

***TRABAJO ESPECIAL DE GRADO***

***ESTUDIO GEOLÓGICO-PETROGRÁFICO DE LA ZONA DE  
CRUCITO – ALBARICO - CARABOBO,  
ESTADO YARACUY***

Presentado ante la Ilustre  
Universidad Central de Venezuela  
por la Br. Jaimes L., Marlyne E.  
Para optar al Título  
de Ingeniero Geólogo

Caracas, noviembre 2011

***TRABAJO ESPECIAL DE GRADO***

***ESTUDIO GEOLÓGICO-PETROGRÁFICO DE LA ZONA DE  
CRUCITO - ALBARICO - CARABOBO,  
ESTADO YARACUY***

TUTOR ACADÉMICO: Prof. Sebastián Grande

Presentado ante la Ilustre  
Universidad Central de Venezuela  
por la Br. Jaimes L., Marlyne E.  
Para optar al Título  
de Ingeniero Geólogo

Caracas, noviembre 2011

Caracas, noviembre de 2011

Los abajo firmantes, miembros del Jurado designado por el Consejo de Escuela de Geología Minas y Geofísica para evaluar el Trabajo Especial de Grado presentado por la Bachiller Jaimes. L. Marlyne E., titulado:

**“ESTUDIO GEOLÓGICO-PETROGRÁFICO DE LA ZONA DE  
CRUCITO – ALBARICO - CARABOBO,  
ESTADO YARACUY”**

Consideran que el mismo cumple con los requisitos exigidos por el plan de estudios conducente al Título de Ingeniero Geólogo y sin que ello signifique que se hacen solidarios con las ideas expuestas por el autor, lo declaran APROBADO.

Prof. Ricardo Alezones  
Jurado

Prof. David Mendi  
Jurado

Prof. Sebastian Grande  
Tutor Académico

*A mis padres, Jaime y Marisol  
y a mi abuela Herlinda*



### Agradecimientos

Es imposible plasmar en unas pocas líneas todo lo que siento al haber culminado este trabajo y el agradecimiento infinito que siento por cada una de las personas que a lo largo de todo este tiempo han brindado su grano de arena para que hoy logre esta meta.

La realización de este trabajo ha sido una de las experiencias que más enseñanzas me ha dejado, no solo como profesional, sino como persona. Jamás olvidaré lo que he vivido durante estos años. Este ha sido un largo viaje de muchas experiencias, algunas muy gratas, otras bastante amargas, pero todas importantes e inolvidables. Hoy me siento feliz de estar culminando un largo capítulo en mi vida y de poder comenzar una etapa nueva llena de alegrías y grandes experiencias.

Ante todo quiero agradecerle a Dios por haberme guiado durante todo este tiempo y haber estado allí durante los momentos más duros. Gracias señor por ayudarme a alcanzar esta meta.

A mis padres Marisol y Jaime, gracias por darme la vida y por haberme brindado su amor incondicional. Por ustedes soy lo que soy y este trabajo se los dedico de todo corazón. Gracias por haberme apoyado sin juzgarme en los momentos más difíciles. Los amo.

A mi abuela Herlinda por haber sido el más grande apoyo que tuve en mi carrera. No tengo palabras para agradecerle el hecho de que me hayas acogido en tu casa y me hayas apoyado durante todo este tiempo. Eres un gran ejemplo a seguir y una gran maestra. Te adoro abuela.

A mis hermanos Marcos y Carlos gracias por haber estado allí, acompañándome en los momentos más duros, por sus innumerables palabras de alientos y por su cariño incondicional. No podría tener mejores hermanos.

A mi tío Bernardo, a quien adoro como a un segundo padre, muchas gracias por todo su apoyo y cariño en aquellos años en Cagua. Fue una época hermosa que jamás olvidare. Te quiero muchísimo.

A mi tío Ovidio, muchas gracias por todos sus consejos y por ser para mí un ejemplo a seguir. Estoy muy feliz de poder llamarlo finalmente colega.

A mis tías Magaly, Milagros, Yajaira y Esperanza; mis tíos Nelson y Adolfo y a mi prima Magaly. Gracias de todo corazón por la ayuda que me brindaron.

A mis amigos Juan Pablo, Georgina, Marisabel, Aries, Gregorio y Johana: no sé cómo empezar... son tantas las cosas que ustedes han hecho por mí y este trabajo que de enumerarlas no alcanzarían las palabras. Gracias, infinita gracias por todo. Este trabajo es tan de ustedes como mío y nunca olvidaré todo lo que hicieron por mí. Los amigos son la familia que uno escoge, gracias por formar parte de mi vida.

A los profesores Franco Urbani y Sebastián Grande muchísimas gracias por toda la ayuda que me han brindado a lo largo de estos años. De no ser por ustedes y por su criterio, sus consejos y su gran experiencia este trabajo no había sido posible. En ocasiones las experiencias más duras son las que nos dejan los mayores aprendizajes. Gracias por todo.

## AGRADECIMIENTOS

---

Al profesor Feliciano De Santis muchísimas gracias por haberme brindado la oportunidad de haber hecho este trabajo especial de grado. Al profesor Lenin González gracias por su ayuda y sus consejos.

A los profesores Ricardo Alezones y Carolina Machillanda muchísimas gracias por toda la ayuda que desinteresadamente me han brindado para culminar este trabajo, gracias por sus consejos, su paciencia y calidez conmigo. Han sido un gran apoyo.

También quiero darle las gracias a los profesores Miguel Castillejo, Mauricio Hernández, Mauricio Bermúdez, Luis Chacón, Ruth Quereguan, Elisa Ochoa, David Mendi, André Singer y Tulio Peraza; mis compañeros de la Escuela de Geología, Minas y Geofísica, en especial a Claudia Quinteros, Nairim Rodríguez y Andrés Mujica; al personal Ingenieros de Santis, en especial al señor Jorge Cardozo, el geógrafo Leandro Montes y los ingenieros Deysa Hernández, Luis Suarez y Lourdes Bechara; al joven Darwin Grimán y al resto de las personas que de una u otra forma se involucraron con este trabajo.

Seguramente olvidé a alguien pero quiero que sepan que aunque no lo nombre aquí, en mi corazón estaré eternamente agradecida por su ayuda.

A todos ustedes... gracias y que Dios los bendiga.

*Marlyne E. Jaimes Lugo*

*“El secreto del éxito es persistencia por la meta.”*

*Benjamin Disraeli*

Jaimes L., Marlyne E.

## **ESTUDIO GEOLÓGICO-PETROGRÁFICO DE LA ZONA DE CRUCITO – ALBARICO – CARABOBO, ESTADO YARACUY**

**Tutor Académico: Prof. Sebastián Grande.**

**Tesis. Caracas, U.C.V. Facultad de Ingeniería. Escuela de Geología, Minas y Geofísica.**

**Año 2011, 108 pp.**

**Palabras Claves:** Serranía de Aroa, Yaritagua, Nirgua, Caliza fosilífera, Gneis porfidoblástico

### **Resumen:**

Se realizó un estudio geológico-petrográfico de la zona comprendida entre las poblaciones de Carabobo-Crucito y Albarico, municipio Manuel Monge, estado Yaracuy con el fin de elaborar un mapa geológico a escala 1:25.000 que contenga toda la información recolectada en la etapa de campo y la de autores previos.

Para ello se integró toda la información geológica existente y se hizo un análisis fotogeológico para determinar la geomorfología de la zona y definir las principales estructuras. Posteriormente se realizó un levantamiento geológico donde se recogieron una serie de muestras de roca las cuales, tras ser sometidas a varios análisis (descripción petrográfica, descripción de muestra de mano, difracción de rayos X), ayudaron a definir las distintas unidades litológicas presentes en base a las diferentes asociaciones mineralógicas.

Se definieron tres unidades ígneo-metamórficas y dos unidades sedimentarias, mineralógica y ambientalmente muy diferentes. Estas son:

- Unidad de lutitas y areniscas (Ula)
- Unidad de calizas fosilíferas (Ucf)
- Unidad de esquistos, mármoles y anfibolitas (Uema)
- Unidad de gneis porfidoblástico, esquistos y milonitas (Ugem)
- Unidad de esquistos, anfibolitas y pegmatitas (Ueap)

Posteriormente estas unidades informales se corroboraron con las unidades formales descritas por autores anteriores, lo que dio como resultado lo siguiente:

- La unidad de areniscas y lutitas (Ula), compuesta por una secuencia de areniscas y lutitas de origen continental corresponde a la Formación Ojo de Agua de edad Mioceno.
- La unidad carbonática de ambiente plataformal somero y edad Eoceno no tiene correspondencia con ninguna de las unidades descritas en la literatura, por lo que se concluye que es posible de que se trate de una nueva unidad o fase aun o descrita de las unidades eocenas cercanas (Formación Urama y Formación Cerro Misión).

- La unidad de esquistos, mármoles y anfibolitas (Uema), compuesta por rocas verdes, mármoles, esquistos grafitosos y cuarcitas corresponde con el Complejo Nirgua del Mesozoico.
- La unidad de gneis porfidoblástico, esquistos y milonitas (Ugem), compuestas principalmente por gneises porfidoblásticos y esquistos cuarzo feldespáticos corresponde con el Gneis de Yaritagua, sin embargo guarda muchas similitudes con el Gneis de Cabriales por lo que no se puede llegar a una conclusión definitiva.

La presencia de sillimanita y granate en las rocas de la Ugem indican un régimen de relación P/T intermedia, alcanzado en el orógeno Grenvilliano (Pre – Cámbrico). Debido a los efectos del segundo evento metamórfico en la facies de esquistos verdes y efectos cataclásticos tardíos, se ha enmascarado mucho las características propias del metamorfismo de grado medio, dado que la asociación mineralógica original ha sido alterada durante la segunda etapa metamórfica de ámbito caribeño.

La complejidad estructural actual de la zona está relacionada al sistema de fallas de Boconó, activo desde el Mioceno. Todos los contactos litológicos entre las rocas ígneo-metamórficas y las sedimentarias del terciario son de fallas asociadas a dicho sistema, pero ha sido la tectónica caribeña, activa desde finales del cretácico, la que ha puesto en contacto rocas de mineralogía y génesis tan variadas

La serranía de Aroa, representa la expresión morfológica actual de un amesetamiento de edad Plioceno basculado hacia el norte, afectado por el sistema de fallas de Boconó que lo segmenta en cinco bloques en el extremo más oriental de la serranía.

El principal control geomorfológico en la zona es el estructural, ya que este define en gran medida las formas del relieve y las características del drenaje. El control morfo-litológico también genera diferencias en las formas de relieve, apreciables principalmente en la densidad del drenaje.

# Índice

<b>1. ASPECTOS INTRODUCTORIOS .....</b>	<b>1</b>
1.1. GENERALIDADES .....	1
1.2. OBJETIVO .....	1
1.3. UBICACIÓN .....	1
1.4. VÍAS DE ACCESO .....	2
1.5. FASES DEL TRABAJO .....	3
1.5.1. Etapa Compilatoria .....	3
1.5.2. Etapa de Campo .....	3
1.5.3. Etapa de Oficina .....	3
1.6. GEOGRAFÍA FÍSICA .....	4
1.6.1. Relieve .....	4
1.6.2. Drenaje .....	5
1.6.3. Clima .....	6
1.6.4. Suelos .....	6
1.6.5. Vegetación .....	6
<b>2. GEOLOGÍA REGIONAL .....</b>	<b>7</b>
2.1. TRABAJOS PREVIOS .....	7
2.2. UNIDADES FORMALES .....	9
2.2.1. Gneis de Yaritagua .....	10
2.2.2. Complejo Nirgua .....	11
2.2.3. Formación Ojo de Agua .....	12
2.2.4. Aluvión y terraza .....	13
2.3. GEOLOGÍA ESTRUCTURAL REGIONAL .....	15
2.3.1. Generalidades .....	15
2.3.2. Foliación .....	15
2.3.3. Estructuras post metamórficas .....	16
2.3.4. Sismicidad .....	17
<b>3. GEOLOGÍA LOCAL .....</b>	<b>18</b>
3.1. ANÁLISIS FOTOGEOLÓGICO .....	18
3.1.1. Introducción .....	18
3.1.2. Relieve .....	18
3.1.2.1. Unidad I. Planicie Aluvial .....	19
3.1.2.2. Unidad II. Colinas Bajas e Irregulares .....	21
3.1.2.3. Unidad III. Montañas bajas alargadas .....	22
3.1.2.4. Unidad IV. Montaña asimétrica de cresta sinuosa .....	23

## INDICE

---

3.1.3. Hidrografía .....	25
3.1.4. Detalles Estructurales.....	27
<b>3.2. UNIDADES LITOLÓGICAS .....</b>	<b>28</b>
3.2.1. Generalidades .....	28
3.2.2. Unidad de Gneis porfidoblástico, esquistos y milonitas (Ugem) .....	30
3.2.2.1. Extensión .....	30
3.2.2.2. Contactos .....	30
3.2.2.3. Tipos litológicos.....	30
Esquisto y augenesquisto feldespático-cuarzo-clorítico .....	31
Rocas granoblásticas .....	34
Gneis porfidoblástico .....	36
Gneis porfidoblástico feldespático-cuarzo-micáceo .....	40
Gneis granítico y metagranito .....	43
Gneis y augengneis cuarzo-feldespático-micáceo .....	45
Augenesquisto cuarzo feldespático micáceo. Rocas miloníticas .....	48
Gneis porfidoblástico leucocrático.....	50
Esquisto cuarzo micáceo feldespático .....	52
Filita y esquisto micáceo cuarzo. Enclaves .....	54
Metaconglomerado.....	57
3.2.3. Unidad de esquistos, anfibolitas y pegmatitas. (Ueap).....	58
3.2.3.1. Extensión .....	58
3.2.3.2. Contactos .....	58
3.2.3.3. Tipos litológicos.....	58
Anfibolita. Esquisto Anfibolítico .....	59
Esquisto cuarzo biotítico .....	60
Pegmatita Turmanilífera .....	62
3.2.4. Unidad de esquistos, mármoles y anfibolitas (Uema) .....	63
3.2.4.1. Extensión .....	63
3.2.4.2. Contactos .....	63
3.2.4.3. Tipos litológicos.....	63
Esquisto cuarzoso y cuarcita .....	64
Mármol grafitoso .....	66
Esquisto grafitoso.....	67
Anfibolita y esquisto anfibolítico.....	69
Tufa .....	73
3.2.5. Unidad de Caliza Fosilífera (Ucf) .....	74
3.2.5.1. Extensión .....	74
3.2.5.2. Contactos .....	74
3.2.5.3. Tipos litológicos.....	74
Caliza fosilífera .....	74
3.2.6. Unidad de Lutitas y Areniscas (Ula).....	78
3.2.6.1. Extensión .....	78
3.2.6.2. Contactos .....	78
3.2.6.3. Características de campo .....	78
3.2.7. Unidad de Aluviones y Terrazas .....	78
3.2.7.1. Extensión .....	78
3.2.7.2. Contactos .....	79
3.2.7.3. Características de campo .....	79
<b>3.3. GEOLOGÍA ESTRUCTURAL LOCAL .....</b>	<b>80</b>
3.3.1. Generalidades .....	80
3.3.2. Fallas.....	80

## INDICE

---

3.3.3. Pliegues .....	82
3.3.4. Foliación .....	83
3.3.4.1. Unidad de gneis porfidoblástico, esquistos y milonitas (Ugem) .....	83
3.3.4.2. Unidad de esquistos, mármoles y anfibolitas (Uema) .....	84
3.3.4.3. Unidad de esquistos, anfibolitas y pegmatitas (Ueap).....	86
3.3.5. Diaclasas.....	86
3.3.5.1. Unidad de gneis porfidoblástico, esquistos y milonitas (Ugem) .....	86
3.3.5.2. Unidad de esquistos, mármoles y anfibolitas (Uema) .....	87
3.3.5.3. Unidad de esquistos, anfibolitas y pegmatitas (Ueap).....	89
<b>4. INTERPRETACIONES.....</b>	<b>90</b>
<b>4.1. METAMORFISMO.....</b>	<b>90</b>
4.1.1 Generalidades .....	90
4.1.2. Unidad de gneis porfidoblástico, esquistos y milonitas (Ugem) .....	91
4.1.3. Unidad de esquistos, anfibolitas y pegmatitas (Ueap) .....	92
4.1.4. Unidad de esquistos, mármoles y anfibolitas. (Uema) .....	92
<b>4.2. UNIDADES LITOLÓGICAS .....</b>	<b>95</b>
4.2.1. Generalidades .....	95
4.2.2. Unidad de gneis porfidoblástico, esquistos y milonitas (Ugem) .....	95
4.2.3. Unidad de esquistos, anfibolitas y pegmatitas (Ueap).....	96
4.2.4. Unidad de esquistos, mármoles y anfibolitas (Uema) .....	96
4.2.5. Unidad de Caliza Fosilífera (Ucf) .....	96
4.2.5. Unidad de lutitas y areniscas (Ula) .....	97
<b>4.3. GEOLOGÍA ESTRUCTURAL Y RELACIONES GEOMORFOLÓGICAS .....</b>	<b>97</b>
4.3.1. Generalidades .....	97
4.3.2. Relaciones Geomorfológicas .....	98
4.3.2.1 Control morfo-litológico.....	98
4.3.2.2 Control morfo-estructural.....	99
4.3.2. Geología Estructural.....	100
<b>5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>	<b>101</b>
5.1 CONCLUSIONES.....	101
5.2 RECOMENDACIONES.....	102
<b>6. BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>103</b>
<b>7. ANEXOS.....</b>	<b>109</b>
7.1 OBSERVACIONES DE CAMPO .....	109
7.2 ANÁLISIS PETROGRÁFICO.....	153
7.1 RESULTADOS DE DRX .....	228
7.4 DESCRIPCIÓN MINERALÓGICA DE LAS UNIDADES LITOLÓGICAS .....	231

## Índice de Figuras

Fig. 1.- Mapa de ubicación de la zona de estudio	2
Fig. 2.- Ubicación de las formas del relieve.	5
Fig. 3.- Unidades formales que afloran en la zona de estudio.	9
Fig. 4.- Mapa de afloramientos del Gneis de Yaritagua en la región de Chivacoa – San Felipe	11
Fig. 5.- Mapa de afloramientos del Complejo Nirgua en la región de Chivacoa – San Felipe.	13
Fig. 6.- Mapa de afloramiento de la Formación Ojo de Agua	14
Fig. 7.- Mapa de afloramiento de los sedimentos cuaternarios	14
Fig. 8.- Fajas geológicas del Norte de Venezuela	16.
Fig. 9.- Evolución de la nomenclatura utilizada para la subdivisión de la Cordillera de la Costa	16
Fig. 10.- Mapa estructural de la Serranía de Aroa	17
Fig. 11. Unidades Topográficas	19
Fig. 12. (A) Bloque elongado y vista de la planicie al sur de la serranía. (B) Detalle de los sedimentos que componen dicho bloque.	20
Fig. 13. Unidad I. Planicie al sur de la Serranía de Aroa	20
Fig. 14. (A) Planicie aluvial del río Aroa desde la carretera N° 13. (B) Planicie aluvial y vista al poblado Kilómetro 39	21
Fig. 15. Unidad II Colinas Bajas	21
Fig. 16. Líneas de Cresta de la Unidad III	22
Fig. 17. Facetas triangulares en la loma alargada a la derecha del río Crucito. Unidad III.	23
Fig. 18. Líneas de cresta de la Unidad IV.	24
Fig. 19. Mapa hidrográfico	25
Fig. 20. Diferencias en la densidad del drenaje. Hoja 6447-II-NO a escala 1:25.000.	26
Fig. 21. Fracturas y fallas en la zona de estudio.	28
Fig. 22. Distribución de las unidades ígneo-metamórficas en la zona de estudio.	29
Fig. 23. (A) Afloramiento de esquistos feldespático cuarzo clorítico. (B) Detalle de la foliación y las diaclasas en el afloramiento de esquistos.	31
Fig. 24. Contacto de falla entre esquistos (CR-03) y el augenquistos (CR-04).	32
Fig. 25. Fotomicrografías CR-04: (A) Porfiroclastos anhedral de feldespato potásico definiendo una textura augengneisica. NX. (B) Porfiroclasto subhedral de feldespato potásico con inclusiones de plagioclasa maclada y textura peritítica.	33
Fig. 26. Fotomicrografías QTIN-07A: Vista general de la sección. Clorita con inclusiones de magnetita. (A) N// (B) NX.	33
Fig. 27. (A) Fotomicrografías QTIN-07A: Textura mirmequítica. NX. (B) Fotomicrografías QTIN-07B: Vista general de la sección. Vetilla de carbonato. NX.	33
Fig. 28. Muestras de mano: (A) CR-02. (B) QOR-04.	34
Fig. 29. Afloramiento de las rocas granoblásticas en las quebradas Guayabito (A) y el Orcón (B).	34
Fig. 30. Fotomicrografías QOR-04: Vista general de la sección. Biotita alterando a clorita y magnetita. N// (A) NX (B).	35
Fig. 31. Fotomicrografías CR-02: (A) Vista general de la sección. NX. Fotomicrografía QOR-04: (B) Fenocristal de plagioclasa con bordes fracturados NX.	36
Fig. 32. Fotomicrografías CR-02: (A) Vista general de la sección. NX. Fotomicrografía QOR-04: (B) Fenocristal de plagioclasa con bordes fracturados NX.	36
Fig. 33. Muestras de mano: (A) QRO-07. (B) QSC-02.	37
Fig. 34. (A) Afloramiento de gneis porfidoblástico en el lecho de la Quebrada Seca. (B) Detalle de la foto anterior.	37
Fig. 35. Quebrada el Roble. (A) Veta de cuarzo y enclaves de filita micácea en el gneis porfidoblástico. (B) Canto rodado de gneis porfidoblástico con enclaves de filita micácea.	37
Fig. 36. (A) y (B) Muestra QCHP-02.	38
Fig. 37. Fotomicrografías QRO-07: Rutilo sagenítico en estilpnomelano. (A) N// (B) NX.	39



Fig. 38. (A) Fotomicrografías QRO-07: Porfidoblasto de feldespato alcalino atravesado por trenes de cuarzo. (B) Fotomicrografías QSC-02: Vista general de la sección. Cristales de diversos tamaños presentes en la muestra. NX.	39
Fig. 39. Fotomicrografías QCHP-02: Vista general de la sección. Fenocristal formado por un cúmulo de cuarzo policristalino y granate envuelto por micas. (A) N// (B) NX.	39
Fig. 40. Muestras de mano: (A) QCHP-03. (B) SA-01.	40
Fig. 41. Afloramiento de gneis porfidoblástico en la quebrada el Roble (A). Detalle de la roca (B).	40
Fig. 42. Afloramiento de gneis porfidoblástico en la quebrada el Orcón (A). Detalle de la roca (B).	41
Fig. 43. Fotomicrografía QCHP-03: (A) Sillimanita. N//. (B) Vista general de la sección. NX.	42
Fig. 44. Fotomicrografías QSC-01: Granate fracturado transformado a biotita y clorita. (A) N//. (B) NX.	42
Fig. 45. Fotomicrografías QRO-05: (A) Porfidoblasto de plagioclasa con maclas deformadas e inclusiones NX. (B) Porfidoblasto de plagioclasa con inclusiones en el núcleo NX.	42
Fig. 46. (A) Afloramiento de metagranito. Quebrada Orcón. (B) Afloramiento de gneis granítico. Quebrada el Indio.	43
Fig. 47. Muestras de mano: (A) QIN-07. (B) QIN-05.	43
Fig. 48. Fotomicrografía QIN-05: Cúmulo de micas entrelazadas. (A) N//. (B) NX.	44
Fig. 49. Fotomicrografía SN-01: Fenoblasto de plagioclasa sericitizado y con una fractura rellena de clorita y epidoto (A) N// (B) NX.	45
Fig. 50. Fotomicrografía QOR-03: Sillimanita acicular en biotita cloritizada. (A) N// (B) NX.	45
Fig. 51. (A) y (B) Afloramientos de augengneis cuarzo-feldespático-micáceo. Quebrada el Roble.	46
Fig. 52. Muestras de mano: (A) QIN-03. (B) QRO-04.	46
Fig. 53. Muestras de mano: (A) QRO-03. (B) QIN-04.	46
Fig. 54. Fotomicrografías QRO-03: (A) Porfidoblasto de feldespato alcalino con inclusiones y pertitas, bordeado de micas. (B) Vista general de la sección. NX.	47
Fig. 55. Fotomicrografías QIN-04: Sillimanita en clorita. (A) N//. (B) NX.	47
Fig. 56. (A) Afloramiento de esquisto feldespático cuarzo clorítico en la quebrada El Indio. (B) Fallas en el afloramiento del augen-esquisto cuarzo micáceo feldespático en la quebrada Banco Obrero.	48
Fig. 57. Muestras de mano: (A) QIN-06. (B) QBAOB-06.	48
Fig. 58. Fotomicrografía QRO-09: (A) Vista general de la sección. Porfidoclasto de feldespato potásico. NX. Fotomicrografía QBAOB-06: (B) Porfidoclasto de feldespato potásico con sobrecrecimiento de cristales de cuarzo en uno de sus extremos NX.	49
Fig. 59. Fotomicrografía QBAOB-06: Vista general de la sección. Augen de moscovita. (A) N//. (B) NX.	50
Fig. 60. (A) y (B) Afloramientos de Gneis porfidoblástico leucocrático en la quebrada el Roble.	50
Fig. 61. Muestras de mano QRO-01.	51
Fig. 62. Fotomicrografías QRO-01: (A) Porfidoblasto de plagioclasa con maclas deformadas. NX. (B) Pertita maclada en porfidoblasto de feldespato potásico y textura mirmequítica. NX.	52
Fig. 63. Fotomicrografías QRO-10: (A) Porfidoblasto de feldespato alcalino exhibiendo un maclado enrejado incipiente y con inclusiones de plagioclasa sericitizada. NX. (B) Porfidoblasto con inclusiones de plagioclasa, texturas mirmequítica, poiquilítica y pertítica. NX.	52
Fig. 64. (A) Afloramiento de esquisto cuarzo micáceo feldespático en la quebrada Charípano. (B) Cristales de granate en el esquisto cuarzo micáceo feldespático, Quebrada el Indio.	53
Fig. 65. Muestras de mano QIN-10 (izquierda) y QIN-11 (derecha).	53
Fig. 66. Fotomicrografías QCHP-01: Textura de la roca: Cristales de epidoto en moscovita. (A) N// (B) NX.	54
Fig. 67. Fotomicrografías QIN-10: Granate esqueletal alterando a clorita, biotita y con cuarzo intersticial. (A) N// (B) NX.	54
Fig. 68. (A) Canto rodado de gneis porfidoblástico con enclaves de filita micácea cuarzosa. Quebrada el Roble. (B) Enclave de filita micácea en gneis porfidoblástico. Lecho de la quebrada Seca.	55
Fig. 69. Muestras de mano: (A) QSC-03 (B) QSC-05.	55
Fig. 70. Fotomicrografías QSC-03: Vista general de la sección. Cristales subhedrales de Epidoto. (A) N// (B) NX.	56
Fig. 71. Fotomicrografías QSC-05: Vista general de la sección. Granates subhedrales. (A) N// (B) NX.	56
Fig. 72. Fotomicrografías QSC-04: (A) Vista general de la sección NX. (B) Cristales de sillimanita. NX.	56
Fig. 73. Muestras de mano: (A) QIN-08 y (B) QIN-09.	57

