientadas y semiparalelas sobre las secciones, se aprecia textura lepidoblástica.



**Fig. 117. Fotomicrografías de la sección RT-602-r 18 (N: //). Augengneis cuarzo-micáceo-plagioclásico-epidótico.**



**RT-602-r 18 (N: X). Micas bordeando el porfidoblasto de feldespato, formando la textura augen. Nótese las sombras de presión de cuarzo granoblástico en la parte superior izquierda del grano.**

**Grupo del Epidoto: epidoto.**

Se observa un mineral color verde amarillento, bastante claro a incoloro, con un pleocroismo muy débil a nulo, anhedral y subhédrico (pocos), con bordes irregulares a suaves y habito granudo masivo a prismático pseudo-hexagonal (levemente distinguible). La asociación es únicamente al grupo de las micas y con distribución inhomogénea dentro de los bandeados, más no orientados entre ellos, sobre las secciones.

**Esfena:**

En r: 26 no hay presencia del mineral y en el resto de secciones esta como mineral traza, se reconoce de color pardo oscuro con algunos bordes más negruzcos, de moderado relieve, sin pleocroismo, anhedral y subhédrico (pocos), con bordes

irregulares corroídos y un hábito granudo a unos pocos rómbicos alargados de bordes fracturados. Se llegan a apreciar como inclusiones micro granulares y en agregados microgranulares (muy pocos) poco numerosos, se asocia al resto de los minerales al epidoto y micas y con distribución dispersa y regular en las secciones.

#### Microclino:

Anhedral, algo redondeados, de bordes irregulares a suaves y un hábito granudo semi hojoso. Muy pocos son los granos que muestran las direcciones de clivaje cruzado y sólo en pocas zonas sobre los mismos, en mayoría hacia los bordes, a su vez se reconocen maclas tipo Carlsbad, en mayoría distorsionadas, y textura peritítica vetas medias a finas en r: 16. Presenta inclusiones de microfragmentos micáceos y granulares, se asocia a cuarzo y plagioclasa y con una distribución regular dentro de las secciones. En la sección r: 18 (fig. 116), se dificultó el reconocimiento de este mineral, textura peritítica en parches y venas gruesas (v, Cap. 6, p. 92).

#### Apatito:

Mineral incoloro, de moderado relieve, anhedral redondeado, con bordes irregulares suaves y hábito granudo. Sólo se reconoce el mineral en las secciones r: 16 y 43 y como mineral traza, se asocia en general al resto de los minerales y con distribución muy dispersa y regular en las secciones.

### **Gneis cuarzo-epidótico-plagioclásico-muscovítico-clorítico. (r : 23,33)**

#### **(Sin biotita)**

Muestras de roca en general poco meteorizada (baja meteorización), homogénea, compacta y masiva. Fanerítica de grano muy fino a medio, de color fresco blanco muy verdoso a gris claro con suaves y finos bandeados intercalados de colores verdes claros y blanco grisáceo.

Al microscopio se observan secciones de abundante cuarzo, con variación entre granos mono y policristalinos, con textura esquistosa claramente notable,

encontrándose intercalaciones entre minerales de micas blancas y los granudos masivos como cuarzo, epidoto y feldespato. Las secciones son bastante limpias e inequigranulares. Ausencia de biotita, al parecer.

#### Cuarzo:

Anhedral, de bordes semi lisos a irregulares y habito masivo. Se observan algunas microfracturas hacia bordes de algunos granos. Se aprecia una pequeña cantidad de granos policristalinos, de bordes poco marcados, el mineral es inequigranular sobre pocas zonas, con asociación general al resto de minerales y distribución homogénea sobre las secciones.

#### Plagioclasa:

Anhedral, de bordes irregulares a corroídos y habito masivo algo listoneado. Se muestran gran número de inclusiones microcristalinas, la mayoría irreconocibles y unos cuantos laminares micáceos, hasta no permitir mostrar el maclado característico de estos granos, sólo algunos granos de la sección r: 33 logran levemente mostrar maclas tipo albita y periclino. La asociación es general al resto de minerales, inequigranulares y con distribución homogénea a lo largo de las secciones.

#### Mica blanca: moscovita y sericita.

Se observan las variedades, en dominio, de moscovita y en menor proporción la sericita, son granos bastante diminutos, microcristales, de color crema muy claro y crema de suave tono verdoso pálido a incoloro sobre la variedad de sericita, con pleocroismo muy débil aclarando a incoloro. Es anhedral, de bordes lisos a irregulares hacia los bordes más cortos, y habito hojoso laminar. En la sección r: 33 algunos granos presentan como una especie de envoltorio fino sobre los mismos, al parecer de alteración ya que pierden sus características originales, enseñando una birrefringencia amarillenta. La asociación es general al resto de los minerales y en mayoría a epidoto y con distribución homogénea guardando cierto semi paralelismo sobre planos o bandas orientadas en las secciones.

Grupo del Epidoto: epidoto, zoisita y allanita.

Se presentan granos unos más limpios sobre una de las secciones, en el resto están algo sucios, de color crema claro, amarillo verdoso pálido, sin pleocroismo, anhedrales, de bordes irregulares a corroídos unos pocos y hábito masivo granudo. No se observan alteraciones, la asociación es general y con el cuarzo y distribución homogénea sobre las secciones. La variedad de allanita está presente como mineral traza en ambas secciones y la zoisita sólo en la sección r: 23.

Allanita (ortita):

Mineral del grupo del epidoto que muestra color pardo ocre rojizo hacia el centro de los granos y con un borde más claro crema, de pleocroismo débil a moderado que pasa los granos a un pardo claro amarillento, con bordes lisos e irregulares suaves, parte de los bordes están como quebrados, y con hábito prismático pseudo-hexagonal. Alterados, con leve presencia de óxido, asociados al grupo del epidoto y distribución inhomogénea hacia la zona central de las secciones.

Clorita:

Los granos se muestran verde claro hoja, pálido, sin pleocroismo, anhedrales, de bordes irregulares suaves a corroídos y hábito hojoso escamoso. Presentan asociación general entre las micas en mayoría y con distribución homogénea y dispersa a lo largo de las secciones.

Esfena:

El mineral se reconoció sólo en la sección r: 33, de color pardo oscuro, sin pleocroismo, anhedral, de bordes irregulares corroídos y hábito granudo. Algunos de aspecto microgranulares alargados, se reconocen como inclusiones microgranulares y hacia bordes de minerales de mayor tamaño, se asocia al resto de los minerales y con distribución muy dispersa y regular en la sección.

Opaco: pirita

Opaco que se reconoce sólo en la sección r: 23, anhedral, con bordes irregulares y habito granudo. Con luz reflejada muestra muy poco brillo latón a color pardoso, se asocia al resto de minerales y con distribución muy dispersa y regular en la sección.

### **Augen-esquistos cuarzo-clorítico-muscovítico-epidótico. (r: 26)**

La muestra de mano de esta roca se aprecia bastante fresca, homogénea y esquistosa, de color fresco verde grisáceo con leve brillo micáceo meteorizando a gris claro con intercalación de cuarzo paralelas a la esquistosidad. Afanítica y con presencia de oxidación leve en superficie. Es una muestra tabular con foliación y medianos porfidoblastos menor igual a los 5mm.

Al microscopio se observa una sección bastante cuarzosa, con orientación en los minerales micro granulares y micro laminares y con presencia de porfidoblastos de cuarzo, clorita y mica verde que son bordeados de una especie de trenes de grano fino y de aspecto triturado de cuarzo (micro granular), epidoto y algunas micas, observándose cierta textura augen acompañada de una esquistosa de grano fino. Algunos porfidoblastos de biotita no comparten la suave orientación del resto de minerales (fig. 118).

Cuarzo:

Anhedral, con bordes irregulares suaves y angulares y habito granudo. Inequigranular, observándose distribuidos regularmente gruesos trenes o agregados de cuarzo micro granular, los granos de mayor tamaño presenta suaves micro fracturas y hacia los bordes que a su vez se aprecian poco marcados. Pocos muestran extinción ondulatoria, se reconocen pocas inclusiones micro laminares micáceas y de clorita, mayormente hacia los bordes de los mismos, se asocian en general al resto de minerales y de distribución regular en la sección. Se reconoce como mineral mayoritario.

**Plagioclasa:**

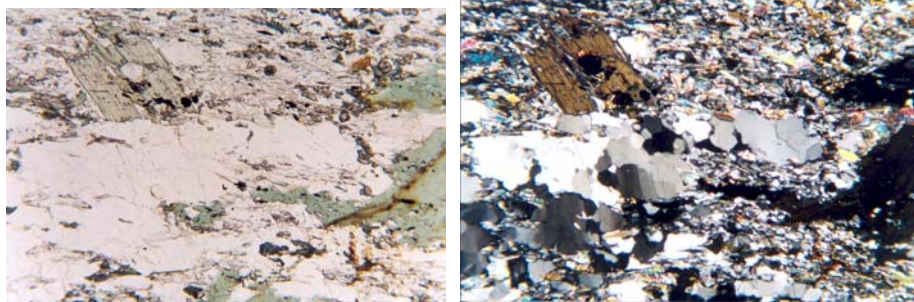
Mineral anhedral, con bordes irregulares y angulares y un hábito granudo semi hojoso. No se reconocen maclas sólo pocos granos y con inclusiones de minerales micro laminares micáceos y granulares, son bastante pequeños entre el cuarzo. La asociación es general al cuarzo y con distribución homogénea y dispersa dentro de la sección.

**Mica blanca: moscovita.**

Mica incolora, anhedral, con bordes corroídos a semi lisos y hábito laminar hojoso. Son bastante diminutas y se alcanza a apreciar alteración sobre los bordes, mostrando fino envoltorio anómalo. Se aprecian algunas como inclusiones micro laminares, se asocian en general al resto de minerales junto al cuarzo micro granular y con distribución regular en la sección.

**Biotita:**

Mica de color verde claro, de pleocroismo moderado a débil que la aclara a verde amarillento pálido, con bordes semi lisos y astillosos sobre los bordes más cortos y hábito hojoso laminar. Se encuentran de mayor tamaño que la moscovita, en los cuales se llegan a reconocer inclusiones granulares de apatito, epidoto y opaco, algunos granos bordean a los grupos cuarzo y se reconoce alto proceso de cloritización. La asociación es general al resto de minerales y con distribución regular y dispersa dentro de la sección.



**Fig. 118. Fotomicrografías de la sección RT-602-r 26 (N: // y X). Augen-esquistos cuarzo-clorítico-muscovítico-epidótico. Agregado granular de cuarzo y feldespato semi orientado con porfidoblasto de clorita que corta la foliación.**



**Clorita:**

Se presentan sólo en una de las secciones, los granos se observan de color verde muy claro, con pleocroismo débil que pasa a un verde amarillento, casi incoloro el color de los mismos, anhedrales, con borde irregulares y corroídos y habito hojoso escamoso. Se observan como producto de alteración de micas, algunas zonas muestran presencia de oxido. En la (fig. 118) se observa un porfidoblasto de este mineral cortando la foliación, lo que indica una textura índice de cristalización post-tectónica (v, Cap. 6, p. 98). La asociación es junto a las micas y con distribución regular, siguiendo a las mismas sobre los bandeados en la sección.

**Grupo del Epidoto: epidoto y zoisita.**

Mineral de color crema verdoso claro, no muy limpio, sin pleocroismo, de bordes irregulares y habito granudo, de moderado relieve. Bastante equigranulares, se reconocen algunas micro fracturas mayormente hacia los bordes y hasta bordes quebrados, se asocia al resto de los minerales entre el cuarzo micro granular y con distribución regular y dispersa dentro de la sección. Pueden reconocerse unos pocos como inclusiones micro granulares hacia los bordes de la biotita y la clorita.

**Apatito:**

Mineral de moderado relieve, anhedral subhédrico, incoloro, con bordes irregulares suaves, algo angulares y habito granudo. Se aprecian como inclusiones granulares en algunas micas verdes y hacia los bordes del cuarzo, la asociación es general con mica y cuarzo y con distribución muy dispersa y regular en la sección y como mineral traza.

**Opaco: pirita**

Es un mineral traza, opaco, anhedral redondeado, con bordes irregulares suaves y habito granudo, de moderado relieve. Con luz reflejada muestra poco y muy suave brillo latón hacia el centro del grano y bordes pardos oscuros, se asocian entre micas, como inclusiones y con distribución muy dispersa irregular en la sección.

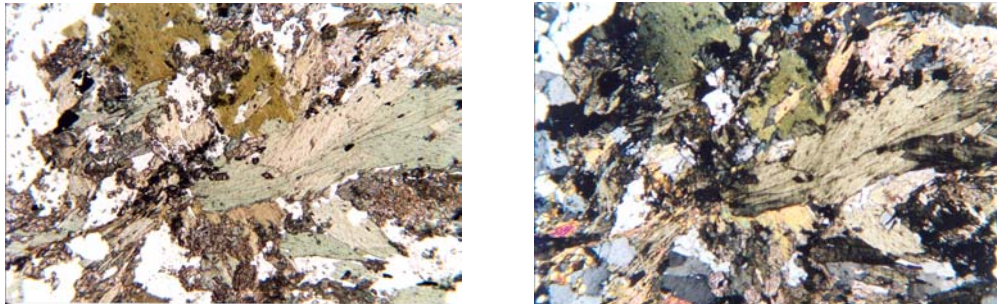
*Esquistos moteados***Esquisto anfibólico-biotítico-clorítico-epidótico. (r : 6)**

Una muestra de roca poco meteorizada, homogénea, masiva y con textura esquistosa. Su color fresco es verde oscuro con minerales micáceos laminares reconocibles levemente, por su brillo micáceo, afanítica, de grano muy fino y superficialmente se reconoce una especie de moteado de minerales más claros blanco verdoso distribuido regularmente en toda la muestra, estos porfidoblastos son de grano fino a medio.

Al microscopio se observa una sección moderadamente máfica, con dominio de mica verde, clorita y anfíbol. La textura esquistosa es muy leve, alta presencia de porfidoblastos alterados, manchados y con inclusiones de minerales laminares micáceos. Inequigranular, de bordes en su mayoría quebrados y corroídos y con alteraciones en las micas y con inclusiones de esfena y epidoto microgranulares y hasta en sus bordes (fig. 119).

Anfíbol: barroisita.

Los granos son de color verde botella, algunos con suaves tonos azul claros (verde-azul), con pleocroísmo moderado que pasa a verde amarillento crema los granos, no muy limpios, con bordes lisos a corroídos y hábito semi prismático (rómico) y hojoso. Se observa alteración a clorita sobre algunos granos con birrefringencia anómala. La asociación es general con el resto de los minerales y con distribución homogénea en toda la sección.



**Fig. 119. Fotomicrografías de la sección RT-602-r6 (N: // y X). Esquisto anfibólico-biotítico-clorítico-epidótico. Granos de clorita de aspecto plumoso junto a biotita en contacto con cuarzo.**

Grupo del Epidoto: epidoto.

Mineral de color amarillo verdoso, pardo claro, no muy limpio, anhedral, con bordes irregulares y hábito granular y de moderado relieve. Se aprecian algunas microfracturas y hacia los bordes (algunos fracturados), de asociación general con el resto de minerales y con distribución homogénea a lo largo de la sección.

Biotita:

Granos de color verde hoja, claro y oliva (pocos), con un pleocroismo moderado a fuerte que pasa el verde oscuro a un crema verdoso amarillento pálido, subhedrales, de borde semi lisos a corroídos astillosos y hábito hojoso laminar. Se reconoce cloritización sobre algunas zonas y hacia los bordes de los granos, su asociación es general al resto de minerales y la distribución es homogénea a lo largo de la sección y en algunos agregados micro laminares poco numerosos.

Clorita:

Mineral de color verde hoja claro, sin pleocroismo, anhedral, con bordes irregulares y poco marcados y un hábito hojoso a escamoso. Algunos se reconocen como producto de alteración de la biotita y en los bordes poco marcados de las mismas, se llegan a observar con aspecto plumoso. La asociación es mayoritaria dentro del grupo de biotita y con distribución homogénea y dispersa dentro de la sección.

Cuarzo:

Los granos son anhedrales, de bordes irregulares a suaves, con hábito granular. Se llegan a reconocer muy pocos granos con algunas inclusiones micro granulares y de microfragmentos de mica junto a leves microfracturas sobre partes de algunos bordes. La asociación es general al resto de los minerales y distribución homogénea. Se observan granos policristalinos y inequigranularidad.

Esfena:

Se reconoce un mineral de color pardo oscuro, sucio, in pleocroismo, subhedral, con bordes irregulares y muy pocos lisos y hábito prismático rómbico alargado hasta unos pocos granulares. La asociación es general y en agregados microgranulares formando como nidos y con distribución homogénea en toda la sección.

Opaco: pirita.

Opacos que con luz reflejada se observan con brillo metálico amarillo latón, subhedral y algunos euhédricos, de bordes lisos a corroídos gastados y hábito semi prismático tabulares. Se observan algunos granos con bordes rojizos, con presencia de oxidación, con asociación general con el resto de los minerales y distribución homogénea y dispersa en la sección.

*Esquistos no moteados:*

**Esquisto cuarzo-micáceo-epidótico-clorítico-granatífero. (r : 24, 39)**

Microscópicamente se aprecia en general una roca medianamente meteorizada, masiva, homogénea y fanerítica de grano muy fino a medio. Claramente apreciable con textura esquistosa y de color fresco verde grisáceo, con particularidad se observan minerales laminares hojosos de color verde más oscuro distribuidos regularmente en toda la roca y levemente orientados. La roca da meteorización un poco parduzca a ocre grisáceo, con un poco de óxido.

Al microscopio se observan secciones claramente de textura esquistosa, de dominio mineralógico de cuarzo y micas, donde los minerales micáceos laminares crean y marcan la orientación preferencial sobre la sección, intercalándose con agrupaciones de cuarzo y otros granos de epidoto y clorita. Se observa una notable cantidad de granates, dispersos en la sección sin orientación alguna y dispersos muy homogéneamente (fig. 120).

**Cuarzo:**

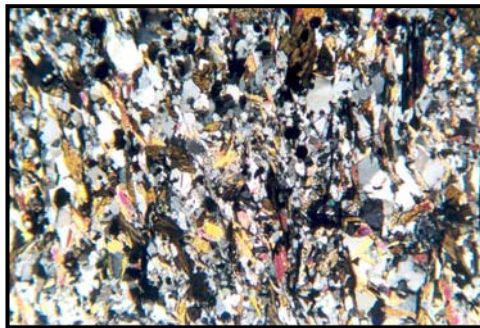
Equigranular, anhedral, algunos granos agrupados y con leve alargamiento guardando como un paralelismo, de bordes irregulares suaves a lisos y hábito granudo masivo. Se aprecian algunos granos policristalinos con inclusiones micro laminares. La asociación es general con el resto de los minerales y con distribución homogénea sobre planos de orientación preferencial dentro de las secciones.

**Mica blanca: moscovita.**

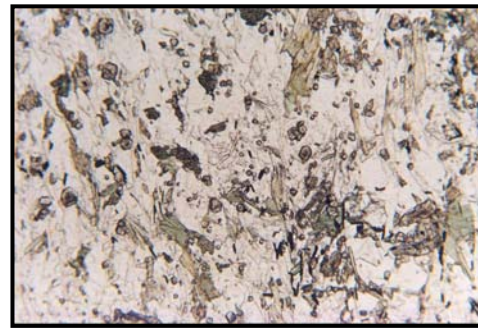
Mica incolora, de color beige claro, pardo pálido, con pleocroísmo débil que pasa los granos a crema más claro y pálido, subhedral, con bordes lisos y astillosos hacia los bordes más cortos y hábito hojoso laminar. No se observa alteración, la asociación es a la biotita y a la clorita, una de las secciones presenta el granate en su asociación y con distribución homogénea con un semi paralelismo y agrupándose entre ellos sobre planos con orientación preferencial dentro de las secciones.

**Clorita:**

Se reconocen granos color verde hoja, claro, con pleocroísmo muy débil que los pasa a tonos más claros de verde a amarillento, anhedrales, de bordes irregulares corroídos y un hábito hojoso. Se observa asociación preferencial a la biotita y con distribución homogénea y dispersa en las secciones.



RT-602-r 24 (N: X)



RT-602-r 24 (N: //)

**Fig. 120. Fotomicrografías de la sección RT-602-r 24 (N: // y X). Esquisto cuarzo-micáceo-epidótico-clorítico-granatífero.**

**Biotita:**

Mineral micáceo de color verde hoja, con pleocroismo moderado a fuerte, que aclara a verde más claro y pálido amarillento, forma subhédrica, de bordes irregulares corroídos y habito laminar hojoso. El tamaño es mayor que el de la mica blanca, se observan alteraciones de cloritización sobre algunos granos junto con una leve oxidación sobre los bordes de unos pocos granos. La asociación es general con los demás minerales, en mayoría de los verdes y demás micas, y con distribución en agregados laminares, con leve orientación semi paralelas entre ellas, algunas rodeando porfidoblastos de cuarzo y plagioclasa. Dispersos y homogéneos dentro de las secciones.

**Granate:**

Mineral de color beige claro, rosáceo pálido, sin pleocroismo, subhedral a euhedral, de bordes lisos a irregulares y habito prismático a granudo. No se observan alteraciones, de alto relieve. La asociación es general al resto de minerales y con distribución dispersa y homogénea dentro de las secciones.

**Grupo del Epidoto: epidoto y zoisita.**

Se presentan granos color verde grama, con pleocroismo débil que pasa a un verde crema claro amarillento, anhedrales y subhédricos, de bordes irregulares corroídos, angulares y habito masivo. Equigranulares, no se observan alteraciones, con asociación general y distribución regular dentro de las secciones.

**Apatito:**

Incoloro, de alto relieve, subhédrico redondeado, de bordes lisos e irregulares y habito granudo semi prismático. Algunos granos se reconocen como inclusiones microgranulares, en mayoría, con asociación general al resto de minerales en los porfidoblastos de cuarzo y plagioclasa y con distribución homogénea y dispersa en las secciones.

Opacos: pirita.

Opaco que con luz reflejada muestra brillo amarillo oscuro metálico, anhedral, de bordes semi lisos y hábito tabular a masivo. La asociación es general y con distribución dispersa y homogénea en las secciones.

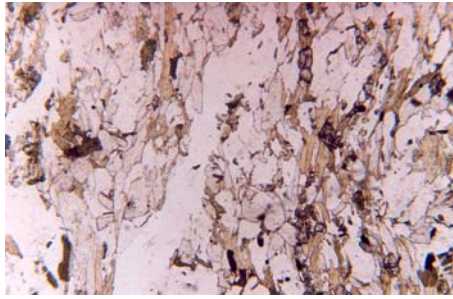
### **Esquisto micáceo-cuarzo-epidótico-clorítico. (r : 25,30)**

En general se presentan poco a medianamente meteorizada, homogénea, masiva y compacta, de aspecto tabular y mineralogía muy laminar hojosa. Fanerítica de grano fino y afaníticas en ciertas zonas, de color fresco gris verdoso y llegan a observarse finas microvetillas de cuarzo atravesando la roca sin orientación y meteorizando a gris algo claro con brillo micáceo.

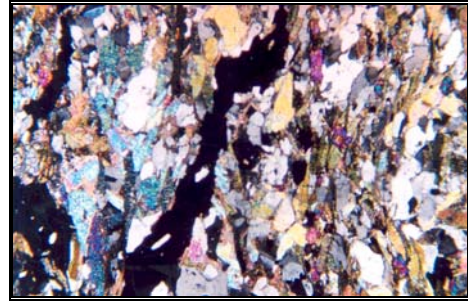
Al microscopio se observan secciones claramente con textura esquistosa, no muy limpias y con planos orientados sobre los cuales dominan los minerales micáceos laminares sobre los cuarzos. Inequigranulares, se llegan a reconocer alteración (cloritización) en la mayoría de las micas y con dominio de mica blanca y la sección r: 30 es de grano mucho más fino que r: 25, destacándose en r: 30 el cuarzo muy microgranular y zonas donde la mica blanca es de aspecto de mineral triturado al igual que el epidoto es bastante microgranular (fig. 121).

Cuarzo:

Mineral anhedral, con bordes irregulares y angulares, poco marcados y hábito granular. Equigranular, se llegan a distinguir algunas inclusiones micro cristalinas micáceas (sólo en r: 25) y suaves microfracturas hacia algunos bordes. La asociación es general al resto de minerales y con distribución homogénea en las secciones. En la sección r: 30 el cuarzo es bastante microgranular.



**Fig. 121. Fotomicrografías de la sección RT-602-r 25 (N: //) Esquisto micáceo-cuarzo-epidótico-clorítico.**



**RT-602-r 25 (N: X). Esquisto micáceo-cuarzo-epidótico-clorítico. Mica blanca y biotita orientadas lepidoblásticas en finas bandas**

Mica blanca: moscovita y sericita

Mineral de color crema claro, pálido y con leve tono verdoso, con pleocroismo débil a nulo, subhedral, con bordes lisos y astillosos hacia sus lados más cortos y habito hojoso laminar. Los granos de sericita se distinguen por su menor tamaño de grano y por ser granos mucho más limpios que las moscovitas. En la sección r: 30 se observan más alteradas las micas. La mayoría de los granos de mayor tamaño se aprecian levemente deformadas, como plegadas. La asociación es general a la biotita y epidoto, distribuyéndose regularmente formando bandas semiparalelas con orientación preferencial a lo largo de las secciones y en ciertas zonas forman como agregados micro laminares (en r: 30).

Biotita:

Se presenta de color verde oliva oscuro, pardo verdoso, con fuerte pleocroismo que va del verde oliva a un verde amarillento, crema claro pálido, subhedral, de bordes astillosos corroídos y unos pocos lisos y habito laminar hojoso. Se observa cloritización. Con asociación general en preferencia al grupo de la mica blanca, epidoto y clorita con distribución regular dentro de un bandeo sobre planos orientados a lo largo de la sección. La mayoría de las láminas hojosas se encuentran interdigitadas y dentro de los grupos de micas blancas.



Grupo del Epidoto: epidoto y zoisita.

Se reconoce un mineral de color verde pálido amarillento a beige claro, con un pleocroismo muy débil a nulo aclarando la tonalidad, anhedral y subhédrico en mayoría, de bordes semi lisos a irregulares y algunos pocos hasta corroídos y hábito prismático pseudo-hexagonal con algunos granos granulares. Se observan algunas microfracturas y hasta bordes fracturados, con microfragmentos dispersos alrededor de los mismos, con asociación preferencial a las bandas micáceas y con distribución regular a las mismas dentro de las secciones.

Clorita:

Se aprecia un mineral de color verde pardo amarillento a crema verdoso, de pleocroismo muy débil a casi irreconocible, anhedral, con bordes irregulares algo corroídos y poco marcados y un hábito hojoso. Se reconoce en mayoría hacia los bordes de las micas, de asociación a las micas y con distribución dispersa y regular dentro de las secciones.

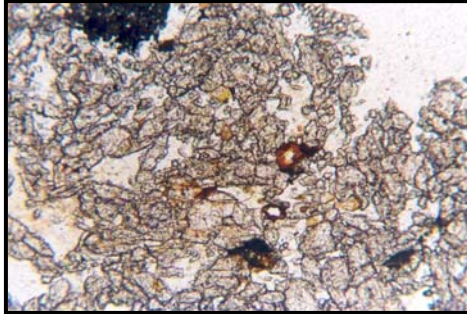
*Rocas no foliadas:*

**Epidosita. (r: 8)**

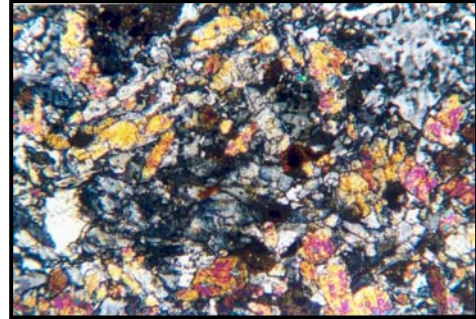
Roca poco meteorizada, compacta, masiva y homogénea, fanerítica de grano fino a grueso, de color fresco gris de leve tonalidad rosácea meteorizando a gris claro con porfidoblastos de un mineral blanco parduzco. Puede reconocerse una orientación semi paralela de minerales laminares micáceos y a su vez de los porfidoblastos tomando forma como de ojos y con textura gnéisica.

La sección que se observa en microscopio enseña un mineral mayoritario en granos de epidoto, con variación de epidoto y zoisita en menor proporción. No se observan planos orientados de ningún mineral, uniformemente de color crema claro, levemente amarillento y verdoso (hacia algunos bordes), no muy limpia, con microfracturas y granos fracturados. Equigranular, con agregados microgranulares de

esfena y con presencia de oxidación distribuida regularmente y dispersa en la sección (fig. 122).



RT-602-r 8 (N //)



RT-602-r 8 (N X)

**Fig. 122. Fotomicrografías de la sección RT-602-r 8 . Epidosita. Cristales de epidoto fracturados y oxidados.**

Grupo del Epidoto: epidoto y zoisita.

Mineral mayoritario, de color pardo claro, verdoso, sin pleocroismo, anhedral y subhédrico (pocos), de bordes irregulares y habito masivo granudo, una minoría de los granos se reconocen prismáticos pseudo-hexagonal. No se observan alteraciones, muestran textura superficial y de moderado relieve. La asociación es general con los demás minerales y con distribución homogénea dentro de la sección. Algunos se llegan a distinguir con aspecto triturado.

Plagioclasa:

Anhedral, de bordes corroídos irregulares y habito granular semi laminar. Los granos presentan alto contenido de inclusiones, ocasionando gran dificultad para la distinción de maclas sobre los granos, tienen asociación general al resto de los minerales y una distribución homogénea en la sección.

Cuarzo:

Se reconocen anhedrales, de bordes irregulares suaves y habito granular. Unos pocos granos presentan inclusiones microcristalinas (pocas), se encuentran asociados regularmente, en mayoría entre la plagioclasa y con distribución homogénea a lo largo de la sección. Se distinguió la variedad de cuarzo policristalino.

**Esfena:**

Se reconoció un mineral de color pardo, marrón oscuro, ocre negrusco, sin pleocroismo, anhedral, de bordes irregulares y hábito masivo granular. No se observan alteraciones, se dificulta la distinción ya que se agrupan muy compactamente como especie de nidos. Forman, sobre la sección, como manchones oscuros, con asociación general algo preferencial entre los epidotos, y distribución homogénea en la sección.

**Mica blanca: moscovita y paragonita**

Se muestran de color amarillo muy pálido y claro a incoloros blancos (paragonitas), con pleocroismo muy débil a nulo, anhedrales, de bordes lisos y corroídos astillosos y hábito hojosa laminar. No se observan alteraciones, la asociación es preferencial entre los cuarzos y como inclusiones y con distribución inhomogénea y bastante dispersa en la sección.

**Opaco: pirita y hematita.**

Opacos de color negro rojizo, mostrando bajo luz reflejada color rojo oscuro (vino tinto) con muy poco brillo metálico hacia el centro de los granos, resultando una variación entre pirita y hematina. Subhedrales, de bordes lisos e irregulares quebrados, algunos granos con oxidación sobre los bordes, la asociación es general al resto de los minerales y distribución dispersa, sin orientación, sobre la sección.

**Apatito:**

Incoloro, alto relieve, con cierto brillo, subhedral, de bordes lisos y en mayoría redondeado y hábito granudo a semi tabular. Presentan dificultad para su distinción y descripción, ya que están en mayoría como inclusiones y de tamaño de grano muy pequeño, muy microgranulares y una distribución muy dispersa sobre la sección. Mineral minoritario.

**Cuarcita. (r: 31)**

Una muestra de mano de una roca medianamente meteorizada, compacta de grano fino y un aspecto o textura muy superficial esquistosa laminar. En fresco muestra un color verde claro meteorizando a verde pardo con presencia de óxido hacia los bordes. La sección presenta un zona con una especie de cuña se aspecto esquistoso, con orientación semi paralela de un color más grisáceo y de composición más micácea y muy afanítica.

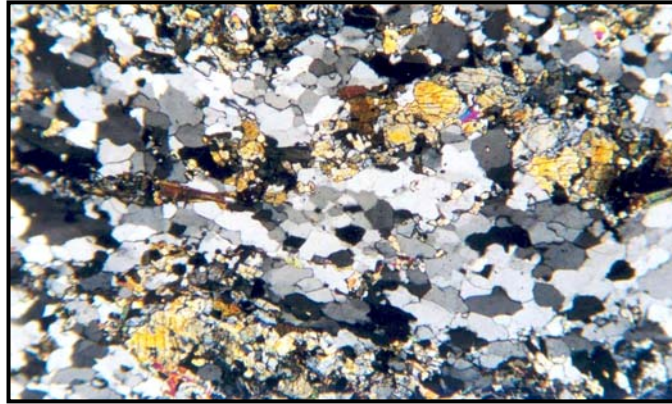
Se aprecia una sección al microscopio muy cuarzoza, granuda, sin orientación preferencial en los minerales y bastante limpia. Equigranular, con textura granoblástica (v, Cap. 6, p. 84). Presenta un contenido considerable de epidoto, algunas micas blancas y verdes y en muy poca proporción clorita, esfena y opacos. Los granos de epidoto presentan aspecto de granos muy triturados y hasta microgranulares (fig. 123).

**Cuarzo:**

Anhedral, de bordes lisos a irregulares suaves y habito granudo. Se presentan agrupados, en agregados granulares y con bordes poco marcados, con granos mono y policristalinos, dominando casi o en más de un 70 % de la sección sobre los demás minerales. Asociado generalmente al resto de los minerales y con distribución homogénea dentro de la sección.

**Grupo del Epidoto: epidoto y zoisita.**

Se reconocieron granos de epidoto y zoisita (muy pocos), de color crema, amarillo claro verdoso, anhedrales, de bordes irregulares corroídos y habito masivo granular. Muestran moderado relieve y una leve textura superficial, se aprecian grandes granos y con aspecto de estar triturados y con bordes quebrados disgregando alrededor microfragmentos granulares del mismo mineral, en general se asocia al resto de los minerales y con distribución homogénea en agrupaciones dentro de la sección.



**Fig. 123. Fotomicrografías de la sección RT-602-r 31 (N: X). Cuarzita.  
Granos de cuarzo con agregados microgranulares de epidoto y textura granoblástica.**

#### Biotita:

Mica de color pardo oscuro y verde oliva, amarillento, de pleocroismo moderado a fuerte que pasa a colores más claros, crema verdoso y amarillo pálido claro, subhedral, de bordes lisos e irregulares corroídos sobre los lados más cortos de los mismos y un habito laminar hojoso. No se observan alteraciones ni dirección de clivaje, presentan asociación general con el resto de los minerales y distribución homogénea y dispersa dentro de la sección.

#### Mica blanca: moscovita.

Se presenta de color claro, crema pálido, de pleocroismo muy débil a nulo que pasa los granos a incoloro, subhedral, de bordes lisos a irregulares suaves y habito laminar hojoso. Presenta menor tamaño de grano que la biotita, no muestran ningún tipo de alteración y están con corte basal ya que no muestra direcciones de clivaje, la asociación es general junto a la biotita sobre algunas zonas y al resto de los minerales y con distribución inhomogénea siguiendo como planos de orientación preferencial muy leve a lo largo de la sección y arregladas entre ellas con cierto paralelismo y en contactos longitudinales.

**Esfena:**

Mineral de color pardo oscuro y ocre, opaco, sin pleocroismo, subhedral, de bordes lisos a irregulares y mostrando mucho desgaste sobre algunos bordes y hábito granudo y semi prismático con muy pocos granos rómbico alargados. Los granos son bastante micro granulares, de asociación general y distribución homogénea y muy dispersa en la sección.

**Clorita:**

Los granos son color verde claro pálido, sin pleocroismo, anhedrales, con bordes irregulares corroídos y hábito hojoso como escamoso. De asociación preferencial al epidoto y con distribución homogénea a lo largo de la sección y sin orientación.

**Apatito:**

Incoloro, de alto relieve con muy leves tonalidades verde claro, de textura superficial, subhedral y redondeado, de bordes irregulares suaves y hábito semi tabular. No se presentan alterados, con asociación general al resto de minerales y distribución homogénea y muy dispersa a lo largo de la sección. Es un mineral traza.

**Opaco: pirita.**

Mineral opaco, como mineral traza, con luz reflejada muestra un leve brillo metálico amarillosos, muy pobre y con dificultad de reconocimiento por lo opaco. La asociación es general al resto de minerales y con una distribución muy dispersa y homogénea dentro de la sección.

***Rocas meta-ígneas graníticas***

**Meta-granodioritas. (r: 9, 44, 36)**

**Meta-trondhjemitas. (Con microclino) (45A, 34B, 34A)**

**Meta-tonalitas. (r: 5, 12, 35)**

Al microscopio se observan sección de alto contenido de cuarzo, limpia, de gran cantidad de inclusiones microcristalinas en los feldespatos y asociadas a estos últimos

se aprecia agrupados y regularmente distribuidos minerales de mica verde, blanca, epidoto, esfena y opaco (pocos). Se observan microfracturas sobre la mayoría de los granos, homogénea, alterada en los feldespatos y son inequigranulares. No hay ningún tipo de orientación preferencial en los minerales. Las inclusiones de los granos son diminutas y como agregados microgranulares, algunos presentan aspecto de esfena y apatito, pero con mucha dificultad para el reconocimiento. Las micas están asociadas mayormente hacia los bordes de los feldespatos (figs. 124, 125 y 126).

#### Biotita:

Mica de color pardo y verde oliva pardoso, con fuerte pleocroismo pasando los granos a verde pardo claro y amarillo pálido, anhedral, de bordes corroídos y semi lisos y habito laminar hojoso. Se observan algunas leves alteraciones, muchos de los bordes están como oxidados, poco marcados y alterando a clorita en la sección r: 34A donde se aprecia bien marcada y en las demás secciones es poco apreciable, los granos de mayor tamaño presentan buen número de inclusiones de microcristales y fragmentos micro granulares de esfena y epidoto, sobre algunos bordes también se aprecian medianos granos de epidoto inclusionando los mismos, se llegan a observar granos bastante lisos sin clivaje, son inequigranulares, de asociación general al resto de minerales y distribución homogénea y sin orientación preferencial a dentro de la sección.

#### Plagioclasa:

Anhedral, de bordes irregulares corroídos y semi lisos unos pocos en los bordes más largos y habito semi laminar granudo. Los granos están muy sausuritizados, presentan gran número de inclusiones de microcristales granulares y micáceos, muy poco reconocibles y sin orientación, entre los que se aprecian son cristales diminutos de mica, epidoto y clorita. Están bastante redondeados. Presentan microfracturas y hasta bordes quebrados, inclusionados y corroídos en alto grado, las maclas se aprecian muy difusas y algo distorsionadas y varían en las diferentes secciones del

tipo albita, Carlsbad y Albita-Carlsbad, hasta se llega a distinguir en la sección r: 9 del tipo periclino. Están en mayoría bastante alteradas por las inclusiones y las microfracturas que están en los granos. Son inequigranulares y los de menor tamaño se aprecian redondeados.