## INDICE

Fig. 74. Fotomicrografías QIN-08: (A) Vista general de la sección. Porfidoblasto de feldespato potásico. NX. (B) Vista general de la sección. Porfidoblasto de feldespato potásico con textura mirmequítica en los bordes. NX.	58
Fig. 75. (A) Lente de anfibolita en esquisto con vetas concordantes de cuarzo. (B) Muestra CT-02.	59
Fig. 76. Fotomicrografía CT-02: (A) Cristal basal de actinolita exhibiendo clivaje prismático rómbico. NX. (B) Vista general de la sección. NX.	59
Fig. 77. Fotomicrografía CT-02: Cristales subhedral de titanita. (A) N//. (B) NX.	60
Fig. 78. (A) Talud de esquisto cuarzo biotítico. (B) Fallas y fracturas de reajuste en el talud del esquisto cuarzo biotítico	60
Fig. 79. Muestras de mano CT-01	61
Fig. 80. Fotomicrografías CT-01: Vista general de la sección. (A) N//. (B) NX.	61
Fig. 81. Fotomicrografías CT-01: (A) Cristal de plagioclasa en banda de cuarzo microcristalino NX. (B) Cristal de feldespato potásico bordeado de cuarzo microcristalino en banda de cuarzo policristalino NX.	61
Fig. 82. (A) Cuerpos de pegmatita en el esquisto cuarzo biotítico. Cantera en Farriar. (B) Cuerpo masivo de pegmatita de gran tamaño en el área de explotación de la cantera.	62
Fig. 83. (A) Cristal subhedral de turmalina y acumulación de moscovita en la pegmatita. (A) Veta de pegmatita en esquisto cuarzo micáceo	62
Fig. 84. (A) y (B) Muestra de mano CT-03.	63
Fig. 85. (A) Afloramiento de esquisto cuarzo micáceo en el río Tesorero. (B) Detalle de las familias de diaclasas.	64
Fig. 86. (A) y (B) Afloramientos de cuarcita en la quebrada el Zamuro.	64
Fig. 87. Fotomicrografía RT-01: Cristal pre tectónico de Granate esquelético asociado a hematita. (A) N//. (B) NX.	65
Fig. 88. Fotomicrografía QZA-01: (A) Plagioclasa poiquilítica NX. (B) Titanita esquelética N//.	65
Fig. 89. (A) Afloramiento de mármol en el lecho del río Tesorero. (B) Afloramiento de mármol medianamente meteorizado en la quebrada el Playón.	66
Fig. 90. Muestras de mano: (A) QPA-06. (B) QPY-01.	66
Fig. 91. Fotomicrografía QPA-01: Vista general de la sección. Calcita exhibiendo clivaje romboédrico, escamas de grafito y cristales subhedral de magnetita. (A) N//. (B) NX.	67
Fig. 92. (A) Afloramiento de Esquisto calcáreo micáceo grafitoso en el río Tesorero. (B) Afloramiento de esquisto micáceo grafitoso en la quebrada Agua Colorada.	67
Fig. 93. Muestras de mano: (A) QGUA-01. (B) RT-04.	68
Fig. 94. Fotomicrografía RT-04: Cúmulo de clorita y otras micas entrelazadas. (A) N//. (B) NX.	68
Fig. 95. Fotomicrografía RT-04: Textura de crenulación en grafito. (A) N//. (B) NX.	69
Fig. 96. Fotomicrografía RT-04: (A) Cristal anhedral de cuarzo bordeado por moscovita NX. (B) Textura poiquilítica en plagioclasa NX.	69
Fig. 97. (A) Esquisto anfibolítico epidótico en la quebrada Parra. (B) Afloramiento de esquisto anfibolítico epidótico cuarzoso en la quebrada el Playón.	70
Fig. 98. Muestras de mano: (A) QPY-04. (B) QPA-03.	70
Fig. 99. Afloramiento de anfibolita epidótica en la quebrada el Zamuro (A) y en el río Tesorero (B).	70
Fig. 100. Muestras de mano: (A) QZA-02. (B) QGUA-02.	71
Fig. 101. Fotomicrografía QPY-04: Cristal euhedral de plagioclasa bordeado por pirita corroída y con textura poiquilítica. (A) N//. (B) NX.	72
Fig. 102. Fotomicrografía QPA-02: Cristal de actinolita en sección basal exhibiendo un clivaje prismático rómbico. (A) N//. (B) NX.	72
Fig. 103. RT-03: Vista general. Cristales de epidoto, biotita y opacos. (A) N//. (B) NX.	72
Fig. 104. QZA-04: Vista General de la Sección. Cristales euhedrales de granate. (A) N//. (B) NX.	73
Fig. 105. Muestras de manos: (A) RT-06. (B) RT-08.	73
Fig. 106. (A) Afloramiento de mármol en el margen izquierdo del río Tesorero. (B) Entrada a unas cuevas.	73
Fig. 107. Área aproximada de la unidad de caliza fosilífera en las zonas baja al norte de la serranía de Aroa (derecha). Fotografía aérea 020354 095 (izquierda)	74
Fig. 108. (A) Afloramiento de caliza fosilífera en la quebrada agua caliente. (B) Detalle del afloramiento.	75
Fig. 109. (A) Brote de aguas termales en la quebrada Aguas Calientes. (B) Detalle de la imagen anterior.	75
Fig. 110. (A) y (B) Muestra QAC-01.	75

## INDICE

Fig. 111. Fotomicrografía QAC-01: (A) Fragmento de Roca NX. (B) Cristal de Microclino. NX. _____	76
Fig. 112. Fotomicrografía QAC-01: (A) Nummulites Sp. NX. (B) Fragmento de Alga N//. _____	77
Fig. 113. Fotomicrografía QAC-01: Fragmento de bivalvo con inversión homoaxial (A) N//. (B) NX. _____	77
Fig. 114. Fotomicrografía QAC-01: (A) Foraminífero uniseriado multicameral N//. (B) Cristal anhedral de plagioclasa NX. _____	77
Fig. 115. Afloramiento de la unidad de lutitas y areniscas en un saque de arena en el pueblo de Caripial, valle del río Crucito. Vista de la terraza superior. _____	78
Fig. 116. (A) Afloramiento de arcillas poco consolidadas en la urbanización Santa Eduvigis, carretera hacia Yumare. (B) Afloramiento Limo interestratificado con arenas poco consolidada a un lado de la carretera. Sector Macagua. _____	79
Fig. 117. (A) Afloramiento de aluviones en la parte baja de la quebrada Banco Obrero, cerca del punto inicial de levantamiento. (B) Niveles conglomeráticos en la base del afloramiento. _____	79
Fig. 118. (A) Fallas normales en el talud de la cantera de Farriar. (B) Detalle de la foto anterior _____	80
Fig. 119. Falla que corresponde con una de las observadas en fotografía aéreas _____	81
Fig. 120. (A) Falla en el Talud San Antonio. (B) Detalle de la foto anterior. _____	81
Fig. 121. (A) Falla en un talud en la carretera Yumare-Albarico. (B) Detalle de la foto anterior. _____	81
Fig. 122. (A) Leve plegamiento en el afloramiento de anfífolita epidótica en el río Tesorero. (B) Pliegue sinforme y contacto entre el aluvión y el augengneis cuarzo-feldespático-micáceo en la quebrada el Roble. _____	82
Fig. 123. (A) Canto rodado de esquisto carbonático micáceo grafitoso que exhibe un pliegue. (B) Pliegue antiforme volcado en el afloramiento de esquisto. Quebrada Agua Colorada. _____	82
Fig. 124. Sección del Mapa Geológico del estado Yaracuy _____	83
Fig. 125. Roseta de rumbos de los planos de foliación observados en la Ugem. _____	83
Fig. 126. Diagrama de Densidad de Polos de los planos de foliación observados en la Ugem. _____	84
Fig. 127. Foliación en rocas de la Ugem (A) Afloramiento en la carretera Albarico- Yumare. (B) Afloramiento en la quebrada Charipano. _____	84
Fig. 128. Roseta de rumbos de los planos de foliación observados en la Uema. _____	85
Fig. 129. Diagrama de Densidad de Polos de los planos de foliación observados en la Ugem. _____	85
Fig. 130. Foliación en rocas de la Uema (A) Afloramiento en la quebrada el Zamuro. (B) Afloramiento en la quebrada el Playón. _____	85
Fig. 131. Foliación en rocas de la Ueap. Afloramiento en la Cantera de Farriar. _____	86
Fig. 132. Roseta de rumbos de los planos de diaclasas observados en la Ugem _____	86
Fig. 133. Diagrama de Densidad de Polos de los planos de diaclasas observados en la Ugem. _____	87
Fig. 134. Diaclasas en rocas de la Ugem (A) Afloramiento en la quebrada las Tinajas. (B) Afloramiento en la quebrada el Roble. _____	87
Fig. 135. Roseta de rumbos de los planos de diaclasas observados en la Uema _____	88
Fig. 136. Diagrama de Densidad de Polos de los planos de foliación observados en la Uema. _____	88
Fig. 137. Diaclasas en rocas de la Ugem (A) Afloramiento en el río Tesorero. (B) Afloramiento en la quebrada el Zamuro. _____	88
Fig. 138. Diaclasas en rocas de la Ueap. Afloramiento en la Cantera de Farriar. _____	89
Fig. 139. Diagrama de Facies Metamórficas. _____	90
Fig. 140. (A) canto rodado de Gneis porfidoblástico con enclaves de filita micácea. Quebrada el Roble. Ugem. .JAIMES (2011). (B)Enclaves de filita en gneis porfidoblástico. Ugp. AGUILERA & VALLENILLA (1985). _____	95
Fig. 141.(A) Gneis porfidoblástico. Quebrada el Roble. Ugem. .JAIMES (2011). (B) Gneis porfidoblástico. Ugp. GRANDE (1983). _____	96
Fig. 142. (A) Parte alta de la Quebrada Guayabito que atraviesa rocas de la Ugem. (B) Cauce de la Quebrada Agua Colorada que atraviesa rocas de la Uema. _____	98
Fig. 143. Punto de confluencia entre la Quebrada Guayabito que atraviesa rocas de la Ugem (izquierda) y la quebrada el Playón, que atraviesa rocas de la Uema (Derecha). Río Crucito. _____	99
Fig. 144.(A) Mapa Estructural (AUDEMARD et al. (1993)). Vs. Mapa de líneas de cresta. (B) Mapa Mapa Estructural (AUDEMARD et al. (1993)). Vs. Mapa de drenaje _____	100

## Índice de Tablas

<i>Tabla 1. Unidades formales.</i> .....	10
<i>Tabla 2. Resumen de unidades geológicas aflorantes en el área de estudio.</i> .....	28
<i>Tabla 3. Abreviatura de los minerales ordenada alfabéticamente por el nombre del mineral.</i> .....	30
<i>Tabla 4. Tipos litológicos de Ugem.</i> .....	31
<i>Tabla 5. Composición mineralógica del esquisto feldespático-cuarzo-clorítico.</i> .....	32
<i>Tabla 6. Clasificación de las muestras del esquisto feldespático-cuarzo-clorítico.</i> .....	32
<i>Tabla 7. Composición mineralógica de las rocas granoblásticas.</i> .....	35
<i>Tabla 8. Nombre de las muestras de las rocas granoblásticas.</i> .....	35
<i>Tabla 9. Composición mineralógica de la gneis porfidoblástico melanocrático.</i> .....	38
<i>Tabla 10. Nombre de las muestras del gneis porfidoblástico.</i> .....	38
<i>Tabla 11. Composición mineralógica del gneis porfidoblástico.</i> .....	41
<i>Tabla 12. Nombre de las muestras del gneis porfidoblástico.</i> .....	42
<i>Tabla 13. Composición mineralógica del gneis granítico.</i> .....	44
<i>Tabla 14. Nombre de las muestras del gneis granítico.</i> .....	44
<i>Tabla 15. Composición mineralógica del Gneis y augengneis cuarzo-feldespático-micáceo.</i> .....	47
<i>Tabla 16. Nombre de las muestras del gneis cuarzo feldespático micáceo</i> .....	47
<i>Tabla 17. Composición mineralógica del augenesquisto porfidoclástico.</i> .....	49
<i>Tabla 18. Nombre de las muestras de las rocas miloníticas.</i> .....	49
<i>Tabla 19. Clasificación de las rocas miloníticas según BGS (1999).</i> .....	50
<i>Tabla 20. Composición mineralógica del gneis porfidoblástico leucocrático.</i> .....	51
<i>Tabla 21. Nombre de las muestras del gneis porfidoblástico leucocrático.</i> .....	51
<i>Tabla 22. Composición mineralógica del esquisto cuarzo feldespático micáceo.</i> .....	53
<i>Tabla 23. Nombre de las muestras del esquisto leucocrático.</i> .....	53
<i>Tabla 24. Composición mineralógica de la filita micácea cuarzosa.</i> .....	55
<i>Tabla 25. Nombre de las muestras de la filita micácea cuarzosa.</i> .....	55
<i>Tabla 26. Composición mineralógica del metaconglomerado.</i> .....	57
<i>Tabla 27. Nombre de las muestras del metaconglomerado.</i> .....	57
<i>Tabla 28. Tipos litológicos de Ueap.</i> .....	58
<i>Tabla 29. Composición mineralógica de la anfibolita.</i> .....	59
<i>Tabla 30. Nombre de las muestras de la anfibolita.</i> .....	59
<i>Tabla 31. Composición mineralógica del esquisto cuarzo biotítico.</i> .....	61
<i>Tabla 32. Nombre de las muestras del esquisto cuarzo micáceo.</i> .....	61
<i>Tabla 33. Tipos litológicos de Uema</i> .....	63
<i>Tabla 34. Composición mineralógica del esquisto cuarzoso.</i> .....	65
<i>Tabla 35. Nombre de las muestras del esquisto cuarzoso.</i> .....	65
<i>Tabla 36. Composición mineralógica del mármol grafitoso.</i> .....	66
<i>Tabla 37. Nombre de las muestras del mármol grafitoso.</i> .....	67
<i>Tabla 38. Composición mineralógica del esquisto grafitoso.</i> .....	68
<i>Tabla 39. Nombre de la muestra del esquisto grafitoso.</i> .....	68
<i>Tabla 40. Composición mineralógica del esquisto cuarzoso.</i> .....	71
<i>Tabla 41. Nombre de las muestras del esquisto anfibolítico.</i> .....	72
<i>Tabla 42. Composición mineralógica de la caliza fosilífera.</i> .....	76
<i>Tabla 43. Nombre de la muestra de la caliza fosilífera.</i> .....	76
<i>Tabla 44. Clasificación bajo distintos sistemas de clasificación de rocas carbonáticas.</i> .....	76
<i>Tabla 45. Resumen del análisis metamórfico.</i> .....	94

## **1. ASPECTOS INTRODUCTORIOS**

### **1.1. GENERALIDADES**

Se realizó el estudio geológico-petrográfico de las rocas que afloran en el extremo nororiental de la serranía de Aroa, por ser un área poco estudiada y con gran variedad litológica.

### **1.2. OBJETIVO**

Realizar un estudio geológico-petrográfico de la zona comprendida entre las poblaciones de Carabobo-Crucito y Albarico, municipio Manuel Monge, estado Yaracuy.

A tales fines se realizaron las siguientes actividades:

- Recolectar toda la información geológica existente en la zona de estudio para su posterior análisis e interpretación.
- Establecer mediante el análisis fotogeológico la geometría, drenaje, principales estructuras y geomorfología de la zona.
- Realizar el levantamiento geológico, con descripción detallada de afloramientos y toma de muestras de mano.
- Identificar la litología presente por medio del análisis petrográfico de secciones finas de las muestras recolectadas en el período de campo.
- Definir unidades litológicas en base a las diferentes asociaciones mineralógicas presentes y luego corroborar con las unidades formales descritas por autores anteriores.
- Elaborar un mapa geológico correspondientes a las hojas 6447-I-SO, 6447-I-SE y 6447-II-NO, y a parte de las hojas 6447-IV-SE, 6447-III-NE, 6447-III-SE, 6447-II-SO y 6447-II-NE a escala 1:25.000 que contengan toda la información recolectada y la de autores previos.

### **1.3. UBICACIÓN**

La zona de estudio corresponde al extremo nororiental de la Serranía de Aroa, entre los poblados de Carabobo, Yumare y Albarico, ubicada en la región norcentral del estado Yaracuy (Fig. 1). El acceso principal es la carretera San Felipe –Aroa.

**ESTUDIO GEOLÓGICO-PETROGRÁFICO DE LA  
ZONA DE CRUCITO –ALBARICO-CARABOBO, ESTADO YARACUY**

Las coordenadas geográficas que limitan la zona estudiada son: Latitud norte  $10^{\circ}25'$  y  $10^{\circ}36'$  y de Longitud oeste  $68^{\circ}46'$  y  $68^{\circ}30'$ . Las coordenadas UTM equivalentes son: desde 1.148.000 hasta 1.70.000 al Norte y desde 525.000 hasta 554.000 al Este.

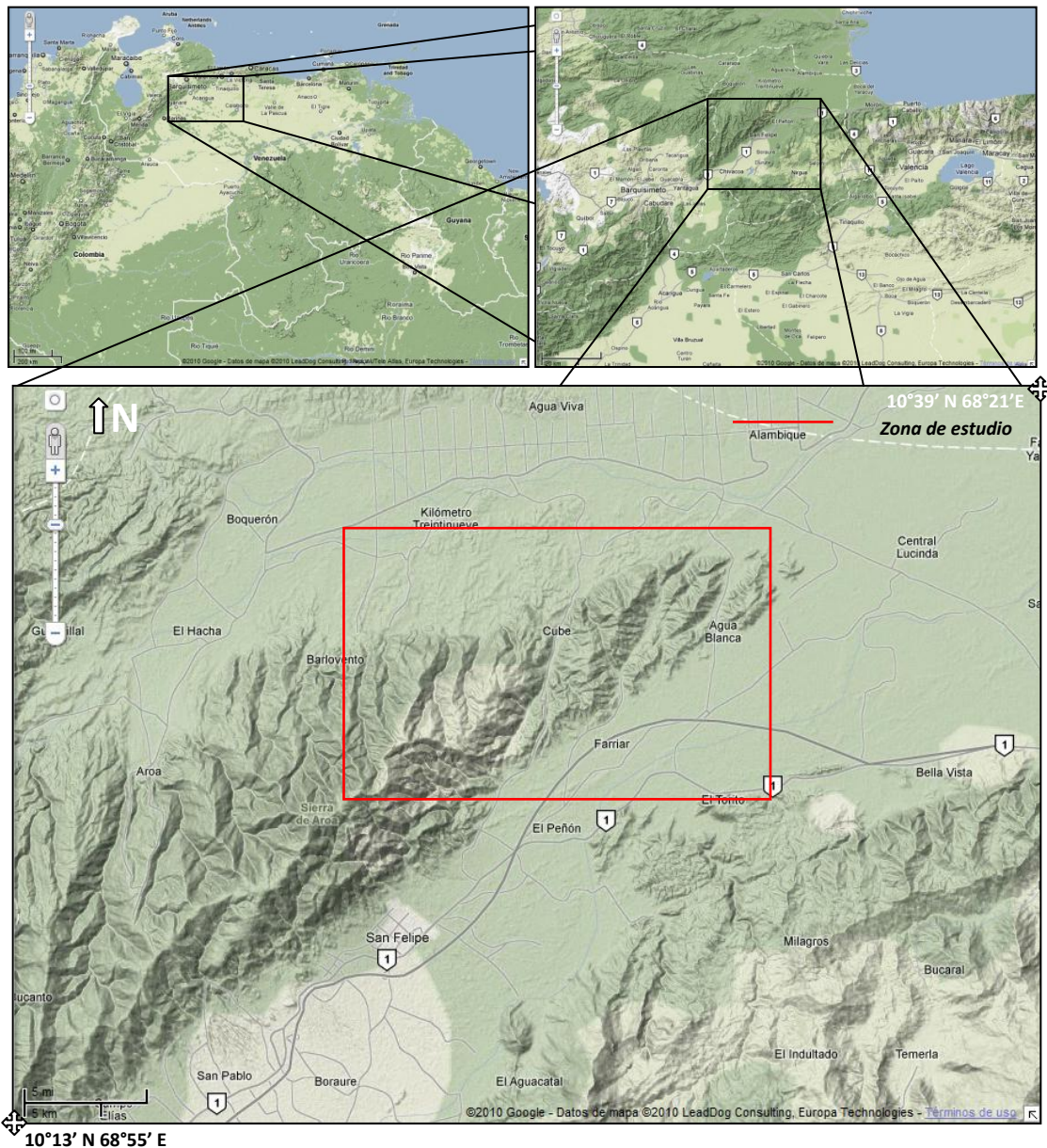


Fig. 1.- Mapa de ubicación de la zona de estudio. Tomado de Google Maps. Consultado 07/02/10.

#### **1.4. VÍAS DE ACCESO**

La principal vía de acceso es la carretera que une la ciudad de San Felipe con los poblados ubicados en el Valle de Aroa. También se utilizaron carreteras secundarias, caminos y picas para acceder a la zona de estudio. El levantamiento de campo se hizo entre los meses de noviembre del 2006 y enero del 2007, en la época de sequía en la zona.

## **1.5. FASES DEL TRABAJO**

### **1.5.1. Etapa Compilatoria**

Fue realizada en la Escuela de Geología, Minas y Geofísica de la UCV, en donde se llevaron a cabo las siguientes actividades:

- Búsqueda de toda la información geológica existente en internet, bibliotecas e instituciones relacionadas .
- Análisis de las fotografías aéreas de la zona para identificar los rasgos más importantes en el relieve y la red de drenaje.
- Digitalización de los mapas topográficos con el programa AUTOCAD 2010.

### **1.5.2. Etapa de Campo**

El levantamiento geológico en la zona de estudio se hizo de la siguiente manera:

- Descripción de afloramientos: dimensiones, características y ubicación mediante el uso de GPS y los mapas topográficos.
- Recolección de muestras de mano.
- Identificación, descripción y medición de estructuras presentes: foliación, diaclasas, planos de estratificación, contactos litológicos, fallas y deslizamientos.
- Descripción del cauce de las quebradas, tomando en cuenta el material que transportan.

### **1.5.3. Etapa de Oficina**

Se llevaron a cabo las siguientes actividades:

- Integración de la información obtenida en las etapas anteriores en los mapas topográficos de la zona de estudio.
- Descripción de las muestras de mano recolectadas. En total 77.
- Análisis petrográfico de las 48 secciones finas elaboradas a partir de las muestras recolectadas.
- Redacción del informe del Trabajo Especial de Grado.

## 1.6. GEOGRAFÍA FÍSICA

La zona de estudio se encuentra en la Región Centro-Occidental del país, zona de gran complejidad debido a que allí se da el encuentro entre la Cordillera de la Costa y la Cordillera de los Andes de Mérida, extensos sistemas montañosos de orígenes y características muy diferentes. Esto hace que la región tenga características geológicas y fisiográficas muy particulares que la diferencian de cualquiera de las regiones del país. A continuación se describe, de manera general, cada una de las características del paisaje (compilado de los trabajos de PÉREZ (1970), FUDECO (1971), ZAMBRANO (1973), BELLIZZIA & RODRÍGUEZ (1976), MENDOZA & SALAZAR (1988) y MACIA (1990))

### 1.6.1. Relieve

Fisiográficamente la estructura más importante en la zona es la Serranía de Aroa. Se extiende en dirección N45E desde los alrededores de las poblaciones de Cambural y Yaritagua, en los límites con la divisoria de la cuenca del río Turbio, hasta las cercanías de la población de Palma Sola, abarcando parte de los estados Yaracuy y Lara. Cubre un área de unos 1.344 km<sup>2</sup>, con una longitud media de 65,7 km y un ancho 17,5 km. Es una cadena montañosa sin interrupciones en etapa de juventud fisiográfica y constituye la parte más occidental de la Cordillera de la Costa, aunque estructuralmente puede considerarse como continuación estructural de la serranía de Bobare, ubicada en el estado Lara (Fig. 2).

A largo de la misma se distinguen tres tipos de paisajes:

**Montañas** (73,3 % de su superficie) Constituyen el paisaje dominante. Presenta un relieve quebrado, con vertientes convexo-cóncavas y cimas aplanadas. Las pendientes son fuertes en las vertientes y moderadas en las cimas.

**Colinas** (24,7%) Se presentan dos tipos: las de cimas redondeadas, vertientes convexas y con pendientes cortas, localizadas en el extremo oeste de la serranía; y las de cimas alomadas y vertientes convexo-cóncavas y cortas, constituidas de material metamórfico. Estas están localizadas en la vertiente sur y en el extremo este de la serranía

**Valles Intramontanos** (2%) Son de origen aluvio-coluvial, estrechos y con pendientes longitudinales muy bajas.

Las cuencas de los ríos Aroa y Yaracuy están ubicadas al norte y sur de la serranía de Aroa, abarcando parte de los estados Lara, Yaracuy y Carabobo. Están comprendidas por los valles del alto y medio Yaracuy, valles del alto y medio Aroa y la llanura integrada de Yaracuy Aroa.

Los valles del alto y medio Yaracuy cubren unos 729 km<sup>2</sup> y se extienden desde las inmediaciones de Sabana de Parra hasta la población El Chino. Los valles del alto y medio Aroa se ubican al norte de la serranía homónima, en forma paralela a los del río Yaracuy, abarcan unos 1.075 km<sup>2</sup> de superficie y se extiende desde las cercanías del pueblo de Aroa hasta la población de Palma Sola.

La llanura integrada de Yaracuy-Aroa es una sola unidad fisiográfica constituida por las cuencas bajas de ambos ríos. Forma un extenso valle aluvial costero que abarca unos 2.000 km<sup>2</sup>, con tendencia a formar sectores anegadizos muy cerca de su desembocadura al mar,



debido a la baja pendiente. El valle del río Yaracuy es un poco más extenso que el del río Aroa, aunque ambos se confunden como si fuera un solo valle pues se unen cerca de la desembocadura.

En la figura 2 se observan las formas del relieve descritas anteriormente.

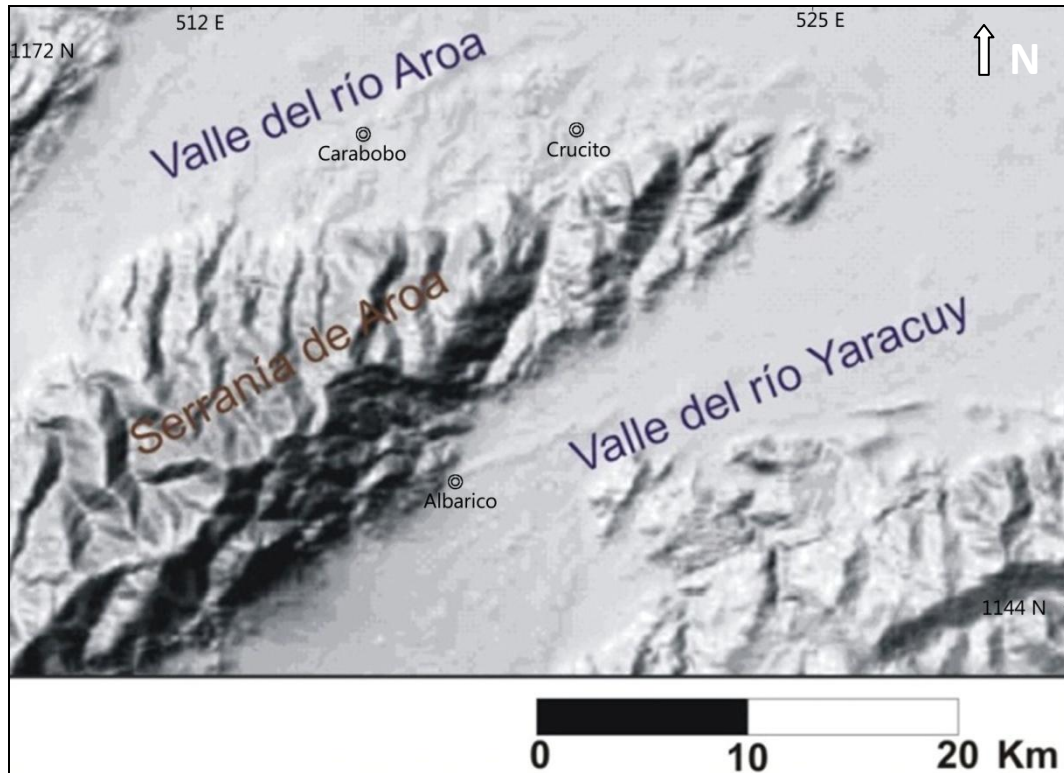


Fig. 2.- Ubicación de las formas del relieve. Tomado de Garrity et al. (2004).

### 1.6.2. Drenaje

El río Aroa nace en la vertiente occidental de la serranía homónima, cerca de la fila donde limitan los estados Yaracuy y Lara. Recorre un estrecho valle de laderas con pendientes muy fuertes hasta llegar a el Hacha, punto en donde el valle se amplía y el río toma el rumbo SO-NE. Posee gran cantidad de afluentes entre los que se destacan los ríos Carabobo, Guarataro, Tesorero y Crucito.

El río Yaracuy nace en la Serranía de Aroa, al norte de Urachiche. Tiene características de río de llanura, salvo en los pocos kilómetros que recorre en un estrecho valle en su parte más alta. Corre adosado al pie de la serranía de Nirgua, debido a la acumulación de gran material erosionado al pie de la serranía de Aroa en forma de extensos conos de deyección. Su principal afluente es el río Taría, aunque también se destacan los ríos Cocorotico y Marcano.

Ambos ríos se caracterizan por ser de régimen permanente. En época de lluvia aumentan su caudal, transportando considerables cantidades de sólidos en suspensión y creando problema de inundación en algunas áreas.

### **1.6.3. Clima**

El estado Yaracuy se caracteriza por tener un clima tipo semi-húmedo con un promedio de temperatura anual de unos 26° C. En el valle del río Aroa la precipitación promedio anual alcanza unos 1.400 mm. con evapotranspiración media anual calculada en 1.500 mm. La época de lluvias comienza en mayo y se extiende hasta el mes de diciembre, siendo junio el mes más lluvioso.

En las zonas montañosas las condiciones climáticas son propias de clima húmedo. El promedio anual de lluvias está entre 100 y 1.400 mm. La evapotranspiración potencial está en el orden de los 1.500 mm anuales y la temperatura media anual oscila entre 22° y 26° C. La época de lluvias comienza en mayo y termina en diciembre con un promedio mensual de 125 mm. De enero a abril corresponde la época seca.

### **1.6.4. Suelos**

Esta región se caracteriza por presentar diversidad de suelos dependiendo de su ubicación y relieve. Las áreas de relieve accidentado tienen suelos moderadamente permeables, de baja fertilidad, pero bajo condiciones climáticas favorables para el desarrollo de una cobertura vegetal abundante. Las de relieve ondulado y quebradas con pendientes bajas a moderadamente abruptas tienen suelos con buena retención de humedad, comúnmente de reacción acida. Las áreas planas están formadas por suelos aluviales, moderadamente permeables, generalmente de reacción alcalina y de moderada fertilidad.

### **1.6.5. Vegetación**

Presenta cuatro zonas bioclimáticas típicas, siendo la más predominante el bosque húmedo premontano. La alta humedad y el clima favorecen una abundante y espesa cubierta vegetal que se traducen en una vegetación principalmente boscosa exuberante y con una gran diversidad florística.

## 2. GEOLOGÍA REGIONAL

### 2.1. TRABAJOS PREVIOS

Uno de los primeros estudios geológicos realizado en la región donde se encuentra la zona de estudio es de SENN (1940), quien introduce el nombre de Formación Ojo de Agua para designar un grupo rocas sedimentarias que afloran en la parte sur del estado Falcón y que se extienden hasta Yaracuy.

BUSHMAN (1959) fue el primero en utilizar el término de Formación Yaritagua para designar rocas metamórficas expuestas al sur de la población de Yaritagua y en todo el flanco sur de la Serranía de Aroa.

La CREOLE PETROLEUM CORPORATION (1962) integra el mapa C-6-C a escala 1:50.000 con información fotogeológica de ROHR (1955) y geología de superficie de NATERA (1957). Este mapa incluye el extremo oriental de la serranía de Aroa y el valle del río homónimo y sólo describe las rocas sedimentarias.

MENÉNDEZ (1966) reconoce cuatro fajas tectónicas con tendencia general este-oeste en las montañas occidentales del Caribe y establece el Eoceno superior como la edad del principal proceso de plegamiento. Posteriormente, estas fajas han sido redefinidas por numerosos autores.

BELLIZZIA & RODRÍGUEZ (1967) introducen el nombre de Formación Nirgua con una descripción somera, que posteriormente amplían para incluir una secuencia de rocas metamórficas con predominio de rocas anfibolíticas en la parte central a norte del estado Yaracuy, incluyéndola en el Grupo Los Cristales.

BELLIZZIA & RODRÍGUEZ (1968) añaden información sobre la Formación Yaritagua y la consideran equivalente a la Formación Peña de Mora.

BELLIZZIA & RODRÍGUEZ (1968) elaboran un mapa de la geología del estado Yaracuy a escala 1:100.000.

RODRÍGUEZ (1970) describe el papel que juega la geología en el proceso de transformación de la cuenca del río Yaracuy y la importancia de tomar en cuenta dichas características geológicas para la planificación integral de la cuenca, especialmente en lo que se refiere al control de inundaciones, zonas de deslizamientos y ubicación de suelos cultivables.

FUDECO (1971) realiza un estudio acerca de la Geografía Física de los Valles de Aroa y Yaracuy.

ZAMBRANO (1973) estudia las características fisiográficas de las cuencas de los ríos Yaracuy y Aroa.

CASTILLO (1975) Describe las características físicas, climáticas y litológicas de la cuenca media del río Yaracuy. Determina los mecanismos que han modelado el paisaje actual y define las áreas más estables en la misma.

BELLIZZIA & RODRÍGUEZ (1976) definen que la Formación Yaritagua constituye la base de la secuencia metamórfica en la mayor parte de los estados Yaracuy y Lara, y consideran que debido a la gran variabilidad petrológica y a la ocurrencia de rocas graníticas, es más adecuado utilizar el término de Complejo de Yaritagua.

BELLIZZIA & RODRÍGUEZ (1976) publican un estudio geológico del estado Yaracuy.

BLANCO (1980) realiza el estudio geológico de una zona ubicada al este de Chivacoa, entre los distritos Sucre, Bruzual y Nirgua.

SCHUBERT (1983) realiza un estudio tectónico en la cuenca del río Yaracuy y propone un modelo acerca de la formación de la misma.

GIRALDO (1985) estudia las principales evidencias tectónicas y geomorfológicas asociadas a las fallas activas de Boconó y de Río Tocuyo.

BELLIZZIA (1986) realiza un estudio sobre la Cordillera del Caribe en donde recopila toda la información existente para la fecha, describe sus principales características y postula que dicho sistema representa un edificio tectónico polifásico, formado por una superposición de napas.

OSTOS & NAVARRO (1986) interpretan la evolución tectónica de la Cordillera de la Costa y generan un modelo evolutivo en el que se considera al Grupo Villa de Cura como un remanente de un complejo arco-surco, que da origen a una cuenca marginal ubicada al sur de la Cordillera de la Costa, y se coloca a la Asociación Metasedimentaria Caracas como sedimentos plataformales de Jurásico, metamorfizados en un régimen de P/T alta a intermedia a consecuencia de una subducción hacia el norte y posterior colisión del continente con el arco de islas formado en la subducción.

NAVARRO ET AL. (1988) redefinen la formación Nirgua como Fase Nirgua, formando parte de la unidad litodémica de corrimiento denominada Complejo la Costa, que reúne adicionalmente a las fases Antímamo y Tacagua.

MACIA (1990) realiza un estudio geológico-geotécnico de región centroccidental del país, abarcando los estados Lara, Yaracuy, Falcón y Portuguesa.

AUDEMARD (1993) presenta un mapa estructural detallado en el cual integra el comportamiento de todas las fallas cuaternarias en la región noroccidental de Venezuela, asociadas al sistema de fallas de Oca-Ancón.

CASAS (1995) realiza un estudio geológico-estructural a la falla de Boconó en la cuenca del río Yaracuy y propone un modelo para la evolución de dicha cuenca, basándose en la evidencia geomorfológica y sedimentaria existente.

URBANI & RODRÍGUEZ (2004) realizan la compilación e integración de toda la información geológica existente para elaborar el Atlas Geológico de la Cordillera de la Costa.

SUEIRO & URBINA (2005) integran y validan la información petrográfica y geoquímica de las rocas de la Serranía Litoral de la Cordillera de La Costa.

LOZANO & MUSSARI (2007) realizan un estudio geológico en la región septentrional de estado Yaracuy, específicamente al norte de la población agrícola de Yumare y aportan mayor información acerca de las unidades litológicas allí aflorante.

URBANI (2007) realiza una revisión de la nomenclatura de todas las unidades de rocas ígneas y metamórficas del norte de Venezuela y presenta una síntesis jerárquica y esquemática de las unidades y los cambios propuestos.

GÓMEZ & SANDOVAL (2008) realizan un estudio geofísico en la zona de Yumare-Aroa, y trazan dos perfiles los cuales, basados en geología de superficie, representan la geología de la zona.

URBANI & GRANDE (2009) reportan la presencia de rocas con metamorfismo de alto grado el cerro El Guayabo, situado uso 30 km al SE de la zona de estudio y en los núcleos del basamento de la ensenada de La Vela; e interpretan una posible afinidad Grenviliana.

## 2.2. UNIDADES FORMALES

Según el mapa geológico de la región de BELLIZZIA & RODRÍGUEZ (1968) (Fig. 3) en la zona de estudio afloran las siguientes unidades formales. En la tabla 1 aparecen ordenadas según su edad geológica, de más joven a antiguo.

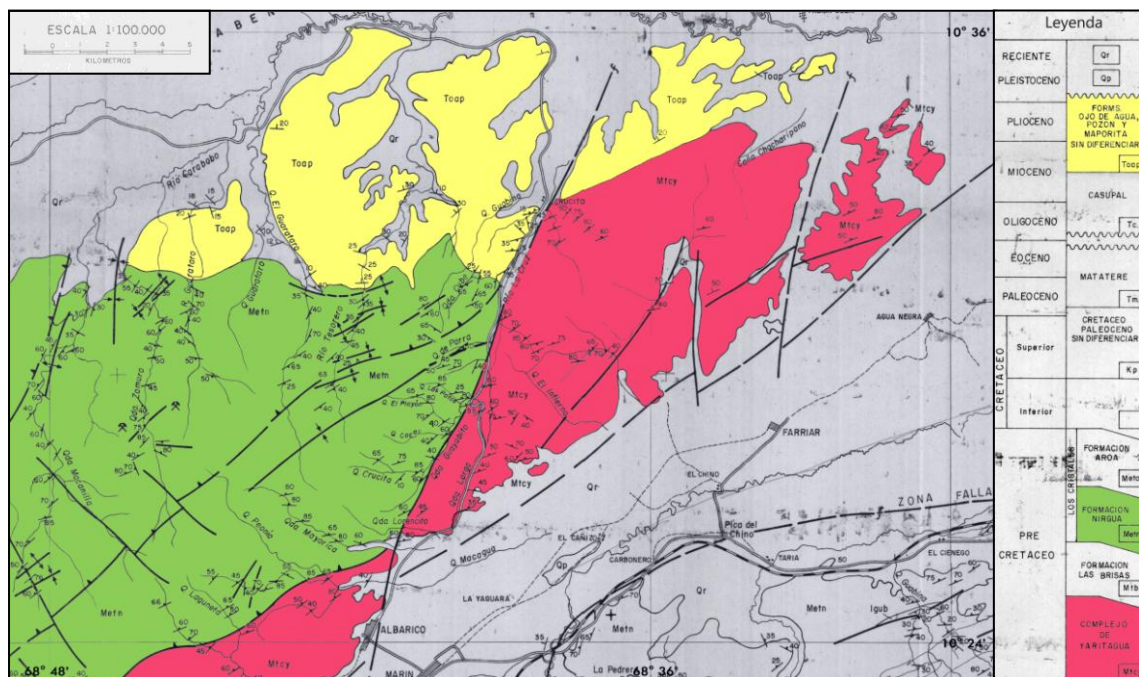


Fig. 3.- Unidades formales que afloran en la zona de estudio. Tomado y modificado de BELLIZZIA *et al.* (1968)

Tabla 1. Unidades formales.

<i>Edad</i>	<i>Sigl</i>	<i>Unidades geológicas</i>
Cuaternario	Qal	Aluvión
	Qpt	Terraza
Mioceno tardío	Tm	Formación Ojo de agua
Mesozoico	Mn	Complejo Nirgua
Pre-Mesozoico	Ypzy	Gneis de Yaritagua

### 2.2.1. Gneis de Yaritagua

BUSHMAN (1959) emplea por primera vez el nombre de Formación Yaritagua para designar rocas metamórficas expuestas al sur de la población homónima, en estado Lara, que consideró equivalentes a la Formación Las Brisas. BELLIZZIA & RODRÍGUEZ (1968) añadieron información sobre la unidad, y la consideraron equivalente a la Formación Peña de Mora.

La localidad tipo se ubica en la colina al sur de la población de Yaritagua, estado Lara, denominada como cerro Yaritagua en el mapa de BUSHMAN (1959), también conocido como cerro Capuchinos. Esta unidad se extiende por las montañas al sur de Yaritagua, en el flanco sur de la Serranía de Aroa y en la Serranía de María Lionza al sureste de Chivacoa, estado Yaracuy (Fig. 4).

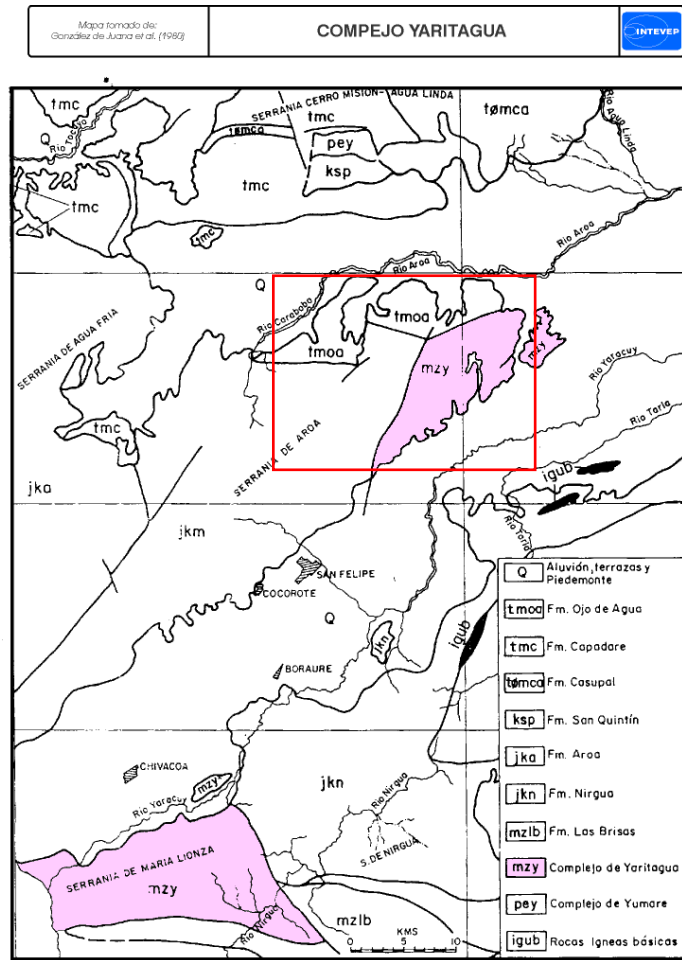
Consiste principalmente en gneis, gneis porfidoblástico, augengneis, cuarcita esquistosa, esquistos cuarzo micáceo, gneis cuarzo feldespático clorítico, esquistos biotíticos, anfibolita granatífera, cuarcita y una porción menor de esquistos glaucofánicos y mármol. El gneis porfidoblástico es la roca que caracterizan a la unidad, aunque la litología dominante del complejo es el esquistos cuarzo micáceo feldespático. También son frecuentes los diques de aplita y de pegmatita. Esta descripción coincide casi exactamente con el Complejo Ávila, sin diferenciar separadamente al Augengneis de Peña de Mora y al Esquistos de San Julián (URBANI *et al.*, 1989).

Según BELLIZZIA Y RODRÍGUEZ (1976) todos los contactos de este Complejo con las unidades adyacentes (formaciones Las Brisas y Nirgua), son de fallas de ángulo alto. También señalan un espesor mínimo de 1.500 m.

Los cuerpos de rocas augengnéicas y gneises de grano grueso del Complejo de Yaritagua, pueden ser correlacionables con el Augengneis de Peña de Mora, mientras que los esquistos circundantes que completan la descripción del Complejo de Yaritagua, lo son con el Esquistos de San Julián del Complejo Ávila. Debido a la correlación con las rocas del Complejo Ávila se le asigna a este Complejo una edad Pre-Mesozoico.

Según BELLIZZIA & RODRÍGUEZ (1976) esta unidad constituye la base de la secuencia metamórfica en la mayor parte de los estados Yaracuy y Lara, y consideran que debido a la gran variabilidad petrológica y a la ocurrencia de rocas graníticas, es más adecuado utilizar el término de Complejo de Yaritagua. URBANI (2007), en una revisión de la nomenclatura de

todas las unidades de rocas ígneas y metamórficas del norte del país, redefine esta unidad como Gneis de Yaritagua, que forma parte las unidades de rocas plutónicas graníticas que componen la Napa Ávila, perteneciente a las napas de la Serranía del Litoral de la Cordillera de la Costa.



### 2.2.2. Complejo Nirgua

BELLIZZIA & RODRÍGUEZ (1967) introducen este nombre para describir una secuencia de rocas metamórficas con predominio de rocas anfibólicas en la parte central a norte del estado Yaracuy, incluyéndola en el Grupo Los Cristales.

La localidad tipo fue señalada como el río Nirgua sin mayores detalles de localización, igualmente señalan buenas secciones expuestas en los ríos y quebradas que cortan las serranías de Aroa, Santa María y Nirgua - Tucuragua, en el estado Yaracuy.

Los mismos autores incluyen en esta unidad diversos tipos litológicos como: esquisto cuarzo micáceo, micáceo grafitoso, anfibolita eclogítica, anfibolita epidótica y granatífera, cuarcita, esquisto y gneis cuarzo micáceo feldespático y mármol masivo de color gris oscuro.



También algunos pequeños cuerpos de mármol dolomítico asociados a bandas de esquistos cuarzo tremolítico, cuarzo muscovítico clorítico granatífero y anfibolita. Describen cinco tipos diferentes de rocas anfibólicas e incluyen dos horizontes de yeso que se encuentran en la serranía de Aroa, cuya relación con las rocas circundantes es desconocida. Estudios posteriores mencionan la presencia esquistos actinolítico, anfibolita feldespática, epidocita, mármol cuarcífero, serpentinita, esquistos feldespático muscovítico, gneis feldespático, esquistos cuarzo granatífero feldespático biotítico y esquistos glaucofánico en el macizo Ávila.

Este complejo aflora como una extensa franja desde la zona de Chivacoa en el estado Yaracuy, hasta las cercanías del poblado de La Sabana en el Distrito Federal (Fig. 5). URBANI *et al.* (1989) interpretan los contactos de esta unidad con aquellas adyacentes como tectónicos.

Las rocas pueden haber pasado por dos etapas metamórficas, una primera de alta relación P/T (facies de eclogita) y posteriormente de baja relación P/T de la facies de los esquistos verdes. BELLIZZIA & RODRÍGUEZ (1968) señalan la presencia de fósiles (Tintínidos o Calpionelas) de probable edad Neocomiense, en las metapelitas que afloran en el estado Yaracuy y todos los autores que lo han estudiado lo ubican como de probable edad Mesozoica, correlacionable las fases Antímamo y Tacagua del mismo Complejo La Costa.

NAVARRO *et al.* (1988) redefinen estas rocas como Fase Nirgua, formando parte de una unidad litodémica de corrimiento que denominan como Complejo La Costa, que reúne adicionalmente a las fases Antímamo y Tacagua. GONZÁLEZ DE JUANA *et al.* (1980) postulan que esta unidad representa un "melange" tectónico, idea que es ampliada por OSTOS (1990), quien sugiere que este "melange" se formó en un prisma de acreción, mientras que por sus estudios geoquímicos, las anfibolitas demuestra una afinidad magmática toleítica, sugiriendo un ambiente tectónico de dorsal centro oceánica o de cuenca marginal.

URBANI (2007) realiza una revisión de la nomenclatura de todas las rocas ígneas y metamórficas del norte del país y redefine esta unidad como Complejo Nirgua, que forma parte de la Napa Costera, perteneciente a las napas de la Serranía del Litoral de la Cordillera de la Costa.

### 2.2.3. Formación Ojo de Agua

Esta unidad fue nombrada por SENN (1940) y descrita por RENZ (1956, LEV I). Consiste predominantemente de areniscas micáceas interestratificadas con lutitas, conglomerados y calizas arenosas nodulares y macrofósilíferas. Al sur del río Aroa afloran lutitas, areniscas, calizas y algunas capas de lignito. Se estiman unos 200 m de espesor para la unidad que es típicamente de aguas salobres a marinas muy someras y cercanas a la costa.

La localidad tipo de es el cerro Ojo de Agua, Pozón, municipio Acosta, estado Falcón y esta se extiende por los estados Yaracuy y Falcón (Fig. 6). La formación es discordante sobre las metamórficas de las unidades de Yaritagua, Nirgua y Aroa en el flanco norte de la serranía de Aroa. Se correlaciona con formaciones expuestas en Falcón central y su edad se considera Mioceno Tardío.