En algunos granos de mayor tamaño se puede distinguir sobrecrecimiento, esto se evidencia en que alrededor del grano saussuritizado se observa un borde blanco irregular. La asociación es general al resto de los minerales, en mayoría con las micas y de distribución homogénea en grupos junto a micas a lo largo de la sección. No hay orientación preferencial.

#### Cuarzo:

Granos anhedrales, redondeados en mayoría los de menor tamaño, de bordes irregulares suaves a semi lisos y habito granudo masivo. Son granos muy limpios, sin inclusiones, levemente inequigranulares, algunas zonas se observan con microgranularidad, otros granos se aprecian embebidos en mica y epidoto. De asociación general bordeados por micas y plagioclasas la mayoría y distribución homogénea y en agrupaciones poco numerosas a lo largo de la sección.

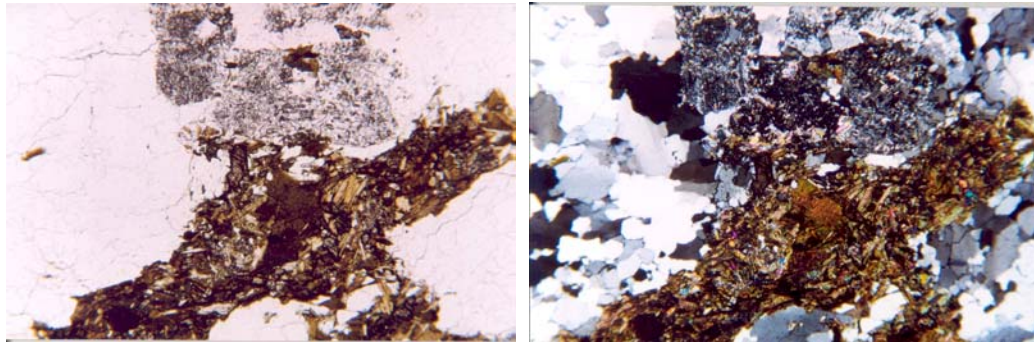
En la sección r: 34A se observan bastante limpios y no se observan inclusiones, muy pocas microfracturas e incompletas, algunos bordes se aprecian corroídos por micas, son granos algo inequigranulares y agrupados en agregados granulares gruesos. Se llegan a reconocer unos pocos granos policristalinos.

#### Microclino:

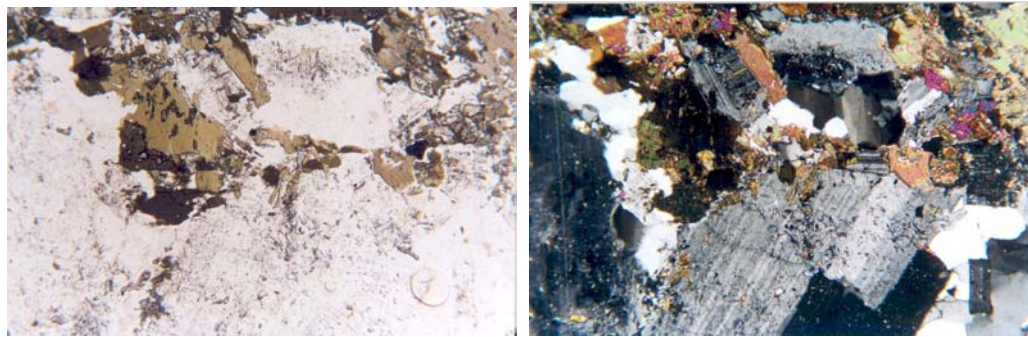
Mineral anhedral y redondeado algunos granos, de bordes irregulares corroídos y habito granudo. Se observan con gran cantidad de inclusiones microcristalinas de poco reconocimiento, algunos se aprecian con bordes corroídos e inclusionados por micro fragmentos de mica y epidoto, se distingue las direcciones de clivaje cruzado característico en mayado bastante difuso y distorsionado y solo se reconocen en ciertas zonas, junto con maclas tipo Carlsbad. La asociación es en general con el resto de minerales y entre micas y con distribución homogénea bastante dispersa en la



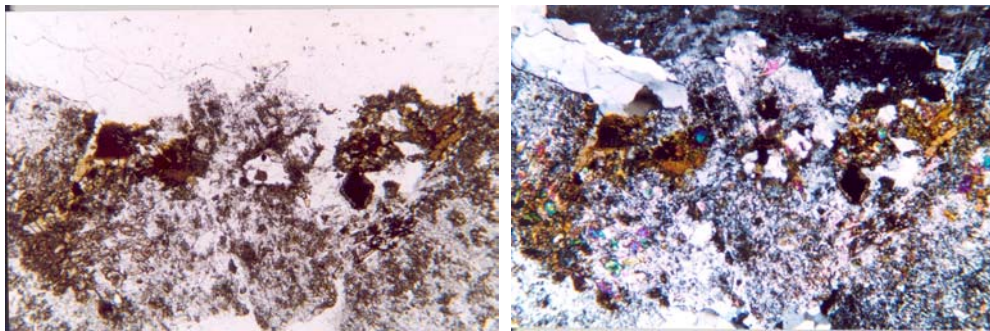
sección. Las secciones r: 36 y 44 presentan porfidoblastos de este mineral con sobre crecimiento de pertitas en forma de llamas o hilos finos distorsionados y difusos.



**Fig. 124. Fotomicrografías de la sección RT-602-r 5 (N: // y X). Meta-tonalita.**



**Fig. 125. Fotomicrografías de la sección RT-602-r 12 (N: // y X). Meta-tonalita.**



**Fig. 126. Fotomicrografías de la sección RT-602-r 36 (N: // y X). Meta-granodiorita.**

Grupo del Epidoto: epidoto.

Los granos se encuentran con un color crema claro, amarillentos de leve tono verde, sin pleocroismo, anhedrales y unos pocos subhedrales y habito granudo algo masivo. Se aprecia moderado relieve, con microfracturas y hasta bordes fracturados,

los granos de forma rómbica presentan algunos bordes quebrados. Son inequigranulares, de agregados micro granulares poco numerosos, algunos como especie de fragmentos redondeados y se llegan a apreciar algunos como inclusiones.

En las secciones r: 34B y 36 se reconoció epidoto y zoisita. Se presentan granos de color amarillo pardoso, de tonos verdes, sin pleocroismo, anhedrales, de bordes irregulares y habito granudo. Se aprecian con un leve alto relieve, no se observan alteraciones, con textura superficial terrosa arenosa.

Muestran asociación general a micas y al resto de minerales y con distribución homogénea algo dispersa por los pequeños agregados dentro de las secciones.

Mica blanca: moscovita y sericita.

Sólo se reconocen en las secciones r: 34A, 34B y 44, se aprecian, en la variedad de mayor a menor proporción, de sericita y moscovita, los granos son casi incoloros, blancos, sin pleocroismo, microgranulares, de muy pequeño tamaño de granos, equigranulares, anhedrales, de bordes semi lisos a corroídos y gastados y habito hojoso laminar. Se presentan mayormente como micro inclusiones en los feldspatos y con asociación a los mismos y con la biotita y con una distribución inhomogénea en grupos a lo largo de la sección.

Opaco: pirita.

En las secciones r: 9, 12 y 34B, en este último como traza, opaco anhedral, de bordes irregulares corroídos unos pocos y habito granudo de moderado relieve. Con luz reflejada muestra el brillo amarillo latón leve y en mayoría hacia el centro de los granos ya que los bordes pierden brillo y se aprecian pardo oscuro, se observan con asociación general al resto de los minerales y la mica verde y con distribución muy dispersa y homogénea, por ser tan pequeña la proporción dentro de las secciones.

Esfena:

Se reconoce con claridad en las secciones r: 9, 34A, 36 y 44. Mineral de color pardo oscuro, sucios de moderado relieve, sin pleocroismo, anhedrales a subhédricos,

de bordes irregulares suaves y habito granudo. Los granos son muy pequeños, algunos pocos se muestran semi rómbicos alargados por presentar bordes quebrados, mostrándose más listoneados (alargados). Equigranulares, de asociación a las inclusiones de los feldespatos y con distribución homogénea a lo largo de las secciones y muy dispersos.

#### Clorita:

Mineral de color verde claro a casi incoloro en los bordes, sin pleocroismo, anhedral, de borde corroído gastado y habito hojoso. Se aprecian como alteración de mica, la mayoría, algunos bordes tienen dificultad para apreciarse, están poco marcados. La asociación es con mica y de distribución homogénea muy dispersa dentro de las secciones.

#### *Rocas meta-ígneas intermedias*

##### **Granofels anfibólico-clorítico. (Anfibólica sin feldespato) (r: 17)**

##### **(Meta gabro)**

Macroscópicamente se presenta con bajo efecto de meteorización, homogénea, fanerítica de grano fino, masiva y compacta. De aspecto ígneo (gabroide/diorítico), de color verde oscuro moteada con mineral más claro casi blanco. Se aprecia oxidación interna y superficialmente. Se llegan a distinguir visualmente epidoto, anfíbol y cuarzo.

La sección fina muestra microscópicamente como mineral mayoritario el anfíbol, con gran dificultad de reconocimiento y clasificación. Se reconoce a su vez claramente epidoto y clorita junto con poca cantidad de una mica blanca muy fina y traza de un opaco. Es inequigranular, con algunas zonas de minerales microgranulares y fragmentos de mica con apariencia de una especie de mezcla triturada y al parecer posibles granos inclusionados imposibles de reconocer.

Anfibol: actinolita.

El mineral se aprecia poco conservado, de color crema verdoso claro, de pleocroismo muy débil que levemente aclara los granos a crema claro amarillento, anhedral, de bordes irregulares corroídos algunos hasta fracturados y de hábito hojoso. Se reconocen microfracturas sobre la mayoría de los granos y hasta fracturados y con un clivaje muy suave en una dirección. La asociación es general al resto de los minerales y con microfragmentos de epidoto hacia gran parte de los bordes y con una distribución regular dentro de la sección.

Grupo del Epidoto: epidoto y zoisita.

Se reconoce de color pardo claro levemente de tonalidad verdosa, sin pleocroismo, sucio, de moderado relieve, anhedral, con bordes irregulares hasta corroídos y un hábito granular. Los granos son bastante microgranulares agrupados sobre zonas dentro (pocos) y hacia los bordes del anfíbol, se llegan a reconocer algunas microfracturas y granos como listoneados de bordes quebrados. La asociación es general al resto de minerales y con distribución homogénea dentro de la sección.

Clorita:

El mineral se muestra de color verde muy claro crema, con un pleocroismo muy débil a nulo casi irreconocible, anhedral, con bordes corroídos poco marcados y un hábito hojoso escamoso. Puede clasificarse como posible mineral producto de alteración del anfíbol ya que no se distinguen ningún tipo de mica y se presenta hacia los bordes dentro de los mismos. Presenta asociación general con el resto de minerales y en mayoría al anfíbol y con una distribución dispersa y homogénea dentro de la sección.

Cuarzo:

Anhedral, con bordes irregulares a un poco corroídos y poco marcados y un hábito granular. Son muy pocos los granos que se distinguen en esta sección y son diminutos en su mayoría, se reconocen unas suaves microfracturas hacia los bordes y sobre

algunas zonas se reconocen de aspecto bastante microgranular. La asociación es general al epidoto y la mica blanca, son muy pocos los que se aprecian sobre los bordes de anfíbol, y muestran distribución dispersa y homogénea dentro de la sección.

Mica blanca: sericita.

Se distingue una mica blanca muy fina como alterada, muy diminuta de sericita, con un color crema muy claro de tono verde amarillento muy claro, anhedral, con bordes corroídos y astillosos (pocos) y hábito laminar hojoso. Son muy poco los granos que se distinguen en la sección y la mayoría como inclusiones, se asocia al resto de los minerales y con una distribución muy dispersa y homogénea en la sección.

Opaco:

Se reconoce como mineral traza, de dificultad de reconocimiento por su tono muy oscuro negruzco que con luz polarizada sigue mostrándose opaco y oscuro y sin brillo. La asociación es al resto de minerales y con distribución inhomogénea hacia uno de los lados de la sección.

### **Granofels (brechoide). (r: 1A , 1B y 40)**

Rocas de apariencia muy granítica, masiva, sin orientación de granos, heterogéneas, faneríticas de grano medio a grueso con la particularidad de presentar xenolitos de mineralogía afanítica de grano muy fino, posible anfíbol y micáceo. Presenta color fresco gris claro meteorizando a gris verdoso algo pardo (por óxido).

Las secciones en general son inhomogéneas, una sección dividida en dos zonas por su contenido mineralógico y su tamaño de grano. 1A es sección muy fina, con granos de aspecto triturados y con alteración en las micas. Es equigranular, con índice de color mayor que la zona 1B y gran cantidad de granos muy diminutos y micro granulares formando como una especie de masa con biotita como mineral mayoritario. La zona 1B es de grano más grueso, con índice de color mucho menor,

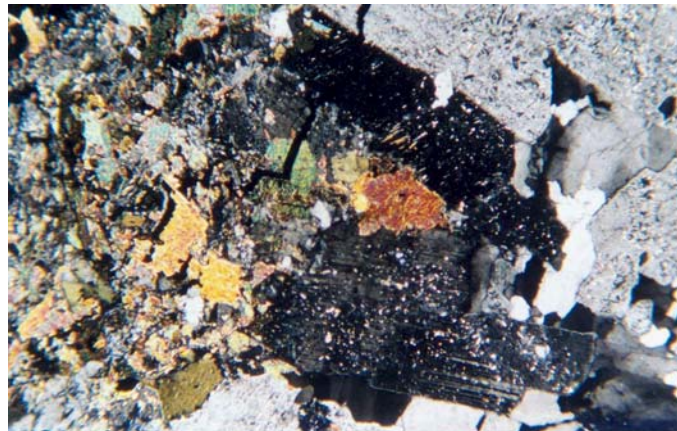
inequigranular y con feldespato como mineral mayoritario. La zona 1A corresponde a la parte del xenolito de la muestra de roca tomada respectivamente (figs. 127 y 128).

Cuarzo:

Anhedral, con borde irregular suave y de hábito granudo. Son bastante limpios en la zona 1B y micro granulares en el resto de la sección, inequigranular, con algunas suaves micro fracturas en los granos de mayor tamaño. La asociación es general al resto de minerales y con distribución inhomogénea con mayoría de granos en la zona 1B.

Plagioclasa: albita – andesina y oligoclasa.

Granos anhedrales, con borde irregular a corroído y habito granudo semi hojoso laminar. En los granos de la zona 1B presentan gran cantidad de inclusiones microgranulares y fragmentos micáceos sin orientación, muestran maclas tipo albita y Carlsbad bastante difusas y distorsionadas. La zona 1A presenta gran dificultad en el reconocimiento de este mineral, ya que son pocos y se reconocen bastante microgranulares, manchados y no se distinguen maclas. La asociación es al resto de minerales y con distribución irregular con dominio hacia la zona 1B.



**Fig. 127. Fotomicrografías de la sección RT-602-r 1A y 1B (N:X). Granofels (brechoide). Porfidoblastos de plagioclasa tabular, con maclado tipo albita y Carlsbad.**

**Biotita:**

Mica de color verde oliva y claro, con pleocroísmo moderado que pasa el mineral a un color crema claro verdoso amarillento, anhedral, con bordes irregulares a corroídos y hábito hojoso laminar (poco). Se reconocen algunos granos alterados a clorita y sólo lisos algunos sin dirección de clivaje, llegan a observarse algunos en microfragmentos regularmente distribuidos en la zona 1A y inequigranular como mineral mayoritario. Las pocas micas reconocidas en la otra zona a su vez se aprecian con un poco de alteración y hasta sin clivaje con un corte basal respectivamente. La asociación es con el resto de los minerales y con una distribución inhomogénea concentrada hacia la zona 1A.

**Microclino:**

Sólo se llegó a reconocer en la sección sobre la zona 1B, anhedral, de borde irregular a corroído y hábito granudo. Presenta inclusiones microcristalinas granulares y micáceas, sin orientación, se asocia a la plagioclasa con una distribución homogénea dentro de la zona respectiva. En la zona 1A no se llega a reconocer este mineral posiblemente por lo alterados y mezclados que están los minerales.

**Clorita:**

Mineral de color crema verdoso pálido, sin pleocroísmo reconocible con claridad, anhedral, con bordes corroídos algo suave y un hábito hojoso. Algunos granos son producto de alteración de la biotita, se asocia a la mica y al resto de minerales y con distribución irregular mayormente concentrada hacia la zona 1A.

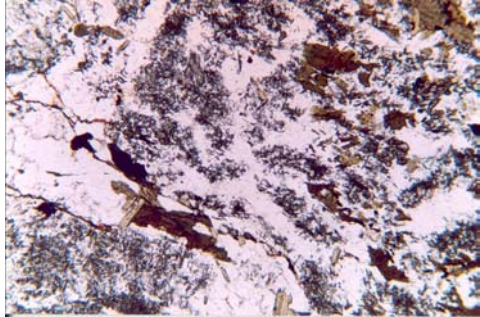
**Grupo del Epidoto: epidoto.**

El mineral es de moderado relieve, de color crema claro algo verde amarillento anhedral algo redondeado, con borde irregular suave a corroído y un hábito granudo. Se presentan bastante microgranular y unos pocos como inclusiones, se asocian al resto de minerales y con distribución homogénea y dispersa dentro de las zonas de la sección.

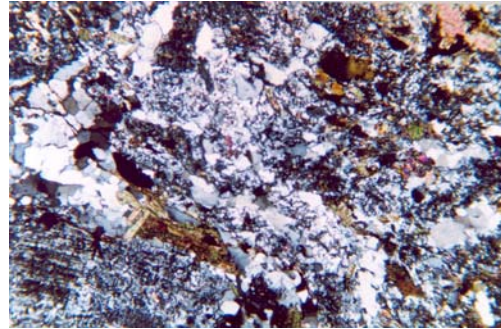


**Apatito:**

Grano incoloro, presente sólo en la zona 1B y como mineral traza, hacia la otra zona no llego a reconocerse, anhedral, de borde irregular suave y habito granudo de moderado relieve. Se asocia entre el cuarzo y los feldespatos y como inclusiones hacia los bordes y con distribución muy dispersa y homogénea en la zona de grano grueso de la sección.



**Fig. 128. Fotomicrografías de la sección RT-602-r 40 (N://). Granofels (brechoide).**



**RT-602-r 40 (N:X). Granofels (brechoide).**

**Opaco: pirita.**

Mineral traza, opaco anhedral, con bordes irregulares y habito granudo de moderado relieve. Con luz reflejada muestra brillo metálico ocre latón, resaltando hacia zonas céntrica de los granos y presentan aspecto esquelético de algunos bordes como quebrados. La asociación es con el resto de minerales y de distribución muy dispersa y regular dentro de toda la sección.

**Rocas meta ígneas máficas y ultramáficas:**

**Anfibolitas epidóticas (Sin biotita). (r: 32) (Máfica)**

**Hornblendita. (r: 29). (Ultramáfica)**

Las muestras de mano arrojan como características generales roca bastante fresca, poca meteorización, masiva y homogénea, fanerítica de grano fino a medio, color verde oscuro y con claras microvetillas de cuarzo atravesándola sin orientación. Presenta un aspecto muy anfibólico y levemente se reconocen superficialmente



minerales laminares hojosos. La muestra r: 29 muestra oxidación en superficie en las vetillas de cuarzo.

Al microscopio se observan secciones bastante máficas, anfibólicas y con alteraciones notables. Los anfíboles muestran variedad, tanto en su alteración como en tipos, se llegan a reconocer algunos granos de color verde azul con gran probabilidad de granos de barroisita y otros de actinolita entre otros con dificultad para el reconocimiento y clasificación. La mayoría de los granos se aprecian con bordes quebrados y poco marcados, las secciones son inequigranulares, una de las secciones presenta una cantidad un poco mayor en contenido de cuarzo y la otra con mayor cantidad de epidoto. No se observan orientación preferencial en los granos (fig. 129).

Anfíbol: barroisita y hornblenda.

Se presenta en variedad, de barroisita para la sección r: 32, entre grupos con dificultad de identificación. Los granos se aprecian de color verde claro y con leve tonalidad verde azul, con pleocroismo moderado que pasa los granos a color crema amarillento y verdoso y verde claro amarillento, son anhedrales y unos pocos subhédricos, de bordes irregulares suaves a corroídos y habito granudo a hojoso y semi prismáticos pseudo-hexagonal con bordes quebrados y poco marcados. Una pequeña proporción de granos se aprecian con alteración, por la cerca presencia de cloritas alrededor de los mismos, posible cloritización. Inequigranulares, algunos granos de mayor tamaño presentan unas pocas inclusiones de microcristales de cuarzo y fragmentos de micas y hasta bordeados por epidoto microgranular en r: 29, a su vez en esta muestra se reconoció el anfíbol hornblendita. La asociación es general al resto de minerales y con distribución homogénea, bastante junta dentro de las secciones.

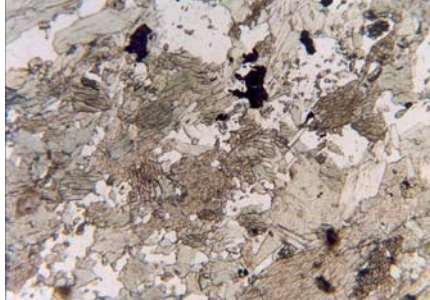
Grupo del Epidoto: epidoto y zoisita.

El color de los granos es verde claro amarillento pálido, sin pleocroismo, con textura superficial y moderado relieve, anhedrales, de bordes irregulares a corroídos y habito granudo. Algunos muestran clivajes difusos y discontinuos y con suaves

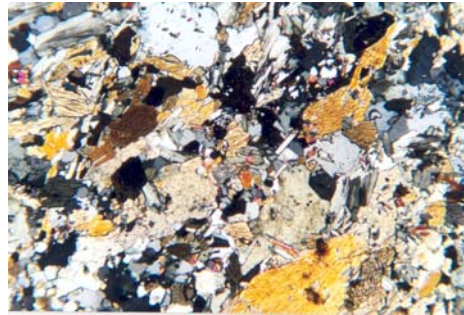
microfracturas hacia los bordes, presentan confusión entre anfíboles, ya que en ciertas zonas se muestran con aspecto de granos triturados ambos minerales. Ambas secciones muestran granos con bordes quebrados que dan aspecto de estar triturados y microfragmentos granulares disgregados alrededor. Muestran una asociación general al resto de minerales al anfíbol y con distribución homogénea y granos muy juntos en agrupaciones, en contacto, dentro de las secciones.

#### Clorita:

El mineral está presente sólo en la sección r: 32. Se reconoce un mineral bastante hojoso de color verde a verde claro, de moderado pleocroísmo a débil que aclara las tonalidades de los granos hasta amarillo verdoso pálido, anhedral, de bordes irregulares poco marcados y hábito hojoso levemente escamoso. Algunos granos, probablemente son producto de alteración del anfíbol, inequigranular. La asociación es general en especial entre anfíbol y sobre sus bordes y con una distribución homogénea y dispersa en la sección.



**Fig. 129. Fotomicrografías de la sección RT-602-r 32 (N: //) Anfíbolitas epidóticas**



**RT-602-r 32 (N: X) Anfíbolitas epidóticas**

#### Cuarzo:

Anhedral, de bordes irregulares suaves algo corroídos y hábito granudo. Algunos granos se aprecian como inclusionados entre espacios dejados por anfíboles, entre ellos. Se llegan a reconocer con inclusiones (pocas) de microcristales de epidoto anfíbol y esfena microgranulares. Hay granos donde sus bordes no están bien definidos o marcados por la presencia de anfíbol al rededor y sobre los bordes de los

mismos. Inequigranular, presenta una asociación general al resto de los minerales y con distribución inhomogénea dentro de las secciones.

Esfena:

El mineral se reconoce de color marrón parduzco, sucio, marrón oscuro amarillento, sin pleocroismo, subhedral y anhédrico (pocos), de bordes lisos a semi irregulares y habito granudo, masivo de moderado relieve, y semi prismático rómbico alargado. Se aprecian algunos como agregados micro granulares formando especie de nidos, pocos granos conservan el hábito rómbico alargado y no se aprecian alteraciones. La asociación es general al resto de los minerales y distribución homogénea a lo largo de las secciones.

Opaco: piritita y hematita.

Se encontro sólo en la sección r: 32, con opacos muy oscuros, rojizos subhedral, de bordes irregulares suaves y habito granudo. Algunos muestran oxidación y alteración, a luz reflejada se distingue algunos granos con leve brillo metálico, latón, se aprecian piritita con oxidación a hematita. La asociación es general al resto de los minerales y con una distribución inhomogénea hacia uno de los lados de la sección y con aspecto de mineral triturado, esquelético.

### **Anfibolitas micáceas (Con biotita): (r: 13) (Máfica)**

#### **Hornblendita. (r: 41) (Ultramáfica)**

Resumen una muestra de roca bastante fresca de poca meteorización, homogénea, masiva y de aspecto anfibólico, afanítica de grano muy fino, de color fresco verde oscuro grisáceo. Levemente presenta zonas laminares hojosas. La sección r: 13 muestra leves micro fracturas y una distribución regular de minerales micáceos, de aspecto moteado sin orientación y algo de oxido.

Al microscopio se observan secciones con pocas diferencias tales como tamaño de grano y contenido de cuarzo y feldespato, y como característica común alto contenido de anfíbol y presencia de biotita. La sección r: 32 muestra un aspecto moteado, con

granos de cuarzo y epidoto, la r: 29 sólo presenta biotita. En la sección con cuarzo hay presencia de micro fragmentos y microcristales disgregados homogéneamente sobre el resto de los granos. Inequigranular, los granos de cuarzo son de mayor tamaño y el anfíbol mezclado entre epidoto y clorita y con aspecto de granos triturados (fig. 130).

**Anfíbol:** barroisita y hornblendita.

Se aprecian en las secciones variedad de anfíbol con dificultad de reconocimiento y clasificación, donde se llega a reconocer barroisita y en la sección r: 41 la presencia hornblendita algo alterada, en orden de mayor proporción, muestran color verde crema claro a verde azul, con pleocroísmo intermedio que va a crema claro amarillento, son anhedrales y unos pocos subhédricos, de bordes irregulares corroídos y habito hojoso. Los granos muestran diversos cortes, donde unos pocos son los que llegan a conservar ambas direcciones de clivaje cruzado, otros solo muestran una sola dirección y un resto no presentan clivaje. Los granos son muy pequeños y con apariencia a una masa de granos triturados, en mayoría equigranulares entre ellos. Se aprecia leve alteración sobre algunas zonas, como con unas manchas hacia el interior de los granos, presentan en general una asociación regular con el resto de los minerales y de distribución homogénea, muy junta, dentro de las secciones. La sección r: 13 se reconoce con aspecto moteado de granos de cuarzo y feldespato entre el anfíbol y el epidoto.

**Clorita:**

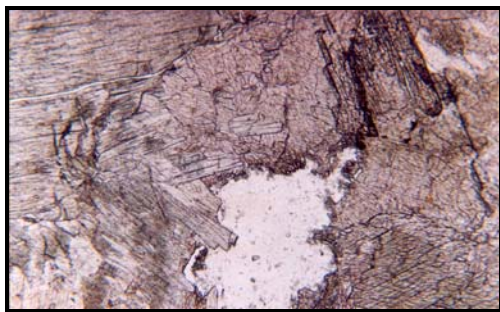
Solo lo presenta la sección r: 13, donde los granos son de color verde claro, pálido, de pleocroísmo muy débil a nulo, anhedrales, de bordes irregulares corroídos y habito hojoso. Algunos granos son producto de alteración del anfíbol y la sección presenta algunos como porfidoblastos. La asociación es al anfíbol y de distribución homogénea y dispersa en la sección.

**Cuarzo:**

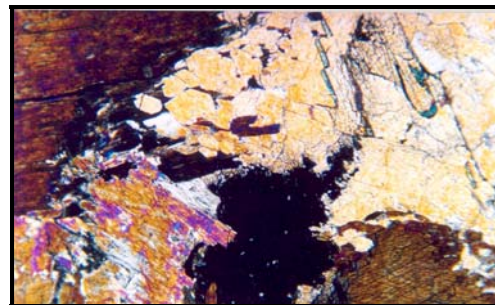
Sólo en la sección 13, anhedral redondeado, de bordes suaves a corroídos y habito granular. Los granos se observan bordeados por completo por anfíbol y en menor cantidad por epidoto, inclusionando éstos, más hacia los bordes, algunos granos. Algunos granos presentan suaves microfracturas y conservan equigranularidad. La asociación es general al resto de minerales y de distribución homogénea a lo largo de la sección.

**Esfena:**

Ambas secciones muestran granos color pardo oscuro, marrón, de moderado relieve, sin pleocroísmo, subhedrales, de bordes semi lisos a irregulares y habito granudo semi prismático rómbico alargado. No se observan alteraciones, mayormente se aprecian agrupados y como inclusiones dentro de los granos de mayor tamaño de cuarzo y plagioclasa, muestran una asociación preferencial al cuarzo y plagioclasa y con distribución homogénea y dispersa en agregados micro granulares poco numerosos, en las secciones. En la sección r: 41 presenta menos agrupamiento y se aprecian más sueltos e individuales microgranulares.



**Fig. 130. Fotomicrografías de la sección RT-602-r 41 (N: //). Hornblendita. Porfidoblastos de hornblenda.**



**RT-602-r 41 (N: X). Hornblendita.**

**Biotita:**

Mica de color verde pardo oliva, de fuerte pleocroísmo que pasa los granos a beige claro y crema claro, anhedral, de bordes semi lisos y corroídos astillosos en los lados más cortos y con un hábito hojoso laminar. Se reconoce alteración de cloritización

sobre algunos granos, con asociación general y a clorita y con distribución homogénea y dispersa en las secciones.

Grupo del Epidoto: epidoto

El mineral se reconoció en la sección r: 13 solamente, de color amarillo claro con leve tonalidad verdosa (muy poca), sin pleocroismo, anhedral, de moderado relieve, de bordes irregulares y habito granular. No se aprecian alteraciones, están asociados al resto de los minerales y con distribución homogénea a lo largo de la sección. Algunos fragmentos se aprecian como inclusiones.

Apatito:

Incoloro, de alto relieve, subhedral redondeado, de bordes irregulares a semi lisos y habito semi tabular granudo. Se observan muy pocos granos y como inclusiones en mayoría, la asociación es general en cuarzo y plagioclasa y con distribución homogénea y muy dispersa en la sección, la sección r: 41 no presenta este mineral o al menos no se distinguió. Es un mineral traza de la sección r: 13.

### **Meta -gabro. (Con feldespato) (r: 11, 2, 3)**

Las muestras de rocas generalizan bajo efecto de meteorización, homogénea, fanerítica de grano fino, masiva y compacta. De aspecto ígneo (gabroide/diorítico), de color verde y moteada con mineral más claro casi blanco, feldespático. Se aprecia oxidación interna y superficialmente, sin fracturas ni grietas. Se llegan a distinguir visualmente epidoto, anfíbol y feldespato.

Se observa una sección de moderado a alto índice de color, con anfíbol y epidoto en notable cantidad, micas verdes, esfenas, cloritas y cuarzos, la mayoría de los granos son inequigranulares y altamente triturados o quebrados. Se aprecia no muy limpia, con terrosidad y presencia de oxidación (fig. 131).

**Anfibol: barroisita.**

Los granos muestran diversidad en color, de verde, unos más oscuros (estos muestran un suave azul agua marina a verde agua) a otros más claros, con pleocroismo moderado pasando a un color crema claro, sucios en mayoría, anhedrales a subhédricos unos pocos, de bordes irregulares corroídos y hasta poco marcados y habito semi granudo hojosos con los borde quebrados. Se aprecian asociados a la clorita y el resto de minerales, algunos granos muestran oxidación, como machones, tanto en los centros y hacia los bordes, y mostrando una distribución homogénea dentro de la sección. Se reconoce proceso de cloritización en la mayoría de los granos.

**Grupo del Epidoto: epidoto y zoisita.**

Los granos son casi incoloros a crema claro pardoso pálido, algo sucios, de moderado relieve, sin pleocroismo, anhedrales, de bordes irregulares y de habito granudo a semi tabular (pocos). Son reconocidos dentro de la gran masa de anfíbol, tanto inclusionados como sobre algunos bordes, con algunos bordes bastante corroídos como quebrados, con asociación general al resto de los minerales y entre anfíbol y con distribución homogénea y de leve dispersión a lo largo de la sección.

**Clorita:**

Mineral de color verde claro pálido, de pleocroismo débil a nulo que aclara el verde a amarilloso claro, anhedral y redondeado, de bordes irregulares y habito hojoso grueso a escamoso. Asociado al anfíbol y con distribución homogénea y dispersa dentro de la sección. Se reconoce como producto de alteración del anfíbol.

**Biotita:**

Mica de color verde pardo, de pleocroismo fuerte y moderado, en la mayoría de los casos, pasando los granos a crema claro y amarillo pálido casi incoloro, anhedral, de bordes semi lisos y astillosos y habito laminar a levemente hojoso. No se observan

alteraciones, conservan asociación general al resto de los minerales y distribución homogénea sobre la sección.

Cuarzo:

Se muestra anhedral, de bordes irregulares suaves y una habito granudo. Son muy pocos los granos que muestran extinción ondulatoria, presentan algunas suaves microfracturas y hasta parte de los bordes quebrados. La asociación es general al resto de los minerales, con agrupaciones granulares poco numerosas y con una distribución muy dispersa y homogénea dentro de la sección.

Plagioclasa: (Albita)

Anhedral, con bordes irregulares y de hábito granular. Son muy pocos los granos que llegan a apreciarse y sin mostrar maclas, se asocian al resto de minerales y con distribución regular y muy dispersa dentro de la sección.

Esfena:

Se reconoce un mineral microgranular, de color pardo oscuro, sin pleocroismo, anhedral y subhédrico (pocos), con bordes irregulares a suaves y un habito granudo. Se aprecian en mayoría bordeando y entre los contactos de granos de clorita (agregados) y epidoto, bastante microgranulares y con apariencia de microfragmentos. La asociación es con la clorita y el epidoto, algunos se presentan como inclusiones y con una distribución inhomogénea en agregados microgranulares alargados y poco numerosos en ciertas zonas de la sección.

Opaco:

Opaco con dificultad de clasificación, ya que a luz reflejada no muestra brillo sino un color pardoso muy oscuro negruzco de bordes un poco más claro, anhedral, con bordes irregulares algo corroídos y habito granudo de moderado relieve. La asociación es general al resto de minerales y con una distribución muy dispersa y regular dentro de la sección.



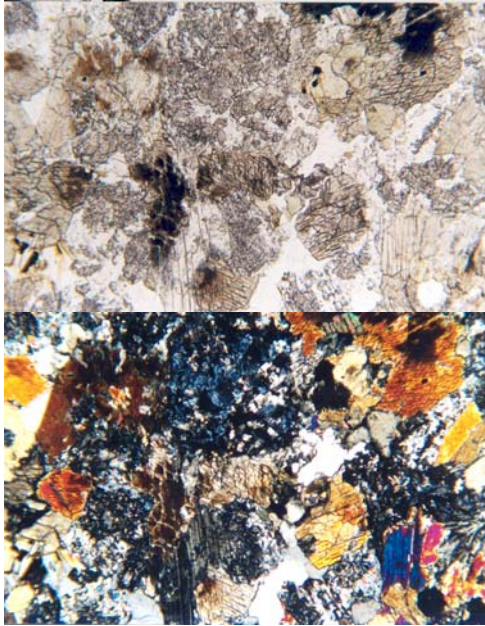


Fig. 131. Fotomicrografías de la sección RT-602-r 10 (N: // y N:X). Meta -gabro



Fig. 131. Fotomicrografías de la sección RT-602-r 11 (N: // y N:X). Meta -gabro

### Meta-gabro. (r: 10)

Muestra medianamente meteorizada, masiva, compacta y homogénea. Fanerítica de grano fino a medio, de aspecto moteado uniformemente con mineral de color más claro blanco parduzco. La roca es de color verde oscuro verdoso, sin orientación mineralógica, apariencia gabroide/diorítica y de índice de color moderadamente alto.

Se observa una sección de bajo índice de color, notable cantidad de epidoto, anfíbol y plagioclasa bastante alterada. En menor proporción se aprecia granos de cuarzo y trazas de clorita. La muestra está algo manchada en mayoría los granos de anfíbol, el cuarzo es limpio y la variedad de epidoto es de zoisita (fig. 131).

Anfíbol: actinolita.

El mineral es de color verde claro y amarillo pardoso, con débil pleocroísmo que pasa los granos a verde amarillento, anhedral y subhédrico, de bordes lisos a irregulares y hábito semi prismático hexagonales con algunos bordes quebrados y gastados. Se observan granos con terrosidad hacia los centros como especie de

oxidación, sobre todo en los de mayor tamaño, son inequigranulares, con presencia de microfracturas. La gran mayoría de los granos muestran sus dos direcciones de clivaje, pero muy interrumpidas por las fracturas, se llegan a apreciar granos con fracturas gruesas y rellenas con dificultad para el reconocimiento. La asociación es general al resto de los minerales y con distribución homogénea dentro de la sección.

Grupo del Epidoto: zoisita y clinozoisita.

Se llega a apreciar la variación de este mineral de la zoisita en dominio y unos pocos granos de clinozoisita, presentan color amarillo muy pálido levemente verdoso, unos pocos de aspecto triturado dan un leve color verdoso grisáceo, no presentan pleocroismo, es anhedral, de bordes irregulares y habito granudo. No se observan alteraciones, sólo los bordes corroídos y poco marcados y con aspecto muy triturado, muestran moderado relieve y textura superficial, se asocian en numerosas agrupaciones en agregados granulares en general y con distribución homogénea a lo largo de la sección. Se observan sobre unos pocos bordes unos cuantos micro fragmentos, al parecer micáceos o anfibólicos, inclusionando los mismos.

Plagioclasa:

Anhedral, de bordes irregulares muy corroídos y habito semi laminar granudo. Muestran un gran número de inclusiones de microcristales poco reconocibles entre microfragmentos granulares y micáceos, y no se distinguen maclas, se asocia generalmente al resto de los minerales y con distribución homogénea entre los granos de aspecto triturado, formando como una mezcla tipo matriz. Son inequigranulares.