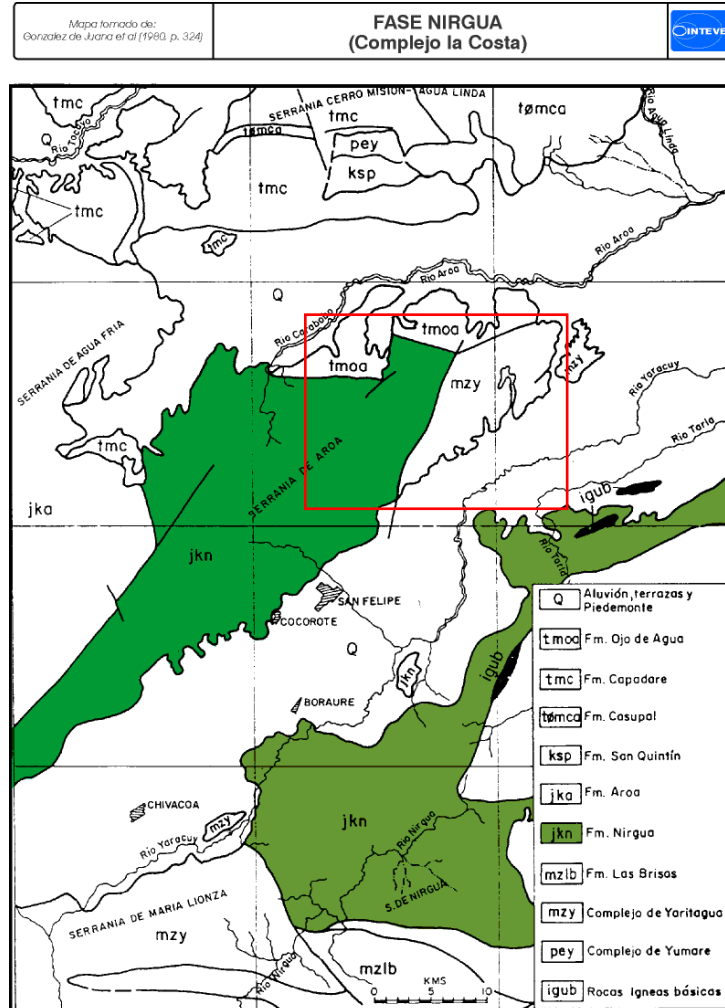


Fig. 5.- Mapa de afloramientos del Complejo Nirgua en la región de Chivacoa – San Felipe. En rojo el área de estudio. Tomado y modificado de BELLIZZIA *et al.* (1968)

#### 2.2.4. Aluvión y terraza

Según BELLIZZIA & RODRÍGUEZ (1976) gran parte del área está cubierta por sedimentos granulares sueltos, que comprenden aluvión reciente, aluvión antiguo, terrazas y depósitos piemontinos (Fig. 7). El aluvión reciente (grava, arena, limo y arcilla) se restringe a las zonas topográficamente bajas que ocupan la parte central de los valles. El aluvión antiguo tiene composición litológica similar y cubre la mayor parte del área de los valles. Los depósitos de terraza, diseminados en los topos de pequeñas colinas o en las partes altas de las laderas, consisten en grava gruesa mal escogida con cantidades variables de arena, limo y arcilla, a veces débilmente estratificadas. Los depósitos piemontinos (peñones, gravas, arenas, limos, arcillas, ocasionalmente con débil estratificación) se distribuyen irregularmente en las laderas de las colinas.

**ESTUDIO GEOLÓGICO-PETROGRÁFICO DE LA ZONA DE CRUCITO –ALBARICO-CARABOBO, ESTADO YARACUY**

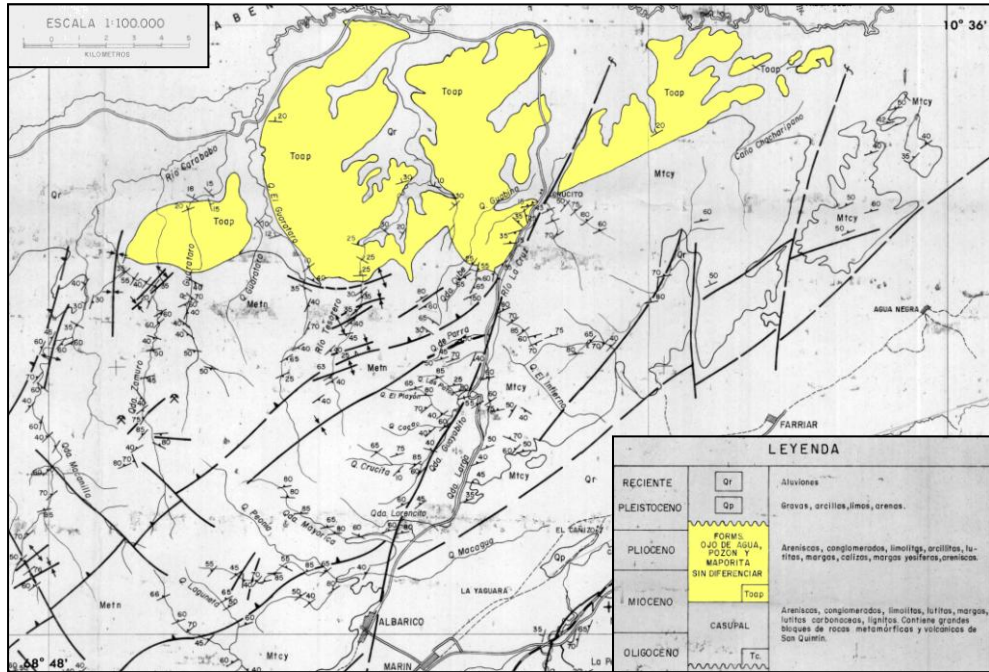


Fig. 6.- Mapa de afloramiento de la Formación Ojo de Agua en la región donde se encuentra la zona de estudio. Tomado y modificado de Bellizzia et al. (1968).

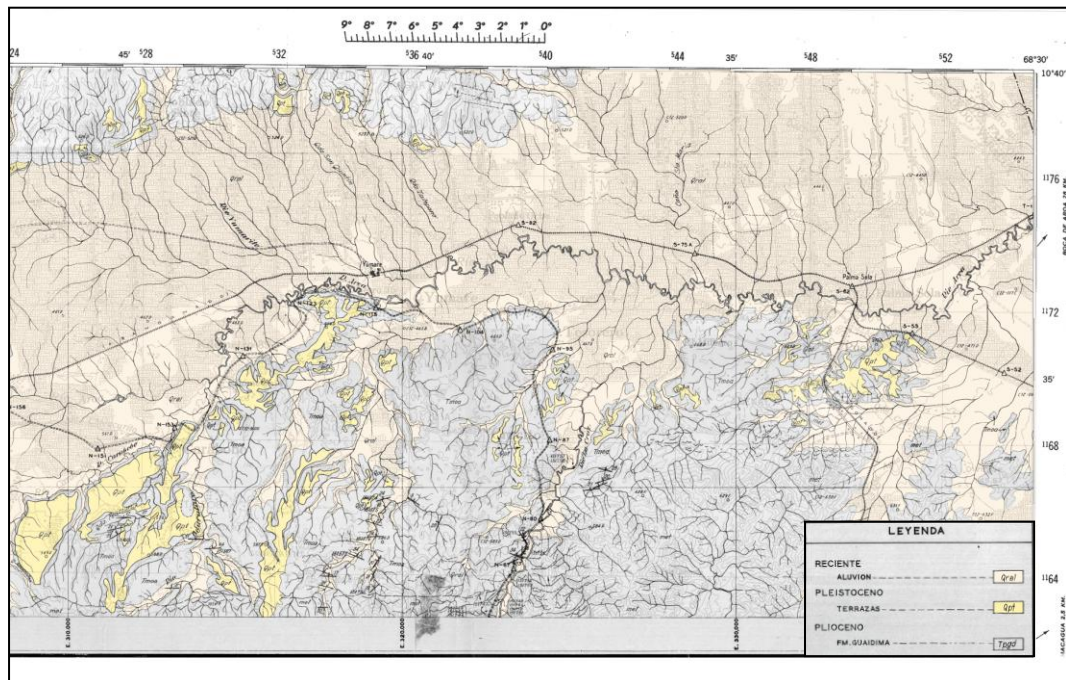


Fig. 7.- Mapa de afloramiento de los sedimentos cuaternarios en la región donde se encuentra la zona de estudio. Tomado y modificado del mapa C-06-C de RORH K. & NATERA B. (1957)

## 2.3. GEOLOGÍA ESTRUCTURAL REGIONAL

### 2.3.1. Generalidades

La zona de interacción entre las placas Caribe y Suramérica comprende una amplia zona de deformación que abarca toda la parte norte de Venezuela, generando el sistema montañoso conocido como Cordillera de la Costa.

MENÉNDEZ (1966) es el primero en dividir las unidades ígneo-metamórficas de dicho sistema en cuatro fajas con tendencia este-oeste: Cordillera de la Costa (CdC), Cauagua-El Tinaco (C-Et), Paracotos (P) y Villa de Cura (VC) (Fig. 8). Según criterios geográficos, la Cordillera de la Costa se subdivide en las serranías del Litoral y del Interior, separadas por una serie de valles intermedio. En esta división, la Faja Cordillera de la Costa abarca toda la Serranía del Litoral, mientras que el resto abarcan la Serranía del Interior.

STEPHAN (1982) reconoce en la Faja de la Cordillera de la Costa una estrecha franja costera de rocas con asociaciones de minerales metamórficos de alta presión-baja temperatura, a la que denomina Faja Margarita-Costera, separándola del resto.

URBANI *et al.* (1989) propone la subdivisión de la “Faja Cordillera de la Costa” en tres fajas bien cartografiadas y distinguibles, las fajas Costera, Ávila y Caracas. Posteriormente URBANI (2010) amplía dicha división utilizando los conceptos de napas, terrenos y fajas (Fig. 9).

Las unidades ígneo-metamórficas estudiadas en el presente trabajo forman parte de la Cordillera de la Costa y de acuerdo con esta última división corresponden a la Faja Costera-Terreno Nirgua (Complejo Nirgua) y a la Faja Ávila (Gneis de Yaritagua).

### 2.3.2. Foliación

En todas las publicaciones sobre la tectónica del Sistema Montañoso Caribe se ha señalado la presencia de un bandeamiento litológico y composicional paralelo a la foliación como estructura planar dominante, pero no se ha llegado a la conclusión de que estas son paralelas a la estratificación primaria. DENG (1951) es el primero en establecer el paralelismo entre la foliación de las rocas metamórficas en la región de Caracas y la estratificación primaria. Trabajos posteriores llevados a cabo por tesis doctorales de la universidad de Princeton sostienen este criterio. MORGAN (1969) señala que en términos generales hay paralelismo, sin embargo observó transposición en las rocas pelíticas del grupo Caracas. GONZÁLEZ SILVA (1972) sostiene el paralelismo foliación – estratificación en la región central de la Cordillera de la Costa, con excepciones locales. BELLIZZIA & RODRÍGUEZ (1976) mantienen el criterio del paralelismo entre el bandeamiento composicional, la foliación y la estratificación primaria en la región de Yaracuy, visible especialmente en las rocas del Complejo Yumare, el Gneis de Yaritagua y las rocas más competentes del Complejo Nirgua; pero reconocen estructuras en las rocas pelíticas del Complejo Nirgua y la Formación Aroa, que indican una posible foliación de plano axial transportada o sobreimpuesta, generada por mecanismos de clivajes de deslizamiento y bandas de pliegues en rotación y que no es paralela a la estratificación primaria, si no a los planos axiales de los pliegues.

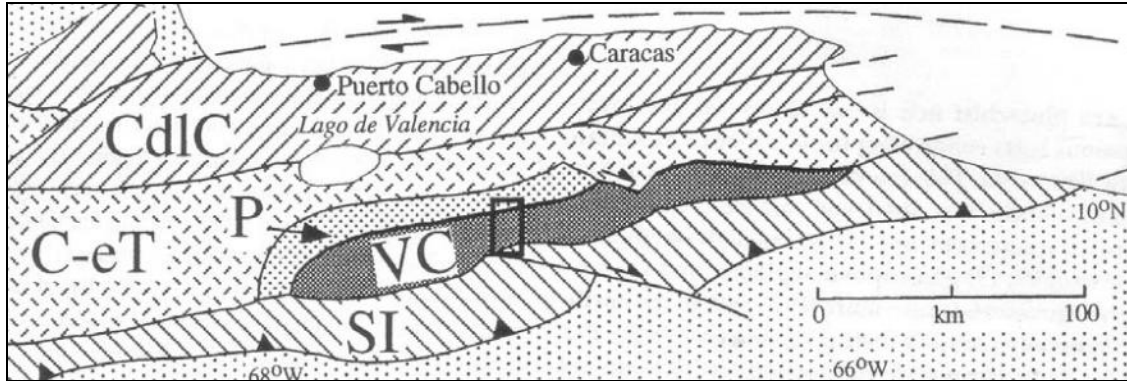


Fig. 8.- Fajas geológicas del Norte de Venezuela.

(CdIC): Cordillera de la Costa. (C-eT): Cinturón Caucahua – el Tinaco. (P): Cinturón Paracotos. (VC): Cinturón Villa de Cura. (SI): Serranía del Interior. Tomado de SMITH *et al.* (1999).

MENÉNDEZ (1966), fajas	STEPHAN (1982), fajas	BECK (1986), napas	URBANI & OSTOS (1989), fajas	Este trabajo: fajas	terrenos y/o fajas
Cordillera de la Costa	Margarita-Costera	Margarita-Costera	Costera	Faja Costera	Terreno Tacagua
	Cordillera de la Costa	Cordillera de la Costa	Ávila Caracas	Faja Ávila Faja Caracas	Faja Ávila Faja Caracas
Caucagua - El Tinaco	Caucagua - El Tinaco	Caucagua - El Tinaco	-	Faja Caucahua - El Tinaco	Terreno Caucahua - El Tinaco
Paracotos	Paracotos	Loma de Hierro	-	Faja Loma de Hierro	Terreno Paracotos Terreno Loma de Hierro
Villa de Cura	Villa de Cura	Villa de Cura	-	Faja Villa de Cura	Terreno Villa de Cura Terreno San Sebastián

Fig. 9.- Evolución de la nomenclatura utilizada por diversos autores para la subdivisión de la Cordillera de la Costa (fajas/napas/terrenos) Tomado de URBANI *et al.* (2010).

### 2.3.3. Estructuras post metamórficas

BELLIZZIA & RODRÍGUEZ (1976) interpretan a los Valles de los ríos Yaracuy y Aroa como fosas tectónicas de edad Terciario. El Valle del río Yaracuy está limitado al norte por la Falla de Boconó y al sur por la Falla de Morón y ha sido sedimentado desde el pleistoceno medio-superior. El valle del río Aroa está delimitado en sus partes norte y sur por fallas verticales o de buzamiento alto en dirección de la cuenca y ha sido rellenado por grandes espesores de las formaciones Capadare y Ojo de Agua, del Terciario, y aluviones del Cuaternario.

SCHUBERT (1983) interpreta a la cuenca del río Yaracuy como una cuenca de tracción formada por el desplazamiento rumbo-deslizante hacia la derecha a lo largo del sistema de fallas Boconó-Morón. Se inició en una curvatura de alivio a lo largo del sistema y con el aumento en el desplazamiento, se convirtió en un salto “en echelon”. La cuenca se formó durante el terciario tardío – cuaternario.

AUDEMARD (1993) realiza un estudio de neotectónico y sismotectónico de la región noroccidental de Venezuela, específicamente el sistema de fallas de Oca-Acón y presenta un mapa estructural detallado del comportamiento de todas las fallas cuaternarias en la región



(Fig. 10). En dicho mapa están indicadas las estructuras presentes en la serranía de Aroa. Estas son un sistema de fallas con configuración “cola de caballo” asociadas al sistema de fallas de Boconó y un corrimiento con vergencia S-N.

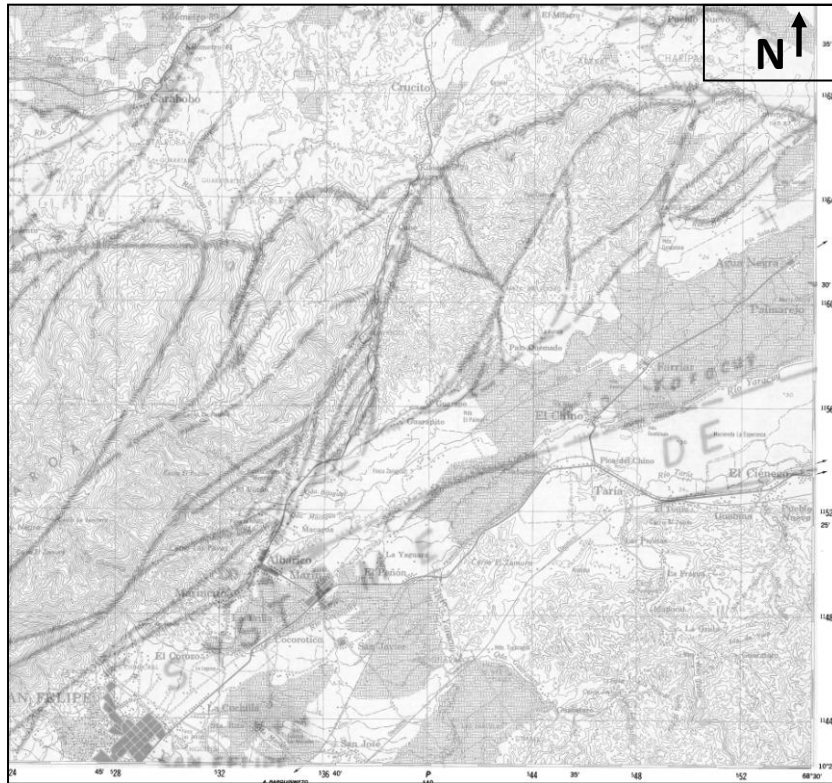


Fig. 10.- Mapa estructural de la Serranía de Aroa. Tomado y modificado de AUDEMARD *et al.* (1993).

CASAS (1995) interpreta el valle de Yaracuy como una cuenca Cuaternaria formada en la zona de convergencia las fallas de Morón, ubicada en el margen oriental de la cuenca, con una orientación NE-SW y que representa el extremo occidental del sistema Morón-San Sebastián-El Pilar; y la falla de Boconó, en el margen occidental de la cuenca con la misma orientación NE-SW.

#### 2.3.4. Sismicidad

La principal fuente de amenaza sísmica de Venezuela la compone la trilogía de fallas denominadas Boconó, San Sebastián y El Pilar. Estas fallas conectadas componen el límite de placas entre la Placa Caribe al norte y la suramericana al sur. Todo el sistema de fallas presenta una velocidad de 0,9 a 1 cm/año con segmentos de falla con sismo máximo posible de 7,0 aproximadamente (GRASES, 2002).

En el caso de las cuencas de Aroa y Yaracuy la amenaza sísmica la controlan el sistema de fallas Boconó-Morón, la cual es fuente de por lo menos el 90% de la actividad sísmica de la zona. Los valores de aceleración se encuentran expresados en la Norma Covenin 1756, donde se divide el país en siete zonas. A las cuencas de Aroa y Yaracuy, en particular se le asigna una aceleración  $A_0$  de 0,30 g, la cual se expresa como una aceleración probabilística con una ocurrencia 10% en 50 años.

## **3. GEOLOGÍA LOCAL**

### **3.1. ANÁLISIS FOTOGEOLOGICO**

#### **3.1.1. Introducción**

Este análisis abarca la descripción topográfica, hidrográfica y los detalles estructurales de la zona de estudio. Para ello se utilizó el mapa 6447 a escala 1:100.000 y 46 fotografías aéreas a escala 1:35.000, que pertenecen a la misión 020354 del año 1970.

La zona de estudio posee una gran variedad de formas de relieves que fueron agrupadas en cuatro unidades fisiográficas, basado en criterios topográficos y geométricos.

Se tienen dos zonas de relieve bajo que corresponden a los valles de Yaracuy y Aroa y otras dos zonas de relieve mediano que corresponden a la serranía de Aroa.

Se identificaron dos cuencas hidrográficas que forman parte de las cuencas de los ríos Yaracuy y Aroa.

Las estructuras presentes controlan las formas de relieve y la red hidrográfica de forma determinante. Se observa una serie de alineaciones que atraviesan la zona de estudio y que son los rasgos más resaltantes en el paisaje.

A continuación se describen cada una de las características antes mencionadas con mayor detalle.

#### **3.1.2. Relieve**

Esta región posee un relieve mixto en donde se observan dos zonas contrastantes: una zona montañosa de relieve intermedio y pendiente moderada a escarpada, ubicada en la parte central con una orientación SO-NE; y una zona de planicie, de relieve muy bajo a llano, ubicada en los extremos NO y SE.

Haciendo un análisis detallado de las formas de relieve se definieron cuatro unidades topográficas representativas, las cuales son:

Unidad I. Planicie Aluvial.

Unidad II. Colinas bajas e irregulares.

Unidad III. Montañas bajas alargadas.

Unidad IV. Montaña asimétrica de cresta sinuosa.

En la figura 11 se observa la distribución de dichas unidades.

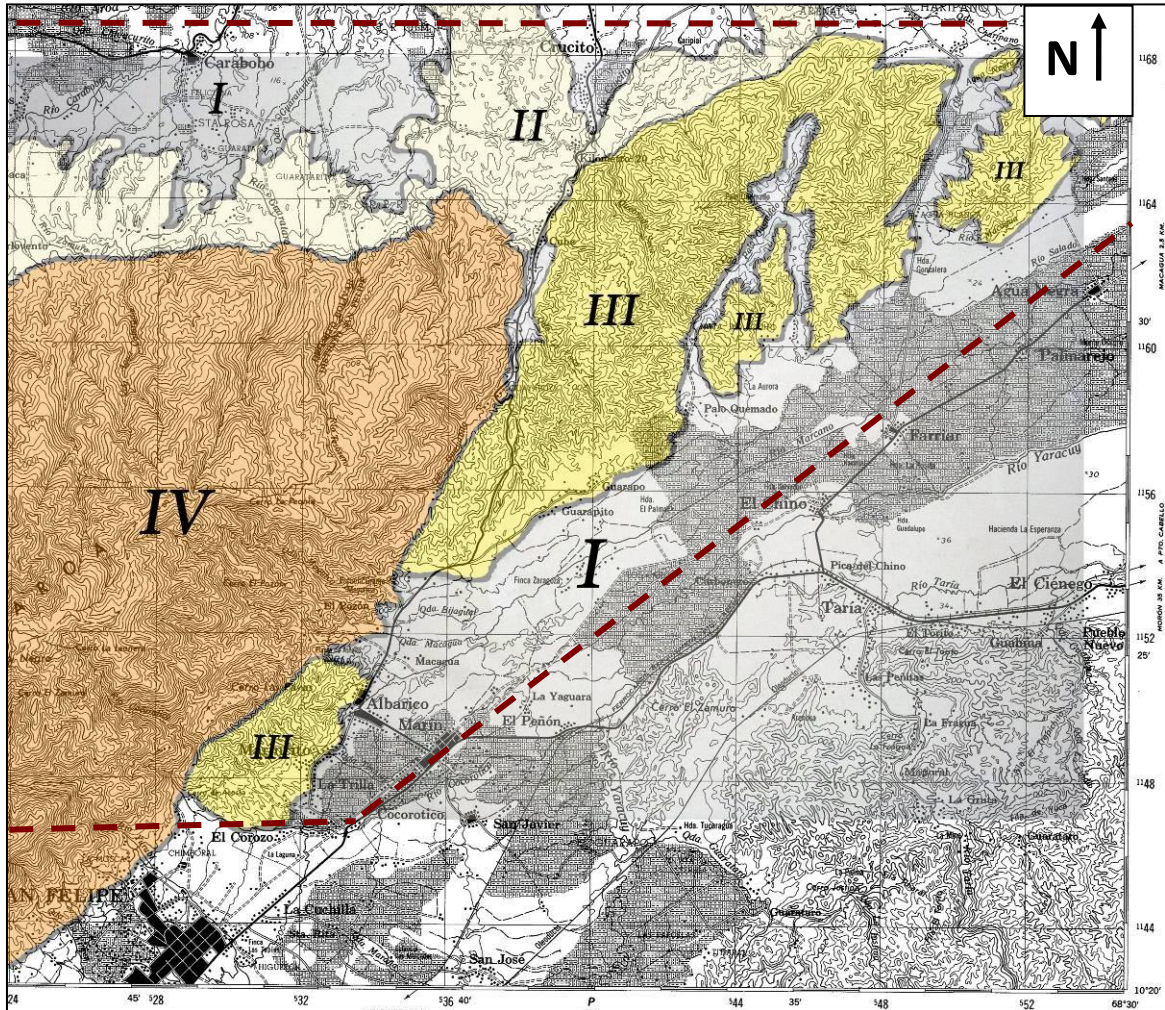


Fig. 11. Unidades Topográficas (en rojo la zona de estudio).

### 3.1.2.1. Unidad I. Planicie Aluvial

Está ubicada en los extremos noroeste y sureste de la zona de estudio y abarca un 20% del área total. Es una zona de pendiente muy baja constituida por el pie de monte y las planicies aluviales.

La zona ubicada al sur forma parte de la planicie aluvial del río Yaracuy y sus afluentes. Se extiende unos 23 km entre los poblados de Albarrico y Agua Negra. Presenta una forma de plano inclinado al sur, con pendientes que varían entre 1° y 6°, y altitudes que van desde 120 a 70 m.s.n.m. El contacto con las unidades III y IV es sinuoso aunque con una envolvente rectilínea. El drenaje es bastante escaso y sigue un curso rectilíneo a lo largo de varios kilómetros.

Se destaca un bloque elongado paralelo a la serranía de Aroa y ubicado al sur de esta (Fig.13), con pequeñas ondulaciones que oscilan entre los 5 y 15 m, y que se extiende por 6 km; este tiene pendientes quebradas y está muy disectado. En la figura 12 se puede apreciar los sedimentos que lo componen.



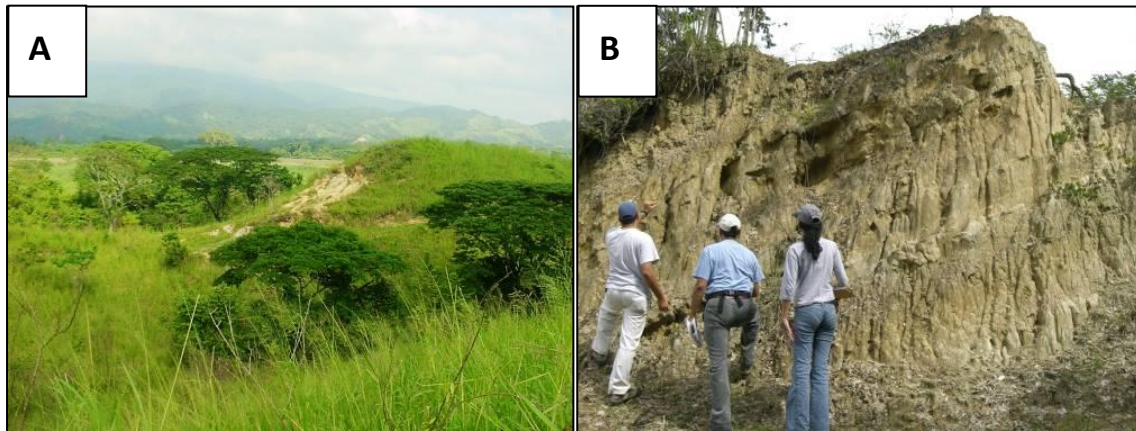


Fig. 12. (A) Bloque elongado y vista de la planicie al sur de la serranía. Rumbo aprox. de la foto N20E. Tomada desde la carretera Marín-El Chino. (B) Detalle de los sedimentos que componen dicho bloque.

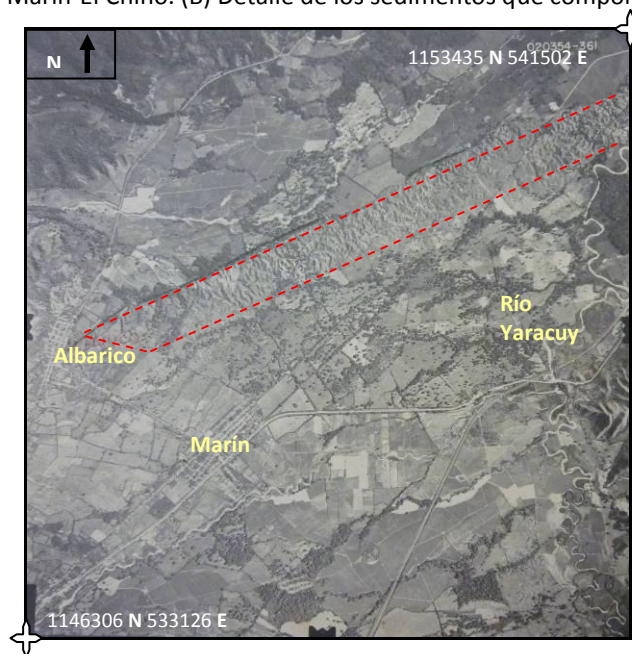


Fig. 13. Unidad I. Planicie al sur de la Serranía de Aroa. El área señalada corresponde al bloque elongado que atraviesa la planicie.

La zona ubicada al norte de la serranía corresponde a la planicie aluvial del río Aroa y sus afluentes (Fig.14). Se extiende unos 20 km, desde la población de Carabobo hasta Palma Sola. Presenta una forma plana, con pendientes menores de  $1^\circ$  y una altitud de 70 m.s.n.m. El contacto con la unidad II es sinuoso e irregular. El drenaje es medianamente escaso y con un curso bastante irregular.





Fig. 14. (A) Planicie aluvial del río Aroa desde la carretera N° 13. Rumbo aprox. de la foto N15W. (B) Planicie aluvial y vista al poblado Kilómetro 39. Rumbo aprox. de la foto N30W.

### 3.1.2.2. Unidad II. Colinas Bajas e Irregulares

Está ubicada en la parte central-norte de la zona de estudio y abarca un 15% del área total. El relieve predominante es suave y ondulado, presentando una pendiente que oscila entre 3° y 8°. Se encuentran restos en forma de mesetas con pendientes de 2° a 3°. En la parte central de la unidad, entre los cauces de los ríos Tesorero y Caripial, se destaca una zona de mayor pendiente en donde el relieve es predominantemente abrupto con pendientes que oscilan entre 20° y 25° (Fig. 15). El contacto con la unidad I es sinuoso e irregular y con las unidades III y IV es rectilíneo. El drenaje es medianamente denso y de curso sinuoso.

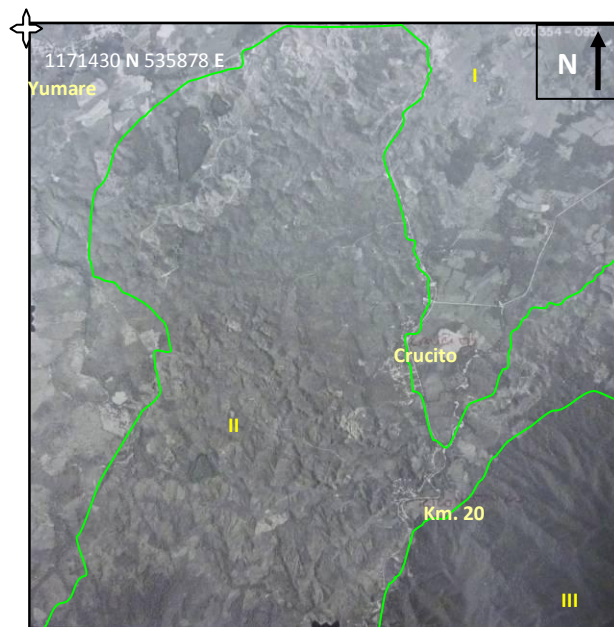


Fig. 15. Unidad II Colinas Bajas. La imagen corresponde a la parte central de la unidad, de relieve quebrado y mayor pendiente.

### 3.1.2.3. Unidad III. Montañas bajas alargadas

Está ubicada en la parte centro-oriental de la zona de estudio, al este del río Crucito y en una pequeña área al sur de la serranía de Aroa, entre San Felipe y Albarico. En total abarca un 35% del área estudiada.

En la zona al este del río Crucito el relieve predominante es escarpado, con variaciones de altitud de hasta 300 m. La altitud máxima es de 450 m.s.n.m. Las pendientes promedio son superiores al 30°, llegando en algunos casos a 50°. En las cumbres se consiguen superficies planas y convexas, con algunos drenajes colgados. El contacto es rectilíneo con la Unidad IV y sinuoso con el resto de las unidades.

Se observan tres líneas de cresta pseudo paralelas con un rumbo aproximado de N30E (Fig.16). Tienen una trayectoria sinuosa, con una envolvente rectilínea, están disectadas y presentan abundantes estribaciones.

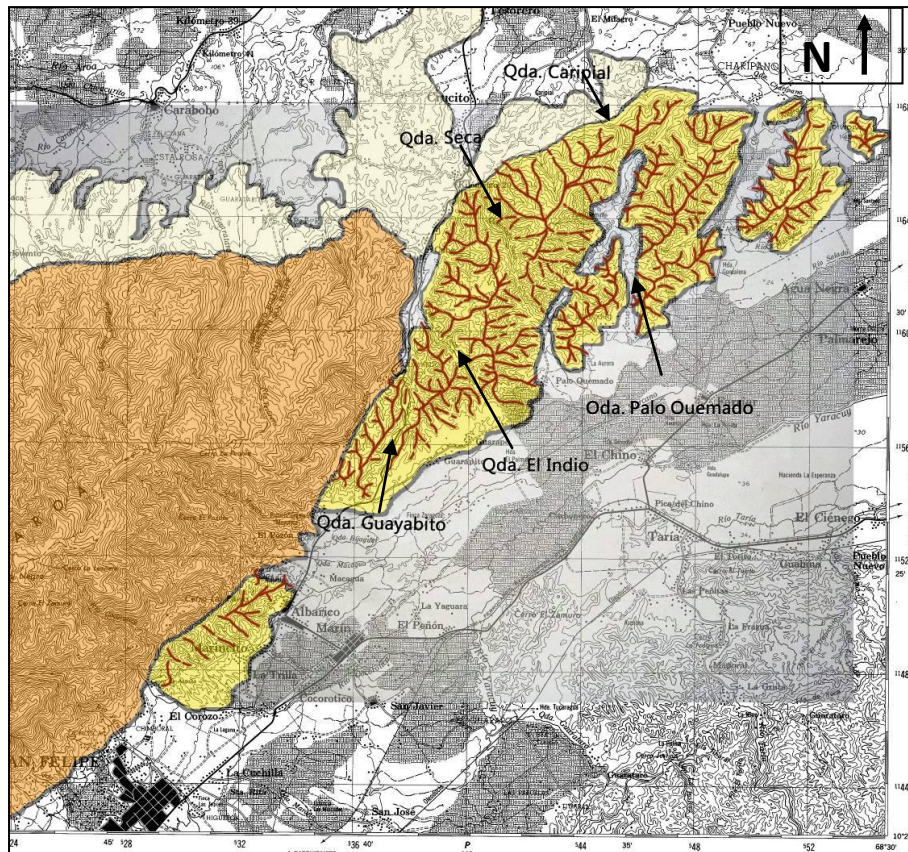


Fig. 16. Líneas de Cresta de la Unidad III (en amarillo).

La montaña al oeste es la de mayor extensión. Tiene forma alargada de base sigmoidal y una longitud de 16 km. La línea de cresta en perfil longitudinal presenta un declive hacia ambos sentidos y está disectada en cuatro tramos, que corresponden a los valles de las quebradas Seca, El Indio, Caripial y Guayabito. Estos últimos disectan por completo la loma, formando dos cuerpos alargados de menor extensión. Presenta abundantes estribaciones de poca extensión. La zona de cresta es levemente amesetada y presenta drenajes colgados. Las



laderas son rectas y simétricas, en ambas hay facetas triangulares bien definidas (Fig. 17) y una red de drenaje densa.

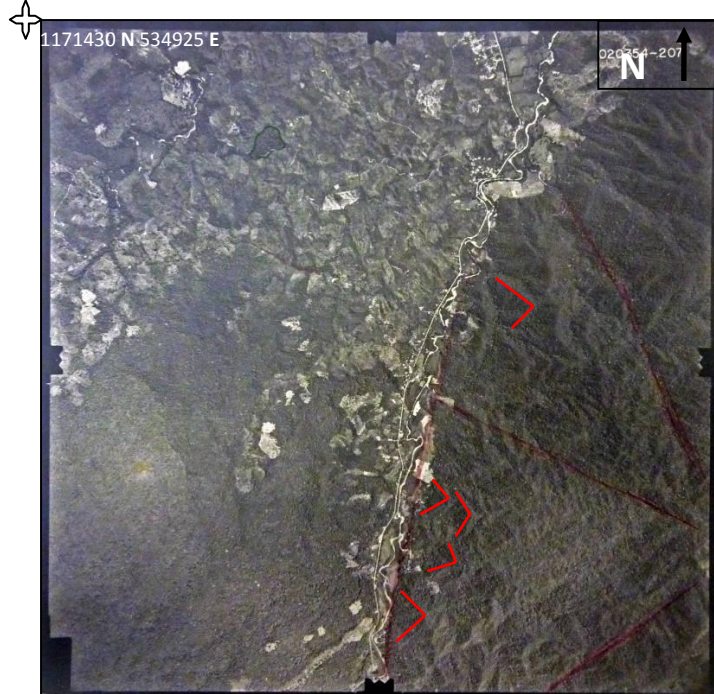


Fig. 17. Facetas triangulares en la loma alargada a la derecha del río Crucito. Unidad III.

La montaña central tiene una forma muy similar a la anterior, con una longitud de 11 Km. La geometría de la línea de cresta es sinuosa pero con una envolvente rectilínea y está segmentada en un tramo, que corresponde al valle de la quebrada Palo Quemado y que separa la montaña en dos unidades. Tiene un declive en ambas direcciones y la forma de cresta es irregular. Las laderas son de similares características a la anterior

La montaña al este es la más corta y tiene forma de loma de base rectangular. Su longitud es de 5 km y sus características son muy similares a las anteriores, salvo porque no está disecada.

El área ubicada entre San Felipe y Albarico presenta un paisaje de tipo montaña baja, alternando con un sistema de colinas y fondo de valles. El relieve es muy abrupto con pendiente promedio de 30° y superficies planas en las cumbres. Cerca del contacto con la unidad I el paisaje es del tipo cono de deyección, con pendientes moderadas comprendidas entre 4-10°, haciéndose más suave hacia el este, en las cercanías del poblado de Albarico. Las laderas son convexas y la red de drenaje muy densa.

#### **3.1.2.4. Unidad IV. Montaña asimétrica de cresta sinuosa**

Está ubicada en la parte centro-occidental de la zona de estudio, al oeste del río Crucito. En total abarca un 40% del área estudiada. El relieve es quebrado, con pendientes promedios superiores al 30°, llegando en algunos casos a 50°, aunque se encuentran porciones con pendientes menores, entre 10° y 20°.

La línea de cresta es sinuosa con una envolvente curva y un rumbo de N50E que varía a N30E en las cercanías del cerro La Peonía (Fig. 18). Presenta un perfil horizontal con un declive hacia el norte. La zona de cresta es ancha y con superficies planas y convexas. La altitud máxima es de 1.800 m.s.n.m, en los cerros Negro y el Tigre.

El perfil transversal muestra laderas asimétricas, siendo de mayor pendiente la ladera sur. La ladera norte presentan un perfil recto y uniforme, la ladera sur presenta un perfil ligeramente convexo. La red de drenaje es medianamente densa y está más encajada en la ladera sur.

Las estribaciones de la ladera norte tienen un rumbo de N30E y guardan un ángulo de 25° con respecto a la fila principal hasta el punto donde esta cambia de rumbo. Estas son pseudo rectilíneas y paralelas entre sí. Se observa un paralelismo entre estas estribaciones, el último tramo de la fila principal y las filas de la Unidad III.

Las estribaciones de la ladera sur tienen un rumbo aproximado de N45O y una trayectoria algo sinuosa. En las cercanías al contacto con las unidades III y I presentan un cambio de rumbo de 90°.

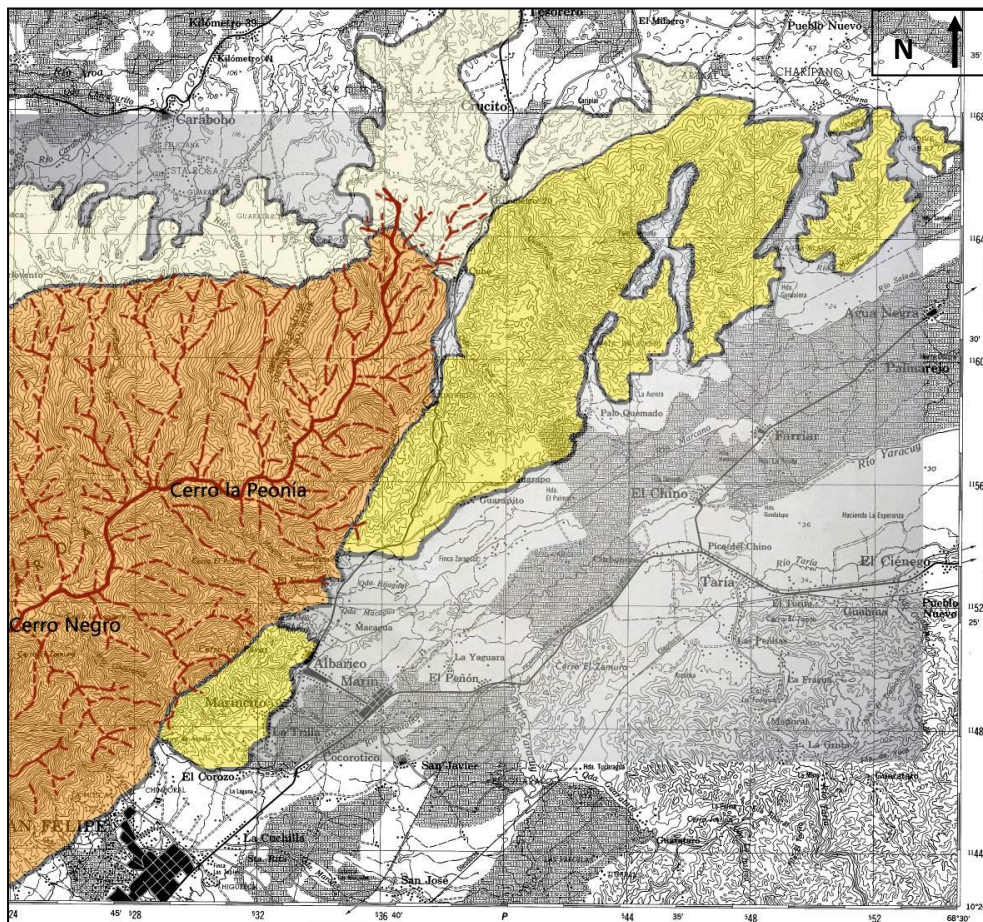


Fig. 18. Líneas de cresta de la Unidad IV (en naranja).



### 3.1.3. Hidrografía

En la zona de estudio se identifican dos cuencas hidrográficas que forman parte de las cuencas de los ríos Yaracuy y Aroa (Fig. 19). Presentan un patrón de drenaje variado y características que indican un importante control estructural.

La cuenca norte corresponde a la del río Aroa y abarca un 75% de la zona de estudio. El río tiene una geometría irregular con trayectos medianamente rectilíneos. Se observa un pequeño tramo en el extremo NO en donde sigue un curso aproximado EO. A este llegan una serie de tributarios de importante extensión con un rumbo de N15E aproximadamente (ríos Crucito, Tesorero, Guarataro, Agua Clorada y Zamuro). Estos tienen una geometría transicional hasta llegar a las zonas bajas en donde se hace irregular. Están encajados en una serie de valles simétricos y de laderas uniformes, con excepción del río Crucito que atraviesa un valle más amplio y de laderas asimétricas. Las cuencas de cada uno de estos ríos muestran una configuración dendrítica, medianamente densa, de tributarios de poca extensión. Con respecto al río Aroa la red de drenaje es paralela.

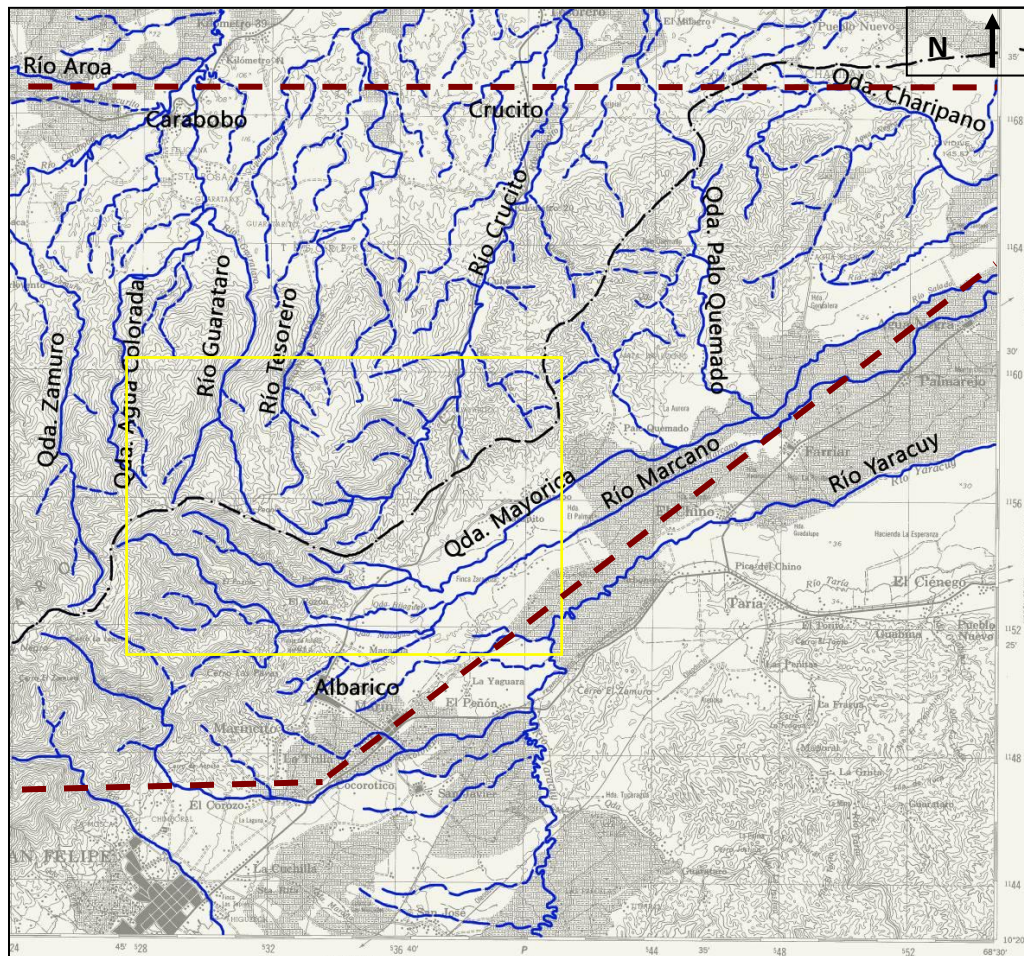


Fig. 19. Mapa hidrográfico (en rojo la zona de estudio). Línea negra: límite de cuenca. Recuadro amarillo: área de la Fig. 20.



La otra cuenca corresponde a la del río Yaracuy y abarca un 25% del área estudiada. El río, ubicado al sur, fuera de los límites de la zona, sigue un curso aproximado de NS hasta las cercanías de Albarico donde cambia a N50E. Presenta una geometría irregular, con tramos rectilíneos. A este llega una serie de tributarios que bajan de la serranía de Aroa con una orientación de N40W. Estos tiene una geometría transicional con tramos rectilíneos y en sus cabeceras la red de drenaje es dendrítica y muy densa. Los tributarios al este de la ciudad de San Felipe, al llegar a la planicie, muestran un cambio de rumbo en 90°, haciéndose paralelos al río Yaracuy y corriendo junto a este por más de 20 km. Esto como consecuencia de un control estructural sobre el drenaje.

Los tributarios al este del valle del río Crucito presentan una configuración de tipo rectangular, dominada por la gran cantidad de fracturas en el área.

Se observa una marcada diferencia en la densidad del drenaje en la parte alta del río Crucito (Fig.20). Los tributarios ubicados al oeste son de mayor extensión, presentan una geometría transicional y son medianamente densos. Características similares se observan en las cabeceras de los ríos ubicados en la ladera norte de la serranía de Aroa. Por el contrario en las cabeceras de los ríos Marcano y Mayorica y en los tributarios al este del río Crucito la red es muy tupida y los drenajes tienen poca extensión.

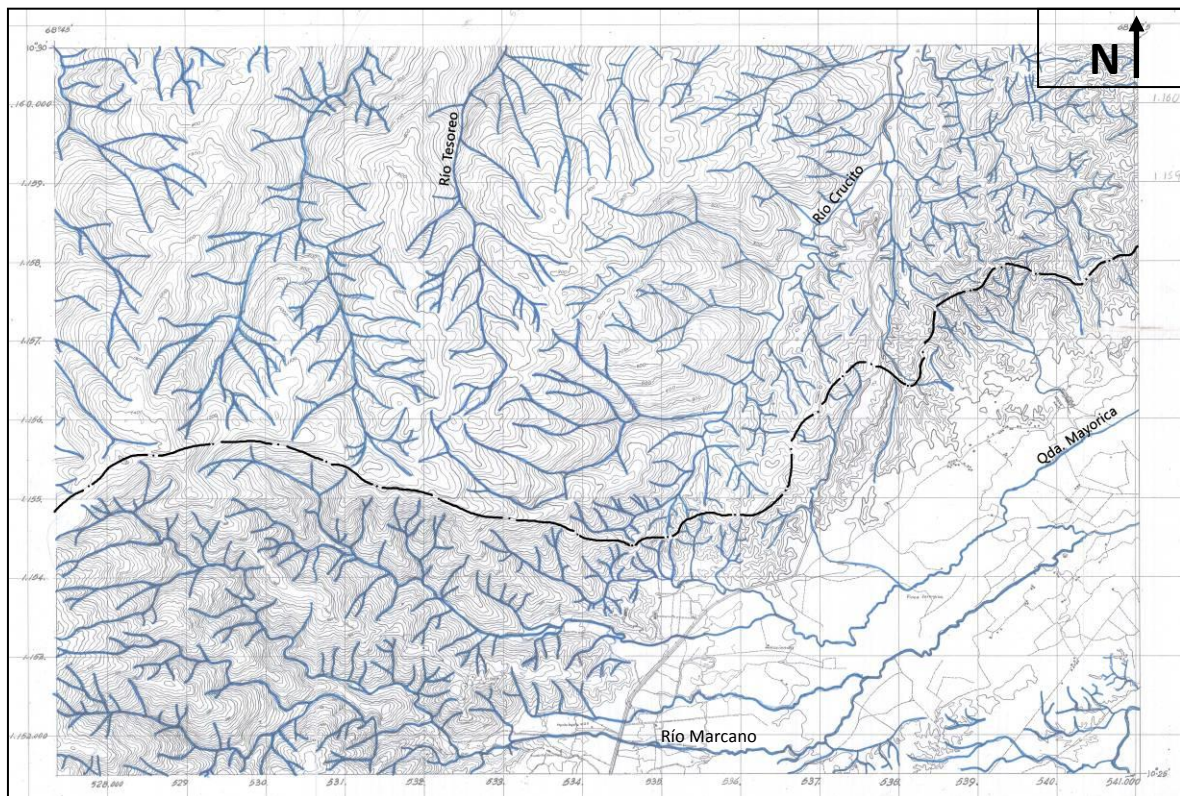


Fig. 20. Diferencias en la densidad del drenaje. Hoja 6447-II-NO a escala 1:25.000.

### 3.1.4. Detalles Estructurales

La región estudiada presenta discontinuidades y fallas que afectan de manera determinante tanto la topografía como la red de drenaje. En total se identificaron tres familias de fallas y/o fracturas y unas estructuras de corrimiento (Fig. 21).

Un primer sistema de fallas (en naranja) tiene una orientación aproximada de N50E y atraviesa la planicie del río Yaracuy y el pie de monte de la ladera sur de la serranía. Se infiere que el movimiento es dextral por la manera en que afecta a los drenajes de la zona.

Otro de los sistemas de fallas (en morado) tiene una orientación aproximada N20E y está ubicada en los valle de los principales drenajes del flanco norte de la serranía (ríos Tesorero, Guarataro, Agua Clorada, Crucito, Zamuro, Palo Quemado y Agua Negra). El movimiento es sinistral.

El tercer sistema de fallas (en rojo) tiene una orientación aproximada de N15W y se ubica entre los valles de los ríos Crucito y Palo Quemado. No se observan indicios de movimiento por lo tanto se consideran como fracturas.

Al norte de la serranía se observan un contacto abrupto entre dos relieves diferentes. Este coincide con la lineación del corrimiento definido por AUDEMARD *et al.* (1993) que tiene un vergencia SN, cuyo frente tiene una orientación aproximada EO.