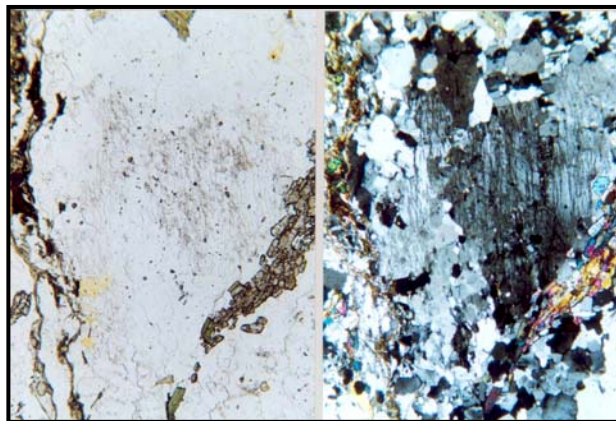
Cuarzo:

Se aprecian granos anhedrales, de bordes irregulares algo suaves a corroídos y habito granudo. Se reconocen unas pocas inclusiones de mineral micáceo y epidoto, presentan asociación general al resto de minerales, son inequigranulares y de distribución homogénea a lo largo de la sección.

**CUENCA: RÍO TÓCOME.****Petrografía***Gneises:***Augengneis feldespático cuarzo micáceo. (r: 16)**

Macroscópicamente se observa una muestra de roca ligeramente meteorizada, con granos gruesos de color blanco rosáceo en forma de ojos y finas bandas de color gris que presenta tamaño de grano fino, con minerales bien orientados, homogénea.

Al microscopio se observa una muestra heterogénea de minerales claros y oscuros, donde las micas se presentan pseudo orientadas y bordeando generalmente porfidoclastos de microclino, textura índice de cristalización post-tectónica (v, Cap. 6, p. 98), dando paso a la textura augen, donde se observan sombras de presión de cuarzo granoblástico. Las plagioclasas y biotitas con textura poiquiloblástica (fig. 132).



**Fig. 132. Fotomicrografías de la sección RTo-902-r 16 (N: // y X). Augengneis feldespático cuarzo micáceo. Porfidoclasto de microclino, atravesado por trenes de cuarzo microgranular, presentando textura augen y sombras de presión. Microclino envuelto por la foliación.**

**Plagioclasa:**

Anhedral de bordes irregulares, con hábito masivo granular. Presenta textura poiquiloblástica con inclusiones de epidoto. En algunos cristales aún son observables sus maclas del tipo Albita. Se presentan agrupaciones de este mineral como si un solo cristal estuviese fracturado. Algunos granos con sobrecrecimiento donde se observan

bordes albíticos. Asociada a todos los minerales presentes y su distribución es irregular en la sección.

#### Mica blanca: muscovita

Incolora, de subhedral a anhedral, la forma subhédrica posee bordes lisos e irregulares, con hábito tabular-hojoso, con hojas pequeñas; la anhédrica posee bordes irregulares y corroídos, con hábito escamoso, algunas hojas poiquiloblásticas con inclusiones de epidoto y esfena. Bordea los granos de microclino para formar los ojos. Intercala con biotita. Asociada a todos los minerales presentes y su distribución es irregular en la sección

#### Biotita:

De color pardo y con fuerte pleocroismo que va del crema al pardo oscuro, anhedral de bordes irregulares y corroídos, con hábito hojoso-escamoso. Algunas hojas presentan inclusiones de esfena y epidoto. Asociada a la muscovita y su distribución es irregular en la sección.

#### Microclino:

Anhedral, de bordes irregulares, con hábito masivo-granular. Porfidoclástico (v, Cap. 6, p. 87) (fig. 132). Maclado en rejilla difuso. También con maclado Carlsbad. Presenta intercrecimientos peritéticos en parches maclados con inclusiones de microlitos no diferenciados y en lamelas finas que siguen el patrón de Albita. Lo atraviesan trenes de cuarzo policristalino. Asociado a todos los minerales presentes y su distribución es irregular en la sección.

#### Opacos:

La pirita a la luz reflejada se ve de color amarillo latón, subhedral de bordes lisos y corroídos, con hábito poligonal. Escasa.

Grupo del Epidoto: epidoto

De color amarillento y sin pleocroismo, de anhedral a subhedral, de bordes irregulares, con hábito granular, en agregados pequeños y otros poligonales. Asociada a las micas y su distribución es irregular en la sección.

Cuarzo:

Anhedral de bordes irregulares, se presenta en parches gruesos y bandas de cuarzo policristalino. Asociado a todos los minerales presentes y su distribución es irregular en la sección.

Esfena:

Accesorio común. De color pardo oscuro y sin pleocroismo, anhedral de bordes redondeados, se presenta en agregados granulares y algunos porfidoblastos con clivaje. Asociada a las micas y epidoto. Escasa.

### **Gneis feldespático cuarzo micáceo. (r: 1, 14, 23, 25, 36)**

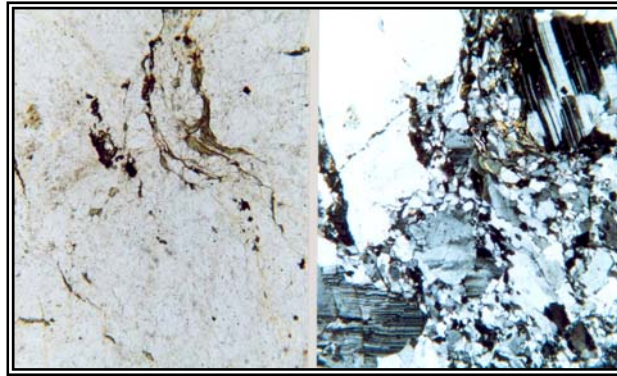
Macroscópicamente se observa una muestra de roca ligeramente meteorizada, algunas de ellas de grano grueso, otras de grano medio, con finas bandas de color gris que presenta tamaño de grano fino donde no se observan los minerales a simple vista, Presenta minerales bien orientados. Con distribución de granos homogénea.

Al microscopio se observa una muestra homogénea de minerales generalmente incoloros, con textura gnéisica, donde las micas son lepidoblásticas y el resto de los minerales están orientados (figs. 133, 134 y 135).

Plagioclasa:

Se presenta en su variedad albita y oligoclasa, anhedral de bordes irregulares y rectos, con hábito tabular y masivo granular. Presenta textura poiquiloblástica con inclusiones de esfena, epidoto y sericita. La muestra r:1 (fig. 133) presenta maclado tipo Albita y Periclino y está fracturada, se observa lamelas deformadas, lo que indica una textura índice de cristalización pre-tectónica (v, Cap. 6, p. 95)., la r: 14 tipo

Albita y con granos sin maclas, se encuentra sausuritizada, la r: 23 presenta maclado tipo Albita y algunos granos con bordes Albíticos, Carlsbad y Periclino, la r: 25 tipo Carlsbad y es ovoidal, y la muestra r: 36 se encuentra sausuritizada y con maclado tipo Albita y Periclino. Asociada a todos los minerales presentes y su distribución es irregular en la sección.



**Fig. 133. Fotomicrografías de la sección RTo-902-r 1 (N: // y X). Gneis feldespático cuarzo micáceo. Lamelas de deformación en plagioclasa.**

#### Microclino:

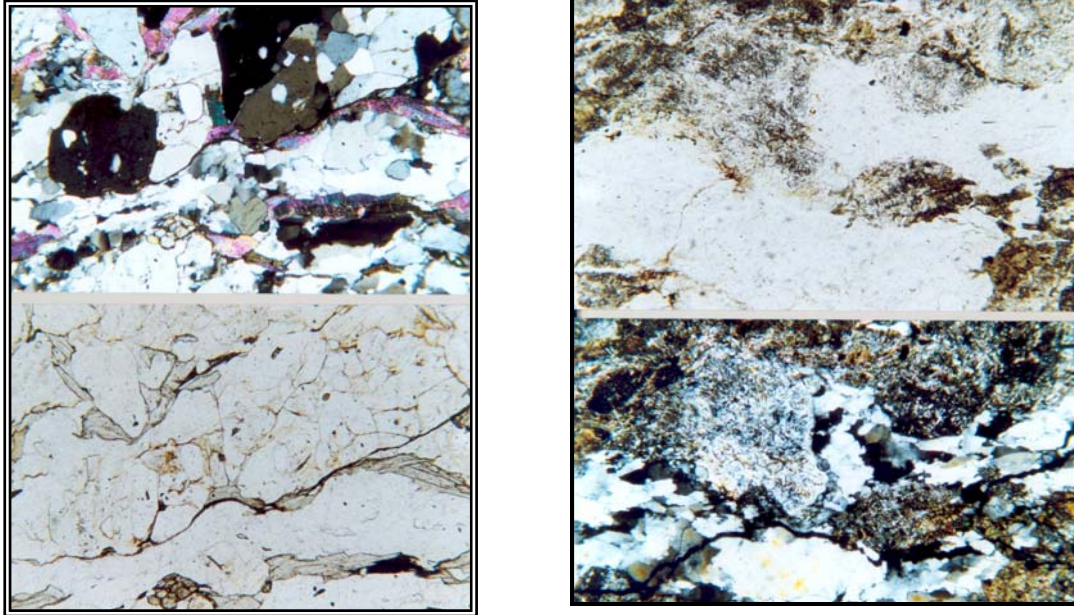
Ausente en r: 36. Anhedral de bordes irregulares, con hábito masivo-granular. La muestra r: 14 presenta microlitos no diferenciables, intercrecimientos peritéticos en parches maclados y vetas finas, es atravesado por cuarzo microgranular. Las muestras r: 1, 23 presentan maclado en rejilla difuso y tipo Carlsbad, pertitas en parches y en vetillas que siguen el patrón de Albita, presenta microlitos no diferenciables, es atravesado por cuarzo microgranular. La muestra r: 25 presenta pertitas en parches. Asociado a todos los minerales presentes y su distribución es irregular en la sección.

#### Mica blanca: muscovita y sericita

Con ligero pleocroísmo verdoso, anhedral de bordes irregulares y corroídos, con hábito escamoso, en r: 25 es tabular-hojosa. En r: 1, 36 se presenta en su variedad sericita, incolora, escamosa y diminuta, presentándose generalmente en la superficie de las plagioclasas. En r: 23 es fina e intercala con clorita. Presenta inclusiones de



epidoto y esfena e intercala con biotita. Asociada a todos los minerales presentes y su distribución es irregular en la sección.



**Fig. 134.** Fotomicrografías de la sección RTo-902-r 25 (N: // y X) (izq). Gneis feldespático cuarzo micáceo. Porfidoblastos de plagioclasa ovoidal tipo albita y cuarzo policristalino. Micas pseudo-orientadas.

**Fig. 135.** Fotomicrografías de la sección RTo-902-r 36 (N: // y X) (der). Gneis feldespático cuarzo micáceo. Porfidoblastos de plagioclasa sausrizada y cuarzo policristalino. Desarrollo de bordes albíticos.

Grupo del Epidoto: epidoto y allanita.

De color amarillento y sin pleocroismo, de anhedral a subhedral, de bordes irregulares. Las muestras r:1, 23, 25, 36 con hábito poligonal, en la muestra r: 14 poligonal diminuta y la r:25 poligonal y con algunos granos que presentan núcleo pardo rojizo pleocrómico (allanita) al igual que la r: 23. Muchos de los granos se encuentran fracturados. Asociado a todos los minerales presentes y su distribución es irregular en la sección.

Clorita:

Ausente en r: 14. De color verde grama y con pleocroismo débil, anhedral, de bordes irregulares y corroídos, con hábito escamoso. Lepidoblástica. La muestra r: 23

es poiquiloblástica con inclusiones de esfena y epidoto y la r: 36 con inclusiones de pirita. Asociada a todos los minerales presentes y su distribución es irregular en la sección.

#### Cuarzo:

Anhedral de bordes irregulares. Se presenta en parches de cuarzo policristalino en las muestras r: 1, 14, 25, 36, en bandas policristalinas y granular formando textura granoblástica en algunas zonas de esta sección en r: 23 y microgranular en r:1. Asociado a todos los minerales presentes y su distribución es irregular en la sección.

#### Biotita:

Ausente en r: 1. De color pardo con pleocroismo fuerte, que va del crema al pardo oscuro, anhedral, de bordes irregulares y corroídos. En la muestra r: 14, 36 se presenta en agregados escamosos y tabulares con inclusiones de esfena y epidoto, en la r: 25 tabular, lepidoblástica y poiquiloblástica con inclusiones de esfena y epidoto, en r: 23 escamosa y escasa. Asociada a las micas y su distribución es irregular en la sección.

#### Esfena:

Accesorio común. De color pardo oscuro y sin pleocroismo, anhedral de bordes redondeados, se presenta en agregados granulares. En r:14 se presenta casi negra y con núcleo de pirita. Asociada a las micas y epidoto. Escasa.

#### Opacos:

Ausente en las muestras r: 1, 14, 25. La pirita se presenta a la luz reflejada de color amarillo latón, con bordes irregulares y lisos. En la muestra r: 23 se presenta con hábito granular y poligonal en forma de cubitos y con bordes de hematita, y la r: 36 poligonal y granular. Accesorio común. De color pardo oscuro y sin pleocroismo, anhedral de bordes redondeados, se presenta en agregados granulares y algunos porfidoblastos con clivaje. Asociada a todos los minerales presentes. Escasa.



**Apatito:**

Accesorio común. Presente solo en las muestras r: 23, 36. Incoloro de alto relieve, anhedral de bordes irregulares, con hábito granular. Escaso o ausente.

***Esquistos moteados:***

**Esquisto plagioclásico anfibólico biotítico epidótico. (r: 9, 15)**

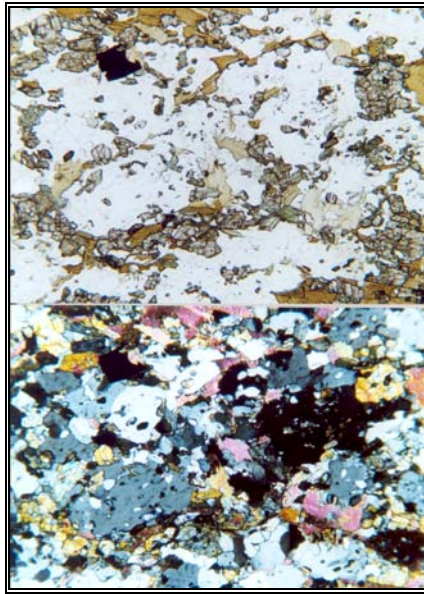
**Esquisto anfibólico plagioclásico epidótico. (r: 50)**

**Esquisto plagioclásico micáceo epidótico. (r: 52)**

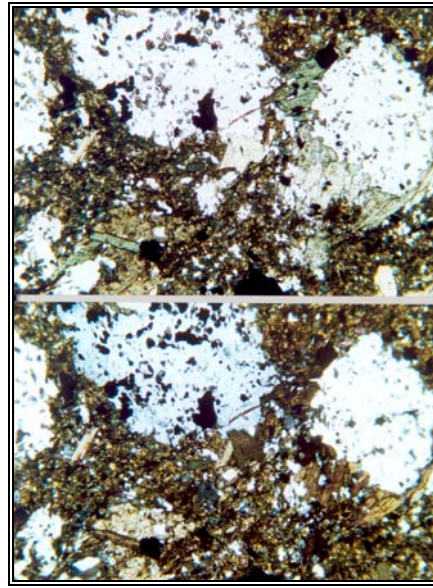
Cabe destacar que las diferentes clases presentan la misma descripción mineralógica.

Macroscópicamente se observa una muestra de roca ligeramente meteorizada, de color gris verdoso, homogénea, con minerales orientados y ligera foliación, la mayoría de ellas masiva, con tamaño de grano fino donde no se observan los minerales a simple vista. En la muestra r: 50 presenta moticas redondeadas pequeñas de color blanco. La muestra r: 15 presenta más marcada foliación que el resto de las muestras.

Al microscopio se observa una muestra homogénea de plagioclasa en forma ovoidal tipo Albita poiquiloblástica (v, Cap. 6, p. 88). El anfíbol barroisita se presenta con textura moderadamente nematoblástica. Textura lepidoblástica en las micas. (figs. 136 y 137).



**Fig. 136. Fotomicrografías de la sección RTo-902-r 15 (N: // y X). Esquisto plagioclásico anfibólico biotítico epidótico. Porfidoblastos de plagioclasa ovoidal tipo albita poiquiloblástica.**



**Fig. 137. Fotomicrografías de las sección RTo-902-r 52 (N: // y X). Esquisto plagioclásico micáceo epidótico. Porfidoblastos de plagioclasa ovoidal tipo albita poiquiloblástica.**

#### Barroisita:

Ausente en r: 52. De color verde azul y con pleocroismo moderado que va del crema al verde, anhedral de bordes irregulares algunos rectos. En la muestra r: 9 se presenta tabular, hojosa y esqueletal, con inclusiones de epidoto y sustituida en algunas zonas por biotita, en r: 15 es granular y está fracturada, r: 50 es granular y tabular y está muy fracturada. Asociada a todos los minerales presentes y su distribución es homogénea en la sección.

#### Plagioclasa:

Se presenta en su variedad Albita. Anhedral de bordes irregulares. Se presenta granular en forma de ovoides. Los granos presentan generalmente de epidoto, opacos, clorita y microlitos no diferenciados. Solo en las muestras r: 50, 52 con inclusiones también de granate. No se observan maclas. Asociada a todos los minerales presentes y su distribución es homogénea en la sección.

**Biotita:**

De color pardo y con fuerte pleocroismo que va del crema al pardo oscuro, anhedral y subhedral de bordes irregulares y corroídos, con hábito hojoso-tabular y escamoso. Alterna con clorita en las muestras r: 9, 15 y 52. En las muestras r: 9, 15, 52 presenta inclusiones de epidoto. Además en r: 9 también con inclusiones de anfíbol y esfena y la r: 50 de opacos. Asociada a todos los minerales presentes y su distribución es irregular en la sección.

**Clorita:**

De color verde y con pleocroismo moderado que va del amarillento al verde manzana, anhedral de bordes irregulares y corroídos, con hábito escamoso. Alterna con biotita en las muestras r: 15, 52, la r: 9 presenta inclusiones de epidoto y esfena y algunos granos con restos de biotita, y la r: 50 además es tabular y con inclusiones de opacos. Asociada a todos los minerales presentes y su distribución es irregular en la sección

**Epidoto y clinozoisita:**

Ausente en r: 50. De color amarillento y sin pleocroismo, anhedral y subhedral, de bordes lisos e irregulares. En la muestra r: 9 se presenta granular y diminuto y también en su variedad clinozoisita, en r: 15 es granular, poligonal y columnar y también en su variedad clinozoisita y en la r: 52 se presenta granular y columnar. Asociada a todos los minerales presentes y su distribución es irregular en la sección.

**Mica blanca: muscovita**

Ausente en las secciones r: 9 y 15. Incolora, anhedral de bordes irregulares, se presenta en agregados tabulares pequeños en r: 50. En la muestra r: 52 es hojosa e intercala con biotita. Asociada a la biotita y su distribución es irregular en la sección.

**Cuarzo:**

Solo se presenta en las muestras r: 15, 50. Anhedral de bordes irregulares. En la muestra r: 15 se presenta en parches finos policristalinos y la r: 50 en bandas policristalinas. Asociada a todos los minerales presentes y su distribución es irregular en la sección.

**Opacos:**

La pirita se presenta a la luz reflejada de color amarillo latón, con bordes irregulares y lisos. Se presenta con hábito granular y poligonal y con bordes de hematita en r: 9, 52 que a la luz reflejada se ve de color rojo sangre. Asociada a todos los minerales presentes. Escasa.

El leucoxeno a la luz reflejada se ve de color blanco. Anhedral de bordes irregulares y astillosos, parecen cabellos con aspecto fibroso y en parches. Escaso.

**Esfena:**

Accesorio común. De color pardo oscuro y amarillento, sin pleocroismo, anhedral de bordes redondeados, se presenta en agregados granulares. Asociada a los anfíboles, biotita y epidoto. Escasa.

**Apatito:**

Ausente en r: 9. Accesorio común. Incoloro de alto relieve, anhedral de bordes irregulares, con hábito granular. Escaso o ausente.

**Granate:**

Presente en las secciones r: 50 y 52. De color rosa pálido, no pleocrómico, de subhedral a anhedral, con bordes rectos y redondeados, de hábito granular y poligonal, algunos granos presentan fracturas rellenas de clorita y alterando a biotita. Asociado al epidoto y su distribución es irregular.

*Esquistos no moteados:*

**Esquisto cuarzo plagioclásico clorítico. (con biotita) (r: 8)**

Macroscópicamente se observa una muestra de roca moderadamente meteorizada a pardo claro, en las zonas frescas se ve de color gris verdoso oscuro, con vetas gruesas de color blanco. Superficie pulida y con brillo graso. Homogénea, con ligera orientación de minerales.

**Esquisto cuarzo plagioclásico clorítico. (sin biotita) (r: 37)**

Macroscópicamente se observa una muestra de roca fresca de color gris verdoso, con distribución de minerales homogénea, con tamaño de grano fino donde no se observan los minerales a simple vista, solo algunos pequeños granos de color blanco, con minerales moderadamente orientados y poca foliación.

Cabe destacar que la descripción mineralógica de ambas muestras es la misma.

Al microscopio se observa una muestra heterogénea de minerales orientados, algo sucia y oxidada, donde se presentan porfidoblastos de plagioclasa poiquiloblástica. Presenta textura lepidoblástica en las micas (fig. 138).

Cuarzo:

Anhedral de bordes irregulares, con hábito granular con textura granoblástica y en parches policristalinos. Está orientado. Asociado a todos los minerales presentes y su distribución es homogénea en la sección.

Plagioclasa:

De anhedral a subhedral, de bordes irregulares, con hábito masivo granular y tabular. Presenta inclusiones de microlitos no diferenciables. Con microfracturas en su superficie. Presenta maclado tipo Albita y otros ausentes de ella. Asociada a todos los minerales presentes y su distribución es homogénea en la sección.

**Mica blanca: muscovita**

Anhedral, de bordes irregulares y corroídos, con hábito hojoso-escamoso, se encuentra como fluyendo en epidoto y esfena, amoldándose a los granos en una zona de r: 8. Asociada a todos los minerales presentes y su distribución es irregular en la sección.

**Clorita:**

De color verde con pleocroismo moderado, que va del crema al verde manzana, anhedral de bordes irregulares y corroídos, con hábito escamoso. Lepidoblástica. Asociada a todos los minerales presentes y su distribución es irregular en la sección.

**Grupo del Epidoto: epidoto**

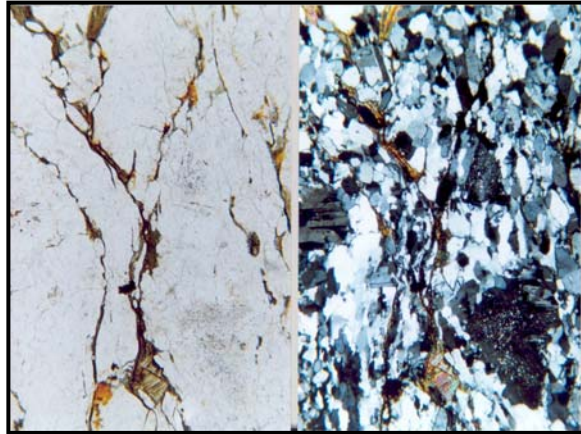
De color amarillento y sin pleocroismo, de anhedral a subhedral, bordes irregulares y lisos. Con hábito granular y columnar. Asociado a todos los minerales presentes u su distribución es irregular en la sección.

**Biotita:**

Ausente en r: 37. De color pardo con pleocroismo fuerte que va del crema al pardo oscuro, anhedral de bordes irregulares y corroídos, con hábito escamoso y algo curvada. Asociada a todos los minerales presentes y su distribución es irregular en la sección.

**Calcita:**

Se presenta solo en la muestra r: 8. Anhedral de bordes irregulares y corroídos, se presenta en parches pequeños y vetillas. Asociada a todos los minerales presentes. Escasa.



**Fig. 138. Fotomicrografías de la sección RTo-902-r 8 (N: // y X). Esquisto cuarzo plagioclásico clorítico. Porfidoblastos de plagioclasa con inclusiones de microlitos no diferenciados. Cuarzo policristalino y micas lepidoblásticas.**

#### Esfena:

Ausente en r: 37. Accesorio común. De color pardo oscuro y amarillento, sin pleocroismo, anhedral de bordes redondeados, se presenta en agregados granulares. Asociada a los anfíboles, biotita y epidoto. Escasa.

#### Apatito:

Ausente en r: 37. Accesorio común. Incoloro de alto relieve, anhedral de bordes irregulares, con hábito granular. Escaso o ausente.

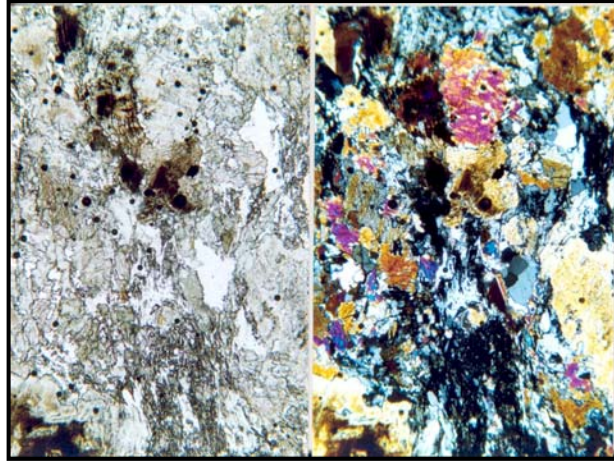
#### Opacos:

La pirita se presenta a la luz reflejada de color amarillo latón, con bordes irregulares y lisos. Se presenta con hábito granular y poligonal. Asociada a todos los minerales presentes. Escasa.

### **Esquisto anfibólico plagioclásico epidótico. (r: 20, 33 y 51)**

Al microscopio se observa una muestra homogénea de anfíbol barroisita, los cuales presentan orientación. Algunos están fracturados, además se observan pocos

minerales accesorios y mucho epidoto. La plagioclasa se presenta masiva granular y poiquiloblástica (fig. 139 y 140).



**Fig. 139. Fotomicrografías de la sección RTo-902-r 20 (N: // y X). Esquistó anfibólico plagioclásico epidótico. Barroisita fracturada con núcleo alterado a leucoxeno. Escasos parches de cuarzo policristalino.**

#### Plagioclasa:

Se presenta en su variedad Albita. Anhedral de bordes irregulares, con hábito masivo granular. La mayoría de los granos no presentan maclas. Las escasas que se observan están mal macladas y difusas. En las muestras r(20 y 51) con maclado tipo Carlsbad y en r(33) tipo Albita y se encuentra fracturada. Algunos granos con textura poiquiloblástica con numerosas inclusiones de epidoto. Asociada a todos los minerales presentes y su distribución es irregular en la sección.

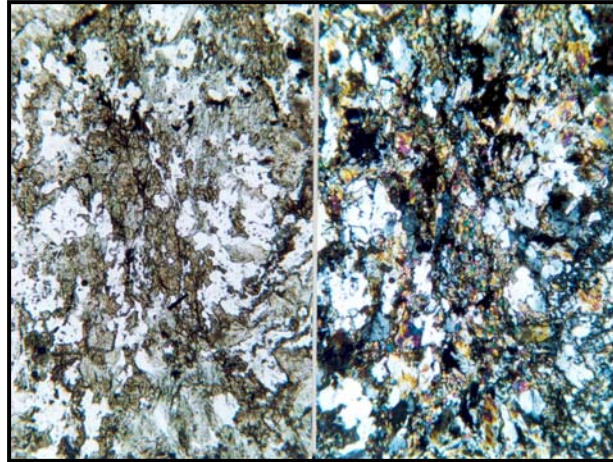
#### Barroisita:

De color verde azul y con pleocroísmo moderado que va del crema al verde. Anhedral de borde irregulares, algunos cristales pseudo hexagonales, tabular-hojoso y granular, granos muy fracturados, otros se encuentran zonados en r(20). Presentan inclusiones de esfena y epidoto. Algunos granos en su superficie presentan una capa de leucoxeno. Asociada a todos los minerales presentes y su distribución es irregular en la sección.



Mica blanca: muscovita

Ausente en r(51). Incolora, anhedral de bordes irregulares y corroídos, con hábito escamoso diminuto, se presenta generalmente como inclusión en las plagioclasas y su distribución es irregular en la sección.



**Fig. 140. Fotomicrografías de la sección RTo-902-r 51 (N: // y X). Esquistos anfibólico plagioclásico epidótico. Barroisita, epidoto y plagioclasa semi-orientados.**

Epidoto:

De color amarillento, sin pleocroismo, subhedral, de bordes lisos y redondeados, se presenta en agregados columnares y granulares diminutos, escasos granos gruesos. Asociado a todos los minerales presentes y su distribución es irregular en la sección.

Clorita:

Ausente en r(20). De color verde con pleocroismo moderado, que va del crema al verde manzana, anhedral de bordes irregulares y corroídos, con hábito escamoso en r(51) y de aspecto plumoso en r(20 y 33). Moderadamente lepidoblástica. Asociada al anfíbol y su distribución es irregular en la sección.

Esfena:

Accesorio común. De color pardo oscuro y amarillento, sin pleocroismo, anhedral de bordes redondeados, se presenta en agregados granulares. Asociada a los

anfíboles. En r(20 y 33) se presentan porfidoblastos de este mineral fracturados. Escasa.

**Apatito:**

Ausente en r(20). Accesorio común. Incoloro de alto relieve, anhedral de bordes irregulares, con hábito granular. Escaso o ausente.

**Opacos:**

La pirita se presenta a la luz reflejada de color amarillo latón, de anhedral a subhedral, con bordes irregulares y lisos. Se presenta con hábito granular y poligonal. Asociada a todos los minerales presentes. Escasa.

La hematita se presenta en r(20), a la luz reflejada se ve de color rojo sangre, de forma anhedral a subhedral, de bordes irregulares y corroídos, con hábito granular y poligonal. Asociada a todos los minerales presentes. Escasa.

El leucoxeno a la luz reflejada se ve de color blanco. Anhedral de bordes irregulares y astillosos, con aspecto fibroso en parches sobre el anfíbol y presenta una coloración pardo rojiza. Escaso.

**Esquisto epidótico cuarzo clorítico. (r: 48).**

Macroscópicamente se observa una muestra de roca ligeramente meteorizada, de color gris verdoso, homogénea, con minerales orientados y moderada foliación, escasas micas, con tamaño de grano fino.

Al microscopio se observa una muestra limpia, en algunas zonas muy oxidadas. Predomina el epidoto, con ligera orientación de minerales y de grano fino (fig. 141).

**Epidoto:**

De color amarillento, sin pleocroismo, anhedral, de bordes lisos y redondeados, se presenta en agregados granulares, columnar y granular. Fracturados y algunos granos

como oxidados. Asociado a todos los minerales presentes y su distribución es homogénea en la sección.

#### Clorita:

De color verde con pleocroismo moderado, que va del crema al verde manzana, anhedral de bordes irregulares y corroídos, con hábito escamoso, algunos tabulares. Intercala con biotita en algunas hojas. Lepidoblástica. Asociada al epidoto y su distribución es irregular en la sección.

#### Cuarzo:

Anhedral de bordes irregulares, con hábito granular y extinción ondulatoria. Asociado a todos los minerales presentes y su distribución es irregular en la sección.

#### Barroisita:

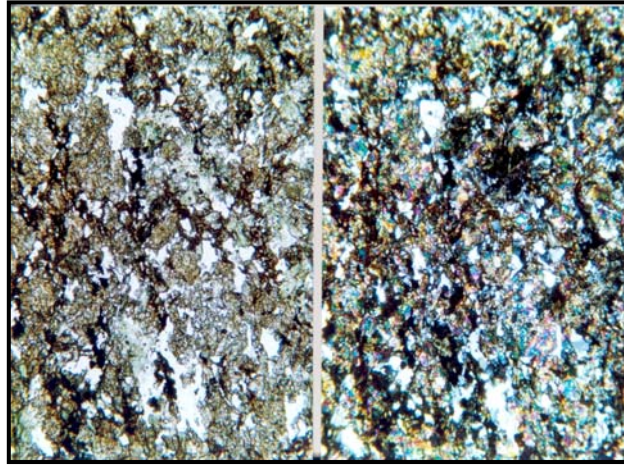
De color verde azul y con pleocroismo moderado que va del crema al verde. Anhedral de borde irregulares, algunos cristales tabulares y granulares. Asociada a todos los minerales presentes y su distribución es irregular en la sección.

#### Esfena:

Accesorio común. De color pardo oscuro y amarillento, sin pleocroismo, anhedral de bordes redondeados, se presenta en agregados granulares alargados y granos aislados. Asociada a los anfíboles. Escasa.

#### Opacos:

La pirita se presenta a la luz reflejada de color amarillo latón, con bordes irregulares y lisos. Se presenta con hábito granular. Asociada a todos los minerales presentes. Escasa.



**Fig. 141. Fotomicrografías de la sección RTo-902-r 48 (N: // y X). Esquisto epidótico cuarzo clorítico. Barroisita, epidoto y cuarzo orientados.**

#### Biotita:

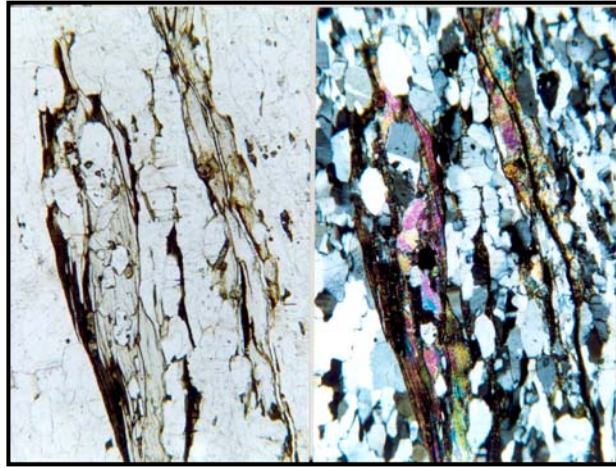
De color pardo con pleocroismo fuerte que va del crema al pardo rojizo, anhedral, de bordes irregulares y corroídos, con hábito plumoso-escamoso fino. Intercala con clorita y asociada a ella. Escasa.

#### *Cuarcitas:*

##### **Cuarcita plagioclásica micácea. (r: 5, 24 27 y 45) .**

Macroscópicamente se observa una muestra de roca ligeramente meteorizada, de color blanco verdoso, en algunas se intensifica el color verde, con tamaño de grano fino, y minerales orientados. Se observa además escasa foliación. La distribución de minerales es homogénea.

Al microscopio se observa una muestra homogénea, de minerales claros alineados, donde el cuarzo es el mineral esencial. Presenta textura granoblástica (v, Cap. 6, p. 84 y 85). Las micas presentan textura lepidoblástica (fig. 142).



**Fig. 142. Fotomicrografías de la sección RTo-902-r 27 (N: // y X). Cuarzita plagioclásica micácea. Textura granoblástica en cuarzo y lepidoblástica en micas.**

#### Cuarzo:

Anhedral, de bordes irregulares, con hábito granular con textura granoblástica. En r: 27 y 45 los granos son alargados. También se presentan parches de cuarzo policristalino. Asociado a todos los minerales presentes y su distribución es homogénea en la sección.

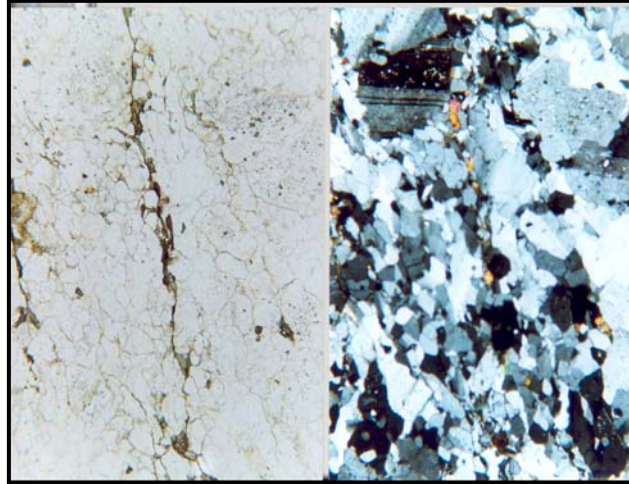
#### Plagioclasa:

Anhedral de bordes irregulares, con hábito granular. Presenta junto con el cuarzo textura granoblástica. Presenta escasas inclusiones de microlitos no diferenciables. Solo en escasos granos se observa maclado tipo Albita y Carlsbad discontinuas y distorsionadas. Se observa bordes albíticos en plagioclasa (v, Cap. 6, p. 93) (fig. 143). Asociada a todos los minerales presentes y su distribución es homogénea en la sección.

#### Mica blanca: muscovita

Anhedral de bordes irregulares y corroídos, con hábito hojoso y escamoso. Se encuentra algo curvada y con escasas inclusiones de epidoto. Intercala con biotita en

algunas hojas. Presenta textura lepidoblástica. Asociada a todos los minerales presentes y su distribución es irregular en la sección.



**Fig. 143. Fotomicrografías de la sección RTo-902-r 5 (N: // y X). Cuarcita plagioclásica micácea. Se observa bordes albiticos en plagioclasa.**

#### Biotita:

De color pardo con pleocroismo fuerte que va del crema al pardo oscuro, anhedral, de bordes irregulares y corroídos, con hábito hojoso-escamoso. Presenta textura lepidoblástica y ojo de pájaro. Altera a clorita. Asociada a las micas y su distribución en la sección es irregular.

#### Clorita:

De color verde con pleocroismo moderado, que va del crema al verde manzana, anhedral de bordes irregulares y corroídos, con hábito escamoso. En algunas hojas presenta inclusiones de epidoto. Lepidoblástica. Se encuentra algo curvada. Asociada a todos los minerales presentes y su distribución es irregular en la sección.

#### Epidoto:

De color amarillento y granos algo sucios, sin pleocroismo, de anhedral a subhedral, de bordes lisos y redondeados, con hábito poligonal, granular y prismático corto como inclusión. Algunos granos presentan núcleo pleocrómico pardo rojizo

(allanita). Asociado a todos los minerales presentes y su distribución es irregular en la sección.

Opacos:

Ausente en r(24). La pirita se presenta a la luz reflejada de color amarillo latón, con bordes irregulares y corroídos. Se presenta con hábito granular. Escasos granos pasando a hematita. Asociada a todos los minerales presentes. Escasa.

Apatito:

Ausente en r(27 y 45). Accesorio común. Incoloro de alto relieve, anhedral de bordes irregulares, con hábito granular. Escaso o ausente.