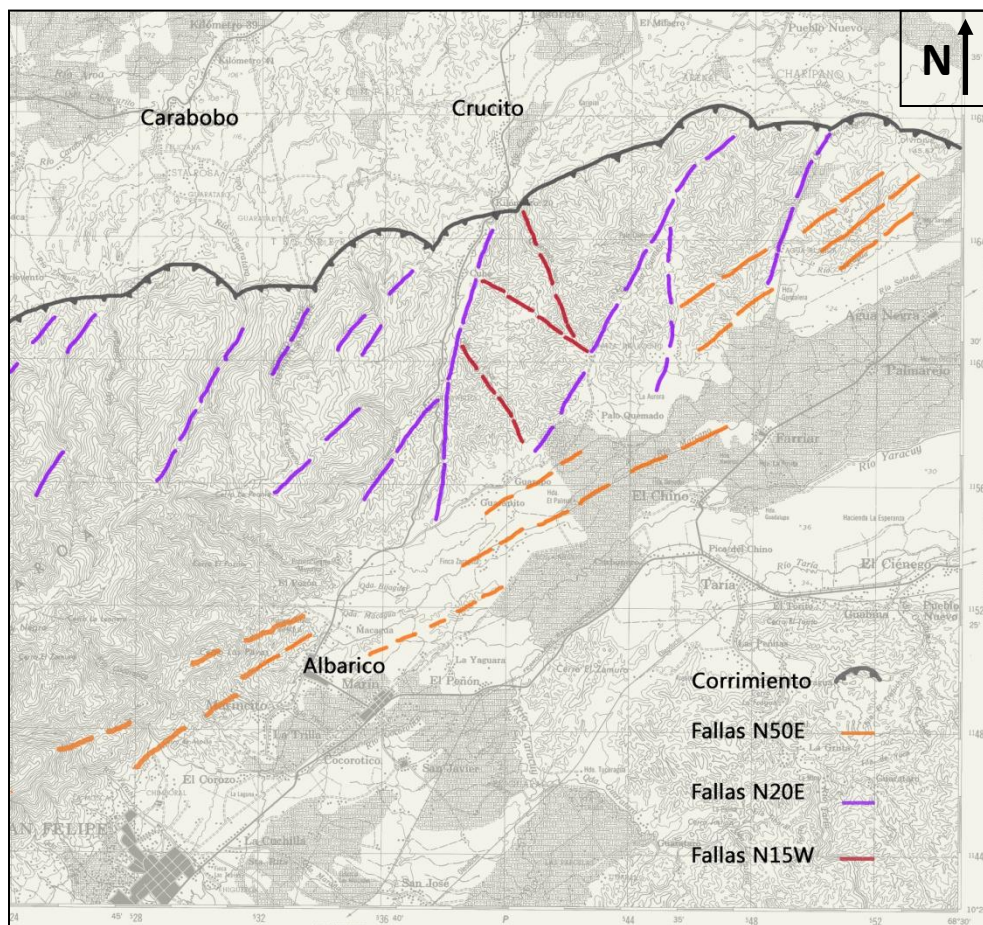


Fig. 21. Fracturas y fallas en la zona de estudio.

## 3.2. UNIDADES LITOLÓGICAS

### 3.2.1. Generalidades

En el área de estudio afloran rocas metaígneas, metasedimentarias y sedimentarias de diversos orígenes, cubiertas en parte por depósitos cuaternarios. Estas fueron agrupadas en unidades litológicas informales (Tabla 2). El criterio para agrupar dichas unidades fue la distribución geográfica. También se tomó en cuenta la mineralogía y características texturales.

Tabla 2. Resumen de unidades geológicas aflorantes en el área de estudio.

<i>Siglas</i>	<i>Unidades geológicas</i>	<i>Tipos litológicos</i>
Qal	Aluvión	Depósito de lutitas, arena y grava.
Qpt	Terraza	
Ula	Unidad de lutitas y areniscas	Intercalación de arenas y lutitas
Ucf	Unidad de calizas fosilíferas	Caliza fosilífera con fragmentos de bivalvos
Uema	Unidad de esquistos, mármoles y anfibolitas.	Esquisto cuarcífero o cuarcita
		Mármol grafitoso
		Esquisto grafitoso
		Anfibolita y esquisto anfibolítico
Ugem	Unidad de gneis porfidoblástico, esquistos y milonitas	Tufas
		Esquisto y augenesquisto feldespático-cuarzo-clorítico
		Rocas granoblásticas
		Gneis porfidoblástico
		Gneis porfidoblástico feldespático-cuarzo-micáceo
		Gneis granítico y metagranito
		Gneis y augengneis cuarzo-feldespático-micáceo
		Augenesquisto cuarzo feldespático micáceo. Rocas miloníticas
		Gneis porfidoblástico leucocrático
		Esquisto cuarzo micáceo feldespático
		Filita y esquisto micáceo cuarzoso. Enclaves
Metaconglomerado		
Ueap	Unidad de esquistos, anfibolitas y pegmatitas	Anfibolita. Esquisto Anfibolítico
		Esquisto cuarzo biotítico
		Pegmatita

La distribución en la zona de estudio es la siguiente: Las rocas metaígneas y metasedimentarias afloran en la serranía de Aroa (Fig. 22), las sedimentarias, en el valle del río Crucito y en las colinas al norte de la serranía y los depósitos cuaternarios en el recorrido de las quebradas que cortan las unidades anteriores y en las colinas al norte y sur de la



serranía. Los contactos son tectónicos entre las unidades ígneo-metamórficas y discordantes entre el resto de las unidades (Ver Anexo 4).

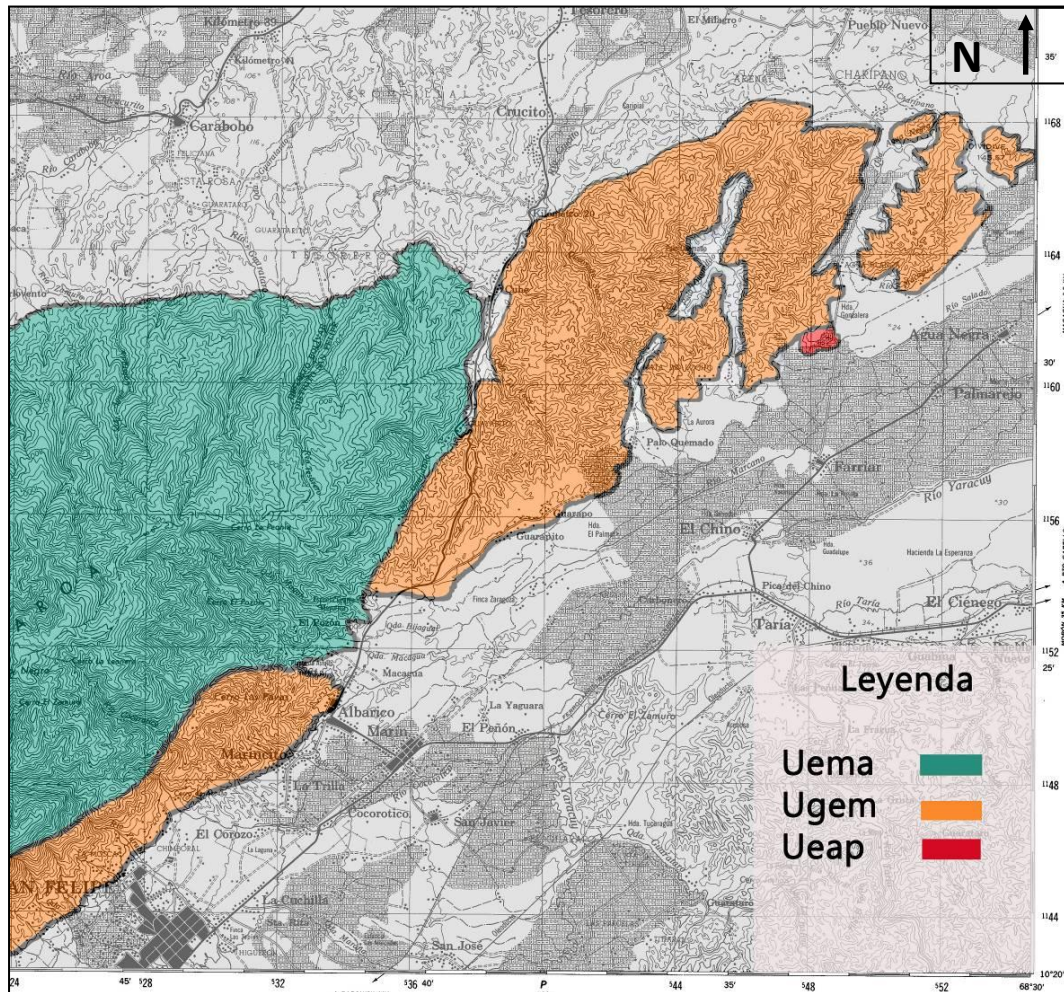


Fig. 22. Distribución de las unidades ígneo-metamórficas en la zona de estudio.

Los tipos litológicos que conforman la Uema están distribuidos de manera alternada en toda el área, con excepción del esquisto grafitoso y el esquisto cuarcífero que sólo fueron observados en el flanco norte de la serranía, en los cauces de los ríos Tesorero, Agua Colorada y Zamuro. En la Ueap el esquisto cuarzo micáceo es la roca caja de la pegmatita y las anfibolitas. Los tipos litológicos que conforman las Ugem y Ula también se presentan de manera alternada. La Ugf está ubicada en una pequeña área cerca del sector las Lajas. Ninguno de los tipos litológicos son cartografiables a las escalas utilizadas en este trabajo (1:100.000 y 1:25.000).

La tabla 3 presenta las abreviaturas de los minerales que componen los diferentes tipos litológicos de las unidades geológicas aflorantes en el área de estudio.

Tabla 3. Abreviatura de los minerales ordenada alfabéticamente por el nombre del mineral.  
Tomado de SCHMID & SIVIOLA (2007).

Mineral	Abreviatura	Mineral	Abreviatura
Actinolita	Act	Hornblenda	Hbl
Allanita	Aln	Ilmenita	Ilm
Anfíbol	Am	Leucoxeno	Leux
Apatito	Ap	Limonita	Lim
Biotita	Bt	Magnetita	Mgt
Calcita	Cal	Moscovita	Ms
Clorita	Chl	Piroxeno	Px
Cloritoide	Cld	Pirita	Py
Cuarzo	Qtz	Plagioclasa	Pl
Epidoto	Ep	Rutilo	Rt
Estilpnomelano	Stp	Sericita	Ser
Feldespatos K	Kfs	Sillimanita	Sil
Grafito	Gr	Titanita	Ttn
Granate	Grt	Tremolita	Tr
Hematita	Hem	Zircón	Zrn
NX	Nícoles cruzados	N//	Nícoles paralelos

### 3.2.2. Unidad de Gneis porfidoblástico, esquistos y milonitas (Ugem)

#### 3.2.2.1. Extensión

Aflora en el extremo oriental de la serranía de Aroa, al este del valle del río Crucito, en tres cerros alargados paralelos a dicho valle. También aparece en el flanco sur, entre los poblados de San Felipe y Albarico. Abarca un área de 93 Km<sup>2</sup> aproximadamente, lo que corresponde al 30% del área de estudio (Ver anexo 7.4).

#### 3.2.2.2. Contactos

Los contactos con la unidad de esquistos, mármoles y anfibolitas (Uema) son de falla de ángulo alto. El primero tiene un rumbo aproximado de N 24° E y pasa por valle del río Crucito, el otro pasa por el flanco sur de la serranía con un rumbo aproximado de N 51° E. El contacto con los sedimentos cuaternarios es una inconformidad.

#### 3.2.2.3. Tipos litológicos

Esta unidad se subdivide en varios tipos litológicos, basándose en las características similares observadas en los afloramientos (ver anexo 7.1), las muestras de mano y la petrografía de secciones finas (ver anexos 7.2, 7.3 y 7.4). Todos presentan una mineralogía similar (cuarzo-feldespática), con variaciones en la proporción de cada mineral, además se diferencian en la textura y los posibles protolitos. (Tabla 4).

Tabla 4. Tipos litológicos de Ugem.

<i>Tipo litológico</i>	<i>Muestras</i>
Esquisto y augenesquisto feldespático-cuarzo-clorítico	CR-03, CR-04, QTIN-07A, QTIN-07B
Rocas granoblásticas	CR-02, QOR-04
Gneis porfidoblástico	QRO-07, QSC-02, QCHP-02
Gneis porfidoblástico feldespático-cuarzo-micáceo	QRO-02, QRO-05, QIN-01, QSC-01, QCHP-03, SA-01, SA-02, QIN-02, QOR-01
Gneis granítico y metagranito	SN-01, QIN-05, QRO-08, QIN-07, QOR-03, CR-01
Gneis y augengneis cuarzo-feldespático-micáceo	QIN-03, QRO-06, QRO-03, QRO-04, CORTE-02, QIN-04
Augenesquisto cuarzo feldespático micáceo. Rocas miloníticas	QIN-06, QBAOB-03, QBAOB-06, QRO-09, CORTE-01
Gneis porfidoblástico leucocrático	QRO-01, QRO-10, CR-05
Esquisto cuarzo micáceo feldespático	QCHP-01, QIN-10, QIN-11
Filita micácea (enclaves)	QSC-03, QSC-04, QSC-05
Metaconglomerado	QIN-08, QIN-09

### Esquisto y augenesquisto feldespático-cuarzo-clorítico

**Ubicación:** Quebradas Guayabito y las Tinajas.

**Características generales:** Rocas medianamente frescas, de color verde grisáceo que meteoriza a ocre claro, foliación esquistosa medianamente marcada y abundantes diaclasas. Algunas muestras presentan estructuras de tipo augen (Fig. 23). Se observan indicios de alteración hidrotermal y cizallamiento, especialmente en las rocas que afloran en la quebrada Guayabito. En esta quebrada se observó una falla que pone en contacto el esquisto y el gneis cuarzo clorítico (Fig. 24).

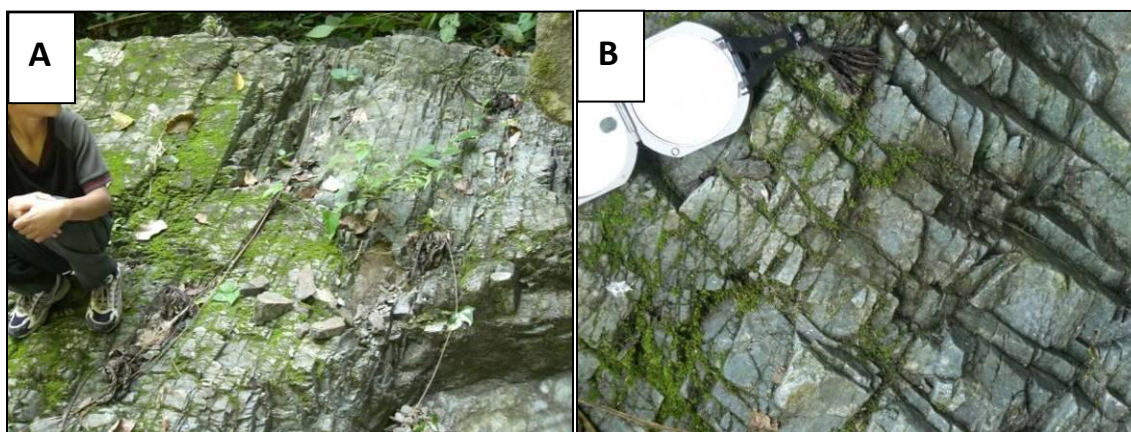


Fig. 23. (A) Afloramiento de esquisto feldespático cuarzo clorítico. (B) Detalle de la foliación y las diaclasas en el afloramiento de esquisto.

**Características petrográficas:** Rocas inequigranulares, de foliación mediana a leve, textura esquistosa a augengnésica, compuesta de porfidoclastos anhedrales a subhedrales de feldespato (Fig. 25) en una matriz de cuarzo microcristalino suturado, feldespatos y micas. Los porfidoclastos miden entre 1 y 8 mm y presentan una alteración entre media y alta. La clorita (pennita) es producto de alteración de la biotita y asociada a ella en forma de inclusiones hay titanita y opacos (Fig. 26). Se observan vetillas de carbonato con epidoto asociado (Fig. 27-B). Hay abundantes micro-texturas: maclas deformadas, textura poiquilítica



en biotita, clorita y plagioclasa; textura mirmequitica (Fig. 27-A), pertítica y antipertítica. Algunos cristales de feldespato presentan sobrecrecimiento anular con continuidad óptica. Asociada a la biotita y la clorita hay sillimanita acicular, este último un mineral reliquia. La mineralogía está resumida en la tabla 5 y el nombre petrográfico y protolítico de las rocas en la tabla 6.

Tabla 5. Composición mineralógica del esquisto feldespático-cuarzo-clorítico.

Muestra	Pl	Qzt	Kfs	Chl	Ms	Ser*	Bt	Cal	Mag	Ep	Ttn	Sil	Zrn	Ap	Py
CR-03	30	20	5	20	3	5	7	7	2	1	<1	0	<1	<1	<1
CR-04	35	28	22	5	3	5	2	<1	<1	0	<1	<1	<1	<1	0
QTIN-07A	35	37	15	7	3	0	0	2	1	<1	<1	0	<1	<1	0
QTIN-07B	40	40	12	5	3	0	0	<1	<1	<1	<1	0	0	<1	0
Promedio	35	31,25	13,5	9,25	3	2,5	2,25	2,25	0,75	0,25	0	0	0	0	0
Máximo	40	40	22	20	3	35	7	7	2	1	<1	<1	<1	<1	<1
Mínimo	5	20	5	7	3	5	2	<1	1	<1	<1	0	0	<1	0

\*Producto de alteración de plagioclasa

Tabla 6. Clasificación de las muestras del esquisto feldespático-cuarzo-clorítico.

Muestra	Nombre petrográfico	Nombre protolítico
CR-03	Esquisto feldespático cuarzo clorítico	Metapórfido de sienogranito
CR-04	Augenesquisto feldespático cuarzo clorítico	Metapórfido de sienogranito
QTIN-07A	Esquisto feldespático cuarzo clorítico	Metapórfido de sienogranito
QTIN-07B	Augenesquisto feldespático cuarzo clorítico	Metapórfido de sienogranito



Fig. 24. Contacto de falla (en rojo) entre esquisto (CR-03) y el augenesquisto (CR-04).

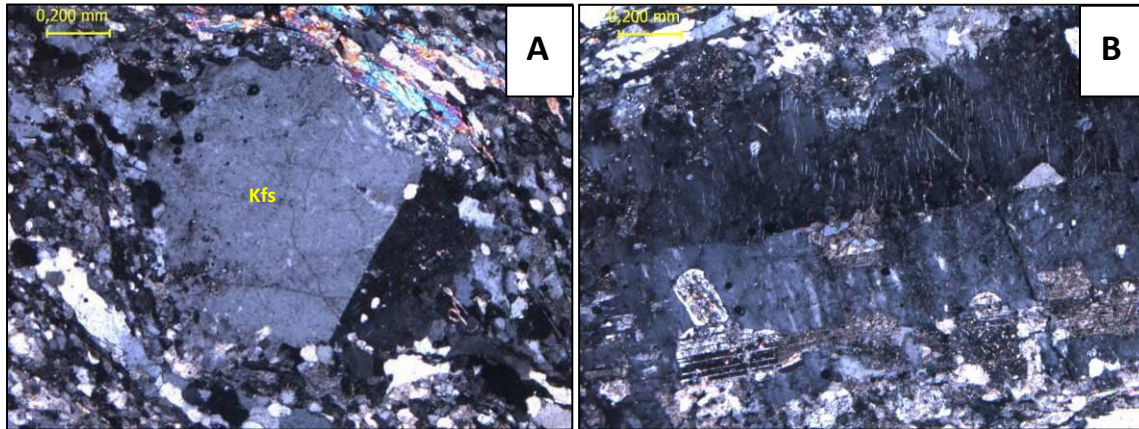


Fig. 25. Fotomicrografías CR-04: (A) Porfidoclastos anhedral de feldespato potásico definiendo una textura augengneisica. NX. (B) Porfidoclasto subhedral de feldespato potásico con inclusiones de plagioclasa maclada y textura pertítica.

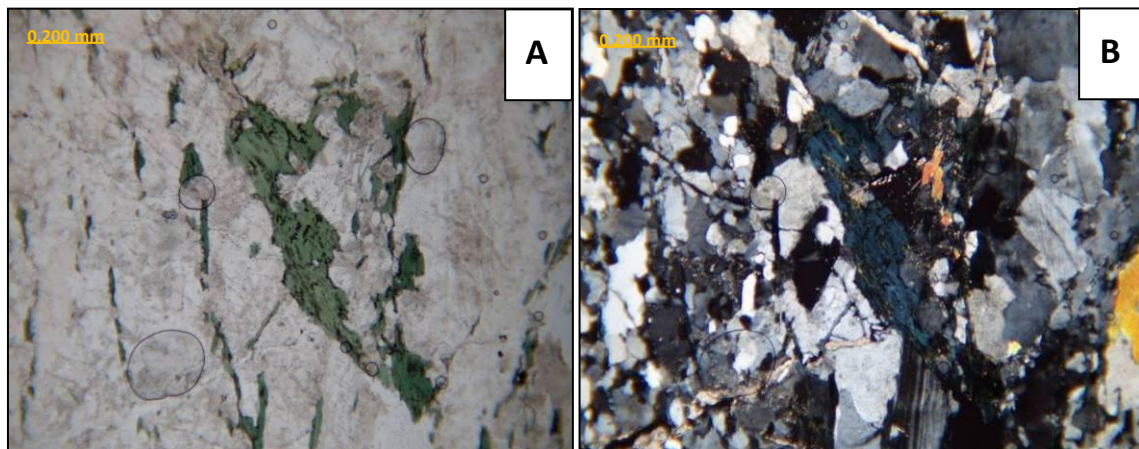


Fig. 26. Fotomicrografías QTIN-07A: Vista general de la sección. Clorita con inclusiones de magnetita. Se observa una veta de calcita en la esquina inferior derecha de la imagen y un cristal de plagioclasa con maclas deformadas debajo del cristal de clorita. (A) N// (B) NX.

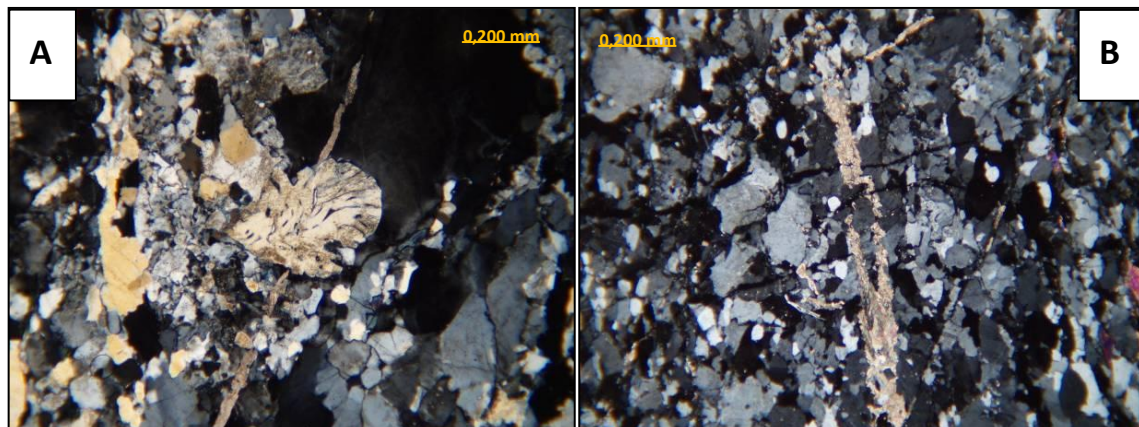


Fig. 27. (A) Fotomicrografías QTIN-07A: Textura mirmequítica. NX. (B) Fotomicrografías QTIN-07B: Vista general de la sección. Vetilla de carbonato. NX.



## Rocas granoblásticas

**Ubicación:** Quebradas Guayabito y el Orcón.

**Características generales:** Rocas de aspecto heterogéneo, textura granoblástica y muy bajo grado de meteorización, formadas por cristales listoneados de feldespato embebidos en una matriz fina de color negro que está constituida por cuarzo, feldespato y minerales ferromagnesianos. Los feldespatos son de diversos tamaños, sin sobrepasar los 5 mm de largo, color crema y no presentan orientación preferencial (Fig. 28). Presenta indicios de cizallamiento, especialmente en las que afloran en la quebrada Guayabito. También se observa un aparente aspecto volcánico y una posible textura blastoamigdaloides en la muestra CR-02 (Fig. 28-A). En ambas quebradas están en contacto el tipo litológico: gneis granítico y metagranito (Fig. 29).

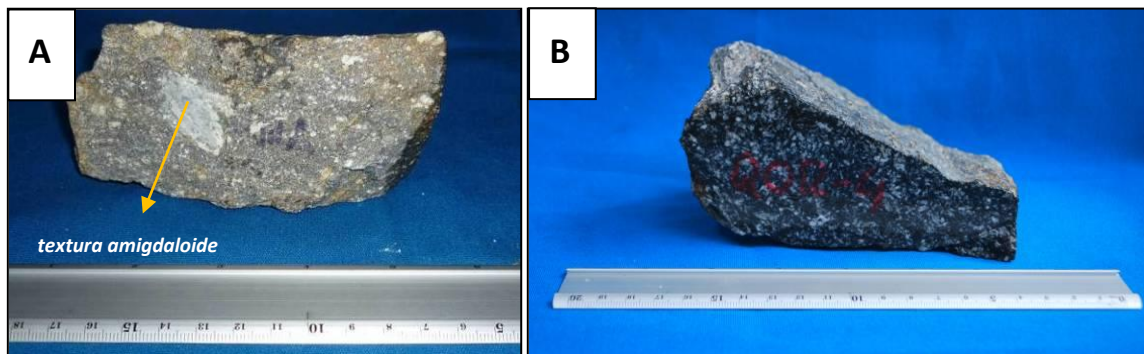


Fig. 28. Muestras de mano: (A) CR-02. (B) QOR-04.