*Meta-ígneas graníticas:*

**Meta-trondhjemita. r(3).**

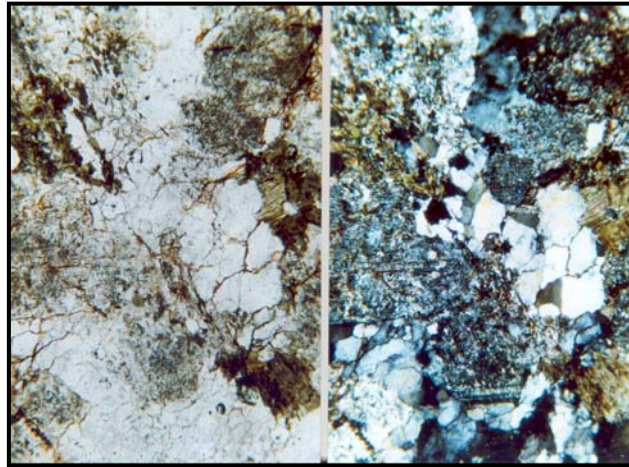
Macroscópicamente se observa una muestra de roca fresca de color blanco grisáceo, homogénea, con tamaño de grano medio, los minerales se encuentran desordenados sin orientación. Presenta escasos xenolitos de color verde semiovalados.

Al microscopio se observa una muestra heterogénea, algo sucia y oxidada, con minerales sin orientación alguna, con tamaño de grano grueso y variable. Porfidoblástica. Escasas micas y accesorios. Corresponde a un plagiogranito ya que no contiene feldespato potásico (fig. 144).

Plagioclasa:

De anhedral a subhedral, de bordes irregulares, con hábito masivo-granular y tabular, saussuritizada, con maclas difusas tipo albita y Periclino. Presenta textura poiquiloblástica con inclusiones de microlitos no observables. Asociada a todos los minerales presentes y su distribución es homogénea en la sección.





**Fig. 144. Fotomicrografías de la sección RTo-902-r 3 (N: // y X). Meta-trondhjemita. Porfidoblastos de plagioclasa sausrinizada, con maclado difuso tipo albita y parches de cuarzo policristalino.**

#### Biotita:

De color pardo y con pleocroismo fuerte, que va del crema al pardo oscuro, de forma anhedral, de bordes liso se irregulares, de hábito hojoso-escamoso en agregados formando como nidos. Poiquiloblástica con inclusiones de esfena, apatito y epidoto. Se presenta ligeramente curvada. Asociada a todos los minerales presentes y su distribución es irregular en la sección.

#### Epidoto:

De color amarillento, algo sucios, sin pleocroismo, anhedral de bordes irregulares, con hábito granular y tabular, algunos granos triturados, se encuentra también como inclusión en las plagioclasas. En el núcleo de algunos granos presenta una coloración pardo rojiza (allanita). Asociado a todos los minerales presentes y su distribución es irregular en la sección.

#### Mica blanca: muscovita

Incolora, anhedral, se presenta como astillosa y diminuta (sericita). Asociada a la biotita y su distribución es irregular en la sección.



**Opacos:**

La hematita se presenta, a la luz reflejada se ve de color rojo sangre, de forma anhedral, de bordes irregulares y corroídos, con hábito granular. Asociada a todos los minerales presentes. Escasa.

**Apatito:**

Accesorio común. Incoloro de alto relieve, anhedral de bordes irregulares, con hábito granular. Los granos están fracturados. Escaso.

**Cuarzo:**

Anhedral de bordes irregulares, se presenta en parches y bandas gruesas policristalinas. Asociado a todos los minerales presentes y su distribución es irregular en la sección

**Esfena:**

Accesorio común. De color pardo oscuro y amarillento, sin pleocroismo, anhedral de bordes redondeados, se presenta en agregados granulares alargados y granos aislados. Asociada a los anfíboles y micas. Escasa.

*Meta-ígneas máficas:***Anfibolita plagioclásica epidótica clorítica. (r: 26).**

Macroscópicamente se observa una muestra de roca moderadamente meteorizada a pardo claro, de color verde, con chispas de color crema a blanco, homogénea, con minerales desordenados sin orientación y con tamaño de grano medio.

Al microscopio se observa una muestra de anfíbol y plagioclasa como minerales mayoritarios, algo sucia, sin orientación. Los porfidoblastos de anfíbol están como oxidados y la plagioclasas se encuentra totalmente sauriritizada (fig. 145).

**Barroisita:**

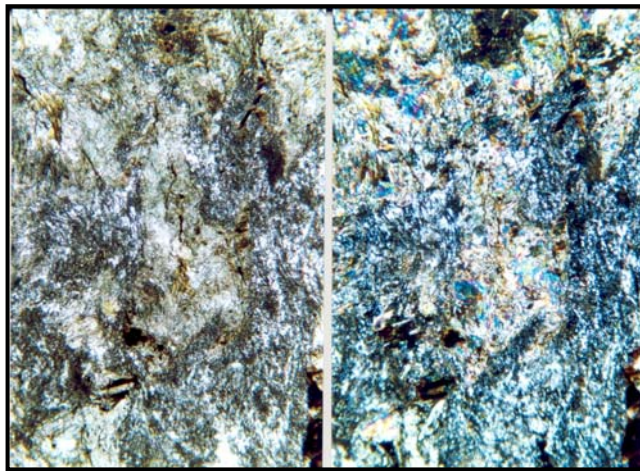
De color verde con pleocroismo moderado, que va del crema al verde azul, de bordes irregulares, con hábito poligonal y hojoso. Muchos cristales presentan en su superficie una cubierta de leucoxeno. Se presenta fracturado. Asociado y en equilibrio con todos los minerales presentes y su distribución es homogénea.

**Plagioclasa:**

Se presenta muy saussuritizada por lo que le imparte un color grisáceo a los granos, anhedral de bordes irregulares, con hábito masivo y tabular. Debido a la alteración no se observan claramente sus maclas, la poca que se observa son del tipo albita. Asociada y en equilibrio con todos los minerales presentes y su distribución es homogénea en la sección.

**Clorita:**

Pleocróica en tonos verdosos, anhedral de bordes irregulares y corroídos, con hábito escamoso y plumoso. Proviene del la alteración del a biotita, donde se observan ambos minerales alternados en un mismo mineral micáceo. Asociada y en equilibrio con todos los minerales presentes y su distribución es irregular en la sección.



**Fig. 145. Fotomicrografías de la sección RTo-902-r 26 (N: // y X). Anfibolita plagioclásica epidótica clorítica. Barroisita con fábrica desordenada y plagioclasa muy saussuritizada.**

**Biotita:**

Fuertemente pleocróica de crema a pardo rojizo, anhedral, de bordes irregulares y corroídos. Altera a clorita y se encuentra restos de ella no alterada en la clorita. Asociada y en equilibrio con todos los minerales presentes. Escasa.

**Esfena:**

Accesorio común. De color pardo oscuro y amarillento, sin pleocroismo, anhedral de bordes redondeados, se presenta en agregados granulares alargados y granos aislados. Asociada a los anfíboles y micas. Escasa.

**Opacos:**

La pirita se presenta a la luz reflejada de color amarillo latón, con bordes irregulares y corroídos. Se presenta con hábito granular y esquelético. Escasos granos pasando a hematita en los bordes, donde a la luz reflejada se ve de color amarillo latón. Asociada a todos los minerales presentes. Escasa.

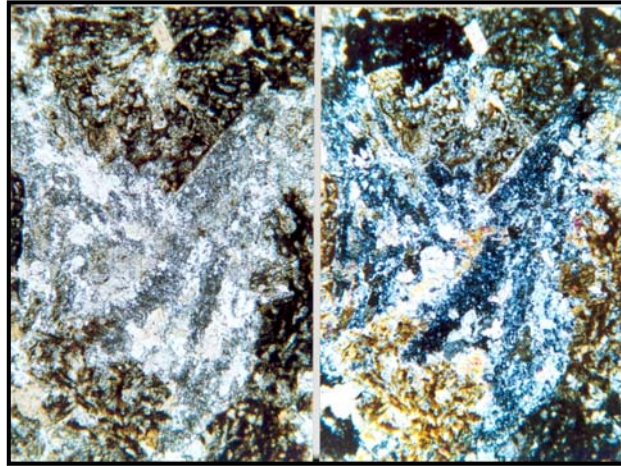
**Epidoto:**

Se presenta como microlitos saussuritizando la plagioclasa.

**Meta-gabro. (r: 17,41).**

Macroscópicamente se observa una muestra de roca ligeramente meteorizada, de color verde, con granos pequeños de color verde oliva, rodeados por una matriz de color verde claro. Es atravesada por una veta de color blanco donde se encuentran granos negros de tamaño medio. Homogénea, no se observa ninguna orientación de minerales.

Al microscopio se observa una muestra homogénea de porfidoblastos de barroisita y actinolita triturada que actúa como matriz. No presenta orientación alguna. Se encuentran algunas plagioclasa y biotitas (figs. 146 y 147).



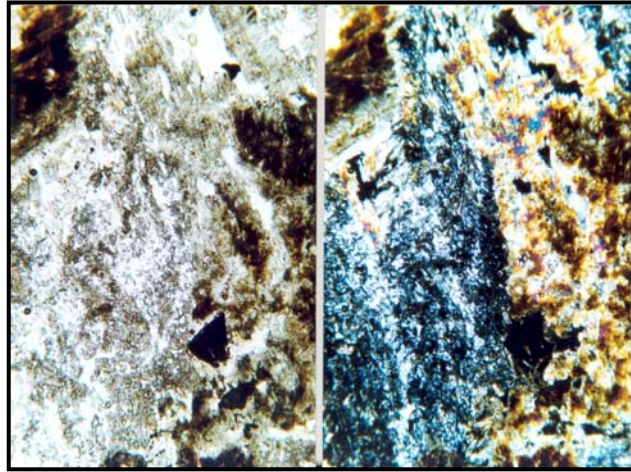
**Fig. 146. Fotomicrografías de la sección RTo-902-r 17 (N: // y X). Meta-gabro. Porfidoblastos hexagonales de barroisita alterada a leucoxeno y plagioclasa saussuritizada.**

#### Barroisita:

De color verde azul y con pleocroismo débil, casi la totalidad de los porfidoblastos están alterados presentando una capa de color pardo rojiza en su superficie (leucoxeno). Los cristales se presentan subhedrales, de bordes lisos, con hábito tabular, poligonal y esqueletal. En las fracturas se encuentra biotita. Presenta granos muy triturados que hacen de matriz y se presenta en agregados granulares. Asociada a todos los minerales presentes y su distribución es homogénea en la sección.

#### Biotita:

De color pardo y con pleocroismo fuerte, que va del crema al pardo rojizo, de forma anhedral, de bordes lisos e irregulares, de hábito hojoso-tabular y escamoso. Asociada a todos los minerales presentes y su distribución es irregular en la sección.



**Fig. 147. Fotomicrografías de la sección RTo-902-r 41 (N: // y X). Meta-gabro. Porfidoblastos hexagonales de barrosita alterada a leucoxeno y plagioclasa saussuritizada.**

#### Plagioclasa:

Anhedral de bordes irregulares, con hábito tabular, masivo granular y amorfo. Escasos granos con maclas difusas tipo Albita y Albita-Carlsbad. Presenta textura poiquiloblástica, en r: 41 muy saussuritizada por lo que no se observan maclas. Presenta fracturas y microfracturas en su superficie. Asociada a todos los minerales presentes y su distribución es irregular en la sección.

#### Mica blanca: sericita

Ausente en r(41). Incolora, anhedral de bordes irregulares, con hábito escamoso y diminuta. Asociada a las plagioclasas como inclusión. Escasa.

#### Cuarzo:

Ausente en r(41). Anhedral de bordes irregulares, con hábito granular y extinción ondulatoria. Asociado a todos los minerales presentes y su distribución es irregular en la sección.

**Opacos:**

La pirita se presenta a la luz reflejada de color amarillo latón, de anhedral a subhedral, con bordes irregulares y lisos. Se presenta con hábito granular y poligonal. Asociada a todos los minerales presentes. Escasa.

La hematita se presenta, a la luz reflejada se ve de color rojo sangre, de forma anhedral, de bordes irregulares y corroídos, con hábito granular. Asociada a todos los minerales presentes. Escasa.

El leucoxeno a la luz reflejada se ve de color blanco. Anhedral de bordes irregulares y astillosos, con aspecto fibroso en parches sobre el anfíbol y presenta una coloración pardo rojiza. Escaso.

**Apatito:**

Ausente en r(41). Accesorio común. Incoloro de alto relieve, anhedral de bordes irregulares, con hábito granular. Escaso o ausente.

**Epidoto:**

Se presenta como microlitos de forma prismático corto dentro de una matriz de actinolita y biotita.

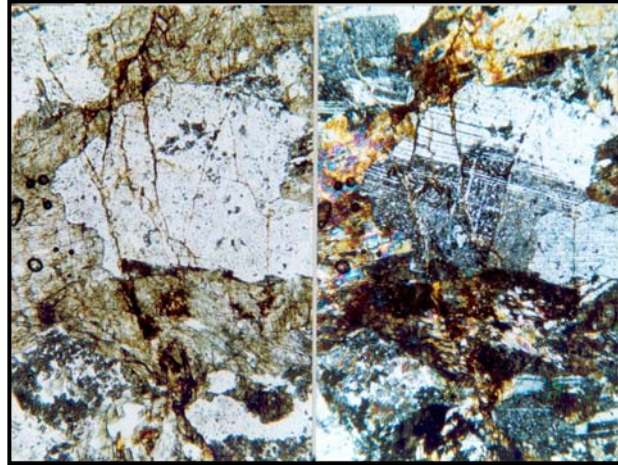
**Esfena:**

Ausente en r(17). Accesorio común. De color pardo oscuro y amarillento, sin pleocroismo, anhedral de bordes redondeados, se presenta en agregados granulares alargados y granos aislados. Asociada a los anfíboles. Escasa.

**Meta diabasa. r(34).**

Macroscópicamente se observa una muestra de roca moderadamente meteorizada a pardo claro, de color verde, con chispas gruesas irregulares de color crema a blanco, Con distribución de minerales homogénea, con minerales desordenados sin orientación y con tamaño de grano fino.

Al microscopio se observa una muestra homogénea de anfíbol barroicita, con porfidoblastos de plagioclasa tabular, donde se desarrolla la textura ofítica (subofítica, que es peor desarrollada), donde las láminas de plagioclasa están envueltas o moldeadas por el anfíbol, esto implica que el anfíbol provino del metamorfismo del piroxeno (fig. 148).



**Fig. 148. Fotomicrografías de la sección RTo-902-r 34 (N: // y X). Meta diabasa. Se observa la textura ofítica. Plagioclasa tabular poiquiloblástica con inclusiones de microlitos no diferenciados.**

Barroisita:

De color verde azul y con pleocroismo débil, casi la totalidad del los porfidoblastos están alterados presentando una capa de color pardo rojiza en su superficie (leucoxeno). Los cristales se presentan anhedrales, de bordes lisos, con hábito tabular, poligonal y esqueletal. En las fracturas se encuentra biotita. Asociada a todos los minerales presentes y su distribución es homogénea en la sección

Plagioclasa: oligoclasa – andesina.

Subhedral, de bordes rectos e irregulares, con hábito tabular, presenta maclado tipo Albita, Carlsbad, Albita-Carlsbad y Periclino. Se encuentra levemente saussuritizada y sericitizada. Se encuentra bordeada por el anfíbol lo que le da la textura ofítica a la muestra. Asociada a todos los minerales presentes y su distribución es homogénea en la sección.

**Mica blanca: sericita**

Incolora, anhedral de bordes irregulares y corroídos, con hábito escamoso, se encuentra como inclusión en las plagioclasa y aisladas junto con el epidoto. Asociada al epidoto y plagioclasa y su distribución es irregular.

**Epidoto:**

De color amarillento parduzco sin pleocroismo, anhedral, de bordes irregulares, se presenta en agregados granulares. Asociado a la sericita. Escaso.

**Calcita:**

Algo oscurecida, anhedral, de bordes irregulares y corroídos, se presenta en agregados gruesos y finos ramificados. Se encuentra generalmente sobre las plagioclasas. Escasa.

**Esfena:**

Accesorio común. De color pardo oscuro y amarillento, sin pleocroismo, anhedral de bordes redondeados, se presenta en agregados granulares alargados y granos aislados. Porfiroblastos de este mineral anhedral. Asociada a los anfíboles. Escasa.

**Apatito:**

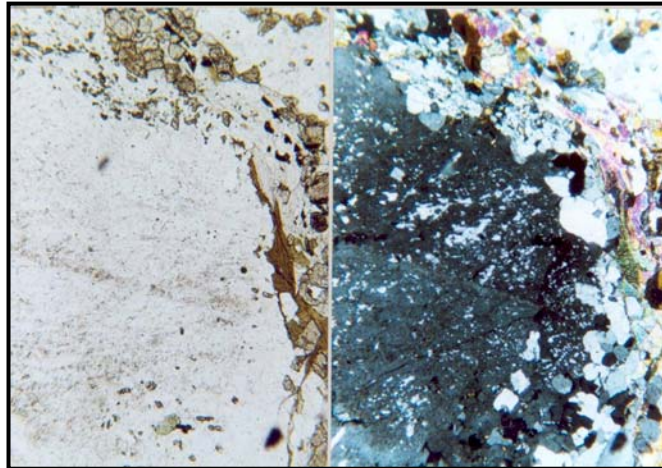
Incoloro, de alto relieve, anhedral, de bordes irregulares, con hábito granular. Escaso.



**CUENCA: QUEBRADA CHACAÍTO.****Petrografía***Gneises:***Augengneis cuarzo feldespático micáceo. (r: 40)**

Macroscópicamente se observa una roca fresca, de color gris verdoso, homogénea, de minerales orientados, con banditas micáceas oscuras y grandes ojos de color rosa claro. Presenta tamaño de grano grueso.

Al microscopio se observa una muestra heterogénea con porfidoclastos de microclino, escasa mica y epidoto y con abundante cuarzo. Se encuentra ligeramente orientada (fig. 149).



**Fig. 149. Fotomicrografías de la sección QCh-902-r 40 (N: // y X). Augengneis cuarzo feldespático micáceo. Porfidoclasto de microclino con pertitas en parches y venas gruesas.**

*Cuarzo:*

Anhedral de bordes irregulares, con hábito granular y textura granoblástica, se presenta en parches de cuarzo policristalino y también en delgados trenes de cuarzo microgranular que atraviesan los porfidoblastos de microclino. Está asociado a todos los minerales presentes y su distribución aparece homogénea dentro de la sección.

**Plagioclasa:**

Anhedral, de bordes irregulares, con hábito granular. Presenta textura granoblástica en unión con el cuarzo. Algunos granos poiquiloblásticos con inclusiones de muscovita y epidoto. Presenta maclado tipo Albita discontinuo y difuso por lo que no se puede determinar el % de An. Se encuentra asociada a todos los minerales presentes y se distribuye irregularmente dentro de la sección.

**Microclino:**

Se muestra anhedral y de bordes irregulares, con hábito masivo granular. Presenta textura porfidoclástica formando ojos, donde se observan sombras de presión. Presenta igualmente intercrecimientos peritéticos en parches y venas gruesas donde se observan sus maclas (v, Cap. 6, p. 92) (fig. 149), también en forma de hilos y llamas. Lo atraviesan trenes de cuarzo microgranular. No se observan maclas. Algunos de los parches peritéticos poseen inclusiones de microlitos no diferenciables. Está asociado a todos los minerales presentes y su distribución es irregular.

**Mica blanca: muscovita**

Incolora y anhedral, de bordes irregulares y corroídos, con hábito hojoso, con escasas inclusiones de epidoto y esfena. Está asociada a la biotita y al epidoto y su distribución es irregular.

**Biotita:**

De color pardo, con fuerte pleocroismo que va del crema al pardo oscuro, anhedral, de bordes irregulares y corroídos, hábito hojoso y escamoso, con escasas inclusiones de epidoto y esfena (poiquiloblástica). Está asociada a la muscovita y al epidoto y su distribución es irregular dentro de la sección.

**Clorita:**

De color verde con pleocroismo moderado, que va de crema al verde grama. Se presenta anhedral de bordes irregulares y corroídos, con hábito escamoso. Está asociada principalmente a la biotita y su distribución es irregular en la muestra.

**Grupo del Epidoto: epidoto**

De color amarillento y sin pleocroismo, de anhedral a subhedral, con bordes rectos y redondeados, hábitos granular, poligonal y prismático. Presencia de granos fracturados. Está asociado principalmente a las micas y su distribución es irregular en la sección.

**Esfena:**

De color pardo y sin pleocroismo, anhedral de bordes redondeados y hábito granular. Algunos porfidoblastos con hábito rombohédrico. La esfena se encuentra asociada principalmente al epidoto y micas y su distribución es irregular en la muestra.

**Opacos: pirita y hematita.**

La pirita se observa a la luz reflejada se ve de color amarillo latón, anhedral de bordes irregulares, con hábitos granular y amorfo. Asociada a todos los minerales presentes. Escasa.

La hematita presenta las mismas características de la pirita, solo que el color a la luz reflejada es rojo sangre.

**Gneis plagioclásico micáceo cuarzo epidótico. (r: 3, 16)**

Macroscópicamente se observa una muestra homogénea, ligeramente meteorizada. Con bandas finas y gruesas de color verde y blanco. Los minerales se encuentran orientados y son de grano grueso (fanerítica).

Al microscopio se observa muestras heterogéneas, de granos poco orientados, con bandas o parches de cuarzo policristalino y con presencia de micas, epidoto y anfíbol (fig. 150).

#### Grupo del Epidoto: epidoto

De color amarillento sin pleocroismo, de anhedral a subhedral, de bordes rectos y redondeados, con hábitos tabular, prismático, granular y poligonal. Algunos de los granos están muy fracturados, asociado y en equilibrio con todos los minerales presentes y su distribución en la sección es homogénea.

#### Plagioclasa: (Albita)

La plagioclasa se presenta del tipo albita, anhedral de bordes irregulares, de hábito granular subredondeada. Presenta textura poiquiloblástica con inclusiones de epidoto. Solo algunos granos presentan maclas tipo Carlsbad. Escasos granos presentan microfracturas en su superficie. Asociada y en equilibrio con todos los minerales presentes y su distribución dentro de la muestra es irregular.

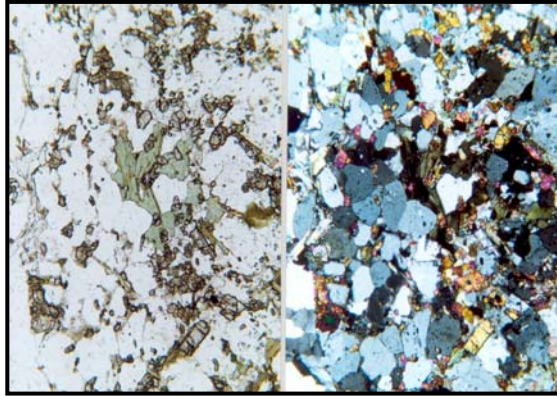
#### Biotita:

De color pardo, con pleocroismo fuerte que va del crema al pardo oscuro, anhedral con bordes irregulares, algunos rectos y astillosos, de hábito laminar-hojoso. Se aprecia restos de biotita en algunas cloritas. Escasas hojas poiquiloblásticas con inclusiones de epidoto, apatito y pirita. Asociada y en equilibrio con todos los minerales presentes y su distribución en la muestra es homogénea.

#### Cuarzo:

Anhedral, de bordes irregulares, se presenta en bandas gruesas y parches de cuarzo policristalino, con microfracturas en su superficie. En la muestra (r: 16) el cuarzo también se presenta con textura granoblástica, siendo en esta sección el mineral más abundante. Presenta inclusiones de microlitos de epidoto, muscovita y

apatito. Está asociado a todos los minerales presentes y su distribución es homogénea dentro de la sección.



**Fig. 150. Fotomicrografías de la sección QCh-802-r 3 (N: // y X). Gneis plagioclásico micáceo cuarzo epidótico. Plagioclasa no maclada poiquiloblástica con micas semi-orientadas.**

Clorita:

De color verde, moderadamente pleocróica de crema a verde manzana, anhedral de bordes irregulares, con hábito escamoso y laminar. Ligeramente poiquiloblástica con inclusiones de epidoto y pirita, algunas hojas muestran restos de biotita. La clorita está asociada principalmente a la biotita y su distribución dentro de la sección es irregular.

Mica blanca: muscovita y fengita

Incolora y subhedral, de bordes rectos y corroídos, se presenta en agregados tabulares en forma de pequeños listones, algunas hojas muestran franjas delgadas de color verde (fengita). Escasas hojas poiquiloblásticas con inclusiones de epidoto. Está asociada a las otras micas y al epidoto y su distribución es irregular en la sección.

Barroisita:

De color verde con pleocroismo moderado que va de crema al verde azul, anhedral de bordes irregulares y hábito granular, algunos granos presentan su clivaje característico. Está asociada a las micas y al epidoto y su distribución es irregular.

**Esfena:**

De color pardo sin pleocroismo, de forma anhedral y bordes redondeados, de hábito granular o en agregados granulares formando pequeños nidos. Está asociada principalmente al epidoto. Escasa. Ausente en (r: 16).

**Apatito:**

Incoloro y de alto relieve, de bordes redondeados y hábito granular. Escaso.

**Opacos:**

La pirita se observa a la luz reflejada se ve de color amarillo latón, de anhedral de bordes irregulares y corroídos, con hábito granular y esqueletal. Asociada a todos los minerales presentes. Escasa.

La hematita presenta las mismas características de la pirita, solo que su color a la luz reflejada es rojo sangre. Ausente en (r: 16).

**Gneis plagioclásico epidótico anfibólico. (r: 5)**

Macroscópicamente se observa una muestra ligeramente meteorizada y oxidada, homogénea, con intercalaciones de bandas y parches finos de color verde y blanco. Los minerales se encuentran orientados y presentan tamaño de grano medio (fanerítica).

Al microscopio se observa una muestra heterogénea con micas orientadas (textura lepidoblástica). El anfíbol barroisita se presenta pseudo orientado y muy fracturado. En general todos los cristales que se encuentran en esta sección están fracturados. (fig. 151).



**Fig. 151. Fotomicrografías de la sección QCh-802-r 5 (N: // y X). Gneis plagioclásico epidótico anfibólico. Porfidoblastos de epidoto y barrosita hacia la derecha. Minerales bien orientados. Cuarzo policristalino y con textura granoblástica.**

#### Barrosita:

De color verde con pleocroismo moderado que va del crema al verde azul, anhedral de bordes irregulares y rectos, con hábitos tabular, granular y hojoso, poiquiloblástica con escasas inclusiones de pirita. Está muy fracturada. Algunos cristales presentan clivaje. Asociada a todos los minerales presentes y su distribución es irregular a lo largo de la sección.

#### Plagioclasa:

Se presenta del tipo Albita. Incolora y anhedral, de bordes irregulares y con hábito masivo granular, en bandas y tabular. Presenta textura poiquiloblástica con inclusiones de epidoto. Algunos granos muy sausrinizados donde sus maclas tipo Albita están difusas, distorsionadas y discontinuas o ausentes. Asociada a todos los minerales presentes y su distribución es irregular a lo largo de la sección.

#### Grupo del Epidoto: epidoto y allanita.

De color amarillento sin pleocroismo, anhedral de bordes irregulares, hábito granular. Presenta granos diminutos poligonales y prismáticos, bien orientados. Los cristales de este mineral están muy triturados. Algunos granos poiquiloblásticos

presentan núcleo pardo-rojizo (allanita). Asociado a todos los minerales presentes y su distribución es irregular.

Clorita:

De color verde claro, moderadamente pleocróica desde el crema al verde, anhedral de bordes irregulares, de hábitos hojoso, escamoso, plumoso, en abanico y amorfo. Presenta texturas lepidoblástica y poiquiloblástica con escasas inclusiones de epidoto y pirita. Asociada a todos los minerales presentes y su distribución es homogénea.

Cuarzo:

Anhedral de bordes irregulares, se presenta en parches o bandas finas de cuarzo policristalino, o con inclusiones de microlitos de epidoto sin orientación alguna. Asociado a todos los minerales presentes y su distribución es irregular.

Mica blanca: muscovita

Incolora, anhedral de bordes rectos. Se presenta en hojas muy finas, alargadas y pequeñas como agujas. Presenta textura lepidoblástica. Asociada a todos los minerales presentes y su distribución es irregular.

Esfena:

De color pardo oscuro, otros casi negros sin pleocroismo, anhedral de bordes irregulares, se presenta en agregados granulares formando como nidos. Asociada principalmente a la barroisita y al epidoto. Escasa.

Opaco: pirita:

Opaca, a la luz reflejada se ve de color amarillo latón, anhedral de bordes irregulares y corroídos, se presenta en forma esquelética. Asociada a todos los minerales presentes. Escasa.



**Gneis plagioclásico cuarzo epidótico. (r: 35)**

Macroscópicamente se observa una muestra moderadamente meteorizada y oxidada, de color gris verdoso, homogénea, de minerales orientados, con tamaño de grano medio (fanerítica). Se encuentra atravesada por una veta de epidoto de color verde pistacho.

Al microscopio se observa una muestra heterogénea de minerales semi orientados, con cristales de plagioclasa sausuritizada (epidoto y sericita), con parches de cuarzo policristalino y presencia de biotita. El centro de la muestra lo abarca una gruesa veta de epidoto (fig. 152).

**Cuarzo:**

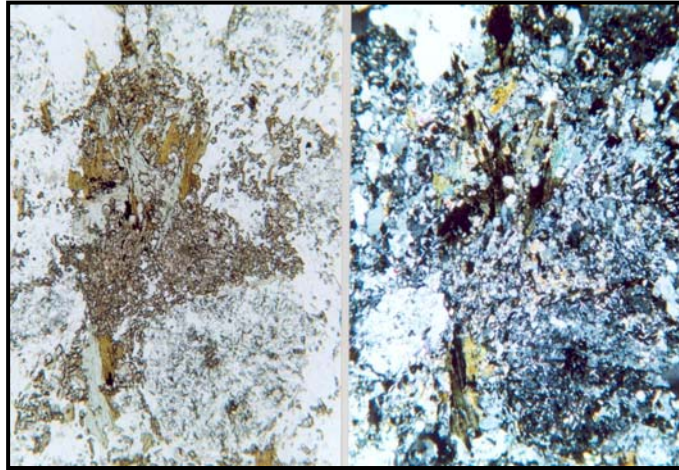
Anhedral de bordes irregulares, se presenta en bandas y parches de cuarzo policristalino. Asociado a todos los minerales presentes y su distribución es irregular en la sección.

**Plagioclasa: Albita**

Se encuentra sausuritizada en un 50% por lo que da un color grisáceo terroso, sin pleocroismo, anhedral de bordes irregulares, con hábito masivo granular. Su superficie está cubierta por microcristales de epidoto. Presenta maclas difusas tipo Albita y algunos granos carentes de estas. Asociada a todos los minerales presentes y su distribución es irregular en la sección.

**Biotita:**

De color pardo con pleocroismo fuerte que va del crema al pardo rojizo, anhedral de bordes irregulares, hábito hojoso-tabular, moderadamente lepidoblástica. Algunas hojas poiquiloblásticas presentan inclusiones de apatito y esfena. Se observa también algunas hojas alterando a clorita. Asociada a todos los minerales presentes y su distribución es irregular en la sección.



**Fig. 152. Fotomicrografías de la sección QCH-802-r 35 (N: // y X). Gneis plagioclásico cuarzo epidótico. Plagioclasa poiquiloblástica y epidoto muy fracturado. Micas semi-orientadas.**

#### Clorita:

De color verde con pleocroismo moderado que va del crema al verde claro, anhedral de bordes irregulares y corroídos, hábito escamoso, algunas hojas con restos de biotita. Hojas poiquiloblásticas con inclusiones de pirita, esfena y epidoto. Esta asociada principalmente al epidoto y la biotita y su distribución en la sección es irregular.

#### Grupo del Epidoto: epidoto

De color amarillento sin pleocroismo, anhedral de bordes irregulares, con hábitos masivo, granular, en agregados granulares y masas amorfas. Ocupa el 40% de la sección como una veta. Presencia de granos fracturados y disgregados. Asociado a todos los minerales presentes y su distribución es homogénea en la sección.

#### Esfena:

De color pardo oscuro, algunas casi negras, sin pleocroismo, anhedral de bordes irregulares con hábito granular. Algunos granos sustituidos casi totalmente por pirita donde aún se observa en el borde los restos de la esfena. Esta asociada a todos los minerales presentes. Escasa.

**Apatito:**

Incoloro, de alto relieve, anedral de bordes redondeados y de hábito granular. Asociado a todos los minerales presentes. Escaso.

**Opacos:**

La piritita se observa a la luz reflejada se ve de color amarillo latón, anedral de bordes irregulares con hábito granular. Escasa.

*Esquistos moteados:*

**Esquito anfibólico plagioclásico epidótico. (r: 14, 46)**

**Esquito plagioclásico anfibólico biotítico. (r: 1, 27)**

**Esquito anfibólico plagioclásico granatífero. (r: 6)**

Macroscópicamente se observa una muestra de roca homogénea, ligeramente meteorizada, de color verde oliva oscuro. Presentan en su superficie moticas de color blanco. No presentan buena foliación, con tamaño de grano fino (afanítica). Algunas presentan vetas finas de color blanco.

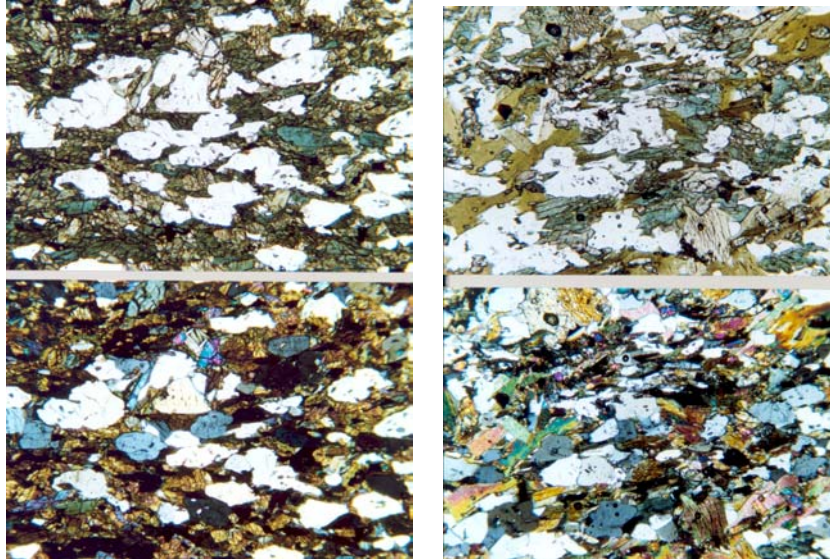
Al microscopio se observan muestras homogéneas compuestas por el anfíbol barroisita con textura nematoblástica (v, Cap. 6, p. 85), plagioclasa y epidoto generalmente. El aspecto moteado lo da la plagioclasa tipo albíta ovoidal (figs. 153, 154 y 155).

Cabe destacar que las características descriptivas de los minerales de todas las clases son iguales.

**Barroisita:**

De color verde y con pleocroismo fuerte que va de crema al verde azul, de anedral a subhedral, de bordes lisos e irregulares, con hábitos laminar, prismático o poligonal. Algunos granos fracturados y disgregados y sin clivaje. En las muestras (r: 14 y 46) presenta textura nematoblástica y es tan abundante el anfíbol que le imparte

buena foliación a la roca. Se encuentra asociada y en equilibrio con el resto de los minerales, su distribución es homogénea y presenta inclusiones de pirita.



**Fig. 153. Fotomicrografías de la sección QCh-802-r 14 (N: // y X). Esquisto anfibólico plagioclásico epidótico (izq).**

**Fig. 154. Fotomicrografías de la sección QCh-802-r 1 (N: // y X). Esquisto plagioclásico anfibólico biotítico (der).**

**Porfidoblastos de plagioclasa tipo albita, ovoidal, sin maclas. Minerales semi-orientados.**

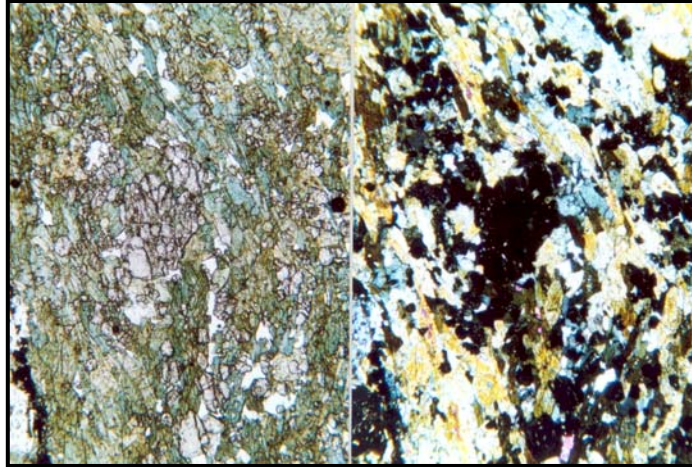
#### Plagioclasa: (Albita)

Se presenta en su variedad albita, donde esta ausente su maclado característico. Algunos granos presentan maclado Carlsbad. Incolora y anhedral, de bordes irregulares y de hábito masivo granular en forma de ovoides. Presenta textura poiquiloblástica con escasas inclusiones de esfena, epidoto, apatito y barrosita. Algunos granos presentan microfracturas en su superficie. Está asociada y en equilibrio con todos los minerales presentes y su distribución es homogénea dentro de la muestra.

#### Grupo del Epidoto: epidoto

De color amarillento parduzco, no pleocrómico, de anhedral a subhedral, con bordes irregulares y redondeados, de hábito granular y prismático corto y alargado. A veces se presenta maclado. En la muestra (r: 6) se presenta con hábito masivo y con

inclusiones de abundante granate y barroisita. Asociado a todos los minerales presentes y su distribución es irregular.



**Fig. 155. Fotomicrografías de la sección QCh-802-r 6 (N: // y X). Esquisto anfibólico plagioclásico granatífero. Granate porfidoblástico post-tectónico. Barroisita con textura nematoblástica.**

**Biotita:**

Se presenta solo en las muestras (r: 1, 27). De color pardo y con pleocroismo fuerte, que va del crema al pardo oscuro. En (r: 1) de color pardo rojizo y muy fina. Anhedral de bordes lisos y corroídos, de hábitos escamoso y hojoso-laminar. Poiquiblastica con inclusiones de epidoto, esfena y plagioclasa. Ligeramente curvada. Se presentan restos de biotita en algunas cloritas. Asociada al anfíbol y su distribución es irregular en la sección.