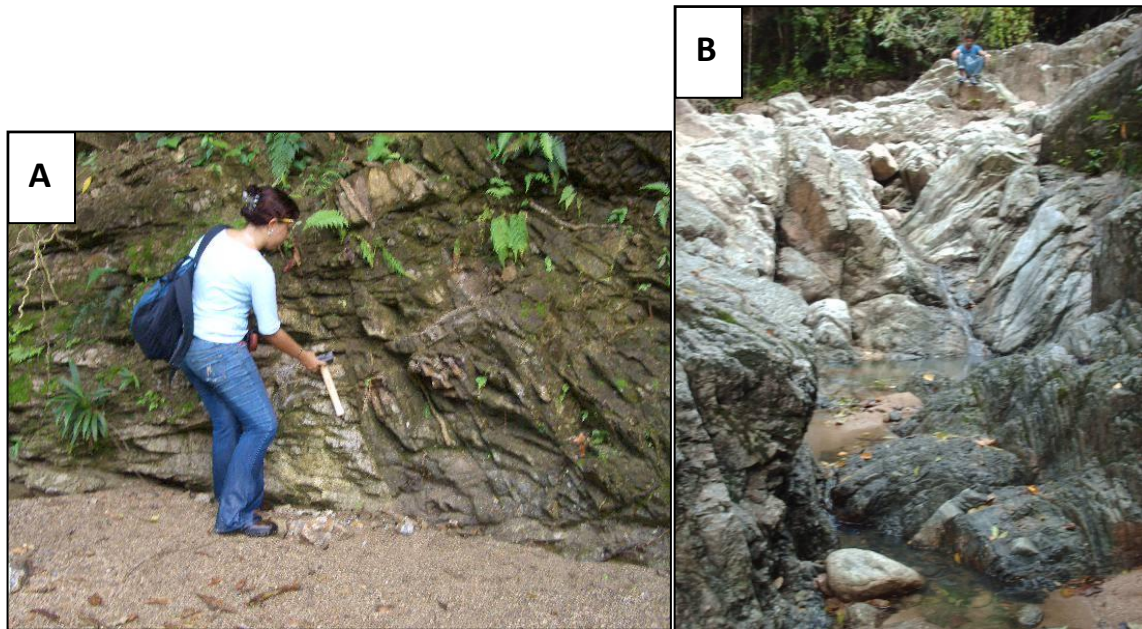


Fig. 29. Afloramiento de las rocas granoblásticas en las quebradas Guayabito (A) y el Orcón (B). Ambas están en contacto con el gneis granítico.

**Características petrográficas:** Rocas inequigranulares de textura porfidítica, no foliada, compuesta por fenoblastos anhedrales de plagioclasa (oligoclasa), cuarzo y feldespato alcalino, en una matriz de la misma composición rica en micas oscuras (biotita y estilpnomelano). Los fenoblastos miden entre 2 y 5 mm y los cristales de la matriz entre 0,01 y 0,5 mm (Fig. 31-A). Se observan texturas poiquilítica en biotita y plagioclasa, textura pertítica, mirmequítica y halos pleocróicos en biotita. Los feldespatos tienen bordes irregulares con fracturas e inclusiones y están levemente alterados, pasando a sericita y minerales de arcilla (Fig. 31-B). Algunos fenoblastos están atravesados por trenes de cuarzo microcristalino, otros presentan fracturas. La biotita es la mica más abundante y está alterando a estilpnomelano o clorita con titanita y opacos (Fig. 30). Algunos cristales de plagioclasa presentan sobrecrecimientos anular (Fig. 32-B), en otros las inclusiones sericita están orientadas formando bandas (Fig. 32-A), la mayoría de los cristales exhibe maclado polisintético. La mineralogía está resumida en la tabla 7 y el nombre petrográfico y protolítico de las rocas en la tabla 8.

Tabla 7. Composición mineralógica de las rocas granoblásticas.

Muestra	Pl	Bt	Qzt	Kfs	Stp	Chl	Ep	Ms	Mag	Ttn	Sil	Zrn	Ap	Aln
CR-02	36	23	30	10	0	<1	0	0	1	<1	0	<1	0	0
QOR-04	50	20	10	5	5	4	3	2	1	<1	<1	<1	<1	<1
Promedio	43	21,5	20	7,5	2,5	2	1,5	1	1	0	0	0	0	0
Máximo	50	23	30	10	5	4	3	2	1	<1	<1	<1	<1	<1
Mínimo	36	20	10	5	0	<1	0	0	1	0	0	0	0	0

Tabla 8. Nombre de las muestras de las rocas granoblásticas.

Muestra	Nombre petrográfico	Nombre protolítico
CR-02	Metapórfido de granodiorita	Metapórfido de granodiorita
QOR-04	Metapórfido de granodiorita	Metapórfido de granodiorita

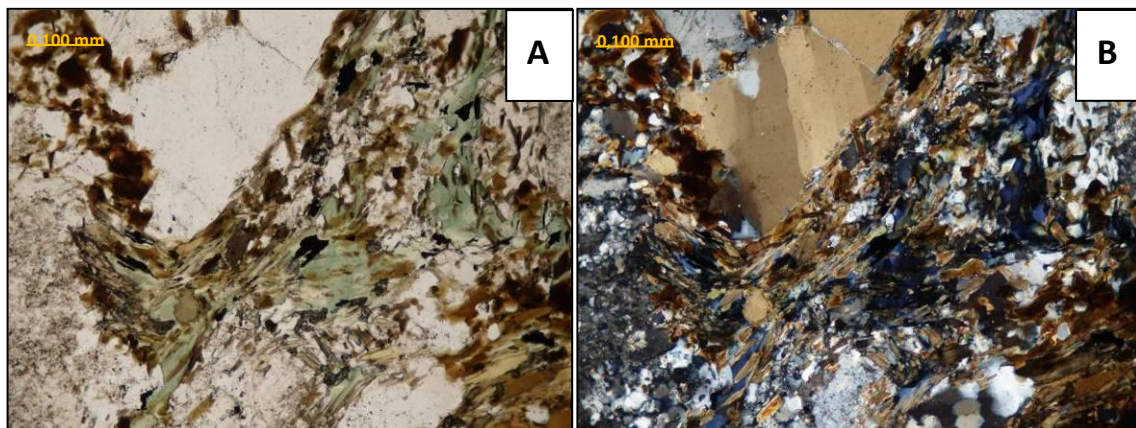


Fig. 30. Fotomicrografías QOR-04: Vista general de la sección. Biotita alterando a clorita y magnetita. N// (A) NX (B).



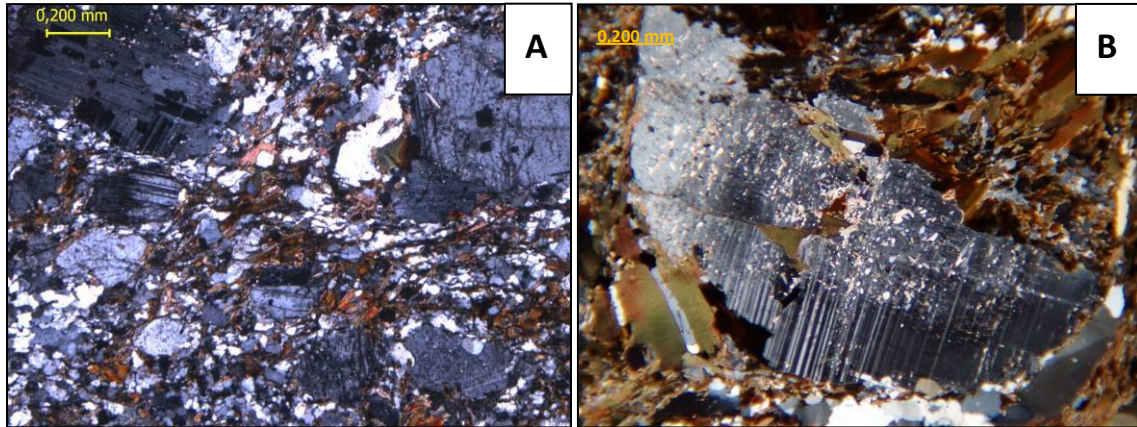


Fig. 31. Fotomicrografías CR-02: (A) Vista general de la sección. NX. Fotomicrografía QOR-04: (B) Fenocristal de plagioclasa con bordes fracturados NX.

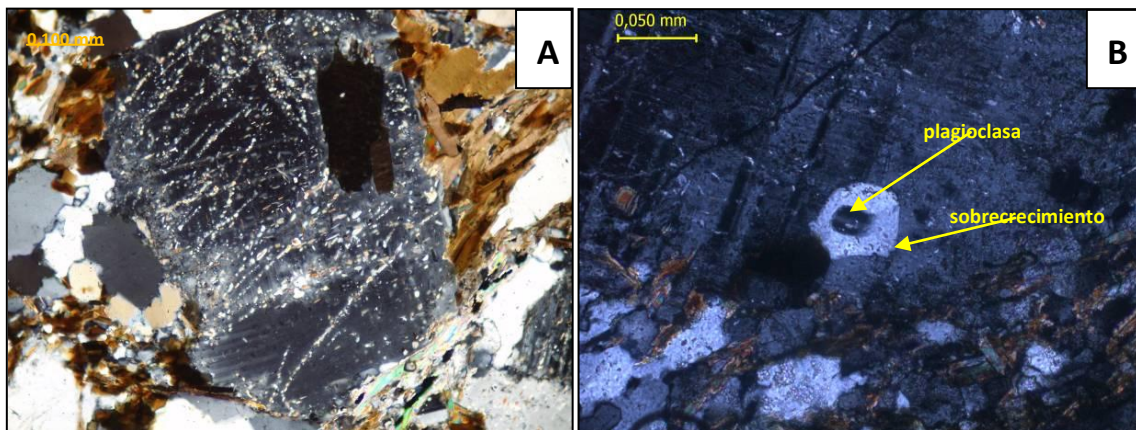


Fig. 32. Fotomicrografías CR-02: (A) Vista general de la sección. NX. Fotomicrografía QOR-04: (B) Fenocristal de plagioclasa con bordes fracturados NX.

### Gneis porfidoblástico

**Ubicación:** Quebradas El Orcón, El Roble, Charípano y Quebrada Seca

**Características generales:** Rocas inequigranulares, de aspecto heterogéneo, textura porfidoblástica y bajo grado de meteorización, formadas cristales rectangulares de feldespato de diversos tamaños y sin orientación preferencial embebidos en una matriz fina de color negro. Presente indicios de cizallamiento. La matriz es muy similar a las rocas del tipo litológico anterior.

En las muestras de las quebradas Seca y el Roble los porfidoblastos rectangulares miden hasta 3 cm de largo y 1 cm de ancho (Fig. 33) y presentan una orientación incipiente en dirección N15E, más marcada en los afloramientos de la Quebrada Seca (Fig. 34). En ambas quebradas se observan unos enclaves (Tipo litológico: Filita micácea) de forma alargada, varios tamaño y con una orientación preferencial en dirección N15E, además de vetas de cuarzo de hasta 20 cm de ancho paralelas a dichos enclaves (Fig. 35).



Las muestras de la quebrada Charípano tienen un aspecto gnéisico más marcado con cristales redondeado a modo de ojos de hasta 0,3 mm de diámetro. Los porfidoblastos rectangulares son más escasos y de menor tamaño (Fig.36).

Todas las rocas presentan una textura cataclástica leve, más acentuada en las que afloran a lo largo de la quebrada Charípano, por lo que se pueden renombrar el grupo de la siguiente manera: Gneis porfidoblástico protomilonítico.



Fig. 33. Muestras de mano: (A) QRO-07. (B) QSC-02.

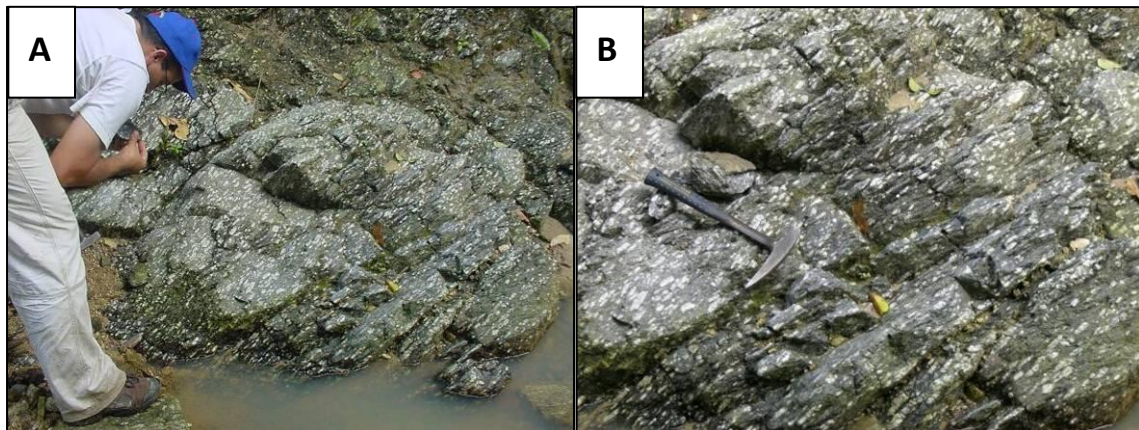


Fig. 34. (A) Afloramiento de gneis porfidoblástico en el lecho de la Quebrada Seca. (B) Detalle de la foto anterior. Se observan los porfidoblastos de feldespato algo orientados.

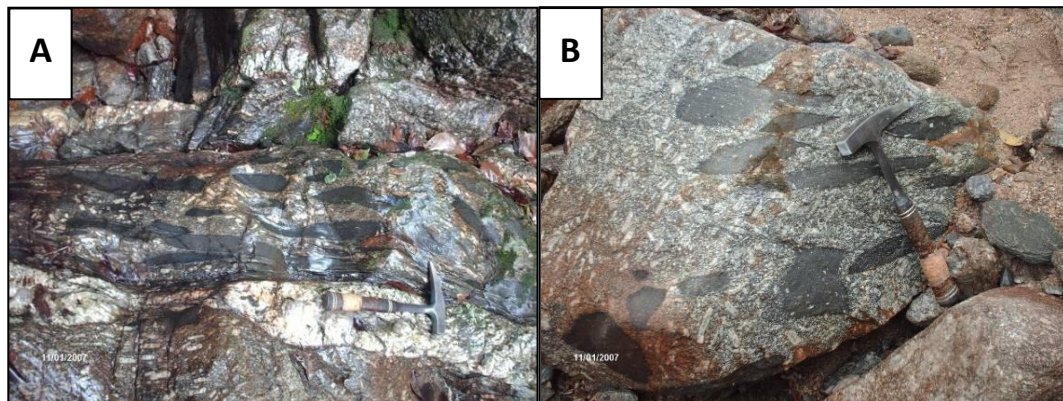


Fig. 35. Quebrada el Roble. (A) Veta de cuarzo y enclaves de filita micácea en el gneis porfidoblástico. (B) Canto rodado de gneis porfidoblástico con enclaves de filita micácea.

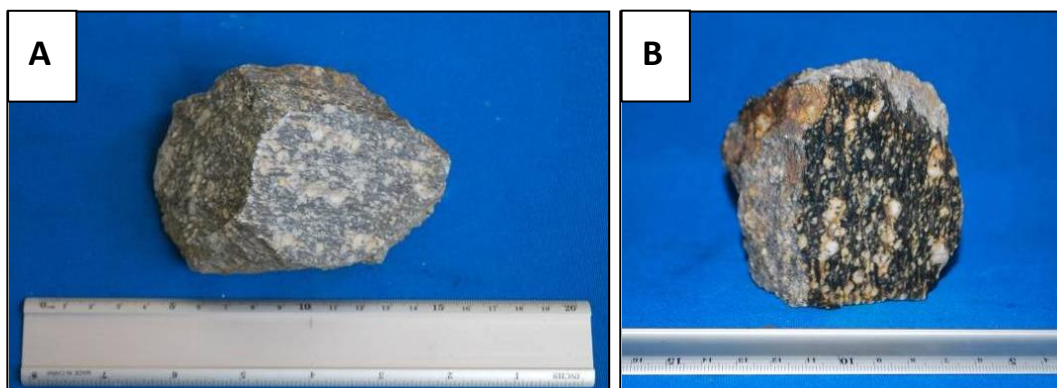


Fig. 36. (A) y (B) Muestra QCHP-02.

**Características petrográficas:** Rocas levemente foliadas compuestas por porfidoblastos de feldespato envueltos en una matriz de cuarzo policristalino, feldespato y micas (Fig. 38-B). Los porfidoblastos, en su mayoría plagioclasas y en menor proporción feldespato alcalino, son pseudo – rectangulares y miden entre 2 mm y 8 mm. Están medianamente sericitizados y muchos son atravesados por trenes de cuarzo (Fig. 38-A). Algunos cristales de plagioclasa exhiben una zonación reliquia y sobrecrecimiento anular. Se observan abundantes texturas pertítica, mirmequítica y poiquilítica. Las micas forman bandas orientadas definiendo una foliación lepidoblástica incipiente. La biotita es la mica más abundante y está alterando a clorita y estilpnomelano. Asociados a esta se observa magnetita, sillimanita, epidoto, circón, allanita y rutilo (Fig. 37). El cuarzo policristalino forma cúmulos de cristales suturados que generan porfidoblastos envueltos completamente por micas lo que genera una textura augen (Fig. 39). Hay granates subhedrales alterando a biotita y clorita. En la muestra QCHP-02 es apreciable una textura cataclástica leve y una foliación más marcadas. La mineralogía está resumida en la tabla 9 y el nombre petrográfico y protolítico de las rocas en la tabla 10.

Tabla 9. Composición mineralógica de la gneis porfidoblástico melanocrático.

Muestra	Pl	Qzt	Kfs	Bt	Stp	Chl	Ms	Grt	Ep	Opacos*	Ttn	Sil	Zrn	Ap	Aln	Rt
QRO-07	34	25	25	5	10	1	<1	0	<1	0	<1	<1	<1	<1	<1	<1
QSC-02	25	40	15	10	2	4	2	2	<1	<1	<1	<1	0	<1	<1	0
QCHP-02	50	25	5	12	3	<1	3	2	0	<1	<1	0	<1	<1	<1	0
Promedio	36,3	30	15	9	5	1,6	1,6	1,3	0	0	0	0	0	0	0	0
Máximo	50	40	25	12	10	4	3	2	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Mínimo	25	25	5	5	2	1	<1	0	0	0	0	0	0	0	0	0

\*Magnetita, Hematita, Ilmenita

Tabla 10. Nombre de las muestras del gneis porfidoblástico.

Muestra	Nombre petrográfico	Nombre protolítico
QRO-07	Meta pórfido de monzogranito	Metapórfido de monzogranito
QSC-02	Gneis porfidoblástico feldespático-cuarzo-micáceo	Metapórfido de monzogranito
QCHP-02	Gneis porfidoblástico feldespático-cuarzo-micáceo	Metapórfido de monzogranito



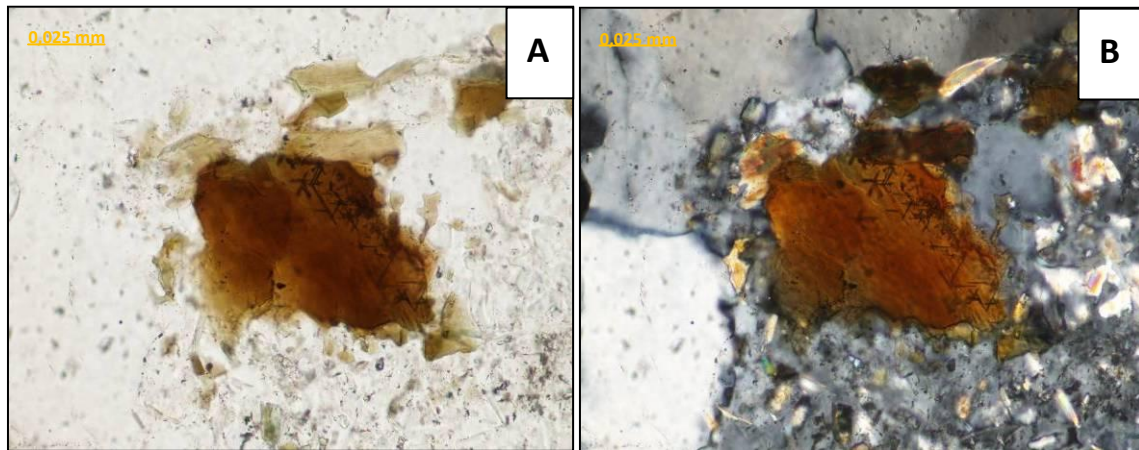


Fig. 37. Fotomicrografías QRO-07: Rutilo sagenítico en estilpnomelano. (A) N// (B) NX.

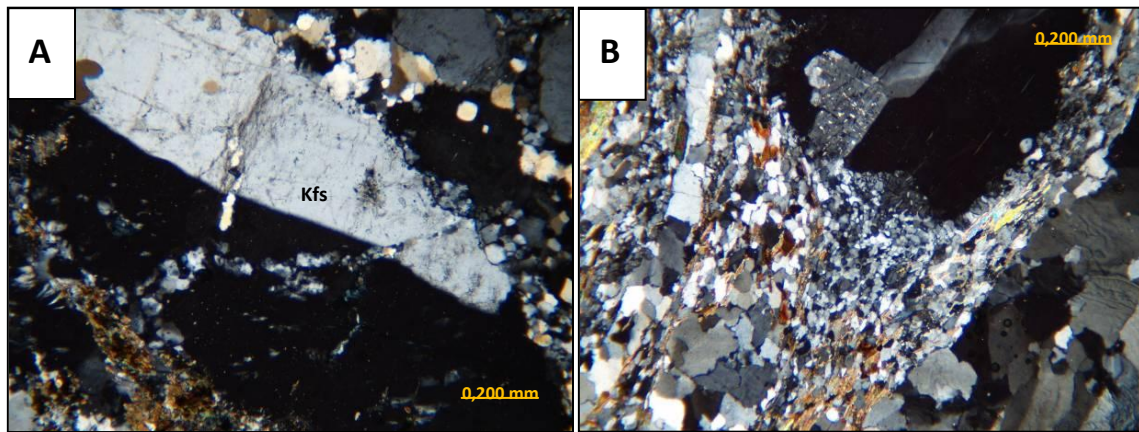


Fig. 38. (A) Fotomicrografías QRO-07: Porfidoblasto de feldespato alcalino atravesado por trenes de cuarzo. NX. (B) Fotomicrografías QSC-02: Vista general de la sección. Cristales de diversos tamaños presentes en la muestra. NX.

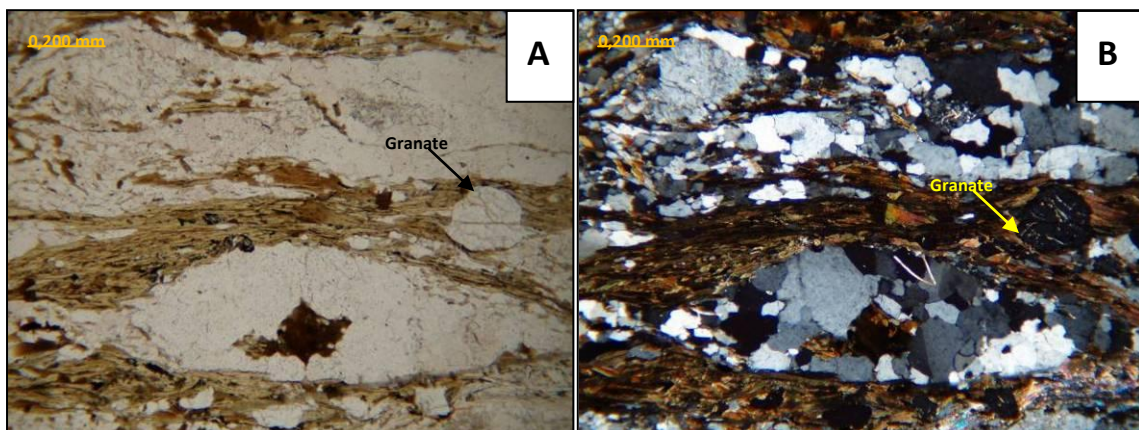


Fig. 39. Fotomicrografías QCHP-02: Vista general de la sección. Fenocristal formado por un cúmulo de cuarzo policristalino y granate envuelto por micas. (A) N// (B) NX.

### Gneis porfidoblástico feldespático-cuarzo-micáceo

**Ubicación:** Quebradas Charípano, Seca, El Indio, El Roble (Fig.41-A), El Orcón (Fig-42-A) y en el Talud San Antonio.

**Características generales:** Rocas inequigranulares de grano grueso a muy grueso formadas por porfidoblastos rectangulares de feldespato alcalino en una matriz de textura gnéica medianamente marcada compuesta por cuarzo, feldespato y micas (Fig. 40). Los porfidoblastos miden hasta 4 cm de largo y 1,5 cm de ancho, guardan cierto ángulo con la foliación y no poseen un orden particular (Fig. 42-B). Las rocas son de color gris de distintas tonalidades (Fig-41-B), crema y negro. Están levemente meteorizadas, pasando a tonos rojizos, verdosos y pardos, además están cubiertas en parte por óxido. Estas rocas son similares a las del grupo anterior por la presencia de porfidoblastos rectangulares. También presentan indicios de deformación cataclástica, más marcada en las que afloran en la quebrada Charípano, por lo que se pueden renombrar de la siguiente manera: Gneis porfidoblástico protomilonítico.

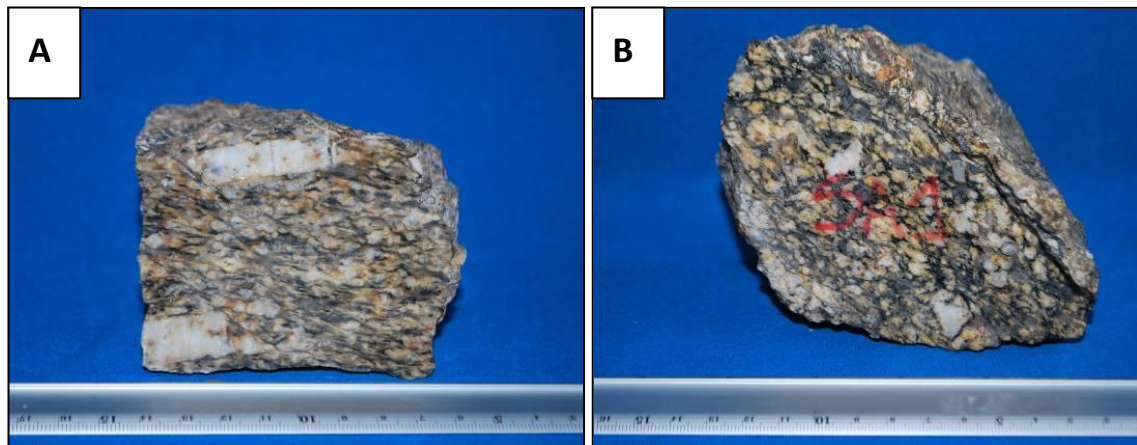


Fig. 40. Muestras de mano: (A) QCHP-03. (B) SA-01.