**Clorita:**

Ausente en (r: 27). De color verde ligeramente pleocróica de crema a verde claro, anhedral de bordes irregulares y corroídos, con hábito escamoso y en forma de abanico. Escasas hojas poiquiblasticas con inclusiones de epidoto y esfena donde algunas de estas inclusiones van paralelas al clivaje. En (r: 1) se observa alternancia de biotita-clorita. Está asociada al anfíbol y biotita principalmente y su distribución es irregular en la sección.

**Esfena:**

De color pardo oscuro y sin pleocroismo, anhedral de bordes redondeados, con hábito granular y en agregados granulares en forma de nido. A veces alterada a leucoceno. Está asociada a todos los minerales presentes y su distribución dentro de la muestra es irregular.

**Apatito:**

Incoloro, de alto relieve. Anhedral y de bordes redondeados, con hábito granular. Algunos de los granos están fracturados. Asociado a todos los minerales presentes. Escaso o ausente.

**Opacos:**

Se presenta la pirita, a la luz reflejada es de color amarillo latón, anhedral y de bordes irregulares y corroídos, con hábitos granular amorfo y esqueletal, asociado a todos los minerales presentes, generalmente paralela a la foliación. Escasa.

La hematita, a la luz reflejada se observa de color rojo sangre, no pleocróica, subhedral de bordes lisos y redondeados, con hábito rómbico y escamoso. Escasa o ausente. Se presenta en las muestras (r: 27, 46).

**Cuarzo:**

Ausente en (r: 27). Anhedral, de bordes irregulares, con hábito granular y en parches alargados de cuarzo policristalino, asociado a todos los minerales presentes y su distribución es irregular. Presenta extinción ondulatoria.

**Calcita:**

Presente solo en (r: 1). Algo oscurecida de neutro a pardo, anhedral, de bordes irregulares, se presenta en vetas finas sobre algunos granos de plagioclasa. Escasa.

**Granate:**

Presente solo en (r: 6). De color rosa pálido, no pleocrómico, de subhedral a anhedral, con bordes rectos y redondeados, de hábito granular y poligonal, algunos granos presentan fracturas rellenas de clorita y alterando a biotita. Algunos granos porfidoblásticos, cortan la foliación, textura índice de cristalización post-tectónica (v, Cap. 6, p. 85) (fig. 155). Asociado al epidoto y su distribución es irregular.

***Esquistos no moteados:***

Conformado por las muestras r (21, 22, 37, 44 y 52).

Macroscópicamente se observa una muestra homogénea, moderadamente meteorizada, de color verde intercalada con tonos blancos. Con buena foliación, de grano fino (afanítica)

Al microscopio se observa muestras heterogéneas con bandas de cuarzo y la presencia de clorita y epidoto y porfidoblastos de plagioclasa. Los granos se presentan moderadamente orientados (figs. 156, 157 y 158).

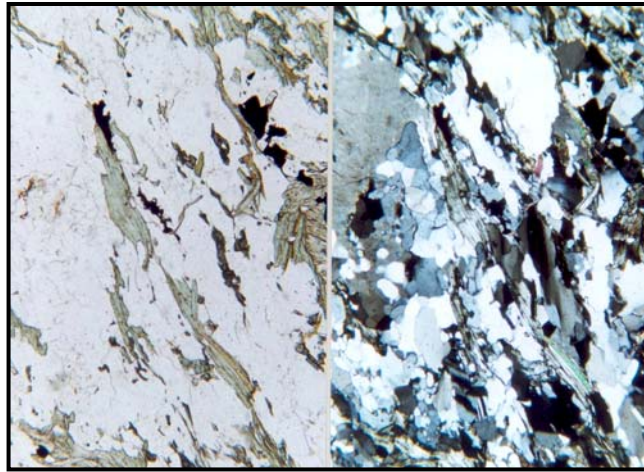
**Esquisto cuarzo epidótico plagioclásico clorítico. (r: 37, 52)****Cuarzo:**

Anhedral, de bordes irregulares y pseudo redondeado. Se presenta como una matriz de cuarzo microgranular, con textura granoblástica. En la muestra (r: 52) granular con textura granoblástica. También en parches de cuarzo policristalino.

**Grupo del Epidoto: epidoto y allanita**

De color amarillento algo sucio, de anhedral a subhedral, con bordes irregulares y redondeados y de hábito granular. La mayoría de los granos son diminutos y muy fracturados. Escasos presentan un núcleo rojizo (allanita). Está asociado a todos los minerales presentes y su distribución dentro de la muestra es irregular.





**Fig. 156. Fotomicrografías de la sección QCh-802-r 52 (N: // y X). Esquisto cuarzo epidótico plagioclásico clorítico. Clorita lepidoblástica y cuarzo policristalino.**

#### Clorita:

De color verde claro, moderadamente pleocróica del crema al verde, anhedral de bordes irregulares y algunos astillosos y corroídos, con hábito escamoso, presenta textura lepidoblástica. En algunas hojas se observa alternancia de clorita-biotita y restos de biotita, ligeramente poiquiloblástica con inclusiones de epidoto y piritita, asociada a todos los minerales presentes y su distribución dentro de la muestra es irregular.

#### Biotita:

De color pardo, fuertemente pleocróica de crema a pardo oscuro o pardo rojizo, anhedral de bordes rectos, irregulares y corroídos, con hábito hojoso-laminar, ligeramente curvadas. Algunas hojas no muestran clivaje debido a que el corte de la muestra fue hecho paralelo a la dirección del clivaje de algunas hojas. Presenta textura lepidoblástica y ligeramente poiquiloblástica con inclusiones de epidoto, apatito, piritita y esfena. Asociada principalmente a la clorita y epidoto, aunque en equilibrio con todos los minerales presentes y su distribución es irregular.



**Mica blanca: muscovita**

Ausente en (r: 52). Incolora, anhedral de bordes rectos e irregulares, con hábito hojoso-laminar, ligeramente curvada. Está asociada a las otras micas y su distribución es irregular.

**Plagioclasa: (Oligoclasa, 18% de An)**

Se muestra en su variedad oligoclasa con 18% de An. Anhedral y de bordes irregulares, con hábito masivo y granular. En la muestra (r: 37) la plagioclasa esta sauritizeda la cual impide ver sus maclas en algunos de los granos, también se presenta la macla tipo albita. La muestra (r: 52) presenta macla tipo Albita y Albita-Carlsbad. En la muestra (r: 52) se presenta con textura poiquiloblástica con inclusiones de epidoto. Esta asociada a todos los minerales presentes y su distribución dentro de la muestra es irregular.

**Barroisita:**

De color verde con pleocroismo moderado de crema a verde azul, anhedral de bordes irregulares y con hábito granular, algunos granos poligonales y con su clivaje característico. Muchos de los granos están fracturados y disgregados. Asociada a todos los minerales presentes y su distribución es irregular.

**Esfena:**

De color pardo, amarillento o casi negro, sin pleocroismo, anhedral de bordes redondeados, con hábito granular y en agregados en forma de nido. Asociada generalmente a las micas y epidoto. Escasa.

**Apatito:**

Incoloro, de alto relieve, anhedral de bordes redondeados, con hábito granular. Escaso o ausente.

Opacos:

La pirita a la luz reflejada se ve de color amarillo latón, anhedral de bordes irregulares, con hábito granular y esqueletal. Escasa.

La hematita se presenta en la muestra (r: 37). A la luz reflejada se ve rojo sangre, anhedral de bordes irregulares y corroídos, con hábito granular. Escasa.

### **Esquisto cuarzo plagioclásico epidótico clorítico. (r: 21, 44)**

Cuarzo:

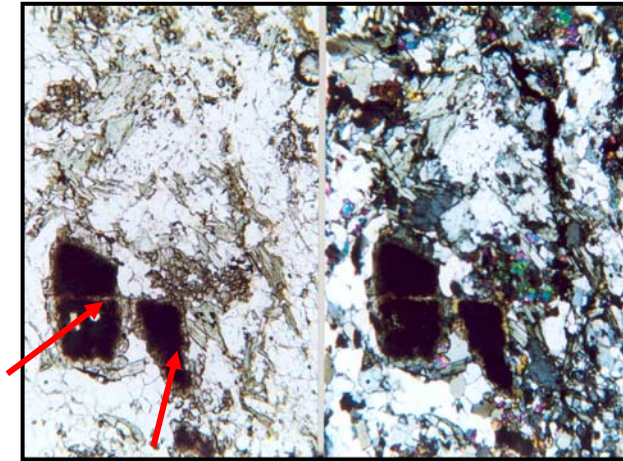
Anhedral de bordes irregulares y pseudo redondeados, en (r: 21) se presenta como una matriz de cuarzo microgranular con textura granoblástica y en parches y bandas de cuarzo policristalino, en (r: 44) se presenta con hábito masivo-granular. Asociado a todos los minerales presentes y su distribución es homogénea en la sección. En (r: 44) la distribución de este mineral es irregular.

Grupo del Epidoto: epidoto y allanita.

De color amarillento algo sucio, de anhedral a subhedral, con bordes irregulares y redondeados y de hábito granular y prismático alargado. La mayoría de los granos son diminutos y muy fracturados. Está asociado a todos los minerales presentes y su distribución dentro de la muestra es irregular. Se observan granos zonados (v, Cap. 6, p. 90) (fig. 157), con núcleos pardo rojizos, pleocroicos (allanita).

Clorita:

De color verde claro, moderadamente pleocróica de crema al verde, anhedral de bordes irregulares y algunos astillosos y corroídos, con hábito escamoso, presenta textura lepidoblástica. En algunas hojas se observa restos de biotita no alterada, ligeramente poiquiloblástica con inclusiones de epidoto y pirita, asociada a todos los minerales presentes y su distribución dentro de la muestra es irregular.



**Fig. 157. Fotomicrografías de la sección QCh-802-r 21 (N: // y X). Esquisto cuarzo plagioclásico epidótico clorítico. Epidoto zonado con núcleo de allanita.**

Mica blanca: muscovita

Incolora, anhedral de bordes rectos e irregulares, con hábito hojoso-laminar, ligeramente curvada. En (r: 44) se interdigita con clorita. Está asociada a las otras micas y su distribución es irregular.

Plagioclasa: (Oligoclasa, 18% An)

Se muestra en su variedad oligoclasa con 18% de An. Anhedral y de bordes irregulares, con hábito masivo y granular, poiquiloblástica con inclusiones de epidoto. No se observan maclas. Esta asociada a todos los minerales presentes y su distribución dentro de la muestra es irregular.

Esfena:

De color pardo, amarillento o casi negro, sin pleocroismo, anhedral de bordes redondeados, con hábito granular y en agregados en forma de nido. Asociada generalmente a las micas y epidoto. Escasa.

Apatito:

Incoloro, de alto relieve, anhedral de bordes redondeados, con hábito granular. Escaso o ausente.

Opacos:

La pirita a la luz reflejada se ve de color amarillo latón, anhedral de bordes irregulares, con hábito granular y esqueletal. Escasa.

### **Esquisto cuarzo clorítico epidótico. (r: 22)**

Cuarzo:

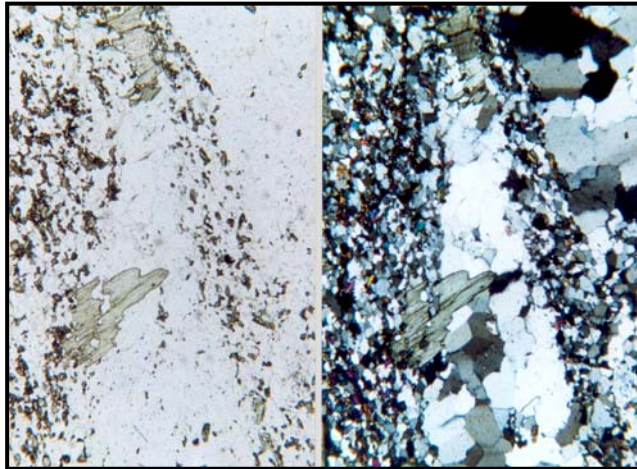
Anhedral de bordes irregulares y pseudo redondeados, se presenta como una matriz de cuarzo microgranular con textura granoblástica y en parches y bandas de cuarzo policristalino. Asociado a todos los minerales presentes y su distribución es homogénea en la sección.

Grupo del Epidoto: epidoto y allanita.

De color amarillento algo sucio, de anhedral a subhedral, con bordes irregulares y redondeados y de hábito granular. La mayoría de los granos son diminutos y muy fracturados. Algunos granos presentan núcleo rojizo pleocrómico (allanita). Está asociado a todos los minerales presentes y su distribución dentro de la muestra es irregular.

Clorita:

De color verde claro, moderadamente pleocrómica de crema al verde, anhedral de bordes irregulares y algunos astillosos y corroídos, con hábito escamoso, presenta textura lepidoblástica. En algunas hojas se observa restos de biotita no alterada, ligeramente poiquiloblástica con inclusiones de epidoto y pirita, asociada a todos los minerales presentes y su distribución dentro de la muestra es irregular.



**Fig. 158. Fotomicrografías de la sección QCh-802-r 22 (N: // y X). Esquisto cuarzo clorítico epidótico. Cuarzo policristalino y granular con textura granoblástica. Clorita que corta la foliación (textura índice de cristalización post-tectónica).**

Plagioclasa: (Oligoclasa, 18% An)

Se muestra en su variedad oligoclasa con 18% de An. Anhedral y de bordes irregulares, con hábito masivo y granular, porfidoblástica y poiquiloblástica con inclusiones de epidoto. Presenta maclado tipo Albita. Esta asociada a todos los minerales presentes y su distribución dentro de la muestra es irregular.

Barrosita:

De color verde con pleocroismo moderado de crema a verde azul, anhedral de bordes irregulares y con hábito granular, algunos granos poligonales y con su clivaje característico. Muchos de los granos están fracturados y disgregados. Asociada a todos los minerales presentes y su distribución es irregular.

Esfena:

De color pardo, amarillento o casi negro, sin pleocroismo, anhedral de bordes redondeados, con hábito granular y en agregados en forma de nido. Asociada generalmente a las micas y epidoto. Escasa.

**Apatito:**

Incoloro, de alto relieve, anhedral de bordes redondeados, con hábito granular. Escaso o ausente.

**Opacos: pirita y hematita.**

La pirita a la luz reflejada se ve de color amarillo latón, anhedral de bordes irregulares, con hábito granular y esqueletal. Escasa.

La hematita se presenta a la luz reflejada de color rojo sangre, anhedral de bordes irregulares y corroídos, con hábito granular. Escasa.

**Esquisto anfibólico plagioclásico epidótico. (r: 19)**

Macroscópicamente se observa una muestra de roca moderadamente meteorizada a color pardo claro, en las zonas frescas se observa de color verde. Escaso desarrollo de foliación. Orientada, con tamaño de grano fino, homogénea.

Al microscopio se observa una muestra homogénea, algo sucia y oxidada con anfíbol barroisita, epidoto y plagioclasa sin orientación, donde el anfíbol se presenta fracturado y la plagioclasa poiquiloblástica y se presenta en algunos casos con tendencia moteada (fig. 159).

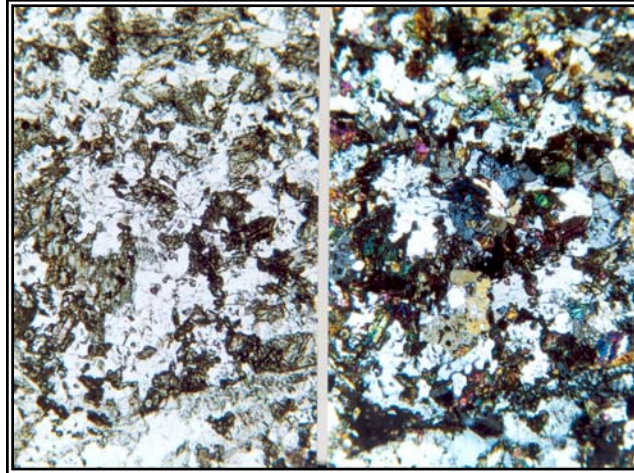
**Barroisita:**

De color verde azul, algunas hojas pardas, con pleocroismo moderado en tonalidades verdosas, de bordes irregulares y hábito granular esqueletal y laminar. Los cristales se encuentran fracturados y disgregados. Presenta escasas inclusiones de esfena. Asociada a todos los minerales presentes y su distribución es homogénea en la sección.

**Plagioclasa:**

Se presenta en su variedad Albita, anhedral de bordes irregulares y hábito granular. Algunos granos ovoidales con aspecto moteado. Poiquiloblástica con inclusiones de

epidoto. Asociada a todos los minerales presentes y su distribución es homogénea en la sección.



**Fig. 159. Fotomicrografía de la sección QCh-802-r 19 (N: // y X). Esquisto anfibólico plagioclásico epidótico. Minerales semi-orientados, barroisita, epidoto y plagioclasa.**

#### Grupo del Epidoto: epidoto

De color amarillento sin pleocroismo, con granos bastante sucios, de anhedral a subhedral, de bordes rectos e irregulares, con hábito granular, columnar y poligonal. Algunos granos fracturados. Asociada a todos los minerales presentes y su distribución es homogénea en la sección.

#### Clorita:

De color verde con pleocroismo débil en tonos verdosos, anhedral de bordes irregulares y corroídos, con hábito escamoso y escasas inclusiones de esfena. Asociada al anfíbol y su distribución es irregular en la sección.

#### Cuarzo:

Anhedral de bordes irregulares, con hábito granular y en vetas microgranulares. Asociado a todos los minerales presentes y su distribución es irregular en la sección.

**Esfena:**

Accesorio común. De color pardo oscuro, anhedral de bordes redondeados, con hábito granular y en agregados. Asociada a la clorita y anfíbol. Escasa.

**Opacos: hematita**

La hematita se presenta a la luz reflejada de color rojo sangre, anhedral de bordes irregulares y corroídos, con hábito granular. Escasa.

**Meta-psefita:****Metaconglomerado / brecha. (r: 50)**

Macroscópicamente se observa una muestra de roca de color verde, donde no se observan los granos a simple vista, solo se observan escasos granos diminutos de color blanco, masiva, homogénea, no presenta orientación de minerales.

Al microscopio se observa una muestra homogénea con matriz de epidoto muy fino y porfidoblastos de fragmentos de roca (meta chert) y escasos minerales accesorios y sin orientación (fig. 160).

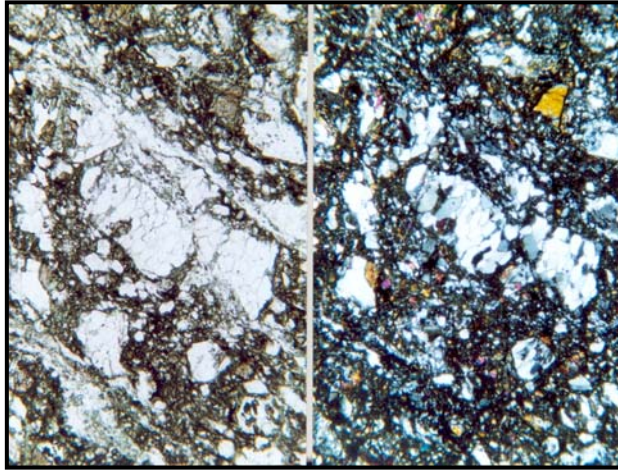
**Cuarzo: (fragmentos de roca)**

Anhedral de bordes irregulares, con hábito granular y sub-redondeado. Se presenta como fragmentos de roca (meta chert), donde pareciera un grano de cuarzo con textura granoblástica microgranular, los granos no presentan ninguna orientación. Asociado a todos los minerales presentes y su distribución es homogénea en la sección.

**Grupo del Epidoto: epidoto y allanita**

Se presenta como una matriz de grano muy fino y escasos granos porfidoblásticos de hábito granular. Algunos granos con núcleo rojizo (allanita). Asociado a todos los minerales presentes y su distribución es homogénea en la sección.





**Fig. 160. Fotomicrografías de la sección QCh-802-r 50 (N: // y X). Conglomerado con fragmentos de roca (chert) y epidoto. Fábrica desordenada.**

#### Clorita:

De color verde grama con pleocroísmo moderado que va del amarillo al verde, es anhedral de bordes irregulares y corroídos, posee hábito escamoso algunos amorfos. Asociada a todos los minerales presentes y su distribución es homogénea en la sección.

#### Calcita:

Ligeramente oscurecida al girar la platina, anhedral, de bordes irregulares, se presenta en vetas y parches irregulares. Asociadas a todos los minerales presentes. Escasa.

#### Esfena:

De color pardo y sin pleocroísmo. La esfena se presenta a anhedral, de bordes redondeados, hábito granular, a veces en agregados granulares. Están asociadas a todos los minerales presentes. Escasa.

**Opacos:**

La hematita se presenta a la luz reflejada de color rojo sangre, anhedral de bordes irregulares y corroídos, con hábito granular. En el centro de algunos granos se presenta aún la pirita que a la luz reflejada se ve de color amarillo latón. Escasa.

**Cuarcitas:****Cuarcita plagioclásica micácea. (r: 17, 26, 34)**

Macroscópicamente se observa una muestra de roca ligeramente meteorizada, de color blanco verdoso y minerales orientados. Micácea y homogénea y con tamaño de grano fino.

Al microscopio se observa el cuarzo como mineral esencial en las muestras, acompañada de porfidoblastos de plagioclasa y microclino, y mica muscovita. Presentan orientación moderada por la presencia de la mica (figs. 161 y 162).

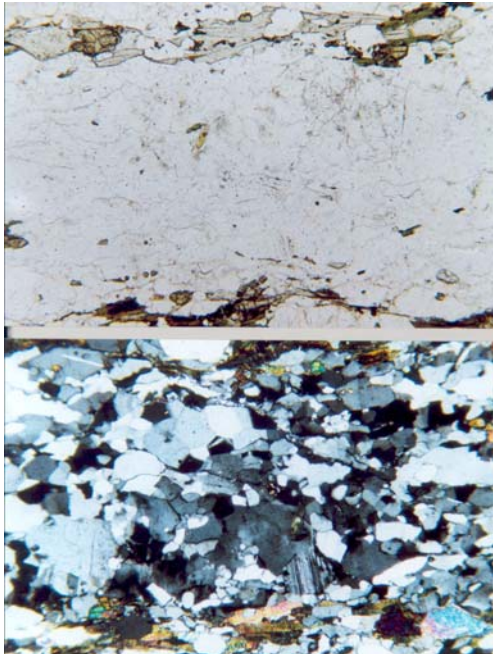
**Cuarzo:**

Se presenta en forma anhedral, de bordes irregulares y hábito granular. Presenta textura granoblástica, a veces en parches semiovalados de cuarzo policristalino. Los granos aparecen moderadamente orientados, no presentan alteraciones y su distribución es homogénea. Asociado y en equilibrio con todos los minerales presentes.

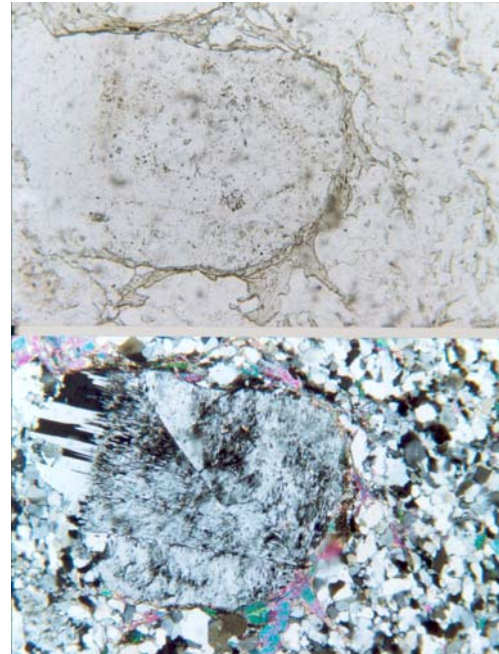
**Plagioclasa: (Albita y Andesina)**

Predomina la variedad Albita y algo de Andesina. Incolora, de subhedral a anhedral, de bordes irregulares, los porfidoblastos presentan hábito tabular. Los granos que se encuentran dentro de la matriz de cuarzo igualmente poseen textura granoblástica. Los porfidoblastos (fig.162), muestran inclusiones de sericita y epidoto y se observa maclado tipo tablero de ajedrez (v, Cap. 6, p. 93). La plagioclasa se encuentra ligeramente alterada a sericita. Sus maclas tipo Albita y Carlsbad son

difusas. Presentan microfracturas en su superficie y su distribución dentro de la muestra es irregular. Asociada a todos los minerales presentes.



**Fig. 161.** Fotomicrografías de la sección QCh-802-r 17 (N: // y X). Cuarzita plagioclásica micácea. Cuarzo granular y policristalino, mica lepidoblástica y plagioclasa con maclado tipo albita.



**Fig. 162.** Fotomicrografías de la sección QCh-802-r 34 (N: // y X). Cuarzita plagioclásica micácea. En el borde superior izquierdo del porfidoblasto de plagioclasa se observa maclado tipo tablero de ajedrez.

#### Microclino:

Incoloro y anhedral, de bordes irregulares y hábito granular. Posee intercrecimientos peritéticos en forma de venas, parches e hilos, maclado en rejillas a veces difuso o ausente. Algunos granos presentan trenes de cuarzo microgranular como se observa en la muestra r: 34. Desarrolla las texturas porfidoblástica y poiquiloblástica con inclusiones de sericita. Su distribución en la muestra es irregular. Asociado con todos los minerales presentes.

#### Mica blanca: muscovita y sericita

Incolora, con pleocroismo ligeramente verdoso, anhedral, de bordes lisos e irregulares, con hábito laminar-hojoso. Presenta textura lepidoblástica y poiquiloblástica con inclusiones de epidoto, asociada a la biotita y al epidoto

principalmente. En la muestra r: 34 se presenta con hábito escamoso y algunas hojas tabulares y sin orientación. Se presenta también en su variedad sericita, en escamas diminutas y generalmente se encuentra como inclusión en los feldespatos, se distribuye irregularmente.

Grupo del Epidoto: epidoto y allanita.

De color amarillento, con pleocroismo débil que va del crema al amarillo fuerte, de subhedral a anhedral y de bordes redondeados, presenta hábito granular y prismático corto, se presenta también en agregados granulares, asociado a las micas. Algunos de los granos presentan núcleo rojizo (allanita). Su distribución dentro de la muestra es irregular.

Biotita:

Se presenta solo en la muestra r: 17. De color pardo con pleocroismo fuerte que va del crema al pardo rojizo, de bordes lisos, irregulares y corroídos, posee hábito escamoso y está asociado a la muscovita. Escasa.

Clorita:

Se presenta solo en la muestra r: 17. De color verde grama con pleocroismo fuerte que va del amarillo al verde, es anhedral de bordes irregulares y corroídos, posee hábito escamoso algunos amorfos, en algunas escamas se presenta como producto de alteración de la biotita. Presenta textura poiquiloblástica con escasas inclusiones de pirita y esfena, esta asociada a las micas. Escasa

Esfena:

De color pardo y sin pleocroismo. La esfena se presenta de subhedral a anhedral, de bordes redondeados, hábito granular, a veces en agregados granulares y otros romboédricos. Están asociadas a las micas y al epidoto. Escasas.

Opacos: pirita y hematita.

La pirita a la luz reflejada se ve de color amarillo latón. Se presenta de subhedral a anhedral, de bordes lisos y corroídos, de hábito prismático corto y en formas esqueletales. Escasa.

La hematita aparece en la muestra r: 34. A la luz reflejada se ve de color rojo sangre, anhedral de bordes irregulares y corroídos, con hábito granular y en formas esqueletales. Escasa.

Apatito:

Incoloro, de alto relieve, anhedral de bordes redondeados, de hábito granular. Escaso o ausente y esta asociado a las micas.

*Rocas Meta-ígneas graníticas:*

**Meta-trondhjemita. (r: 24)**

Macroscópicamente se observa una roca fresca algo oxidada, de color blanco grisáceo, homogénea, con tamaño de grano medio, micácea y minerales no orientados.

Al microscopio se observa en nícoles paralelos pocas micas sin orientación y trazas de esfena y epidoto. Presenta abundante plagioclasa como mineral mayoritario seguida de cuarzo y escaso índice de color (fig. 163).

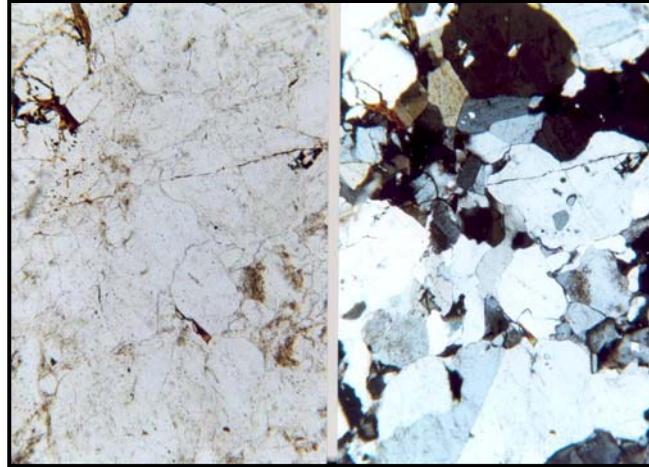
Cuarzo:

Anhedral de bordes irregulares, se presenta en bandas y parches gruesos de cuarzo policristalino. Está asociado a todos los minerales presentes y su distribución es irregular.

Plagioclasa:

Se presenta anhedral de bordes irregulares y de hábito masivo granular. La mayoría de los granos ausente de maclas, solo algunos granos presentan maclado tipo Albita y

Carlsbad. Escasos cristales muestran microfracturas en su superficie. Está asociada a todos los minerales presentes y se distribuye homogéneamente dentro de la sección.



**Fig. 163. Fotomicrografías de la sección QCh-802-r 24 (N: // y X). Meta-trondhjemita. Porfidoblastos de plagioclasa no maclada, en la parte inferior plagioclasa con macla tipo Carlsbad. Escasa mica.**

#### Microclino:

Anhedral de bordes irregulares, con hábito masivo granular. Algunos granos porfidoblásticos presentan macla tipo Carlsbad y lo atraviesan trenes de cuarzo microgranular. Otros con maclado difuso. Presenta textura pertítica en parches. Está asociado a todos los minerales presentes y su distribución es irregular.

#### Mica blanca: muscovita

Incolora, anhedral de bordes rectos e irregulares, se presenta en agregados tabulares, algunas hojas con intercalaciones de biotita. Presenta escasas inclusiones de epidoto y esfena. Está asociada a todos los minerales presentes y su distribución es irregular.

**Biotita:**

De color pardo, con pleocroismo moderado que va del crema al pardo rojizo. Anhedral de bordes irregulares, con hábito escamoso. Algunas hojas con intercalaciones de clorita. Asociada principalmente a la muscovita y su distribución es irregular

**Clorita:**

De color verde, con pleocroismo moderado que va del crema al verde claro. Anhedral de bordes irregulares y corroídos, hábito escamoso. En algunas ocasiones intercalado con biotita no alterada y está asociado a la misma. Escasa.

**Grupo del Epidoto: epidoto**

De color pardo amarillento sin pleocroismo, anhedral de bordes irregulares, con hábito granular. Escaso.

**Esfena:**

De color pardo oscuro, anhedral de bordes redondeados, se presenta en agregados granulares formando nidos. Escasa.

**Apatito:**

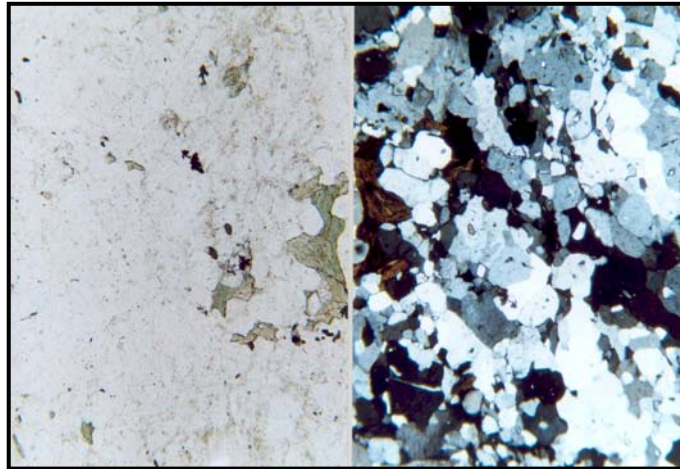
Incoloro, de alto relieve. Anhedral de bordes redondeados, con hábito granular. Escaso.

**Meta trondhjemita. (r: 39)**

Macroscópicamente se observa una muestra de roca fresca de color blanco con finos hilos y parches de color verde oscuro, homogénea, sin orientación de minerales, masiva con escasa mica blanca.

Al microscopio se observa una muestra muy limpia, homogénea con escasa clorita, muscovita y esfena. Con abundante plagioclasa y cuarzo (fig. 164).





**Fig. 164. Fotomicrografías de la sección QCh-802-r 39 (N: // y X). Meta trondhjemita. Plagioclasa no maclada, escasa mica y cuarzo granular.**

#### Cuarzo:

Anhedral de bordes irregulares, con hábito granular. Presenta textura granoblástica. Asociado y en equilibrio con todos los demás minerales y su distribución es irregular.

#### Plagioclasa:

Se presenta anhedral y de bordes irregulares, con hábito masivo-granular. Maclado ausente, pocos granos con macla tipo Albita y Carlsbad, la mayoría ausente. No se puede determinar el % de An. Asociada a todos los minerales presentes y su distribución es irregular.

#### Muscovita:

Incolora y anhedral, de bordes irregulares y corroídos, de hábito escamoso. Algunas hojas con inclusiones de esfena. Asociada a todos los minerales presentes y su distribución es irregular.



**Clorita:**

De color verde con pleocroismo débil, anhedral de bordes irregulares, con hábito escamoso y en forma de abanico. Asociada a todos los minerales presentes y su distribución es irregular.

**Esfena:**

De color pardo, anhedral de bordes redondeados, con hábito granular y en agregados granulares. Asociada a las micas. Escasa.

**Apatito:**

Incoloro, de alto relieve. Anhedral de bordes redondeados, con hábito granular. Escaso.

**Epidoto:**

De color amarillento y sin pleocroismo, anhedral de bordes irregulares, con hábito granular. Escaso.

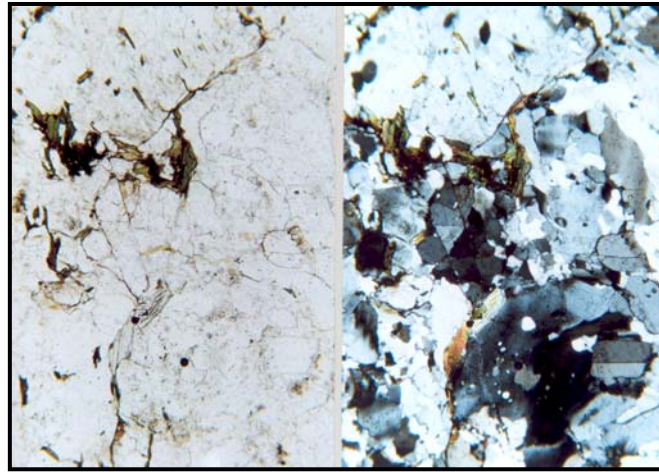
**Meta-granodiorita. (r: 29)**

Macroscópicamente se observa una roca que meteoriza a pardo claro, donde en algunas zonas frescas es de color blanco, homogénea, de minerales no orientados y con tamaño de grano medio.

Al microscopio se observa en nícoles paralelos escasas hojas de micas. Presenta abundante plagioclasa y cuarzo. Heterogénea y bastante limpia (fig. 165).

**Cuarzo:**

Anhedral y de bordes irregulares, se presenta en bandas y parches de cuarzo policristalino. Está asociado a todos los minerales presentes y su distribución es irregular en la sección.



**Fig. 165. Fotomicrografías de la sección QCh-802-r 29 (N: // y X). Meta-granodiorita. Porfidoblastos de plagioclasa, maclado Carlsbad, microclino con maclado en rejilla difuso.**

#### Plagioclasa: Albita

Anhedral y de bordes irregulares, con hábito masivo granular, algunos granos fracturados, otros ausente de maclas y pocos con macla tipo Carlsbad. Asociada a todos los minerales presentes y su distribución dentro de la muestra es homogénea.

#### Microclino:

Anhedral de bordes irregulares, con hábito masivo-granular, maclado difuso en malla, otros ausente de este. Presenta textura peritítica en parches. Está asociado a todos los minerales presentes y su distribución es irregular.

#### Mica blanca: muscovita

Incolora y anhedral, bordes irregulares, hábito hojoso-laminar. Asociada a todos los minerales presentes y su distribución es irregular.

#### Biotita:

De color pardo con pleocroismo moderado de crema a pardo rojizo, anhedral de bordes irregulares y corroídos, con hábito escamoso. Asociada a la muscovita. Escasa.

**Clorita:**

De color verde, con pleocroismo moderado que va del crema al verde claro. Anhedral de bordes irregulares y corroídos, hábito escamoso. En algunas ocasiones intercalado con biotita y está asociado a la misma. Escasa.

**Grupo del Epidoto: epidoto**

De color amarillento y sin pleocroismo, anhedral de bordes irregulares, con hábito granular. Escaso.

**Esfena:**

De color pardo oscuro, anhedral de bordes redondeados, se presenta en agregados granulares formando nidos. Escasa.

**Apatito:**

Incoloro, de alto relieve, anhedral de bordes redondeados, con hábito granular. Escasa.

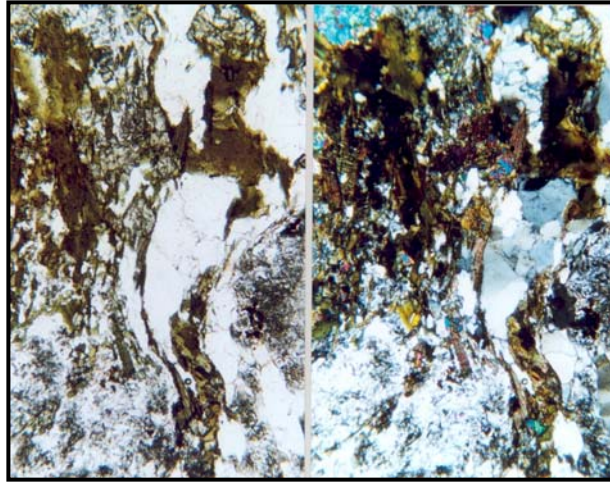
**Opacos:**

La hematita se observa a la luz reflejada se ve de color rojo sangre, subhedral de bordes rectos, se presenta en cubos. Escasa.

**Meta-tonalita. (r: 47)**

Macroscópicamente se observa una muestra de roca meteorizada de color pardo oscuro, en las zonas frescas se observan granos redondeados de color blanco rodeados de una matriz de color verde oscuro, sin orientación y con tamaño de grano medio.

Al microscopio se observa una muestra heterogénea muy alterada y de granos fracturados, donde las micas se muestran ligeramente orientadas y curvadas (fig. 166).



**Fig. 166. Fotomicrografías de la sección QCh-802-r 47 (N: // y X). Meta-tonalita. Porfidoblastos de plagioclasa saussuritizada, biotita lepidoblástica y parches de cuarzo policristalino.**

#### Plagioclasa:

Con granos saussuritizados y otros con la superficie cubierta de leucoceno, por lo que presenta un color gris y pardo terroso, de subhedral a anhedral, de bordes rectos e irregulares, con hábitos granular y tabular. Algunos granos están fracturados en forma de cuadrícula. Maclas ausentes o difusas tipo Albita. Asociada a todos los minerales presentes y su distribución es irregular.

#### Cuarzo:

Anhedral de bordes irregulares, se presenta en bandas y parches de cuarzo policristalino. Está asociado a todos los minerales presentes y su distribución es irregular.

#### Microclino:

Se presenta anhedral y de bordes irregulares, con hábito masivo-granular, ligeramente saussuritizado. Muestra textura peritética en parches. Asociado a todos los minerales presentes y su distribución es irregular.

**Biotita:**

De color pardo, algunas hojas con pleocroismo fuerte que va del crema al pardo oscuro, presenta bordes irregulares y corroídos, con hábito escamoso en agregados. Muchas de las hojas presentan alteración a clorita, con escasas inclusiones de epidoto y esfena. Está asociada a todos los minerales presentes y su distribución es irregular.

**Clorita:**

De color verde con pleocroismo moderado, que va del crema al verde claro. Se presenta anhedral de bordes irregulares y corroídos, con hábito escamoso, algunas muestran restos de biotita. Está asociada principalmente a la biotita y su distribución es irregular.

**Grupo del Epidoto: epidoto**

De color amarillo y sin pleocroismo, de subhedral a anhedral, de bordes lisos y redondeados, con hábitos granular, prismático y poligonal. Granos bastante fracturados. Asociado a la biotita y como inclusión en las plagioclasas. Distribución irregular.

**Esfena:**

Accesorio común. De color pardo sin pleocroismo, anhedral de bordes redondeados. Escasas esfenas porfidoblásticas, se presenta en agregados granulares. Asociada al epidoto y la biotita principalmente. Escasa.

**Opacos: piritita y hematita.**

La hematita se observa a la luz reflejada se ve de color rojo sangre, subhedral de bordes rectos, se presenta en cubos. Escasa.

La piritita a la luz reflejada se ve de color amarillo latón, anhedral de bordes irregulares, con hábitos granular y esqueletal. Asociada a todos los minerales presentes. Escasa.

*Rocas Meta-ígeas máficas***Anfibolita cuarzo plagioclásica epidótica granatífera. (con granate) (r: 41)**

Macroscópicamente se observa una roca poco meteorizada de color verde oliva, masiva, homogénea con finas vetas de color blanco. Se observa una ligera foliación y con tamaño de grano fino.

Al microscopio se observa una muestra homogénea de barroisita y cuarzo. La barroisita presenta textura nematoblástica. El centro de la muestra es atravesada por una banda de cuarzo y plagioclasa con textura granoblástica de grano fino (fig.167).

**Barroisita:**

De color verde con pleocroísmo fuerte que va de crema al verde azul, de bordes irregulares, con hábitos granular, tabular y en hojitas. Muchos de los granos muestran su clivaje. Algunos granos fracturados y disgregados. Asociada y en equilibrio con todos los minerales presentes y su distribución es homogénea.

**Cuarzo:**

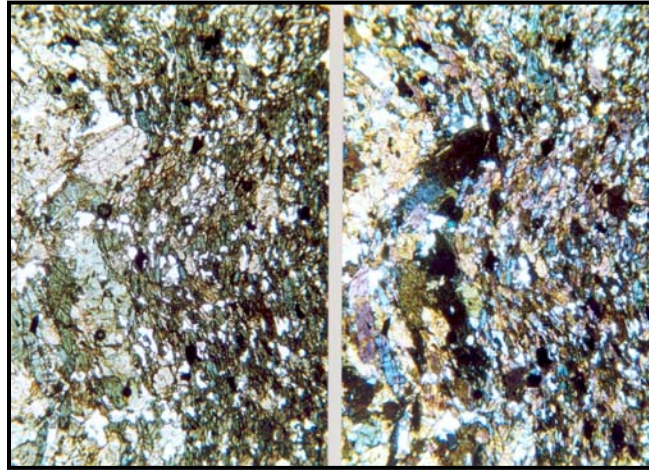
Anhedral de bordes irregulares y hábito granular. Presenta textura granoblástica en una banda que atraviesa el centro de la sección. Asociado a todos los minerales presentes y de distribución irregular.

**Plagioclasa:**

Se presenta anhedral de bordes irregulares y de hábito granular. Muestra textura granoblástica junto con el cuarzo. Apenas se observan algunas maclas tipo Albita. Asociada a todos los minerales presentes y su distribución es homogénea.

**Grupo del Epidoto: epidoto**

De color amarillento y sin pleocroísmo, anhedral de bordes redondeados, con hábito granular. Escaso.



**Fig. 167. Fotomicrografías de la sección QCh-802-r 41 (N: // y X). Anfibolita cuarzo plagioclásica epidótica granatífera. Porfidoblastos de barroisita. Cuarzo, plagioclasa y barroisita con textura granoblástica. Minerales semi-orientados.**

**Granate:**

De color rosa claro y sin pleocroismo, anhedral de bordes redondeados, con hábito granular. Se presenta como traza.

**Opacos: pirita**

La pirita a la luz reflejada se ve de color amarillo latón, anhedral de bordes irregulares, con hábito granular. Asociada a todos los minerales presentes. Escasa

**NOTA:**

A continuación se muestran tablas de porcentajes modales de los minerales que integran las rocas recolectadas en las siete cuencas, en sección fina.

TABLA 30. Contenido mineralógico porcentual (%).

| Cuenca: QUEBRADA TACAMAHACA (RT-602-) |     |       |       |      |     |      |      |      |     |     |       |      |     |      |      |      |      |     |     |      |      |      |      |      |       |      |      |     |     |     |  |
|---------------------------------------|-----|-------|-------|------|-----|------|------|------|-----|-----|-------|------|-----|------|------|------|------|-----|-----|------|------|------|------|------|-------|------|------|-----|-----|-----|--|
| TABLA DE CONTENIDO (%)                |     |       |       |      |     |      |      |      |     |     |       |      |     |      |      |      |      |     |     |      |      |      |      |      |       |      |      |     |     |     |  |
| Secc.                                 | Qz. | Plag. | Micr. | Mus. | Bi. | Prg. | Ser. | Fen. | Cl. | Ep. | Zoic. | Ort. | Br. | Act. | Trm. | Hbl. | Glf. | Px. | Gr. | Esf. | Srp. | Ant. | Tlc. | Tur. | Sill. | Cal. | Grf. | Zr. | Ap. | Op. |  |
| r 1A                                  | 15  | 28    |       |      | 48  |      |      |      | 6   | 2   |       |      |     |      |      |      |      |     |     |      |      |      |      |      |       |      |      |     |     | 1   |  |
| r 1B                                  | 22  | 36    | 11    |      | 20  |      |      |      | 4   | <5  |       |      |     |      |      |      |      |     |     |      |      |      |      |      |       |      |      |     | <1  | 1   |  |
| r 2                                   | 8   | 35    |       |      | 5   |      | 3    |      | 3   | 7   | 1     |      | 35  |      |      |      |      |     |     | <1   |      |      |      |      |       |      |      |     |     | 3   |  |
| r 3                                   | 7   | 30    |       |      | 10  |      |      |      | 5   | 8   | 2     |      | 35  |      |      |      |      |     |     |      |      |      |      |      |       |      |      |     |     | 3   |  |
| r 5                                   | 28  | 42    |       |      | <13 |      | 8    |      |     | 5   |       |      |     |      |      |      |      |     |     |      | 2    |      |      |      |       |      |      |     | <1  |     |  |
| r 6                                   | 10  |       |       |      | 20  |      |      |      | 14  | 12  |       |      |     | 27   |      |      |      |     |     |      |      |      |      |      |       | 6    |      |     | <1  | 2   |  |
| r 8                                   | 7   | 20    |       |      |     | 1    |      |      |     | >55 | 12    |      |     |      |      |      |      |     |     |      | 3    |      |      |      |       |      |      |     | <1  | 1   |  |
| r 9                                   | 24  | 35    | 19    |      | 18  |      |      |      |     |     |       |      |     |      |      |      |      |     |     |      | 1    |      |      |      |       |      |      |     |     | 3   |  |
| r 10                                  | 5   | 45    |       |      |     |      |      |      | 1   | 5   | 2     |      | 37  |      |      |      |      |     |     |      |      |      |      |      |       |      |      |     | <1  |     |  |
| r 11                                  | 5   | 7     |       |      | 12  |      |      |      | <25 | 12  | 5     |      |     | 32   |      |      |      |     |     |      | <1   |      |      |      |       |      |      |     |     | <2  |  |
| r 12                                  | 12  | 43    | 6     |      | 29  |      |      |      |     | 8   |       |      |     |      |      |      |      |     |     |      |      |      |      |      |       |      |      |     |     | 2   |  |
| r 13                                  | 18  | 10    |       |      | 8   |      |      |      | 5   | 10  |       |      |     | 46   |      |      |      |     |     |      | <1   |      |      |      |       |      |      |     | <1  | 1   |  |
| r 16                                  | 12  | 44    | 4     |      | 7   |      |      | 25   |     | 6   |       |      |     |      |      |      |      |     |     |      | 1    |      |      |      |       |      |      |     | <1  |     |  |
| r 17                                  | 5   | 42    |       |      |     |      | 3    |      |     | 5   | 2     |      | 38  |      |      |      |      |     |     |      |      |      |      |      |       |      |      |     |     | 5   |  |
| r 18                                  | 34  | 25    |       | 25   | 5   |      |      |      |     | 10  |       |      |     |      |      |      |      |     |     |      |      |      |      |      |       |      |      |     |     |     |  |
| r 19                                  | 23  | 20    | 3     | 17   | 10  |      | 5    |      |     | 15  |       |      |     |      |      |      |      |     |     |      | 7    |      |      |      |       |      |      |     |     |     |  |
| r 23                                  | 48  | 10    |       | 9    |     |      | 5    |      | 10  | 9   | 5     | <1   |     |      |      |      |      |     |     |      |      |      |      |      |       |      |      |     |     | 3   |  |
| r 24                                  | 34  | 10    |       | 18   | 2   |      | 5    |      | 11  | 7   | 1     |      |     |      |      |      |      |     |     |      | 6    |      |      |      |       |      |      |     | <1  | 4   |  |
| r 25                                  | 28  | 3     |       | 17   | 15  |      | 5    |      | 7   | 10  | 5     |      |     |      |      |      |      |     |     |      |      |      |      |      |       |      |      |     | <1  | 3   |  |
| r 26                                  | 45  | <10   |       | 12   | 7   |      |      |      | 14  | 8   | 2     |      |     |      |      |      |      |     |     |      |      |      |      |      |       |      |      |     | <1  | <1  |  |



TABLA 30. (Cont.) Contenido mineralógico porcentual (%).

| Cuenca: QUEBRADA TACAMAHACA (RT-602-) |     |       |       |      |     |      |      |      |     |     |       |      |      |      |      |      |      |     |     |      |      |      |      |      |       |      |      |     |     |     |  |
|---------------------------------------|-----|-------|-------|------|-----|------|------|------|-----|-----|-------|------|------|------|------|------|------|-----|-----|------|------|------|------|------|-------|------|------|-----|-----|-----|--|
| TABLA DE CONTENIDO (%)                |     |       |       |      |     |      |      |      |     |     |       |      |      |      |      |      |      |     |     |      |      |      |      |      |       |      |      |     |     |     |  |
| Secc.                                 | Qz. | Plag. | Micr. | Mus. | Bi. | Prg. | Ser. | Fen. | Cl. | Ep. | Zoic. | Ort. | Brr. | Act. | Trm. | Hbl. | Glf. | Px. | Gr. | Esf. | Srp. | Ant. | tlc. | Tur. | Sill. | Cal. | Grf. | Zr. | Ap. | Op. |  |
| r 29                                  | 2   |       |       |      |     |      |      |      |     | 8   | 2     |      |      | 84   |      |      |      |     |     | 4    |      |      |      |      |       |      |      |     |     |     |  |
| r 30                                  | 29  | 7     |       | 20   | 16  |      | 2    |      | 7   | 14  |       |      |      |      |      |      |      |     |     | 2    |      |      |      |      |       |      |      |     |     | 2   |  |
| r 31                                  | 66  |       |       | 3    | 1   |      |      |      | 2   | 20  | 4     |      |      |      |      |      |      |     |     | 3    |      |      |      |      |       |      |      |     |     | <1  |  |
| r 32                                  | 10  |       |       |      |     |      |      |      | 11  | 18  | 3     |      |      | 53   |      |      |      |     |     | 5    |      |      |      |      |       |      |      |     |     |     |  |
| r 33                                  | 30  | 43    |       | 8    |     |      | <1   |      | 5   | 9   |       | 1    |      |      |      |      |      |     |     | 3    |      |      |      |      |       |      |      |     |     |     |  |
| r 34A                                 | 22  | 48    | 6     | <1   | 13  |      |      |      | 2   | 5   |       |      |      |      |      |      |      |     |     | <3   |      |      |      |      |       |      |      |     |     |     |  |
| r 34B                                 | 16  | 42    | <10   | 4    | 11  |      | 6    |      |     | 8   | 2     |      |      |      |      |      |      |     |     |      |      |      |      |      |       |      |      |     |     | <1  |  |
| r 35                                  | 6   | 33    | 3     |      | 12  |      |      |      | 4   | 9   |       | 2    | 28   |      |      |      |      |     |     | 1    |      |      |      |      |       |      |      |     |     | <2  |  |
| r 36                                  | 10  | 32    | 36    |      | 7   |      | 2    |      |     | 8   | 2     |      |      |      |      |      |      |     |     | <3   |      |      |      |      |       |      |      |     |     |     |  |
| r 39                                  | 27  | 4     |       | 33   | 7   |      |      |      | 11  | 12  | 1     |      |      |      |      |      |      |     |     |      |      |      |      |      |       |      |      |     |     |     |  |
| r 40                                  | 22  | 30    |       |      | 15  |      |      |      | 2   | 18  | 2     |      |      |      |      |      |      |     |     |      |      |      |      |      |       |      |      |     |     | 4   |  |
| r 41                                  |     |       |       |      | 3   |      |      |      |     |     |       |      |      | 96   |      |      |      |     |     | <1   |      |      |      |      |       |      |      |     |     |     |  |
| r 43                                  | 24  | 30    | 18    | 9    | 6   |      |      |      |     | 10  |       |      |      |      |      |      |      |     |     | 1    |      |      |      |      |       |      |      |     |     |     |  |
| r 44                                  | 18  | 45    | 12    | 2    | 6   |      |      |      |     | 12  |       |      |      |      |      |      |      |     |     | 5    |      |      |      |      |       |      |      |     |     |     |  |
| r 45A *                               | 22  | 65    |       |      | 5   |      |      |      |     | 15  |       |      |      |      |      |      |      |     |     |      |      |      |      |      |       |      |      |     |     |     |  |

TABLA 30. Contenido mineralógico porcentual (%).

| Cuenca: RÍO MIGUELENA. (RM-602-) |     |       |       |      |     |      |      |      |     |     |       |      |      |      |      |      |      |     |     |      |      |      |      |      |       |      |      |     |     |     |
|----------------------------------|-----|-------|-------|------|-----|------|------|------|-----|-----|-------|------|------|------|------|------|------|-----|-----|------|------|------|------|------|-------|------|------|-----|-----|-----|
| TABLA DE CONTENIDO (%)           |     |       |       |      |     |      |      |      |     |     |       |      |      |      |      |      |      |     |     |      |      |      |      |      |       |      |      |     |     |     |
| Secc.                            | Qz. | Plag. | Micr. | Mus. | Bi. | Prg. | Ser. | Fen. | Cl. | Ep. | Zoic. | Ort. | Brr. | Act. | Trm. | Hbl. | Glf. | Px. | Gr. | Esf. | Srp. | Ant. | tlc. | Tur. | Sill. | Cal. | Grf. | Zr. | Ap. | Op. |
| r 1                              | 18  | 5     |       |      |     |      | 7    |      | <5  | 10  |       |      | 43   |      |      |      |      |     | 6   | 4    |      |      |      |      |       |      |      | 1   | 1   |     |
| r 2                              | 31  | 11    |       |      |     |      | 2    |      | 17  | 3   |       |      |      |      |      |      |      |     |     | 6    |      |      |      |      | 23    | 4    |      |     | 3   |     |
| r 3                              | 18  | 36    |       | 8    | 12  |      |      |      | 6   | 12  | 2     |      |      |      |      |      |      |     | 3   | 1    |      |      |      |      |       |      |      | <1  | 1   |     |
| r 4                              | 6   | <1    |       |      |     |      |      |      | 15  | 10  |       |      | 43   |      |      |      |      |     | 10  | 2    |      |      |      |      |       |      |      |     | 5   |     |
| r 5                              | 8   | 21    |       |      | 18  |      |      |      | 5   |     |       |      | 41   |      |      |      |      |     |     | 2    |      |      |      |      |       |      |      | 2   | 3   |     |
| r 6                              | 4   |       |       | 3    |     |      |      |      |     | 2   |       |      |      |      |      |      |      |     |     | 2    |      |      |      |      | 76    | 8    |      |     | 4   |     |
| r 7                              | 23  | 12    | 34    | 14   | 8   |      |      |      |     | 7   |       |      |      |      |      |      |      |     |     | 1    |      |      |      |      |       |      |      | 1   |     |     |
| r 8                              | 10  | 29    |       | 8    | 18  |      |      |      | 2   | 21  |       |      | 4    |      |      |      |      |     | 1   | 2    |      |      |      |      | 1     |      |      | 1   | 1   |     |
| r 9                              | 21  | 37    |       | 2    | 13  |      |      |      | 1   | 9   |       |      | 11   |      |      |      |      |     |     | 3    |      |      |      |      |       |      | <1   | 1   | 1   |     |
| r 10                             | 20  | 42    | 7     | 5    | 7   |      |      |      | 2   | 10  | 1     | 1    |      |      |      |      |      |     |     | 3    |      |      |      |      | <1    |      | <1   | <1  | <1  |     |
| r 11                             |     |       |       |      |     |      |      |      |     | 1   |       |      |      |      |      |      |      |     |     |      | 94   |      | <1   |      |       |      |      |     | 4   |     |
| r 12                             | 20  | 55    | 6     |      | 6   |      | 4    |      |     | 2   |       |      |      |      |      |      |      |     |     | 4    |      |      |      | <1   |       |      | <1   |     | 1   |     |
| r 13                             | 28  | 40    | 7     | 6    | 5   |      |      |      | 1   | <10 | 2     | <1   |      |      |      |      |      |     |     | 3    |      |      |      |      |       |      |      |     |     |     |
| r 14                             | 43  |       |       | 18   |     |      | 3    |      | 5   | 15  | 4     |      |      |      |      |      |      |     |     |      |      |      |      |      |       |      |      | 2   |     |     |
| r 15                             | 21  | 42    | 10    | 5    | 4   |      |      |      |     | 11  |       |      |      |      |      |      |      |     |     | 3    |      |      |      |      |       |      |      | 2   |     |     |
| r 16                             | 25  | 38    |       | 20   | <1  | <1   | 1    |      | 8   |     |       |      |      |      |      |      |      |     | 6   |      |      |      |      |      |       |      |      |     |     |     |
| r 17                             |     |       |       |      |     |      |      |      |     | <1  |       |      |      |      |      |      |      |     |     |      | 94   |      |      |      |       |      |      |     |     | 4   |
| r 18                             | 3   |       |       | <1   |     |      |      |      | 5   | 33  |       |      | 52   |      |      |      |      |     | 3   | 1    |      |      |      | <1   |       |      |      | <1  | 1   |     |
| r 21                             | 10  | 7     |       | 7    |     |      |      |      | 10  |     |       |      | 48   |      |      |      |      |     | 3   |      |      |      |      |      |       |      |      |     | 2   |     |
| r 22                             | 28  | 28    |       | 46   | 1   |      |      |      |     | 2   |       |      | 6    |      |      |      |      |     | 15  |      |      |      |      |      |       |      |      | 1   | 1   |     |

TABLA 30. (Cont.) Contenido mineralógico porcentual (%).

| Cuenca: RÍO MIGUELENA. (RM-602-) |     |       |       |      |     |      |      |      |     |     |       |      |     |      |      |      |      |     |     |      |      |      |      |      |       |      |      |     |     |     |
|----------------------------------|-----|-------|-------|------|-----|------|------|------|-----|-----|-------|------|-----|------|------|------|------|-----|-----|------|------|------|------|------|-------|------|------|-----|-----|-----|
| TABLA DE CONTENIDO (%)           |     |       |       |      |     |      |      |      |     |     |       |      |     |      |      |      |      |     |     |      |      |      |      |      |       |      |      |     |     |     |
| Secc.                            | Qz. | Plag. | Micr. | Mus. | Bi. | Prg. | Ser. | Fen. | Cl. | Ep. | Zoic. | Ort. | Br. | Act. | Trm. | Hbl. | Glf. | Px. | Gr. | Esf. | Srp. | Ant. | tlc. | Tur. | Sill. | Cal. | Grf. | Zr. | Ap. | Op. |
| r 23                             | 10  |       |       |      |     |      |      |      |     | 10  | 2     |      | 38  |      |      |      |      |     | 34  | 5    |      |      |      |      |       |      |      |     | <1  |     |
| r 24                             | 7   | 30    |       |      |     |      |      |      | 10  | 3   |       |      | 41  |      |      |      |      |     | 1   | 2    |      |      |      |      |       |      |      |     | 4   | 2   |
| r 25                             | 30  | 12    |       | 8    | 18  |      |      |      | 3   | 23  | 2     |      |     |      |      |      |      |     |     | 2    |      |      |      |      |       |      |      |     | <1  | <1  |
| r 26                             |     |       |       |      |     |      |      |      |     |     |       |      |     |      | 97   |      |      |     | 1   |      |      |      |      |      |       |      |      |     |     | 2   |
| r 27                             | 20  | 38    | 9     | 7    | 6   |      | 2    |      |     | 12  | 2     |      |     |      |      |      |      |     |     | 4    |      |      |      |      |       |      |      |     |     |     |
| r 28                             | 38  | 29    | 5     |      | 4   |      | 6    |      |     | 13  | 2     |      |     |      |      |      |      |     | 2   | 1    |      |      |      |      |       |      |      |     |     |     |
| r 29                             | 30  | 42    |       | 4    | 18  |      |      |      |     |     |       |      |     |      |      |      |      |     | 3   | 1    |      |      |      |      |       |      |      |     | <1  | 1   |
| r 30                             | 15  | 11    |       | 8    |     |      |      |      |     | 1   |       |      |     |      |      |      |      |     |     | 3    |      |      |      |      | 57    |      |      |     |     | 5   |
| r 31                             |     |       |       | 11   |     |      |      |      |     | 41  | 5     |      |     | 36   |      |      |      |     |     | 5    |      |      |      |      |       |      |      |     | <1  | 1   |
| r 32                             | <1  |       |       | 3    | 4   |      |      |      | 15  |     |       |      |     |      |      |      |      |     |     | 3    |      |      |      | <2   |       |      | 20   |     |     | 5   |
| r 33                             | 30  | 39    |       | 15   | 4   |      |      |      |     | 6   | 1     | <1   |     |      |      |      |      |     |     | 2    |      |      |      | <1   |       |      |      |     | 1   |     |
| r 34                             | 38  | 10    |       | 20   | 6   |      |      |      |     | 10  | 2     |      | 12  |      |      |      |      |     |     | 1    |      |      |      |      | <1    |      |      |     | 1   | 1   |
| r 35                             |     | 10    |       |      |     |      |      |      |     | 7   |       |      | 75  |      |      |      |      |     | 2   |      |      |      |      |      |       |      |      |     | <6  |     |
| r 36                             | 15  | 38    |       | 9    | 8   |      |      |      | 18  | 8   |       |      |     |      |      |      |      |     |     | <1   |      |      |      |      |       |      |      |     | <1  | 2   |
| r 37                             |     |       |       | 5    |     |      |      |      | 8   | 9   |       |      |     |      |      |      | 60   |     | 10  | 5    |      |      | <1   |      | 2     |      |      |     | 1   | 2   |
| r 38                             |     |       |       | 7    |     |      |      |      | 8   |     |       |      | 52  |      |      |      |      |     |     | 1    |      |      |      |      |       |      |      |     |     | 1   |
| r 39                             |     |       |       |      |     |      |      |      |     |     |       |      |     |      |      |      |      |     |     |      | 98   |      | <1   |      |       |      |      |     |     | 2   |
| r 40                             | 12  | 37    |       | 20   | 7   |      |      |      | 8   | 7   |       |      |     |      |      |      |      |     | 6   | 2    |      |      |      |      |       |      |      |     |     | 1   |
| r 41                             | 2   | 5     |       |      |     |      |      |      | 8   | 54  | 7     |      |     | 23   |      |      |      |     |     | <1   |      |      |      |      |       |      |      |     |     |     |
| r 42                             | 5   | 3     |       |      |     |      | 8    |      | 10  | 35  |       |      |     | 30   |      |      |      |     |     | 1    |      |      |      |      |       |      |      |     | <5  | <1  |

TABLA 30. (Cont.) Contenido mineralógico porcentual (%).

| Cuenca: RÍO MIGUELENA. (RM-602-) |     |       |       |      |     |      |      |      |     |     |      |      |      |      |      |      |      |     |     |      |      |      |      |      |       |      |      |     |     |     |
|----------------------------------|-----|-------|-------|------|-----|------|------|------|-----|-----|------|------|------|------|------|------|------|-----|-----|------|------|------|------|------|-------|------|------|-----|-----|-----|
| TABLA DE CONTENIDO (%)           |     |       |       |      |     |      |      |      |     |     |      |      |      |      |      |      |      |     |     |      |      |      |      |      |       |      |      |     |     |     |
| Secc.                            | Qz. | Plag. | Micr. | Mus. | Bi. | Prg. | Ser. | Fen. | Cl. | Ep. | Zoic | Ort. | Brr. | Act. | Trm. | Hbl. | Glf. | Px. | Gr. | Esf. | Srp. | Ant. | tlc. | Tur. | Sill. | Cal. | Grf. | Zr. | Ap. | Op. |
| r 43                             | 7   |       |       |      | 20  |      |      |      | 18  |     |      |      | 31   |      |      |      |      |     | 12  | 10   |      |      |      | 1    |       |      |      |     |     | 1   |
| r 44                             | 10  | 30    |       | 8    | 10  |      |      |      | 8   | 27  |      |      |      |      |      |      |      |     | <1  | 1    |      |      | <1   |      |       |      |      |     | <5  |     |
| r 45A                            | 13  | 39    |       | 16   | 6   |      |      |      | 8   | 5   |      |      |      |      |      |      |      |     | 8   | 4    |      |      |      |      |       |      |      |     |     | 1   |
| r 46                             |     |       |       |      |     |      |      |      | 9   |     |      |      |      |      | 33   |      |      |     |     |      |      |      |      |      |       | 58   |      |     |     |     |
| r 47                             | 14  | 39    |       | 20   | 7   |      |      |      | 6   | 8   | 1    |      |      |      |      |      |      |     |     | 3    |      |      | <1   |      |       |      |      |     |     | 1   |

TABLA 30. (Cont.) Contenido mineralógico porcentual (%).

| Cuenca: SAN JULIÁN. (RSJ-602-) |     |       |       |      |     |      |      |      |     |     |       |      |     |      |      |      |      |     |     |      |      |      |      |      |       |      |      |     |     |     |
|--------------------------------|-----|-------|-------|------|-----|------|------|------|-----|-----|-------|------|-----|------|------|------|------|-----|-----|------|------|------|------|------|-------|------|------|-----|-----|-----|
| TABLA DE CONTENIDO (%)         |     |       |       |      |     |      |      |      |     |     |       |      |     |      |      |      |      |     |     |      |      |      |      |      |       |      |      |     |     |     |
| Secc.                          | Qz. | Plag. | Micr. | Mus. | Bi. | Prg. | Ser. | Fen. | Cl. | Ep. | Zoic. | Ort. | Br. | Act. | Trm. | Hbl. | Glf. | Px. | Gr. | Esf. | Srp. | Ant. | tlc. | Tur. | Sill. | Cal. | Grf. | Zr. | Ap. | Op. |
| r 1                            | 38  | 25    | 8     | 10   | 5   |      |      |      | 2   | 10  |       |      |     |      |      |      |      |     |     | 1    |      |      |      |      |       |      |      |     | <1  |     |
| r 2                            | 38  | 30    |       | 12   |     |      |      |      | 7   | 5   |       |      |     |      |      |      |      |     |     | 4    |      |      |      |      |       | <1   |      |     | <3  | 2   |
| r 3                            | 30  | 38    |       | 10   | 8   |      |      |      |     | 10  |       |      |     |      |      |      |      |     |     | 3    |      |      |      |      |       |      |      |     | 1   | 1   |
| r 4                            | 15  | 39    | 9     | 15   | 2   |      |      |      | <1  | 8   |       |      |     |      |      |      |      |     |     | 5    |      |      | <1   |      |       |      |      |     |     | 5   |
| r 5                            | 18  | 13    |       |      |     |      |      |      | 3   | 38  |       |      | 20  |      |      |      |      |     |     | 6    |      |      |      |      |       |      |      |     | 1   | 1   |
| r 8                            | 18  | 32    | 20    | <10  | 4   |      |      |      | 3   | 11  |       |      |     |      |      |      |      |     | <1  |      |      |      |      |      |       |      |      |     | 1   |     |
| r 10                           | 35  | 10    |       | 3    | 22  |      |      |      | 3   | 16  | 4     |      |     |      |      |      |      |     |     | 4    |      |      |      |      |       |      |      |     | 2   |     |
| r 11                           | 40  |       |       | 20   | 8   |      |      |      | 5   | 18  | 2     |      |     |      |      |      |      |     | 5   |      |      |      |      |      |       |      |      |     | 1   | 1   |
| r 12                           | 15  | 38    | 7     | 7    | 9   |      |      |      | 5   | 9   | 2     |      |     | 7    |      |      |      |     |     |      |      |      |      |      |       |      |      |     | <1  |     |
| r 14                           | 39  | 23    | 3     | 19   |     |      |      |      |     | 6   |       |      |     |      |      |      |      |     |     | 5    |      |      |      |      |       |      |      |     |     | 5   |
| r 16                           | 37  |       |       | 30   | 8   |      |      |      | 5   | 15  |       |      |     |      |      |      |      |     |     |      |      |      |      | <1   |       |      |      |     | <1  | 5   |
| r 17                           | 23  |       |       | 35   | 19  |      |      |      | 10  | 9   |       |      |     |      |      |      |      |     |     |      |      |      |      |      |       |      |      |     |     | 4   |
| r 18                           | 25  | 34    | 15    | 10   | 6   |      |      |      |     | 5   |       | 1    |     |      |      |      |      |     |     | 1    |      |      |      |      |       |      |      |     | <1  |     |
| r 19                           | 17  | 20    | 34    | 5    | 10  |      |      | 2    | 2   | 8   |       | 1    |     |      |      |      |      |     |     | 1    |      |      |      |      |       |      |      |     |     |     |
| r 20                           | 21  | 38    | 15    | 9    | 6   |      |      |      | <1  | 5   |       |      |     |      |      |      |      |     | <1  | 3    |      |      |      |      |       |      |      |     | <1  | <1  |
| r 21                           | 18  | 37    | 8     | 5    | 10  |      |      |      | <1  | 18  |       |      |     |      |      |      |      |     |     | 4    |      |      |      |      |       | 1    |      |     | <1  | <1  |
| r 23                           |     |       |       |      |     |      |      |      | 22  | 29  |       |      |     | 48   |      |      |      |     |     |      |      |      |      |      |       |      |      |     |     | <1  |
| r 25                           | 10  |       |       | 7    |     |      |      |      | 23  |     |       |      |     | 50   |      |      |      |     | 7   | 1    |      |      | <1   |      |       |      |      |     | 1   |     |
| r 26                           | 21  | 30    | 13    | 10   | 4   |      |      | 2    |     | 6   |       |      |     |      |      |      |      |     |     | 2    |      |      |      |      |       | <1   |      |     | <1  |     |
| r 28                           | 65  | 15    |       | 14   |     |      |      |      |     | 4   |       |      |     |      |      |      |      |     |     |      |      |      |      |      |       |      |      |     | 1   | <1  |

TABLA 30. (Cont.) Contenido mineralógico porcentual (%).

| Cuenca: SAN JULIÁN. (RSJ-602-) |     |       |       |      |     |      |      |      |     |     |       |      |     |      |      |      |      |     |     |      |      |      |      |      |       |      |      |     |     |     |
|--------------------------------|-----|-------|-------|------|-----|------|------|------|-----|-----|-------|------|-----|------|------|------|------|-----|-----|------|------|------|------|------|-------|------|------|-----|-----|-----|
| TABLA DE CONTENIDO (%)         |     |       |       |      |     |      |      |      |     |     |       |      |     |      |      |      |      |     |     |      |      |      |      |      |       |      |      |     |     |     |
| Secc.                          | Qz. | Plag. | Micr. | Mus. | Bi. | Prg. | Ser. | Fen. | Cl. | Ep. | Zoic. | Ort. | Br. | Act. | Trm. | Hbl. | Glf. | Px. | Gr. | Esf. | Srp. | Ant. | tlc. | Tur. | Sill. | Cal. | Grf. | Zr. | Ap. | Op. |
| r 29                           | 33  | 10    | 20    | 8    | 8   |      |      |      | 2   | 15  |       |      |     |      |      |      |      |     |     | 1    |      |      |      |      |       |      |      |     | <1  |     |
| r 30                           | 15  |       |       |      |     |      |      |      | 6   | 22  | 5     |      | 45  |      |      |      |      |     | 3   | 3    |      |      |      |      |       |      |      |     |     | 1   |
| r 32                           | 15  | 37    | 23    | 4    | 5   |      |      |      | 5   | 6   |       |      |     |      |      |      |      |     |     | 4    |      |      |      |      |       |      |      | 1   |     |     |
| r 33                           | 15  | 34    | 17    |      | 8   |      | 3    |      | 5   |     |       |      |     | 5    |      |      |      |     | 8   | 5    |      |      |      |      |       |      |      |     |     |     |
| r 35                           | 30  | 22    | 8     | 8    | 10  |      |      |      | 3   | 13  |       |      |     |      |      |      |      |     |     | 5    |      |      | <1   |      |       |      |      | <1  |     |     |
| r 36                           | 8   | 2     |       | 16   |     |      |      |      | 7   | 6   | 1     |      | 48  |      |      |      |      |     | 10  | <2   |      |      |      |      |       |      |      |     |     |     |
| r 37                           | 15  | 36    | 8     | 20   | 10  |      |      |      | 4   |     |       |      |     |      |      |      |      |     |     |      |      |      |      |      |       |      |      |     |     | 1   |
| r 38                           | 15  | 10    |       |      | 27  |      |      |      | 7   | 32  | 3     |      |     |      |      |      |      |     |     | 2    |      |      | <1   |      | <1    |      | <1   | <1  |     |     |
| r 40                           | 45  | 20    | 3     | 8    | 5   |      |      |      |     | 1   |       |      |     |      |      |      |      |     |     | 4    |      |      |      |      |       |      |      | <1  | 1   |     |
| r 41                           | 7   |       |       | 7    |     |      |      |      | 10  | 10  |       |      | 25  | 18   |      |      |      |     | 13  | 5    |      |      | <1   |      |       |      |      | <1  | 2   |     |
| r 42                           | 22  | 10    | 3     | 15   | 12  |      |      |      | 8   | 9   |       |      |     |      |      |      |      |     |     | 5    |      |      |      |      |       |      |      |     | 1   |     |
| r 43                           | 20  | 8     | 31    | 10   | 12  |      |      |      |     | 15  |       |      |     |      |      |      |      |     |     |      |      |      |      |      |       |      |      | 3   |     |     |
| r 44                           | 7   | 10    |       | 5    |     |      |      |      |     | 55  |       |      |     | <7   |      |      |      |     | 1   | 3    |      |      |      |      |       |      |      |     |     |     |
| r 46                           | 25  | 15    |       |      | 10  |      |      |      | 12  | 8   | 2     |      |     |      |      |      |      |     |     | 5    |      |      |      |      | 5     |      |      | 2   | 10  |     |
| r 48                           | 30  | 10    |       | <1   | 25  |      |      |      | 8   | 14  | 3     |      |     |      |      |      |      |     |     | 3    |      |      |      |      |       |      |      |     | <1  |     |
| r 49                           | 8   | 1     |       | 3    | 3   |      |      |      | 5   | 25  |       |      |     | 47   |      |      |      |     |     | 1    |      |      |      |      |       |      |      | 2   | <1  |     |
| r 52                           | 35  | 10    | 5     | 20   | 15  |      |      |      |     | 5   | 2     |      |     |      |      |      |      |     |     |      |      |      |      |      |       |      |      | 1   |     |     |
| r 53                           | 10  | 18    | 12    | 3    |     |      |      |      | 8   | 16  | 2     |      |     | 25   |      |      |      |     |     | 3    |      |      |      |      |       |      |      | <1  | 2   |     |
| r 54                           | 4   |       |       | 2    |     |      |      |      |     | 26  | 1     |      |     | 45   |      |      |      |     |     | 12   |      |      |      |      | 3     |      |      |     |     |     |
| r 57                           | 9   |       |       |      |     |      |      |      | 6   | 32  | 1     |      |     | 22   |      |      |      |     |     | 2    |      |      | <1   |      |       |      |      |     | <1  |     |

TABLA 30. (Cont.) Contenido mineralógico porcentual (%).

| Cuenca: NAIGUATA. (RN-602-) |     |       |       |      |     |      |      |      |     |     |       |      |     |      |      |      |      |     |     |      |      |      |      |      |       |      |      |     |     |     |   |
|-----------------------------|-----|-------|-------|------|-----|------|------|------|-----|-----|-------|------|-----|------|------|------|------|-----|-----|------|------|------|------|------|-------|------|------|-----|-----|-----|---|
| TABLA DE CONTENIDO (%)      |     |       |       |      |     |      |      |      |     |     |       |      |     |      |      |      |      |     |     |      |      |      |      |      |       |      |      |     |     |     |   |
| Secc.                       | Qz. | Plag. | Micr. | Mus. | Bi. | Prg. | Ser. | Fen. | Cl. | Ep. | Zoic. | Ort. | Br. | Act. | Trm. | Hbl. | Glf. | Px. | Gr. | Esf. | Srp. | Ant. | tlc. | Tur. | Sill. | Cal. | Grf. | Zr. | Ap. | Op. |   |
| r 1                         |     |       |       |      |     |      |      |      |     | 2   |       |      |     | 97   |      |      |      |     |     | 1    |      |      |      |      |       |      |      |     |     |     |   |
| r 2                         |     |       |       |      |     |      |      |      | 1   | 44  |       |      | 50  |      |      |      |      |     |     | 1    | 3    |      |      |      |       |      |      |     | <1  | 1   |   |
| r 3                         | 45  | 35    | 6     | 5    | 2   |      |      |      | 1   | 3   |       |      |     |      |      |      |      |     | <1  | 2    |      |      |      |      |       |      |      |     | <1  | <1  |   |
| r 5                         | 2   | 45    |       | 1    | 35  |      |      |      |     | 10  |       |      | 4   |      |      |      |      |     |     | 2    |      |      |      | <1   |       |      |      |     | 1   |     |   |
| r 7                         | 7   |       |       |      |     |      |      |      | 1   | 90  |       |      |     |      |      |      |      |     | 2   |      |      |      |      |      |       |      |      |     |     |     |   |
| r 8                         |     | 35    |       |      | 30  |      |      |      | 1   | 5   |       |      | 12  |      |      |      |      |     | 7   | 2    |      |      |      | 1    |       |      |      |     | 3   | 5   |   |
| r 9                         | 20  | 70    |       | 5    | 2   |      |      |      | 1   |     |       |      |     |      |      |      |      |     | 1   | <1   |      |      |      |      |       |      |      |     |     | 1   |   |
| r 10                        |     |       |       |      |     |      |      |      |     |     |       |      |     | 99   |      |      |      |     | <1  |      |      |      |      |      |       |      |      |     |     |     |   |
| r 13                        | 25  | 16    | 29    | 9    | 7   |      |      |      | 1   | 10  |       |      |     |      |      |      |      |     |     | 3    |      |      |      |      |       |      |      |     | <1  | <1  |   |
| r 14                        | 5   | 25    |       | 7    | 20  |      |      |      | <1  |     |       |      |     |      |      |      |      |     | 2   |      |      |      |      |      | 34    |      |      |     |     | 7   |   |
| r 15                        |     |       |       |      |     |      |      |      |     |     |       |      |     | 97   |      |      |      |     |     |      |      |      |      |      |       |      |      |     |     |     | 3 |
| r 16                        | 20  | 3     |       | 2    | <1  |      |      |      |     | 15  |       |      | 45  |      |      |      |      |     | 10  | 2    |      |      |      |      |       |      |      |     | <1  | 3   |   |
| r 17                        | 5   | 25    |       | 5    | 7   |      |      |      | 3   | 2   |       |      | 37  |      |      |      |      |     | 10  | <1   |      |      |      | <1   |       |      |      |     | 1   | 5   |   |
| r 18                        | 25  | 65    |       | 1    | 2   |      | 2    |      | 1   | 3   |       |      |     |      |      |      |      |     |     | 1    |      |      |      |      |       |      |      |     |     | <1  |   |
| r 19                        | 68  |       |       | 13   | 3   |      |      | 1    | 3   | 3   |       |      | 7   |      |      |      |      |     |     |      |      |      |      |      |       |      |      |     | <1  | 2   |   |
| r 20                        | 25  | 10    |       | <1   | 7   |      |      |      | 3   | 5   |       |      | 45  |      |      |      |      |     |     | 2    |      |      |      |      |       |      |      |     | 1   | 2   |   |
| r 23                        | 7   | 45    |       | 6    | <1  |      |      | 2    | 10  | 20  |       |      |     |      |      |      |      |     | 7   | 2    |      |      |      |      |       |      |      |     | <1  | 1   |   |
| r 24                        | 40  | 47    |       |      | 10  |      |      |      | 2   | <1  |       |      |     |      |      |      |      |     |     | <1   |      |      |      |      |       |      |      |     | <1  | 1   |   |
| r 25                        | 10  | 50    |       |      |     |      |      |      |     | 35  |       |      |     |      |      |      |      |     |     | <1   |      |      |      |      |       |      |      |     | <1  | 5   |   |
| r 26                        |     | 50    |       | 20   | 8   |      |      |      | 5   | 7   |       |      | 6   |      |      |      |      |     | 1   | <1   |      |      |      | <1   |       |      |      |     | <1  | 2   |   |

TABLA 30. (Cont.) Contenido mineralógico porcentual (%).

| Cuenca: NAIGUATA. (RN-602-)) |     |       |       |      |     |      |      |      |     |     |       |      |     |      |      |      |      |     |     |      |      |      |      |      |       |      |      |     |     |     |
|------------------------------|-----|-------|-------|------|-----|------|------|------|-----|-----|-------|------|-----|------|------|------|------|-----|-----|------|------|------|------|------|-------|------|------|-----|-----|-----|
| TABLA DE CONTENIDO (%)       |     |       |       |      |     |      |      |      |     |     |       |      |     |      |      |      |      |     |     |      |      |      |      |      |       |      |      |     |     |     |
| Secc.                        | Qz. | Plag. | Micr. | Mus. | Bi. | Prg. | Ser. | Fen. | Cl. | Ep. | Zoic. | Ort. | Br. | Act. | Trm. | Hbl. | Glf. | Px. | Gr. | Esf. | Srp. | Ant. | tlc. | Tur. | Sill. | Cal. | Grf. | Zr. | Ap. | Op. |
| r 27                         |     | 40    |       |      | 20  |      |      |      |     | 5   |       |      | 27  |      |      |      |      |     | 2   | 3    |      |      |      | <1   |       |      |      |     | 1   | 2   |
| r 28                         | 34  | 40    |       |      | 25  |      |      |      |     |     |       |      |     |      |      |      |      |     |     |      |      |      |      |      |       |      |      | <1  | 1   |     |
| r 29                         |     | 12    |       | 2    | 1   |      |      |      | 1   | 1   |       |      | 65  |      |      |      |      |     | 17  |      |      |      |      |      |       |      |      |     |     | 2   |
| r 30                         | 75  | 5     |       | 7    | 3   |      |      |      | 2   | 7   |       |      |     |      |      |      |      |     |     |      |      |      |      |      |       |      |      |     |     |     |
| r 31                         | 2   | 44    |       | 5    | T   |      |      |      | 20  | 5   | 17    |      |     |      |      |      |      |     | 3   | 3    |      |      |      |      |       |      |      | 1   | <1  |     |
| r 32                         | 47  | 30    | 10    | 5    | 2   |      |      |      | 1   | 3   |       |      |     |      |      |      |      |     | <1  | 2    |      |      |      |      |       |      |      | <1  |     |     |
| r 33                         | 20  | 55    |       | 15   | 5   |      |      |      |     |     |       |      |     |      |      |      |      |     |     |      |      |      |      |      | 4     |      |      | <1  | 1   |     |
| r 34                         | 7   | 30    | 10    |      | 40  |      | 5    |      | 3   |     |       |      |     |      |      |      |      |     |     |      |      |      |      |      |       |      |      | <1  | 5   |     |
| r 35                         | 2   | 65    |       | 3    | 1   |      |      | 1    | 10  | 15  |       |      |     |      |      |      |      |     |     |      |      |      |      |      |       |      |      | 1   | 2   |     |
| r 36                         |     | 28    |       | <1   |     |      |      |      |     | 5   |       |      | 60  |      |      |      |      |     | 1   | 3    |      |      |      |      |       |      |      | 1   | 2   |     |
| r 37                         |     |       |       | 8    | 2   |      |      |      | 1   | 20  |       |      | 50  |      |      |      |      |     | 12  | 5    |      |      |      |      |       |      |      | 1   | 1   |     |
| r 38                         | 9   | 45    |       | 15   | 5   |      |      |      | 2   | 20  |       |      |     |      |      |      |      |     |     | 3    |      |      |      |      |       |      |      | 1   | <1  |     |
| r 39                         | 25  | 65    |       | 1    | 3   |      | 2    |      | 1   | 2   |       |      |     |      |      |      |      |     |     | 1    |      |      |      |      |       |      |      | <1  |     |     |
| r 41                         | 45  | 10    | 24    |      | 5   |      | 7    |      | 1   | 5   |       |      |     |      |      |      |      |     | <1  | 2    |      |      |      |      |       |      |      | 1   |     |     |
| r 43                         | 40  | 5     |       | 15   | 5   |      |      |      | 2   | 9   |       |      | 20  |      |      |      |      |     |     | 1    |      |      |      |      |       |      |      | 1   | 2   |     |
| r 44                         | 10  | 50    |       | 5    | 12  |      |      |      | 5   | 14  |       |      |     |      |      |      |      |     |     | 3    |      |      |      |      |       |      |      | 1   |     |     |
| r 45                         | 5   | 45    |       |      |     |      |      |      | 10  | 30  |       |      |     |      |      |      |      |     |     | 2    |      |      |      |      |       |      |      | <1  | 8   |     |
| r 47                         | 30  | 7     |       | 8    | 2   |      |      |      |     | <1  |       |      | 50  |      |      |      |      |     |     |      |      |      |      |      |       |      |      | <1  | 2   |     |
| r 48                         | 7   | 52    |       | 7    | 3   |      |      | 2    | 10  | 15  |       |      |     |      |      |      |      |     |     | 3    |      |      |      |      |       |      |      | <1  | 1   |     |
| r 50                         | 49  | 25    |       | 3    | 5   |      |      |      | 3   | 10  |       |      |     |      |      |      |      |     |     | 2    |      |      |      |      |       |      |      | 1   | 2   |     |



TABLA 30. (Cont.) Contenido mineralógico porcentual (%).

| Cuenca: CAMURI CHICO. (RN-602-) |     |       |       |      |     |      |      |      |     |     |       |      |     |      |      |      |      |     |     |      |      |      |      |      |       |      |      |     |     |     |   |
|---------------------------------|-----|-------|-------|------|-----|------|------|------|-----|-----|-------|------|-----|------|------|------|------|-----|-----|------|------|------|------|------|-------|------|------|-----|-----|-----|---|
| TABLA DE CONTENIDO (%)          |     |       |       |      |     |      |      |      |     |     |       |      |     |      |      |      |      |     |     |      |      |      |      |      |       |      |      |     |     |     |   |
| Secc.                           | Qz. | Plag. | Micr. | Mus. | Bi. | Prg. | Ser. | Fen. | Cl. | Ep. | Zoic. | Ort. | Br. | Act. | Trm. | Hbl. | Glf. | Px. | Gr. | Esf. | Srp. | Ant. | tlc. | Tur. | Sill. | Cal. | Grf. | Zr. | Ap. | Op. |   |
| r 2                             |     |       |       | 10   |     |      |      |      |     |     |       |      |     |      | 49   |      |      |     |     | 1    |      |      |      |      |       | 40   |      |     | <1  |     |   |
| r 5                             | 2   | 35    |       | 2    |     |      |      |      |     | 43  | 4     |      |     | 10   |      |      |      |     |     | 3    |      |      |      |      |       | 1    |      |     | <1  | <1  |   |
| r 6                             | 25  | 60    | 10    | 1    | 2   |      |      |      |     | 1   |       |      |     |      |      |      |      |     |     | <1   |      |      |      |      |       |      |      |     |     | <1  |   |
| r 8                             | 50  | 25    | 5     | 3    | 10  |      |      |      |     | 2   |       |      |     |      |      |      |      |     |     | 2    |      |      |      |      |       |      |      | 1   | 2   |     |   |
| r 9                             | 30  | 57    | 5     |      | 3   |      |      |      | 2   | 2   |       |      |     |      |      |      |      |     |     | 1    |      |      |      |      |       |      |      |     |     |     |   |
| r 12                            | 1   |       |       |      |     | 15   |      |      |     | 2   |       |      |     | 60   |      |      |      |     | 6   | 10   | 5    |      |      |      |       |      |      |     | 1   |     |   |
| r 15                            | 7   | 1     |       | 5    |     |      |      |      |     | 40  |       |      |     | 45   |      |      |      |     |     | 1    |      |      |      |      |       | 1    |      |     | <1  |     |   |
| r 16                            | 29  | 40    | 15    | 5    | 3   |      |      |      | 3   | 3   |       |      |     |      |      |      |      |     |     | 2    |      |      |      |      |       |      |      |     | <1  |     |   |
| r 17                            |     | 37    |       |      | 3   |      |      |      |     | 10  |       |      | 45  |      |      |      |      |     |     | 3    |      |      | 1    |      |       |      |      |     | 1   |     |   |
| r 19                            | 3   | 30    |       |      |     |      |      |      |     |     |       |      | 55  |      |      |      |      |     |     | 2    |      |      | 1    |      |       | 7    |      |     | 1   | 1   |   |
| r 24                            |     | 8     |       | 15   | 6   |      |      |      | 3   | 3   | 1     |      | 60  |      |      |      |      |     |     | 3    |      |      |      |      |       |      |      |     | 1   | <1  |   |
| r 26                            |     |       |       |      |     |      |      |      |     |     |       |      |     |      |      |      |      |     |     |      | 95   |      | 3    |      |       |      |      |     |     | 2   |   |
| r 27                            | 45  | 35    | 7     | 5    | 3   |      |      |      | 2   | 2   |       |      |     |      |      |      |      |     |     | 1    |      |      |      |      |       |      |      |     | <1  | <1  |   |
| r 30                            | 35  | 40    | 10    | 5    | 2   |      |      |      | 3   | 3   |       |      |     |      |      |      |      |     | <1  | 1    |      |      |      |      |       |      |      |     | <1  |     |   |
| r 31                            | 40  | 35    | 3     | 12   | 1   |      |      |      | <1  | 2   |       |      |     |      |      |      |      |     |     | 2    |      |      | <1   |      |       |      |      |     | <1  | 3   |   |
| r 32                            | 25  | 55    | 10    | 4    | <1  |      |      |      | 2   | 2   |       |      |     |      |      |      |      |     | 1   | 1    |      |      |      |      |       |      |      |     | <1  |     |   |
| r 33                            |     |       |       |      |     |      |      |      |     | 3   |       |      |     | 95   |      |      |      |     |     | 1    |      |      |      |      |       |      |      |     | <1  | 1   |   |
| r 34                            | 31  | 25    | 20    | 5    |     |      |      | 1    | 3   | 10  |       |      |     |      |      |      |      |     |     | 1    |      |      |      |      |       | 2    |      |     | <1  | 2   |   |
| r 35                            | 15  | 10    |       | 1    |     |      |      |      |     | 50  |       |      |     | 20   |      |      |      |     |     | 3    |      |      |      |      |       |      |      |     | 1   |     |   |
| r 36                            |     |       |       |      |     |      |      |      |     |     |       |      |     |      |      |      |      |     |     |      | 93   |      | 5    |      |       |      |      |     |     |     | 2 |

TABLA 30. (Cont.) Contenido mineralógico porcentual (%).

| Cuenca: CAMURI CHICO. (RN-602-) |     |       |       |      |     |      |      |      |     |     |       |      |      |      |      |      |      |     |     |      |      |      |      |      |       |      |      |     |     |     |
|---------------------------------|-----|-------|-------|------|-----|------|------|------|-----|-----|-------|------|------|------|------|------|------|-----|-----|------|------|------|------|------|-------|------|------|-----|-----|-----|
| TABLA DE CONTENIDO (%)          |     |       |       |      |     |      |      |      |     |     |       |      |      |      |      |      |      |     |     |      |      |      |      |      |       |      |      |     |     |     |
| Secc.                           | Qz. | Plag. | Micr. | Mus. | Bi. | Prg. | Ser. | Fen. | Cl. | Ep. | Zoic. | Ort. | Brr. | Act. | Trm. | Hbl. | Glf. | Px. | Gr. | Esf. | Srp. | Ant. | tlc. | Tur. | Sill. | Cal. | Grf. | Zr. | Ap. | Op. |
| r 39                            | 2   | 40    |       | 2    | 5   |      |      |      | 15  | 10  |       |      | 20   |      |      |      |      |     |     | 5    |      |      |      |      |       |      |      | 1   | <1  |     |
| r 42                            |     |       |       |      |     |      |      |      |     |     |       |      |      |      | 60   |      |      |     |     | <1   |      |      |      |      |       | 39   |      |     | <1  |     |
| r 43                            | 3   | 70    |       | 8    | 6   |      |      |      | 1   | 10  |       |      |      |      |      |      |      |     | 1   | 1    |      |      |      |      |       |      |      |     | <1  |     |
| r 44                            | 68  | 2     |       | 5    |     |      |      |      |     |     |       |      |      |      |      |      |      |     |     |      |      |      |      |      | 2     | 20   |      |     | 3   |     |
| r 46                            | 18  | 70    |       | 1    |     |      |      |      | 6   | 4   |       |      |      |      |      |      |      |     |     | 1    |      |      |      |      |       |      |      |     | <1  |     |
| r 50                            | 30  | 40    | 3     | 12   | 7   |      |      |      | 2   | 5   |       |      |      |      |      |      |      |     |     | 1    |      |      |      |      |       |      |      |     | <1  |     |
| r 52                            |     | 7     |       |      |     |      |      |      |     | 15  |       |      | 75   |      |      |      |      |     |     | 3    |      |      |      |      |       |      |      |     |     |     |
| r 54                            | 20  | 30    | 40    | 2    | 3   |      |      |      | 1   | 4   |       |      |      |      |      |      |      |     |     | <1   |      |      |      |      |       |      |      |     | <1  |     |
| r 56                            | 20  | 70    | 5     |      |     |      |      |      |     | 2   |       |      |      |      |      |      |      |     |     | <1   |      |      |      |      |       |      |      |     |     | 3   |
| r 58                            | 20  | 55    | 10    | 7    | 1   |      |      |      |     | 3   |       |      |      |      |      |      |      |     |     | 1    |      |      |      |      |       |      |      |     | <1  | 3   |

TABLA 30. (Cont.) Contenido mineralógico porcentual (%).

| Cuenca: QUEBRADA TÓCOME. (RTo-602-) |     |       |       |      |     |      |      |      |     |     |       |      |     |      |      |      |      |     |     |      |      |      |      |      |       |      |      |     |     |     |
|-------------------------------------|-----|-------|-------|------|-----|------|------|------|-----|-----|-------|------|-----|------|------|------|------|-----|-----|------|------|------|------|------|-------|------|------|-----|-----|-----|
| TABLA DE CONTENIDO (%)              |     |       |       |      |     |      |      |      |     |     |       |      |     |      |      |      |      |     |     |      |      |      |      |      |       |      |      |     |     |     |
| Secc.                               | Qz. | Plag. | Micr. | Mus. | Bi. | Prg. | Ser. | Fen. | Cl. | Ep. | Zoic. | Ort. | Br. | Act. | Trm. | Hbl. | Glf. | Px. | Gr. | Esf. | Srp. | Ant. | tlc. | Tur. | Sill. | Cal. | Grf. | Zr. | Ap. | Op. |
| r 1                                 | 30  | 60    | 7     | 1    |     |      |      |      | 2   | <1  |       |      |     |      |      |      |      |     |     | <1   |      |      |      |      |       |      |      |     |     |     |
| r 3                                 | 20  | 68    | 3     | 1    | 5   |      |      |      |     | 2   |       |      |     |      |      |      |      |     |     | 1    |      |      |      |      |       |      |      | <1  | <1  |     |
| r 5                                 | 75  | 17    |       | 2    | <1  |      |      |      | 3   | 2   |       |      | <1  |      |      |      |      |     |     |      |      |      |      |      |       |      |      | <1  | 1   |     |
| r 8                                 | 65  | 25    |       | 1    | 2   |      |      |      | 3   | 3   |       |      |     |      |      |      |      |     |     | 1    |      |      |      |      | <1    |      | <1   | <1  |     |     |
| r 9                                 |     | 30    |       |      | 5   |      |      |      | 2   | 15  |       |      | 45  |      |      |      |      |     |     | 2    |      |      |      |      |       |      |      |     |     | 1   |
| r 14                                | 20  | 50    | 10    | 10   | 7   |      |      |      |     | 3   |       |      |     |      |      |      |      |     |     |      |      |      |      |      |       |      |      |     |     |     |
| r 15                                | 3   | 44    |       |      | 25  |      |      |      | 2   | 20  |       |      | 5   |      |      |      |      |     |     | 1    |      |      |      |      |       |      |      | <1  | <1  |     |
| r 16                                | 40  | 15    | 30    | 7    | 5   |      |      |      |     | 2   |       |      |     |      |      |      |      |     |     | 1    |      |      |      |      |       |      |      | <1  | <1  |     |
| r 17                                | 5   | 25    |       |      | 3   |      | <1   |      |     | 7   |       |      | 60  |      |      |      |      |     |     |      |      |      |      |      |       |      |      | <1  | <1  |     |
| r 20                                |     | 7     |       |      |     |      | 1    |      |     | 30  |       |      | 62  |      |      |      |      |     |     | <1   |      |      |      |      |       |      |      |     |     | <1  |
| r 23                                | 50  | 30    | 10    | 6    | <1  |      |      |      | 2   | 1   |       |      |     |      |      |      |      |     |     | 1    |      |      |      |      |       |      |      | <1  | <1  |     |
| r 24                                | 80  | 10    |       | 5    | 4   |      |      |      | 1   | <1  |       |      |     |      |      |      |      |     |     |      |      |      |      |      |       |      |      | <1  |     |     |
| r 25                                | 35  | 45    | 2     | 7    | 4   |      |      |      | <1  | 6   |       |      |     |      |      |      |      |     |     | 1    |      |      |      |      |       |      |      |     |     |     |
| r 26                                |     | 30    |       |      | 1   |      |      |      | 10  | 14  |       |      | 45  |      |      |      |      |     |     | <1   |      |      |      |      |       |      |      |     |     | <1  |
| r 27                                | 82  | 10    |       | 2    | 1   |      |      |      | 3   | 1   |       |      |     |      |      |      |      |     |     | 1    |      |      |      |      |       |      |      |     |     | <1  |
| r 33                                | 2   | 30    |       | 1    |     |      |      |      | 3   | 15  |       |      | 48  |      |      |      |      |     |     | 1    |      |      |      |      |       |      |      | <1  | <1  |     |
| r 34                                |     | 60    |       |      |     |      | 2    |      |     | 3   |       |      | 30  |      |      |      |      |     |     | <1   |      |      |      |      | 2     |      |      | <1  | 3   |     |
| r 36                                | 20  | 65    | 5     | T    | 5   |      | 1    |      | 1   | 3   |       |      |     |      |      |      |      |     |     | <1   |      |      |      |      |       |      |      | <1  | <1  |     |
| r 37                                | 45  | 35    |       | 3    |     |      |      |      | 10  | 5   |       |      |     |      |      |      |      |     |     |      |      |      |      |      |       |      |      |     |     | 2   |
| r 41                                |     | 30    |       |      | 3   |      |      |      |     | 7   |       |      | 55  |      |      |      |      |     |     | <1   |      |      |      |      |       |      |      |     |     | 5   |

TABLA 30. (Cont.) Contenido mineralógico porcentual (%).

| Cuenca: QUEBRADA TÓCOME. (RTo-602-) |     |       |       |      |     |      |      |      |     |     |       |      |     |      |      |      |      |     |     |      |      |      |      |      |       |      |      |     |     |     |
|-------------------------------------|-----|-------|-------|------|-----|------|------|------|-----|-----|-------|------|-----|------|------|------|------|-----|-----|------|------|------|------|------|-------|------|------|-----|-----|-----|
| TABLA DE CONTENIDO (%)              |     |       |       |      |     |      |      |      |     |     |       |      |     |      |      |      |      |     |     |      |      |      |      |      |       |      |      |     |     |     |
| Secc.                               | Qz. | Plag. | Micr. | Mus. | Bi. | Prg. | Ser. | Fen. | Cl. | Ep. | Zoic. | Ort. | Br. | Act. | Trm. | Hbl. | Glf. | Px. | Gr. | Esf. | Srp. | Ant. | tlc. | Tur. | Sill. | Cal. | Grf. | Zr. | Ap. | Op. |
| r 45                                | 84  | 10    |       | 2    | 1   |      |      |      | 2   | 1   |       |      |     |      |      |      |      |     |     |      |      |      |      |      |       |      |      |     |     | <1  |
| r 48                                | 15  |       |       |      |     |      |      |      | 7   | 70  |       |      | 5   |      |      |      |      |     |     | <1   |      |      |      |      |       |      |      |     |     | 3   |
| r 50                                | 13  | 25    |       | 2    | 15  |      |      |      | 3   |     |       |      | 35  |      |      |      |      |     | 1   |      |      |      |      |      |       |      |      | 1   | 5   |     |
| r 41                                |     | 35    |       |      |     |      |      |      | 2   | 20  |       |      | 40  |      |      |      |      |     |     | 1    |      |      |      |      |       |      |      | <1  | 2   |     |
| r 52                                |     | 55    |       | 10   | 15  |      |      |      | 1   | 15  |       |      |     |      |      |      |      |     | 2   | 1    |      |      |      |      |       |      |      | <1  | 1   |     |

TABLA 30. (Cont.) Contenido mineralógico porcentual (%).

| Cuenca: QUEBRADA CHACAÍTO. (QCh-602-) |     |       |       |      |     |      |      |      |     |     |       |      |      |      |      |      |       |     |     |      |      |      |      |      |       |      |      |     |     |     |
|---------------------------------------|-----|-------|-------|------|-----|------|------|------|-----|-----|-------|------|------|------|------|------|-------|-----|-----|------|------|------|------|------|-------|------|------|-----|-----|-----|
| TABLA DE CONTENIDO (%)                |     |       |       |      |     |      |      |      |     |     |       |      |      |      |      |      |       |     |     |      |      |      |      |      |       |      |      |     |     |     |
| Secc.                                 | Qz. | Plag. | Micr. | Mus. | Bi. | Prg. | Ser. | Fen. | Cl. | Ep. | Zoic. | Ort. | Brr. | Act. | Trm. | Hbl. | Glif. | Px. | Gr. | Esf. | Srp. | Ant. | tlc. | Tur. | Sill. | Cal. | Grf. | Zr. | Ap. | Op. |
| r 1                                   | 5   | 40    |       | 3    | 3   |      |      |      | 5   | 7   |       |      | 35   |      |      |      |       |     |     | 2    |      |      |      |      |       | <1   |      |     | <1  | <1  |
| r 3                                   | 20  | 35    |       | 2    | 10  |      |      |      | 5   | 20  |       |      | 5    |      |      |      |       |     |     | 1    |      |      |      |      |       |      |      |     | <1  | 2   |
| r 5                                   | 20  | 44    |       | 3    |     |      |      |      | 6   | 17  |       |      | 8    |      |      |      |       |     |     | 1    |      |      |      |      |       |      |      |     |     | 1   |
| r 6                                   | 2   | 30    |       |      |     |      |      |      | 1   | 20  |       |      | 35   |      |      |      |       |     | 10  | 2    |      |      |      |      |       |      |      |     | <1  | <1  |
| r 14                                  | 5   | 30    |       |      |     |      |      |      | 1   | 15  |       |      | 45   |      |      |      |       |     |     | 2    |      |      |      |      |       |      |      |     | 1   | 1   |
| r 16                                  | 50  | 15    |       | 10   | 15  |      |      |      | 1   | 7   |       |      | 1    |      |      |      |       |     |     |      |      |      |      |      |       |      |      |     | <1  | 1   |
| r 17                                  | 74  | 15    | 1     | 5    | 1   |      |      |      | 1   | 2   |       |      |      |      |      |      |       |     |     | 1    |      |      |      |      |       |      |      |     | <1  | <1  |
| r 19                                  | 5   | 33    |       |      |     |      |      |      | 10  | 15  |       |      | 37   |      |      |      |       |     |     | <1   |      |      |      |      |       |      |      |     |     |     |
| r 21                                  | 63  | 7     |       | 5    |     |      |      |      | 10  | 15  |       |      |      |      |      |      |       |     |     | <1   |      |      |      |      |       |      |      |     | <1  |     |
| r 22                                  | 65  | 5     |       |      |     |      |      |      | 15  | 10  |       |      | 4    |      |      |      |       |     |     | 1    |      |      |      |      |       |      |      |     | <1  | <1  |
| r 24                                  | 25  | 65    | 5     | 3    | 2   |      |      |      | <1  | <1  |       |      |      |      |      |      |       |     |     | <1   |      |      |      |      |       |      |      |     | <1  |     |
| r 26                                  | 86  | 5     | 2     | 5    | <1  |      |      |      |     | 2   |       |      |      |      |      |      |       |     |     | <1   |      |      |      |      |       |      |      |     |     | <1  |
| r 27                                  |     | 35    |       |      | 25  |      |      |      |     | 9   |       |      | 30   |      |      |      |       |     |     | 1    |      |      |      |      |       |      |      |     | <1  | <1  |
| r 29                                  | 35  | 55    | 7     | 2    | <1  |      |      |      | 1   | <1  |       |      |      |      |      |      |       |     |     | <1   |      |      |      |      |       |      |      |     | <1  | <1  |
| r 34                                  | 85  | 7     | 3     | 5    |     |      |      |      |     | <1  |       |      |      |      |      |      |       |     |     |      |      |      |      |      |       |      |      |     |     | <1  |
| r 35                                  | 20  | 60    |       |      | 5   |      |      |      | 2   | 10  |       |      |      |      |      |      |       |     |     | 1    |      |      |      |      |       |      |      |     | 1   | <1  |
| r 37                                  | 40  | 7     |       | 5    | 15  |      |      |      | 3   | 30  |       |      | <1   |      |      |      |       |     |     | <1   |      |      |      |      |       |      |      |     | <1  | 2   |
| r 39                                  | 25  | 69    |       | 3    |     |      |      |      | 2   | <1  |       |      |      |      |      |      |       |     |     | 1    |      |      |      |      |       |      |      |     | <1  |     |
| r 40                                  | 45  | 15    | 25    | 3    | 5   |      |      |      | 1   | 5   |       |      |      |      |      |      |       |     | 1   |      |      |      |      |      |       |      |      |     |     | <1  |
| r 41                                  | 20  | 5     |       | <1   |     |      |      |      | <1  | 4   |       |      | 70   |      |      |      |       |     | <1  |      |      |      |      |      |       |      |      |     |     | 1   |

TABLA 30. (Cont.) Contenido mineralógico porcentual (%).

| Cuenca: QUEBRADA CHACAÍTO. (QCh-602-) |     |       |       |      |     |      |      |      |     |     |       |      |      |      |      |      |      |     |     |      |      |      |      |      |       |      |      |     |     |     |
|---------------------------------------|-----|-------|-------|------|-----|------|------|------|-----|-----|-------|------|------|------|------|------|------|-----|-----|------|------|------|------|------|-------|------|------|-----|-----|-----|
| TABLA DE CONTENIDO (%)                |     |       |       |      |     |      |      |      |     |     |       |      |      |      |      |      |      |     |     |      |      |      |      |      |       |      |      |     |     |     |
| Secc.                                 | Qz. | Plag. | Micr. | Mus. | Bi. | Prg. | Ser. | Fen. | Cl. | Ep. | Zoic. | Ort. | Brr. | Act. | Trm. | Hbl. | Glf. | Px. | Gr. | Esf. | Srp. | Ant. | tlc. | Tur. | Sill. | Cal. | Grf. | Zr. | Ap. | Op. |
| r 44                                  | 20  | 65    |       | 7    |     |      |      |      | 2   | 5   |       |      |      |      |      |      |      |     |     | 1    |      |      |      |      |       |      |      |     | <1  |     |
| r 46                                  | 1   | 40    |       |      |     |      |      |      | 3   | 2   |       |      | 50   |      |      |      |      |     |     | 1    |      |      |      |      |       |      |      |     | <1  | 3   |
| r 47                                  | 17  | 53    | 5     |      | 15  |      |      |      | 3   | 5   |       |      |      |      |      |      |      |     |     | 2    |      |      |      |      |       |      |      |     |     | <1  |
| r 50                                  | 55  |       |       |      |     |      |      |      | 7   | 35  |       |      |      |      |      |      |      |     |     | 2    |      |      |      |      | 1     |      |      |     |     | <1  |
| r 52                                  | 65  | 12    |       |      | 3   |      |      |      | 15  | 1   |       |      | 2    |      |      |      |      |     |     | <1   |      |      |      |      |       |      |      |     | <1  | 2   |

## ANEXO 2. FLUJOS TORRENCIALES

### Generalidades:

En URBANI (2002) indica que el tipo de material que invadió las zonas pobladas varía por la proporción de unidades aflorantes en las cuencas de drenaje respectivas (esquisto de Tacagua o Asociación Metamórfica Ávila). En consecuencia la naturaleza y magnitud de los daños fueron proporcionales tanto al volumen del material transportado como al tipo de materiales involucrados y menciona algunos ejemplos de los cuales se mencionan a continuación los de nuestro interés.

Quebrada Camuri Chico: Es un cono que por presentar menor grado de intervención es el que mejor muestra las características de los procesos erosivos – depositacionales ocurridos. De igual manera que en las demás localidades puede diferenciarse la difusión en la parte central de los flujos de detritos, con la gradación a sedimentos más finos en forma lateral y en abanico. Los sedimentos de este torrente presentan mayor claridad de colores que los del río San Julián, debido al acarreo de mayor cantidad de materiales de naturaleza granítica, mientras que el río San Julián presenta una proporción relativamente mayor de rocas esquistosas.

Río San Julián: Es el torrente causante de mayores daños a causa de factores tales como: gran extensión de la cuenca, cauce con un rumbo Sur-Norte casi directo desde las cabeceras a 2.600 m s.n.m. permitiéndole a los fluidos alcanzar mayores velocidades, un cono de deyección muy urbanizado, con edificaciones que forzaron a los flujos de detritos a derivar ayudando a difundir más su poder destructivo. A su vez fue clasificado como el torrente que aportó material de mayor granulometría, causando con ello una destrucción más profunda, donde centenares de viviendas de muy buena calidad de construcción fueron arrasadas hasta sus cimientos.

Río Naiquatá: Posee un plano aluvial muy amplio, donde pueden observarse depósitos de sedimentos característicos tanto de flujos de detritos, como de inundaciones. Llegando a la zona poblada los flujos de detritos se disiparon, permitiendo el paso a flujos de menor concentración que se desviaron y

sedimentaron, posteriormente, la marina de un club. A lo largo del cauce el tamaño máximo de los bloques es bastante menor a los observados entre las zonas de Caraballeda y Quebrada Seca.

Ríos Camuri Grande y Miguelena: Ambos ríos presentan extensas cuencas con sus cabeceras a cotas mayores de 2.500 m s.n.m. los mismos confluyen al llegar al Campus de la Universidad Simón Bolívar (USB), continuando como un solo cauce hasta la costa. Estos ríos revelan comportamientos relativamente diferentes, en cuanto a los sedimentos el río Miguelena los presenta mayormente finos (grabas a clastos decimétricos), mientras que el río Camuri Grande en las cercanías al Campus muestra evidencias de flujos de detritos de alta energía suficiente para haber logrado el transporte de bloques métricos. Se observó represamiento por gran acumulación de árboles contra las edificaciones de la universidad.

En el trabajo publicado de RODRÍGUEZ *et al.* (2002) se expresan las generalidades de los procesos morfodinámicos en las vertientes del Ávila. Para la remoción en masa se abarcan un conjunto de procesos de denudación que están relacionados con el transporte medianamente rápido y localizado de variables volúmenes de suelo, agregados pedológicos, mantos de alteración, detritos, bloques e incluso masas rocosas (VILLOTA 1991).

Los procesos de mayor rapidez son ampliamente conocidos por sus por sus asombrosos efectos, por cierto, muy a menudo de naturaleza catastrófica tal como los aludes o los llamados flujos torrenciales.

VILLOTA (1991) al caracterizar los flujos de lodos, declara que la mayoría de las “oleadas” se presentan sobre pendientes inicialmente pronunciadas y confinadas, siendo determinantes en su velocidad trayendo en consecuencia una mayor capacidad de arrastre y devastación. De este modo es como adquieren mayor y suficiente poder los flujos para provocar la remoción de material suelto, suelo, bloques rocosos, troncos de arboles, animales, construcciones, etc. que se expanden a lo largo de los valles y las redes de drenaje secundario.



El agua de lluvia adquiere mayor viscosidad a su paso por la red de drenaje por la incorporación de material litológico granulométricamente diverso, creándose un comportamiento de un flujo no newtoniano el cual es detenido por variaciones en cuanto a la dirección de su desplazamiento. Posteriormente el material se detiene en los valles aluviales, colmatando la superficie del fondo y formando las llamadas terrazas fluvio-torrencales intramontanas de superficie irregular. La colada puede esparcirse en forma de abanico o cono de deyección al llegar a espacios abiertos, fuera de un relieve positivo existente, afectando con ello poblaciones e infraestructuras, tal es el caso que ocurrió en el estado Vargas en 1999.

### **Clasificación de los fenómenos.**

Como antecedentes datados recientemente son mencionados en el alud torrencial del 6 de septiembre de 1987, mas conocido como el alud del río El Limón, al norte de Maracay, en el estado Aragua, el mismo fue estudiado en mayores detalles en publicaciones por MONTES (1989), AUDEMARD *et al.* (1989) y AUDEMARD & SINGER (2000) entre varios.

RODRÍGUEZ *et al.* (2002) establecen que el fenómeno ocurrido a lo largo de 50 km en el estado Vargas estuvo sujeto a condiciones importantes de precipitación y saturación de agua en mantos de alteración, ocurriendo flujos bajo bosques, tal como el anterior evento de 1951, del cual se disponen referencias climáticas. (WIESE 1951), y que de igual manera afecto al litoral central habiendo sido realizado su estudio por GARNER (1959), SINGER (1983) y SINGER *et al.* (1959).

RODRÍGUEZ *et al.* (2002) publican que una evaluación cartográfica con carácter preliminar realizada por FUNVISIS (SINGER & RODRÍGUEZ 1999) muestra en función de la zonación altitudinal de las fuentes de material de arrastre, una clasificación por pisos: **a)** Piso inferior (0-100 m) con concentración de arrastre a 300 m s.n.m. y un desarrollo de material laterítico, provocados por el Esquisto de Tacagua en función de la nomenclatura empleada (Urbani *et al.* 2000<sup>a</sup>). Es de destacar el alcance de los surcos de erosión hasta la roca meteorizada infrayacente y de manera específica en la vía Anare-Los Caracas la cual fue interrumpida por coladas de barro y

deslizamientos (SINGER & RODRÍGUEZ op cit.). **b)** Piso intermedio (1.000 – 2.000 m) con una concentración de cicatrices entre los 1.000 y 1.500 m s.n.m. y correspondientes a avalanchas de escombros pertenecientes a la unidad litodémica Augengneis de Peña de Mora. **c)** Piso superior (>2.000 m) verificable para ambas vertientes del macizo del Ávila, con aisladas cicatrices de avalanchas detríticas por remoción de suelos limo-arenosos asociados igualmente al Augengneis de Peña de Mora, y son más abundantes las meta-tonalitas, meta-trondhjemitas, meta-gabros, etc.

### Zonas de afectación y procesos.

RODRÍGUEZ *et al.* (2002) establecen que durante diversos trabajos de campo llevados a cabo en el estado Vargas, inspecciones a sectores informales del área Metropolitana de Caracas y observaciones realizadas a partir de misiones aerotransportadas, FUNVISIS – UCV, han podido identificar tanto zonas afectadas como procesos actuantes en el mismo.

Ellos presentan una tabla en forma resumida de lo anteriormente expuesto, de la cual extraeremos información referente a los cursos de agua de nuestro interés de trabajo, y presentaremos a continuación:

| Curso de agua<br>(Río/quebrada) | Cuenca<br>(Km <sup>2</sup> ) | Proceso identificado |   |   | Observaciones                              |
|---------------------------------|------------------------------|----------------------|---|---|--|
|                                 |                              | Fd                   | I | D |  |
| Camurí Chiquito                 | 11.2                         | X                    |   |   | Sedimentos finos blanquecinos, graníticos. |
| San Julián                      | 23.6                         | X                    |   |   | Cuenca muy grande, rumbo del curso N-S.    |
| Naiguatá                        | 33.4                         | X                    | X |   | Disipación de flujos en la zona poblada.   |
| Camurí Grande                   | 42.9                         | X                    |   |   | Confluencia de dos quebradas.              |

**Fd: Flujo de detritos, I: Inundación, D: Deslizamiento.**

**Fuentes: URBANI (2000b), STOCKHAUSEN *et al.* (2000), RODRÍGUEZ *et al.* (2000), CANO & MELO (2000), GARCÍA-MARTÍNEZ (2000).**

URBANI (2002) establece una breve comparación de los eventos, donde resume que el evento hidrometeorológico de febrero de 1951 nunca fue caracterizado adecuadamente, a pesar de la intensidad y consecuencias graves y haber de

fotografías aéreas tomadas tanto antes como después del evento. Desde el punto de vista pluviométrico, el evento de 1951 se conoce mejor por la existencia de un mayor número de estaciones registradoras, mientras que en 1999 solo funcionaba la estación del Aeropuerto de Maiquetía.

En una comparación global de las fotografías aéreas de dichos años, muestran que los deslizamientos en ambos casos fueron bastante escasos a alturas mayores de los 2.000 m s.n.m. Las zonas más afectadas en 1951 fueron los niveles altitudinales medios, mientras que en 1999 fueron a su vez las partes medias y las partes bajas.

Para la zona de Quebrada Seca de Caraballeda, aproximadamente el 60% de la superficie de las colinas constituidas por el Esquisto de Tacagua sufrieron deslizamiento. En 1951 se observó la misma zona en un mapa no hubo ningún deslizamiento, pero al igual que en 1999 si los hubo tanto en la cuenca media como en la cuenca alta de la Quebrada.

Eventos como el de 1999 se han desatado constantemente a lo largo del tiempo geológico (URBANI 2002), para comprobarlo basta ver un mapa topográfico para observar la gran cantidad de conos aluviales que se extienden hacia el mar. Los mayores son los de Cabo Blanco y Caraballeda, formados por la coalescencia de tres drenajes principales en ambos casos Piedra Azul, Tacagua y Mamo para el primero y para el segundo San Julián, Quebrada Seca y Cerro Grande.

Los conos aluviales son formados por un lento aporte de sedimentos, pero en continuidad, acarreados por los ríos e intensificados con las crecidas anuales, pero definitivamente signados por eventos de gran magnitud como el de diciembre de 1999, que solo en cuestión de horas o días aportan volúmenes de sedimentos comparables a los de siglos o milenios de acción lenta. Para URBANI (2002) se corrobora, en otras palabras, la visión actual de las ciencias geológicas, donde efectos de las tradicionales encontradas tendencias filosóficas del uniformitarismo y catastrofismo, no son excluyentes, mas bien alternantes y complementarias durante el tiempo.

A consecuencia de dichos procesos de sedimentación en el tiempo, en los conos aluviales se observan principalmente materiales recientes, pero a su vez depósitos

más antiguos a cotas mayores. Existen dos tipos distinguibles de sedimentos antiguos que URBANI (2002) describe: Terrazas más jóvenes y terrazas más antiguas.

Los **Flujos Torrenciales** son conocidos como corrientes integradas de barro y rocas que vienen en los torrentes de montaña posterior a intensas y continuas lluvias. Los mencionados flujos además de agua contienen sedimentos que van desde arcilla a bloques heterométricos. El movimiento de dicho flujo tiene un aspecto de un fluido de gran viscosidad, teniendo como esencial característica el comportarse como no-newtoniano.

La mayoría de las veces, en un flujo torrencial como fenómeno particular, el agua corre por el cauce del drenaje y cuando ocurre alguna crecida, las partículas sólidas son transportadas en suspensión o acarreadas. Para la formación de un flujo torrencial ocurre una mezcla viscosa que se derrama en el lecho del río como un gran volumen de fluido. En comparación con las inundaciones y deslizamientos ordinarios, la cantidad de materiales sólidos transportados y su energía desarrollada cuando ocurre el fenómeno de flujo torrencial, son mucho más elevados en este caso. Según COUSSOT (1996 en BARBOZA & RODRÍGUEZ 2001)

Estas corrientes pueden dispersarse en los ríos o ser depositadas en el lecho del torrente después de haber recorrido varios kilómetros. Sin embargo pueden salir del lecho del torrente y desplegarse en un cono de deyección cuando su volumen es importante. Los depósitos viscosos que se estancan en el lecho por falta de energía son rápidamente lavados y llevados por la “cola” del flujo, conformada por una mezcla de agua y sedimentos de apariencia más líquida o, cuando ocurren nuevas crecidas, por los derrames hiperconcentrados.

Estos materiales que se detienen formando un cono de deyección, sin embargo presentan en su composición arcilla, entre otros, formándose como consecuencia una masa compacta, relativamente impermeable y dura después de secarse, lo que ocasiona dificultad de movilizarse por medios mecánicos, a causa de su elevada densidad. COUSSOT (1996 en BARBOZA & RODRÍGUEZ 2001).

### **Características generales – flujos torrenciales.**

Según COUSSOT (*op cit.*) los flujos torrenciales ocurren cuando se suceden lluvias prolongadas e intensas en un solo lugar, como fenómeno que moviliza variados y grandes volúmenes de materiales, tales como sedimentos finos, arena, grava, bloques, tronco de arboles, etc. El fenómeno presenta una interesante característica de que en muchas ocasiones se producen en forma de “oleadas” espaciadas en el tiempo, con intervalos de algunos minutos y que observadas desde mayor distancia parecen olas que se suceden en continuo que van perdiendo energía en las zonas de bajas pendiente. Para COUSSOT (*op cit.*) es de importancia resaltar la posibilidad de tratarse de olas de fango de hasta 10 m de altura, con densidad de hasta el doble de la del agua y en frentes de hasta numerosos centenares de metros de largo. Establece a su vez que la velocidad del frente del derrame puede variar de 0,5 a 10 m/s.

SANCIO (2000 en BARBOZA & RODRÍGUEZ 2001) establece que mediante videos, se comprobó que en estado Vargas la velocidad variaba de un mínimo de 1-3 m/s, alcanzando entre 14 y 17 m/s sobre la ladera superior, en cuanto que SALCEDO (2000 en BARBOZA & RODRÍGUEZ 2001) indica que en Cerro Grande y Carmen de Uria las velocidades alcanzadas fueron de 7 y 8 m/s respectivamente. COUSSOT (*op cit.*) observando que la velocidad de un flujo varía principalmente en función de la pendiente: la velocidad decrece algunos metros por segundo hasta detenerse de la parte alta de la cuenca al cono de deyección, la gama de velocidad es referida sólo a la parte principal del flujo sobre la cual se hace efecto la mayor parte del deslizamiento siendo a su vez la susceptible de causar los mayores daños.

JAKOB *et al.* (1997 en AMUNDARAY 2000), de acuerdo con SASSA (1985) los flujos torrenciales tienen capacidad de moverse con velocidades hasta de 16 m/seg y en pendientes tan bajas como 4°.

SANCIO (2000 en BARBOZA & RODRÍGUEZ 2001) menciona que la altura del flujo ocurrido en el estado Vargas varía entre 2 y 4 m, donde todavía las variaciones de un flujo a otro son fácilmente imputables a las diferencias de límites condiciones locales o a las diferencias existentes entre las característica de los materiales. Como consecuencia, para un igual volumen suministrado y condiciones con idénticos

límites, un fluido líquido se deslizará con mayor rapidez y con una altura de frente más débil que un fluido viscoso. Sólo en acontecimientos excepcionales son obtenidas las alturas de orden de los 10 m COUSSOT (1996 en BARBOZA & RODRÍGUEZ 2001).

El origen de un flujo torrencial esta dado de un deslizamiento lateral de una ladera que termina por formar un fluido viscoso, en el transcurso del movimiento y por acción del agua. Dicho flujo que avanza en el cauce del drenaje principal o secundario es una mezcla bastante densa conformada por agua, arcillas, limo, arena, guijarros y bloques de rocas.

En el río San Julián se observó el transporte de bloques de grandes dimensiones en los flujos torrenciales de 1999. Se pueden observar a menudo bloques cuyos diámetros se encuentran en el orden del metro que parecen flotar en la superficie del flujo. Los bloques de San Julián de hecho son transportados no sólo porque están en una zona rígida, que incluye al bloque, y la mezcla que lo rodea, sino que además es bastante débil por lo que la eventual caída de la zona rígida a través del flujo es muy lenta. COUSSOT (*op cit.*).

Generalmente cuando se explora una cuenca que creó algún flujo torrencial, no es de encontrarse, usualmente, un área fuente claramente identificada, que podría haber suministrado lo esencial del volumen del flujo. La mayoría de las veces, el conjunto de la cuenca, las riberas del río y sobre todo el lecho son de una manera groseramente uniforme erosionadas. BARBOZA & RODRÍGUEZ (2001).

Cuando se presentan importantes lluvias, de alto grado, el suelo va a ser erosionado por el agua que corre más violentamente que el tiempo normal, cargándose de materias sólidas, entonces el derrame se torna hiperconcentrado, es decir, su contenido es de abundantes partículas finas en suspensión y acarrea partículas de mayor tamaño.

Según MARTÍNEZ (2000 en SALCEDO 2000), se realizaron análisis de 8 estaciones en el estado Vargas donde se concluyó que el probable período de retorno para las lluvias de 24 horas de diciembre de 1999 es aproximadamente de unos 1000 años, en cuanto que para una lluvia de 72 mm en una hora, es de unos 50 años.

Para los tipos de flujos torrenciales se encuentra la posibilidad de obtener básicamente dos tipos principales, para COUSSOT (1996 en BARBOZA & RODRÍGUEZ 2001) se tienen los esencialmente fangosos y los esencialmente granulares, dicha clasificación es dada a su comportamiento mecánico y a su material constitutivo.

COUSSOT (*op cit.*) señala que el material que constituye un flujo torrencial es una mezcla de agua y partículas sólidas, igualmente indica que pueden distinguirse dos tipos de partículas sólidas como lo son las partículas finas (coloidales) y las partículas gruesas (no coloidales). Posteriormente suponiendo que estos dos tipos de partículas están simplemente separadas por un tamaño límite. En el seno de la fracción fina, las partículas de arcilla, donde el tamaño es inferior a 2  $\mu\text{m}$ , van a jugar un papel preponderante en el comportamiento de la mezcla. En consecuencia, en el seno del agua las partículas de arcilla son susceptibles a empujarse o de atraerse a causa de que se rodean de una doble capa de agua que proviene de la difusión lenta de cationes que poseen inicialmente en su superficie.

Los flujos torrenciales que pertenecen al primer tipo, de fangosos o viscosos, se componen por mezclas que contienen una fracción de partículas finas ( $< 40 \mu\text{m}$ ) suficientemente grande (superior a alrededor de 10% del conjunto de los materiales sólidos). Posteriormente las partículas gruesas pueden ser consideradas como dispersas en medio de una mezcla fangosa fina (fluido intersticial). El fluido intersticial (fino) puede lubricar los movimientos relativos de los granos gruesos durante el transcurso del movimiento e impone su comportamiento al conjunto, en tanto que la concentración de los granos gruesos no sea demasiado grande. COUSSOT (1996 en BARBOZA & RODRÍGUEZ 2001).

Si se observa que es grande la concentración de granos en el seno del fluido intersticial o si es muy débilmente concentrada la mezcla agua-partículas finas, es decir, poco viscosa, la mezcla resultante es tal que los contactos entre granos pueden llegar a ser bastante numerosos en el transcurso de un derrame. Entonces quienes gobiernan el comportamiento mecánico del conjunto van a ser estos contactos entre granos gruesos (colisiones, frotamientos), que es muy diferente al de los materiales esencialmente fangosos. Se concluye que estos materiales son esencialmente

granulares. Se dice que la composición de los flujos de este tipo viene dada por mezclas de un contenido muy pobre de fracción arcillosa, inferior a alrededor del 1 % del volumen total. COUSSOT (*op cit.*).

Son escasos los desbordamientos naturales de flujos torrenciales con una fracción fina intermedia (entre 1 y 10 %). En este caso, en relación con los fluidos granulares, en efecto los frotamientos entre granos son importantes pero el fluido intersticial es más viscoso. Como consecuencia de esto el material obtenido presenta una viscosidad muy grande y difícilmente puede correr bajo la forma de un flujo torrencial en el lecho del drenaje. COUSSOT (*op cit.*). A continuación se presenta una tabla donde se resumen las características principales de los flujos torrenciales fangosos y granulares (tabla 31).

**Tabla 31. Características principales distintivas de los flujos torrenciales fangosos y granulares. Tomado de COUSSOT (1996)**

|                   | Mezcla con agua                      | Calidad de la superficie   | Forma del depósito  |
|-------------------|--------------------------------------|--|---|
| Flujos Fangosos   | Muchas concentraciones posibles.     | Suave exactamente después del vacío.<br>Rígido luego del secado. | Perfiles de los frentes de lóbulos curvos (en la dirección del flujo).            |
| Flujos Granulares | Una sola: concentración = saturación | Muy friable, pero resiste bien el hundimiento.                   | Lóbulos difícilmente identificables. Perfiles de los frentes de depósitos rectos. |

SANCIO (2000), de acuerdo con la experiencia del autor, expresa que ningún fenómeno es más impresionante que un flujo de detritos de unos cuantos metros cúbicos de volumen, puesto que donde la destrucción que dejan detrás es devastadora. Lo que resulta en una terraza fluvial o en un cono de deyección (abanico que forman los sedimentos de un río al desembocar sobre alguna superficie plana, el mar, por lo general) viene siendo una superficie ondulada. Por lo general, esta superficie es interrumpida por troncos de arboles o fragmentos de tamaño excepcional.



A continuación se presentan numerosas características, propiedades y comportamientos (algunos contradictorios) que distinguen un flujo de detritos de cualquier otro movimiento de masas (TEN-STEPANIAN 1996 en SANCIO 2000):

- ◆ Son producidos por oleadas, con variables intervalos, desde menos de un (1) minuto a unos 20 minutos. En Vargas, en algunas de las cuencas, la segunda oleada fue la más destructiva, con un intervalo de unos 10 minutos de la primera.
- ◆ Poseen un ancho indefinido, el cual va a depender del cauce por el cual se desplazan. Si no existen restricciones laterales, el ancho va a depender del gasto (volumen / tiempo), ya que la altura varía relativamente poco, entre 2 y 4 m. En Vargas algunas cuencas presentaban flujos con el ancho de un peñón, mientras que en otras avanzaban con un frente de más de 100 m de ancho.
- ◆ Los detritos de mayor tamaño van delante de otros más pequeños, imbricados pero no en contacto directo entre los mismos, lo cual provoca la movilidad para ajustarse y dislocarse alternativamente, según lo exijan el terreno y los obstáculos.
- ◆ La cantidad de agua en una masa de este tipo puede ser tan baja como el 15% y se encuentra, en su mayoría, fluyendo en espacios capilares entre detritos.
- ◆ El ancho mínimo del cauce por aquel donde puedan seguir fluyendo los peñones es el límite del tamaño de los mismos. En la literatura se mencionan casos de flujo de un peñón de más de 10 metros cúbicos.
- ◆ Los detritos no ruedan cuesta abajo, sino que se van a desplazar flotando en aguas con el más variado contenido, entre lo cual se pueden encontrar troncos de arboles. En Vargas los depósitos que dominaban eran arenas, peñas (diámetro variando entre 64 y 256 mm) y peñones, además de árboles despojados de ramas y follaje.
- ◆ La velocidad de flujo de toda la masa es variable. En Vargas se constató que en la zona de acumulación pudo llegar a ser de un mínimo de 5 a 10 km por hora, a un máximo entre 50 y 60 km por hora en la ladera superior.
- ◆ Los peñones de grandes tamaños que se han incorporado a cierta distancia del frente les corresponde moverse con mayor velocidad que los fragmentos más

adelantados, de tal manera que a veces cabalgan algunos sobre otros, dejando atrás los más pequeños.

- ◆ A excepción de los edificios, absolutamente todo que da arrasado y a su vez cubierto de arena, peñas y detritos de tal manera que si se cubriera toda el área afectada con una tela, la misma formaría una superficie plana o suavemente ondulada.
- ◆ La masa se presenta con alta sensibilidad a los cambios de pendiente que, cuando les corresponde atravesar una ciudad lo hacen preferentemente por las calles, doblando la esquina cuando la avenida transversal tiene una mayor pendiente.
- ◆ Sorprendentemente, la masa rodea ciertos obstáculos que tienen menor resistencia que otros que han eliminado anteriormente o simplemente se detiene. Donde existían centenares de casas, algunas veces una queda intacta en medio de una extensión de centenares de metros cuadrados de superficie arrasada.

SARDI (2000 en BARBOZA & RODRÍGUEZ 2001) propone y presenta una escala, en grados, tomando en cuenta las características de las inundaciones de los torrentes y los flujos torrenciales:

Salcedo (2000) pudo observar, durante los reconocimientos de campo, que en algunas cuencas los depósitos de flujos torrenciales mostraban bloques de rocas en contacto, sin alguna matriz. Sugiriendo dicha observación que la fase de fluido drenó fuera del depósito luego de la respectiva sedimentación, y a su vez que el fluido era de baja resistencia y viscosidad, probablemente sólo agua, permitiendo con ello choques entre los clastos y manteniendo una alta velocidad. En otras cuencas los

**Tabla 32. Características distintivas de los flujos torrenciales. Tomado y modificado de SARDI (2000)**

| GRADOS           | CARACTERÍSTICAS DISTINTIVAS   |
|------------------|---|
| <b>Grado I</b>   | Pequeña inundación con profundidades del orden de los 30 cm, la zona inundada no va a ser muy extensa y rápidamente se seca, sin dejar sedimentos. No es causante de mayores daños.   |
| <b>Grado II</b>  | Inundación regular con mayores profundidades y sobre áreas más extensas que en anterior caso, sin llevar a cabo el acarreo de gran cantidad de sedimentos. Las pérdidas de vidas son por inmersión, pereciendo sólo los animales que se les dificulta el escape. Las partes bajas de los edificios son inundadas. Se requiere poco tiempo para el secado del terreno luego de ocurrido el evento. Los daños van a ser relativamente de poca importancia.  |
| <b>Grado III</b> | Condición semejante a la anterior, con diferencia en que las aguas acarrearán gran cantidad de sedimentos lo cual ocasiona mayores trabajos de limpieza y bote de sedimentos en ciertas partes del área inundada. Aparte trae pérdida de sembradíos y de toda vegetación por inmersión en aguas cargadas de lodo. Hay algunas pérdidas humanas.   |
| <b>Grado IV</b>  | Fuerte inundación capaz de producir algunas víctimas humanas por inmersión, en ciertas zonas las aguas adquieren alta velocidad causando arrastre de gran cantidad de sedimentos finos y de algunos clastos de tamaño grava gruesa o bloque (aproximadamente de 20 a 30 cm). Los cursos se desvían, sobre todo en los vértices de los conos de deyección. Se produce una alta acumulación de sedimentos los cuales llevarán cierto tiempo para su remoción después de terminado el evento. Se inundan totalmente las partes bajas de las edificaciones y se dañan algunos puentes. Son sepultadas gran número de viviendas. Se producen ciertos derrumbes en zonas críticas. La duración del evento es de varios días.  |
| <b>Grado V</b>   | Como consecuencia de gran precipitación pluvial hay fortísima inundación. Los torrentes se salen de su cauce y las aguas adquieren gran velocidad llevando a cabo el arrastre de muchos sedimentos y transportando rocas de grandes dimensiones así como árboles. La depositación de dichos bloques transforma la geografía del lugar la cual llevará mucho tiempo para su remoción con el fin de obtener el escenario original. Hay derrumbe de algunos puentes, a su vez son sepultadas viviendas de poca altura. Ocasiona muchas víctimas humanas por inmersión, tapiados o por traumatismos como consecuencia a la gran fuerza de las corrientes. Los conos de deyección aumentan su extensión llegando a solaparse los drenajes vecinos. La tormenta dura varios días. |
|                  |   |

depósitos de flujos torrenciales muestran grandes bloques de rocas junto con una abundante matriz de material más fino constituida por grava, arena, limo y arcilla. Se establece que una evaluación altamente preliminar y subjetiva de todos los tipos de éste evento que causó efectos sobre distintas cuencas desde La Guaira hasta Camurí Grande, han sugerido que dichos fenómenos ocurrieron independientemente del área de la cuenca y otras características tales como alineamiento del cauce, gradientes,

litologías, pendiente de taludes naturales y vegetación. El único factor común a todas las cuencas aparenta ser la intensidad de las lluvias. SALCEDO (2000).

### **Descripción de los movimientos de masas**

AMUNDARAY (2000) describe que los movimientos de masas que se observaron en el litoral central son descritos según la clasificación de Movimientos de Masas propuesta por VARNES (1978) y CRUDEN & VARNES (1995), y la Clasificación de Movimientos de Suelos y Roca en Regiones Tropicales Montañosas propuestas por VARGAS (1999).

A continuación, en AMUNDARAY (2000) establece descripciones de los diversos tipos de movimientos de masas, los cuales observó en sus visitas de reconocimientos efectuadas:

#### **Zonas altas del Litoral Central.**

Caídas y deslizamientos de rocas: estos desprendimientos o caídas fueron observados sobre las cimas de las montañas, principalmente en las cuencas de Galipán, Camurí Chico, san Julián, Cerro Grande y Uria. Los desprendimientos de rocas se presentan como deslizamientos de traslación y/o planares que van a depender de la orientación de los sistemas de diaclasas y planos de debilidad presentes. Los bloques de roca que se desprenden descienden en caída libre, a saltos o rodando cuesta abajo por las pendientes de las montañas. Dichos movimientos vienen siendo bastante rápidos, permitiéndose alcanzar velocidades de 40 a 70 m/s (145 a 250 km/h). Según VARGAS (1999 en AMUNDARAY 2000), dichos deslizamientos ocurren principalmente como rupturas repentinas durante o después de lluvias mayores.

Flujo de detritos y bloques de rocas: sobre las zonas altas muy empinadas pendientes, con inclinaciones iguales o mayores a los 45°, los flujos de detritos y bloques de rocas se presentan simultáneamente. Luego de que el manto del suelo residual junto con la vegetación han sido lavados a causa de las aguas de lluvia, y posteriormente son arrastrados por las corrientes de agua y lodo que transitan por los menores cauces afluentes de las quebradas. El autor describe dicho tipo de

movimiento como deslizamiento de un macizo muy fracturado, en donde los bloques de roca se deslizan envueltos en lodo, e igualmente su ocurrencia se encuentra asociada a lluvias mayores.

### **Zonas bajas del Litoral Central.**

Flujos de Lodo: VARNES denomina a este tipo de movimiento *flujos de tierra*, AMUNDARAY (2000) prefiere utilizar el término *flujo de lodo*, tal como lo propone VARGAS, ya que el material depositado sobre la costa es esencialmente lodo. VARGAS (1999 en AMUNDARAY 2000) asocia dicho tipo de evento con tempestades muy intensas las cuales se descubren en épocas excepcionalmente lluviosas. Para el autor, estos flujos pueden ser generados por una pequeña falla o deslizamiento de rotación o traslación, seguido de un canal a través del cual fluye el material viscoso y posteriormente finalizando con una zona de deposición o acumulación. Sobre las zonas mas bajas, los flujos de lodo abarcaron inmensas áreas. Junto con la capa vegetal, el manto de suelo residual fueron completamente lavados ocasionando con ello la exposición de la roca meteorizada. El material es predominantemente fino. Todo el material se transportó hacia los cauces de las quebradas o directamente sobre las costas, trayendo como consecuencia enormes daños materiales y mucha pérdida de vidas, aproximadamente 80.000 según estimados de Cruz Roja Internacional. Y añadió que, en particular, estos flujos de lodo afectaron tramos extensos de la Carretera del Litoral, causando inhabilitación por completo.

Movimientos Completos: AMUNDARAY (2000) expresa que sobre algunas zonas se observaron movimientos complejos de masas, los cuales incluyen dos o más tipos de deslizamientos. En el río Naiguatá se presentó uno de estos deslizamientos, el mismo depositó importantes cantidades de material sobre el cauce del río. Es importante destacar, según el autor, que en este sitio el perfil de meteorización es algo más profundo que lo observado en el Litoral Central. Dicho tipo de movimiento de masas es descrito por VARNES (1978).

### **Cauces de Quebradas.**

Flujos de detritos y bloques de roca (flujos torrenciales): AMUNDARAY (2000) establece que en las cuencas de las quebradas del Litoral, los flujos de lodo, detritos y bloques de roca (peñones) descritos anteriormente, por el mismo, se desplazaron hasta incorporarse a los cauces de las quebradas, formando flujos torrenciales de un material mixto, en estado viscoso, denso, constituido aparte de agua, por peñones, detritos y lodo. Este selectivo comportamiento de los torrentes, es causado por el tipo de litología de cada cuenca, el cual determina las fuentes de materiales de distintos tipos.

AMUNDARAY (2000) destaca que el término de flujo de detritos es el recomendado por VARNES para la descripción de este tipo de evento. A pesar de ello, los términos avalancha y flujo de bloques de roca, los cuales utiliza VARGAS, también son considerados apropiados. Otros términos usados entre los profesionales de la geotecnia e hidráulica son los de alud, alud torrencial, flujo torrencial, avalancha torrencial y lava torrencial.

Es de importancia señalar que una considerable parte de los aportes de material se presume posiblemente nace de los coluvios y aluvios que se encontraban depositados al pie de las laderas y en los cauces de las quebradas mucho antes de ocurrir el evento. Es, a su vez, de gran importancia para el mejor entendimiento de los fenómenos ocurridos la determinación de las fuentes de material aportado, su ubicación y cuantificación. AMUNDARAY (2000)

Para AMUNDARAY (2000) en referencia a la influencia de las lluvias, señalo que la saturación de los suelos ocasionada a las intensas lluvias fue el factor determinante que desencadenó la gran cantidad de movimientos de masa ocurridos en el Litoral en 1999.

En cuanto al fenómeno meteorológico ocurrido en diciembre de 1999, SALCEDO (2000) reporta cuatro factores que se consideraron responsables de la intensa lluvia: **1)** Frente frío proveniente del norte (zona de alta presión), **2)** Vaguada sobre el Caribe (nubes y precipitaciones), **3)** Flujo de Suroeste (corriente de inyección o de chorro) y **4)** Situación estacionaria sobre la Costa Central y Caracas por 20 días.

Las diferencias topográficas en El Ávila vienen a ser controladas por la diferencia en competencia de la masa rocosa. En las elevaciones más bajas afloran esquistos de la Fase Tacagua, a largo de una banda de 700 a 1500 m de espesor paralela a la línea de Costa. En las elevaciones mayores, hacia al sur de dicha banda, afloran rocas de mayor competencia pertenecientes a los esquistos de San Julián, gneis de Peña de Mora y Metagranitos. Es de interés mencionar que la mayoría del material fino dentro de los flujos torrenciales aparenta ser de la Fase Tacagua, donde se ha desarrollado por meteorización in situ.

Para SALCEDO (2000) el proceso geodinámico que se desarrollo con mayor frecuencia sobre las laderas al sur del Litoral Central, fueron los deslizamientos superficiales en forma de flujo, y generalmente están considerados como precursores a los flujos torrenciales. Esencialmente son deslizamientos traslacionales de suelos residuales y/o coluviales, con espesores menores de 2m comúnmente, las cuales desarrollan largos escarpes, y arrastran consigo la capa vegetal y hasta grandes árboles. En algunas publicaciones éstos han sido denominados deslaves.

SALCEDO (2000) menciona que la habilidad que poseen los flujos de detritos para transportar y soportar grandes bloques individuales de roca, ha sido estudiada por RODINE & JOHNSON (1976), los cuales describen como flujos torrenciales cargados con material grueso capaces de transportar grandes bloques de roca y aún fluir sobre pendientes suaves. Concluyendo que la mencionada habilidad puede ser comprendida en términos del alto peso unitario de los detritos desplazados sumado a la resistencia de la fase de fluido. Es decir, los bloques flotan como consecuencia de la pequeña diferencia en densidad que existe entre dichos bloques y los detritos, más la resistencia de cohesión de la mezcla de agua y arcilla.

Los grandes bloques de roca pueden ser suspendidos por flujos de baja resistencia, demostrado por RODINE & JOHNSON que la densidad de un fluido con clastos hasta el 95% del volumen total de flujo, es casi igual a la densidad promedio de los clastos sólidos mismos.

El autor ZHANG (1993) ha estudiado la fuerza de impacto generada por flujos torrenciales, fuerza que consiste en dos partes, la primera causada a la presión

dinámica del fluido y otra a una fuerza de choque de un bloque de roca individual. SALCEDO (2000).

En relación a los grandes bloques transportados por el flujo torrencial, evento observado en Vargas de diciembre de 1999, existen diversos criterios en referencia a su origen. En cuanto a los profesionales, algunos están con la hipótesis aquella donde los bloques vinieron transportados de la parte superior de la cuenca, como producto de respectivos deslizamientos sobre las laderas. Otro grupo, entre ellos el autor, consideran que la mayor parte de los grandes bloques de rocas se encontraban en los cauces, en terrazas aluviales y dentro de conos de deyección existentes y sencillamente fueron erosionados y movidos posteriormente de su posición aguas abajo.

SALCEDO (2000) resume que la mayor parte de los bloques de roca que fueron transportados por los flujos torrenciales vinieron de la erosión de los sedimentos existentes en la garganta de las quebradas y ríos de la reactivación de los conos de deyección. Y fue transportado aguas abajo un porcentaje bastante pequeño de bloques de rocas que estaban en el lecho del río depositados allí a causa de deslizamientos y antiguos desprendimientos de rocas. Destaca el autor que, además, encontró y reportó en campo numerosas evidencias de flujos torrenciales prehistóricos, encontrando el hecho de que en muchos de los conos de deyección se encuentren bloques de rocas metaígneas, donde las mismas pertenecen a unidades litológicas aflorantes en las cuencas medias y altas, considerando con ello una fuerte evidencia de ocurrencias de flujos torrenciales en el pasado, y hasta de mayor grado que el evento de 1999.

SINGER (1974 y 1977) cartografió varios flujos torrenciales en el Valle de Caracas, estimando la probabilidad de que fueron activados como consecuencias de sismos y que ocurrieron entre los años 1100 y 1500.

Según GRANDE S. (*com. pers.*) es ya obvia la relación entre este tipo de flujo de detritos torrenciales en esta Cordillera con eventos sísmicos. Se tiene que recordar que durante el terremoto de 1967 “toda” la Cordillera fue sacudida desde sus



cimientos por dos grandes sismos: un primero de 35 seg de duración y magnitud 6.9 Richter; un segundo de 25 seg. de duración y magnitud 5.5 Richter.

Es decir durante un minuto toda la Cordillera fue sacudida, se abrieron grietas y diaclasas, se desestabilizaron taludes, etc. Pero ese año y los subsiguientes no pasó nada.

Las rocas afectadas en las partes altas de la Cordillera quedaron dislocadas, a la expectativa, como esperando ese evento pluviométrico tan intenso que les permitiera deslizarse a valle.

Y eso fue lo que ocurrió en diciembre de 1999. Para la geología los 32 años transcurridos desde el sismo del 1967 son un instante, es decir, geológicamente, después del sismo, vino la lluvia y ocurrieron los aludes. Además, durante 32 años muchos otros sismos han tenido epicentros en el norte de Venezuela, particularmente el de Cariaco, y otros en Aragua y Falcón.

Toda esa vibración acumulada disgregó al macizo rocoso y la mala noticia es que no todo el material disponible allá arriba ha caído a valle, en especial, el peligro máximo está, a futuro, en la parte norte del valle de Caracas.

### **Generalidades del los movimientos de ladera**

GONZÁLEZ DE VALLEJO *et al.* (2002) quienes originan y modelan el relieve y definen a su vez la morfología de las laderas, son los procesos geológicos y climáticos afectando a la superficie terrestre, que va modificándose a lo largo del tiempo para conseguir adaptarse a condiciones geológicas o climáticas nuevas. Los movimientos de ladera se pueden entender como reajustes del terreno para conseguir el equilibrio ante un cambio de condiciones.

Se ha establecido que entre las áreas más propensas a la inestabilidad, bajo un punto de vista global, se encuentran las zonas montañosas y escarpadas, zonas de relieve con procesos erosivos y de meteorización intensos, laderas de valles fluviales, acantilados costeros, zonas con materiales blandos y sueltos, de macizos rocosos arcillosos, esquistosos y alterables, etc. (GONZÁLEZ DE VALLEJO *et al.* 2002).

Por su gran extensión y frecuencia, constituyen un riesgo geológico de alta importancia, afectando edificaciones, vías de comunicación, conducciones de abastecimiento, cauces y embalses, etc. y ocasionalmente a poblaciones. Los movimientos de gran magnitud son muy poco frecuentes, sin embargo en la superficie terrestre existen signos que denotan su ocurrencia en el pasado, posiblemente asociada a épocas climáticas húmedas y lluviosas o a actividad tectónica y sísmica.

Estos movimientos engloban diversos tipos de procesos, tales como los deslizamientos, flujos y coladas de barro o detritos, avalanchas rocosas, etc.

En los deslizamientos, ocasionalmente, cuando el material deslizado no alcanza al equilibrio al pie de la ladera (a causa de su pérdida de resistencia, contenido en agua o por la pendiente existente), la masa puede continuar en movimiento a lo largo de cientos de metros y alcanzar velocidades bastante elevadas, dando lugar a un **flujo**. GONZÁLEZ DE VALLEJO *et al.* (2002).

Pueden crearse deslizamientos en detritos, que generalmente dan lugar a flujos de derrubios, ya que suelen ocurrir en condiciones de saturación del material. Se conoce como término derrubio como referencia a un material suelto, sin consolidar, con una significativa de material grueso. (VARNES, 1988 en GONZÁLEZ DE VALLEJO *et al.* 2002).

### **Flujos**

Para GONZÁLEZ DE VALLEJO *et al.* (2002), los flujos o coladas son movimientos de suelo (flujos de barro o tierra), detritos (coladas de detritos) o bloques rocosos (coladas de fragmentos rocosos) con abundante presencia de agua, donde el material se encuentra disgregado y ha de comportarse como un “fluido”, sufriendo una deformación seguida, no presentando superficies de rotura definidas. El agua juega el papel de agente principal desencadenante, por la pérdida de resistencia que causa en materiales poco cohesivos.

Los flujos de detritos son complejos movimientos que engloban fragmentos rocosos, bloques, cantos y gravas en una matriz fina de arenas, limos y arcilla. Según

datos compilados por COROMINAS *et al.* (1996 en GONZÁLEZ DE VALLEJO *et al.* 2002), las pendientes del área fuente de los flujos de derrubios varían entre los 20° y los 45°, mientras que en zonas de acumulación entre los 5° y 15°, alcanzando dichos procesos velocidades desde menos de 1 m/s hasta 12 – 15 m/s. junto con los deslizamientos corresponden a los movimientos de ladera más extendidos, al afectar a una alta diversidad de tipo de materiales.

El comportamiento hidrogeológico de los materiales se encuentra asociado a sus características litológicas y estructurales así como al grado de alteración y meteorización, aspectos de íntima relación con las condiciones climáticas de algunas zonas. El agua juega un doble papel negativo en cuanto a la resistencia de los materiales, según GONZÁLEZ DE VALLEJO *et al.* (2002):

- Reduce la resistencia al corte a causa de la generación de presiones intersticiales y por la reducción de los resistentes parámetros sobre determinados tipos de suelos.
- Aumenta los esfuerzos de corte gracias al incremento del peso del terreno y por la generación de fuerzas desestabilizadoras en discontinuidades y grietas.

El desencadenamiento de los movimientos de ladera originado por causas meteorológicas y climáticas, casi siempre se encuentra fundamentalmente relacionado con el volumen, intensidad y distribución de las precipitaciones junto con el régimen climático. En consecuencia, debe ser considerada la respuesta del terreno a intensas precipitaciones durante horas (tormentas) o días, y las respuesta estacional (épocas secas y lluviosas a lo largo del año) o plurianual (ciclos húmedos y de sequías) (GONZÁLEZ DE VALLEJO *et al.* 2002). La infiltración del agua de lluvia va a originar siempre flujos superficiales y subterráneos en las laderas y a su vez aumento del contenido del agua de la zona no saturada. La cantidad de agua que es infiltrada en el terreno va a depender, entre otras características de la ladera, de la intensidad y duración de las lluvias, tamaño de la cuenca de aporte, previo contenido de agua en el terreno, de su permeabilidad y transmisividad junto a la topografía y la presencia de vegetación. En resumen, dependiendo de estos factores, se van a generar estados de desequilibrio que permiten dar lugar a la inestabilidad de las laderas.