Fig. 41. Afloramiento de gneis porfidoblástico en la quebrada el Roble (A). Detalle de la roca (B).





Fig. 42. Afloramiento de gneis porfidoblástico en la quebrada el Orcón (A). Detalle de la roca (B).

**Características petrográficas:** Rocas inequigranulares de textura augengnéisica compuestas de grandes porfidoblastos de feldespato en una matriz bandeada de cuarzo policristalino alternando con micas (Fig. 43-B). Los porfidoblastos miden entre 1 y 3 mm y los cristales de la matriz entre 0,5 y 0,01 mm. Las muestras QSC-01 y SA-01 presentan una textura gnéisica definida por bandas de micas intercaladas con bandas de cuarzo policristalino y feldespato y escasos porfidoblastos. Todas las muestras presentan texturas mirmequítica, pertítica, poiquilítica y halos pleocróicos en biotita. Los porfidoblastos son mayoritariamente de feldespato alcalino levemente alterado, anhedrales, con maclas simples e inclusiones de plagioclasa y cuarzo. Los de mayor tamaño están atravesados por trenes de cuarzo policristalino. Algunos cristales presentan un maclado enrejado incipiente. La plagioclasa está medianamente sericitizada, presenta maclas deformadas y fracturas (Fig. 45-A). Algunos cristales muestran sobrecrecimiento anular, otros muestran una zonación reliquia (Fig. 45-B). Los granates son en su mayoría esqueléticos, otros presentan fracturas y están alterando a biotita y clorita (Fig. 44). Se observa sillimanita acicular asociada a las micas oscuras (Fig. 43-A). La mineralogía está resumida en la tabla 11 y el nombre petrográfico y protolítico de las rocas en la tabla 12.

Tabla 11. Composición mineralógica del gneis porfidoblástico.

Muestra	Pl	Qtz	Kfs	Bt	Ms	Chl	Stp	Grt	Opacos*	Ep	Ttn	Sil	Zrn	Ap	Aln
QRO-02	30	35	19	5	10	<1	0	1	<1	<1	<1	0	<1	<1	<1
QRO-05	30	30	20	5	10	3	<1	2	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
QIN-01	35	20	23	15	5	2	0	0	<1	<1	<1	0	0	<1	0
QSC-01	30	25	30	4	4	4	<1	3	<1	<1	<1	<1	0	<1	0
QCHP-03	40	35	15	5	3	<1	2	0	<1	0	<1	<1	<1	<1	0
SA-01	15	25	35	17	3	<1	3	0	2	<1	<1	<1	<1	<1	<1
SA-02	25	20	30	20	3	<1	2	0	<1	<1	<1	<1	<1	<1	0
Promedio	29,3	27,1	24,6	10,1	5,4	1,3	1	0,9	0,3	0	0	0	0	0	0
Máximo	40	35	25	20	10	4	3	3	2	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Mínimo	15	20	15	5	3	0	0	0	<1	0	<1	0	0	<1	0

\*Magnetita, Hematita

Tabla 12. Nombre de las muestras del gneis porfidoblástico.

<i>Muestra</i>	<i>Nombre petrográfico</i>	<i>Nombre protolítico</i>
QRO-02	Gneis porfidoblástico feldespático cuarzo micáceo	Meta monzogranito
QRO-05	Gneis porfidoblástico feldespático cuarzo micáceo	Meta monzogranito
QIN-01	Gneis porfidoblástico feldespático cuarzo micáceo	Meta pórfido de monzogranito
QSC-01	Gneis porfidoblástico feldespático cuarzo micáceo	Meta pórfido de monzogranito
QCHP-03	Gneis porfidoblástico feldespático cuarzo micáceo	Meta pórfido de granodiorita
SA-01	Gneis porfidoblástico feldespático cuarzo micáceo	Meta sienogranito
SA-02	Gneis porfidoblástico feldespático cuarzo micáceo	Meta monzogranito

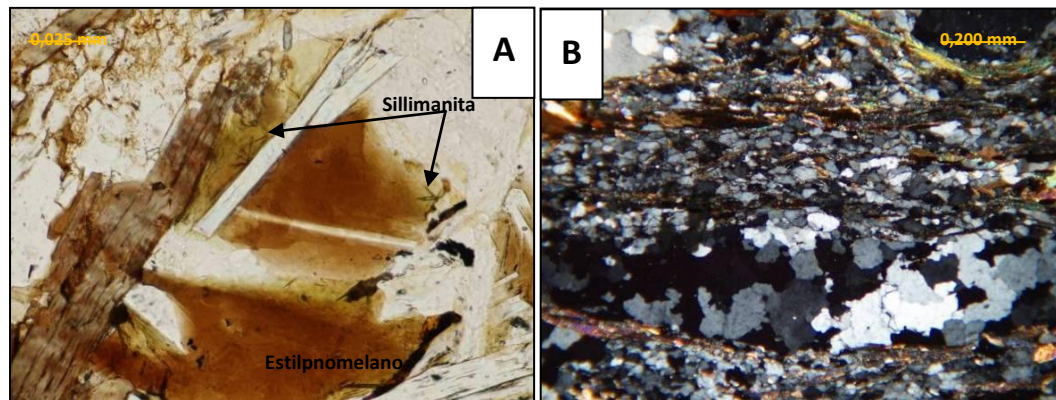


Fig. 43. Fotomicrografía QCHP-03: (A) Sillimanita en estilpnomelano. N//. (B) Vista general de la sección. NX.

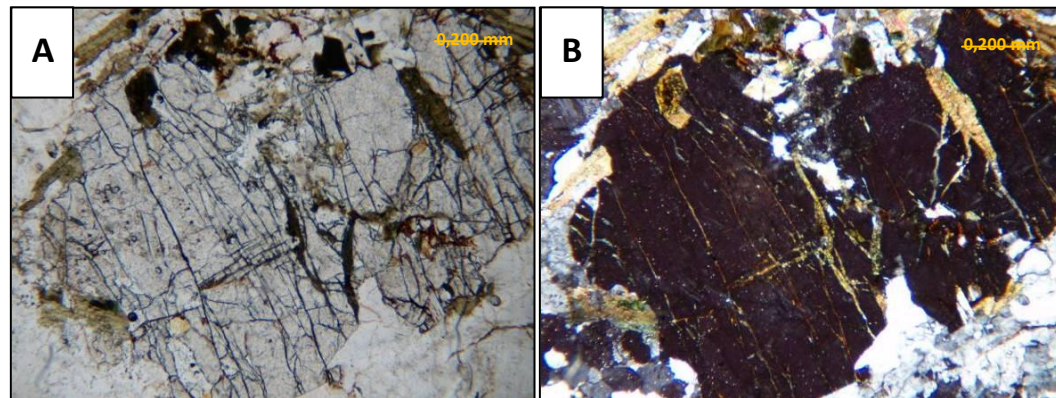


Fig. 44. Fotomicrografías QSC-01: Granate fracturado transformado a biotita y clorita. (A) N//. (B) NX.

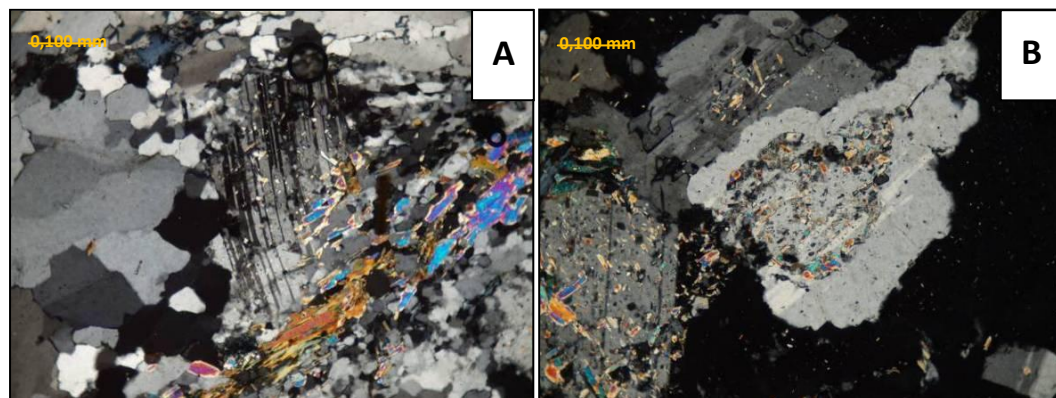


Fig. 45. Fotomicrografías QRO-05: (A) Porfidoblasto de plagioclasa con maclas deformadas e inclusiones NX. (B) Porfidoblasto de plagioclasa con inclusiones en el núcleo NX.



### Gneis granítico y metagranito

**Ubicación:** Quebradas Guayabito, El Roble, El Orcón (Fig. 46-A) y El Indio (Fig. 46-B) y como cantos rodados en la quebrada Las Tinajas.

**Características generales:** Roca de apariencia granítica, levemente alterada, de color blanco, gris claro y crema con pequeños y escasos cristales negros que meteoriza a gris verdoso y crema con pequeños parches pardo rojizo, producto de oxidación. Es de grano grueso a muy grueso, inequigranular, algunos cristales son de hasta 1,5 cm de diámetro. Foliación gnéisica leve (Fig. 47-A), en algunas muestras ausente (Fig. 47-B). A simple vista se observa cuarzo, feldespato, moscovita, granate y biotita como componentes principales, esta última escasa.



Fig. 46. (A) Afloramiento de metagranito. Quebrada Orcón. (B) Afloramiento de gneis granítico. Quebrada el Indio.

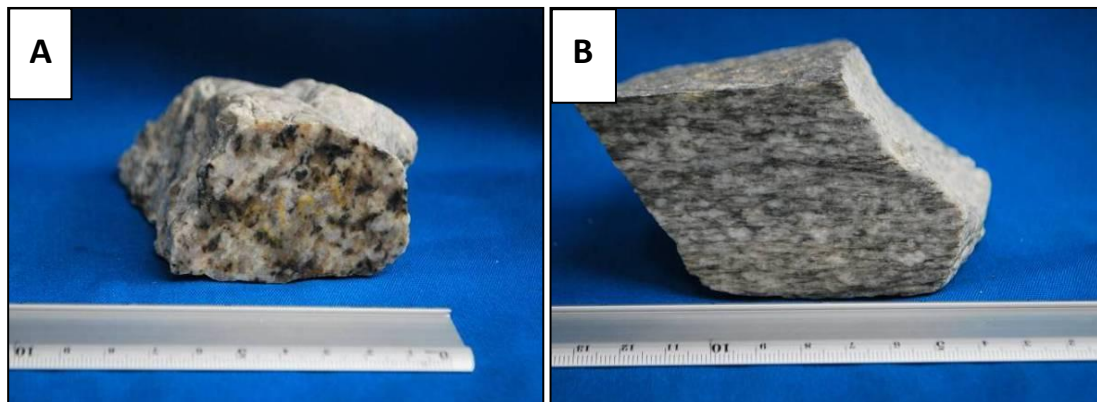


Fig. 47. Muestras de mano: (A) QIN-07. (B) QIN-05.

**Características petrográficas:** Roca de textura granítica formada por megacristales de feldespato sericitizado y una matriz de cuarzo microcristalino y micas. Las muestras QIN-05 y QRO-03 tienen una foliación leve. Los megacristales miden entre 5 y 2 mm y los cristales de la matriz entre 0,2 y 0,05 mm. En las muestras con textura gnéisica el cuarzo forma cúmulos alargados de cristales suturados que forman porfidoblastos. Las micas forman bandas y cúmulos entrelazados (Fig. 48). La clorita es producto de alteración de biotita y está repleta

de titanita y opacos. Los megacristales están fracturados y algunos atravesados por trenes de cuarzo microcristalino, en la muestra SN-01 están atravesados por trenes de clorita con epidoto asociado (Fig. 49). Se observan texturas pertítica, mirmequítica, poiquilítica y sobrecrecimiento en cristales de plagioclasa. Hay sillimanita acicular como mineral reliquia asociada a la biotita (Fig. 50). La mineralogía está resumida en la tabla 13 y el nombre petrográfico y protolítico de las rocas en la tabla 14.

Tabla 13. Composición mineralógica del gneis granítico.

Muestra	Kfs	Pl	Qzt	Ms	Bt	Chl	Ser**	Grt	Ep	Stp	Ttn	Sil	Zrn	Ap	Aln	Opacos*
SN-01	40	30	17	<1	2	8	0	<1	<1	0	<1	0	<1	<1	0	3
QIN-05	35	15	32	12	6	<1	0	0	0	<1	<1	0	0	<1	0	0
QIN-07	35	25	20	4	5	2	3	3	2	<1	<1	0	<1	<1	<1	1
QOR-03	30	35	25	4	5	1	0	0	<1	0	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Promedio	35	26,3	23,5	5	4,5	2,75	0,75	0,75	0,5	0	0	0	0	0	0	1
Máximo	40	35	32	12	6	8	3	3	2	<1	<1	<1	<1	<1	<1	3
Mínimo	30	15	17	<1	2	1	0	0	0	0	0	0	0	<1	0	0

\*Magnetita, Hematita, Ilmenita, Leucóxeno \*\*Producto de alteración de plagioclasa

Tabla 14. Nombre de las muestras del gneis granítico.

Muestra	Nombre petrográfico	Nombre protolítico
SN-01	Meta cuarzo-monzonita	Meta cuarzo-monzonita
QIN-05	Gneis feldespático cuarzo micáceo	Meta pórfido de sienogranito
QIN-07	Metamonzogranito	Metamonzogranito
QOR-03	Gneis feldespático cuarzoso	Meta pórfido de monzogranito

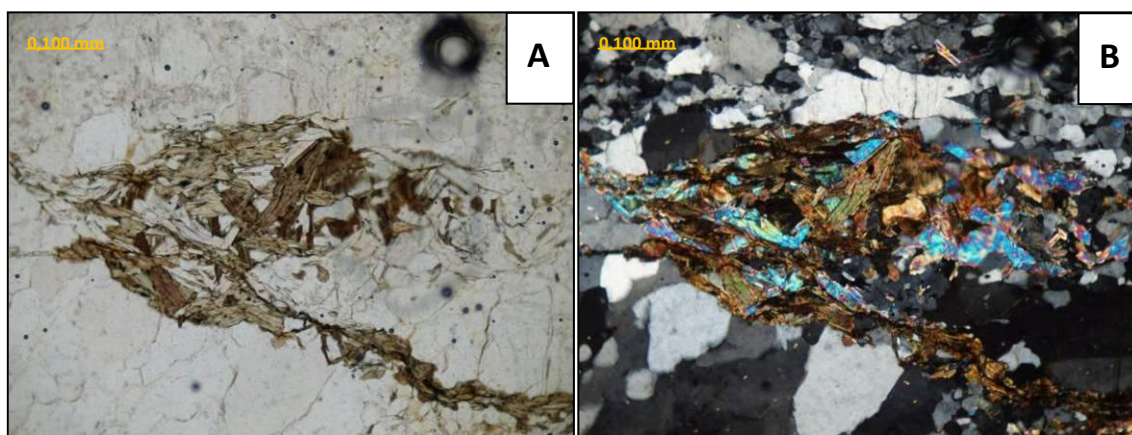


Fig. 48. Fotomicrografía QIN-05: Cúmulo de micas entrelazadas. (A) N//. (B) NX.



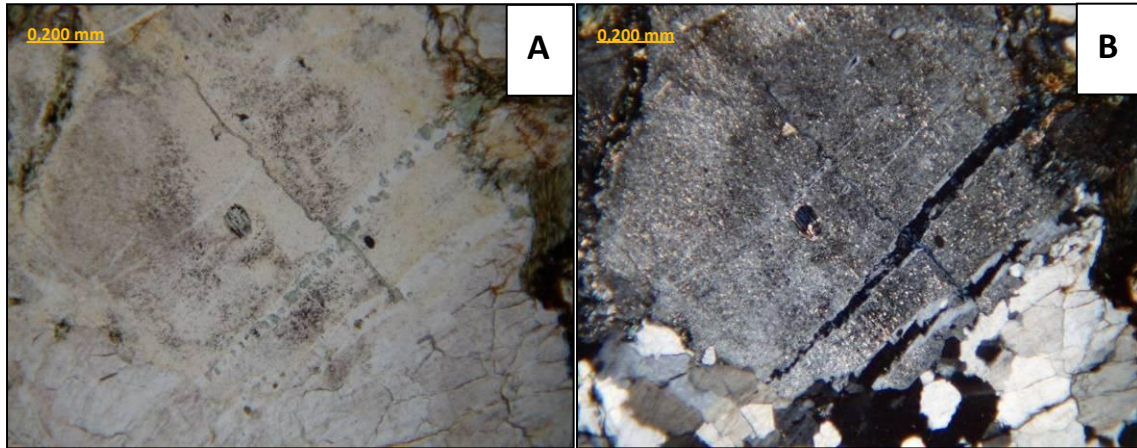


Fig. 49. Fotomicrografía SN-01: Fenoblasto de plagioclasa sericitizado y con una fractura rellena de clorita y epidoto (A) N// (B) NX.

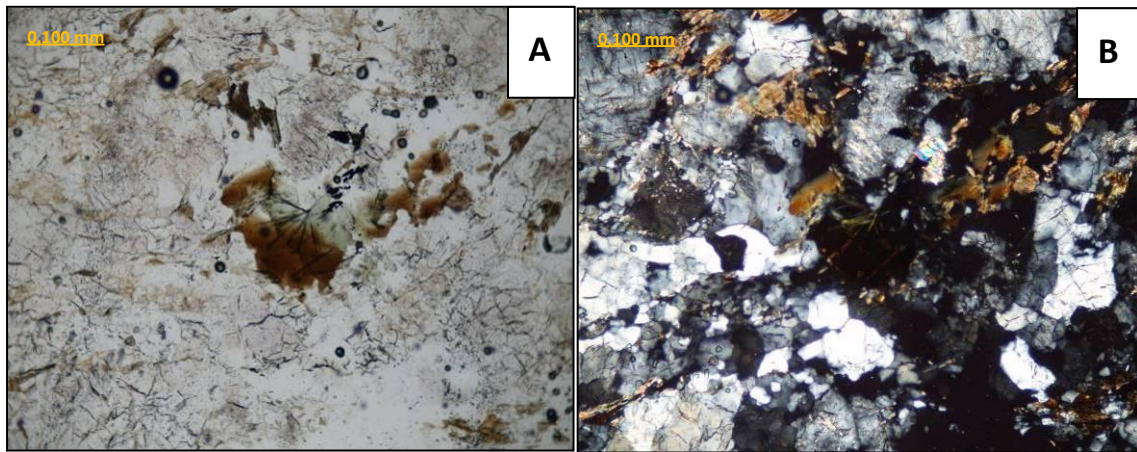


Fig. 50. Fotomicrografía QOR-03: Sillimanita acicular en biotita cloritizada. (A) N// (B) NX.

### Gneis y augengneis cuarzo-feldespático-micáceo

**Ubicación:** Quebradas El Indio y El Roble (Fig. 51), y en la carretera Albarico- Yumare.

**Características generales:** Rocas medianamente frescas, de color gris oscuro y blanco y meteorizan a gris verdoso, crema y pardo rojizo, muy micáceas, con porfidoblastos redondeados de diversos tamaños, sin sobrepasar los 8 mm de diámetro y pequeños pliegues. Presentan textura augengnéisica marcada. El tamaño de grano es variable, desde muy grueso (Fig. 52) a medio fino (Fig. 53). Algunas muestras presentan porfidoblastos en forma de ojos alargados que miden hasta 2 cm de largo y 0,5 cm de ancho. A simple vista se distinguen minerales como moscovita, biotita y cuarzo. No presenta reacción al HCl.

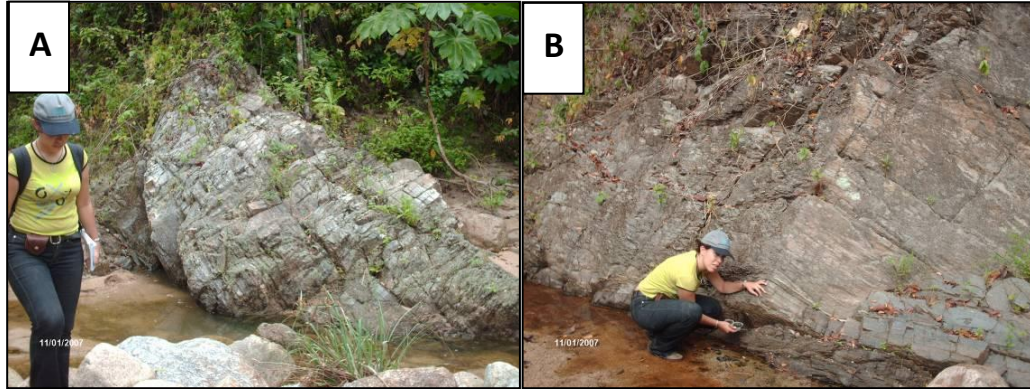


Fig. 51. (A) y (B) Afloramientos de augengneis cuarzo-feldespático-micáceo. Quebrada el Roble.

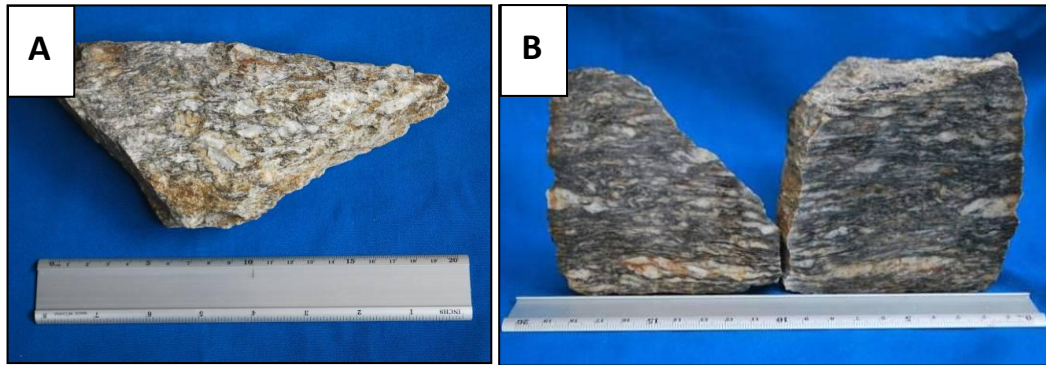


Fig. 52. Muestras de mano: (A) QIN-03. (B) QRO-04.



Fig. 53. Muestras de mano: (A) QRO-03. (B) QIN-04.

**Características petrográficas:** Roca inequigranular de textura gnéica a augengnéica, compuesta por porfidoblastos de feldespato subredondeados en una matriz bandeada de micas, feldespatos y cuarzo (Fig. 54). El cuarzo policristalino forma bandas que se alternan con las micas. También se agrupan en cúmulos de cristales suturados que forman lentes, generando textura augen. Los porfidoblastos son mayoritariamente de feldespato alcalino. Exhiben textura pertítica y mirmequítica, maclas simples, pequeñas fracturas orientadas, inclusiones de cuarzo y plagioclasa y algunos están atravesados por trenes de cuarzo. La mayor parte de la plagioclasa está sericitizada. Las micas forman hojuelas orientadas



definiendo una foliación lepidoblástica y envolviendo a los porfidoblastos. La sillimanita aparece asociada a clorita (Fig. 55). La mineralogía está resumida en la tabla 15 y el nombre petrográfico y protolítico de las rocas en la tabla 16.

Tabla 15. Composición mineralógica del Gneis y augengneis cuarzo-feldespático-micáceo.

Muestra	Qzt	Kfs	Pl	Ms	Bt	Chl	Ep	Opacos*	Ttn	Ap	Sil	Stp	Zrn
QRO-03	30	15	10	20	15	3	3	2	1	1	0	0	<1
QRO-04	35	25	20	10	5	2	3	<1	0	<1	0	<1	0
QIN-04	45	15	20	12	6	2	0	<1	<1	<1	<1	0	0
Promedio	36,7	18,3	16,7	14	8,7	2,3	0,9	0,7	0,3	0,3	0	0	0
Máximo	45	25	20	20	15	3	3	2	1	1	<1	<1	<1
Mínimo	30	15	10	10	5	2	0	0	0	<1	0	0	0

Tabla 16. Nombre de las muestras del gneis cuarzo feldespático micáceo

Muestra	Nombre petrográfico	Nombre protolítico
QRO-03	Gneis cuarzo feldespático micáceo	Meta pórfido de monzogranito
QRO-04	Gneis cuarzo feldespático micáceo	Meta pórfido de monzogranito
QIN-04	Gneis cuarzo feldespático micáceo	Meta pórfido de monzogranito

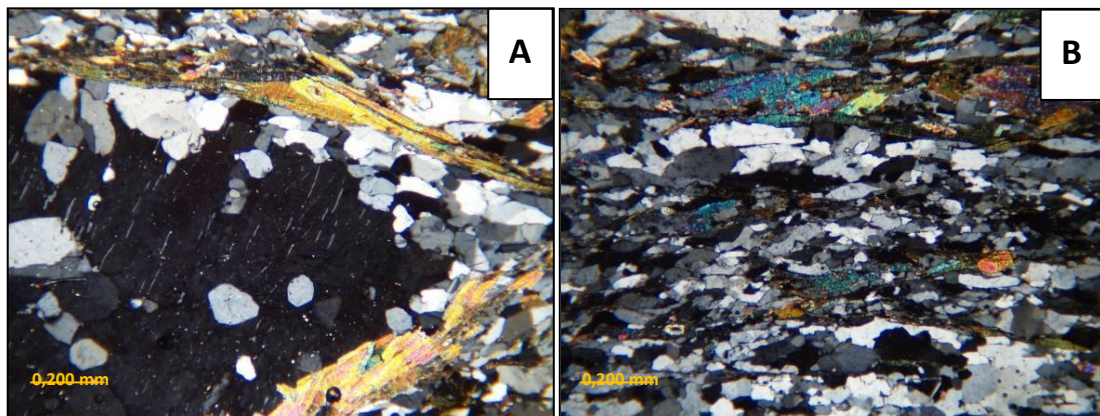


Fig. 54. Fotomicrografías QRO-03: (A) Porfidoblasto de feldespato alcalino con inclusiones y pertitas, bordeado de micas. NX. (B) Vista general de la sección. NX.

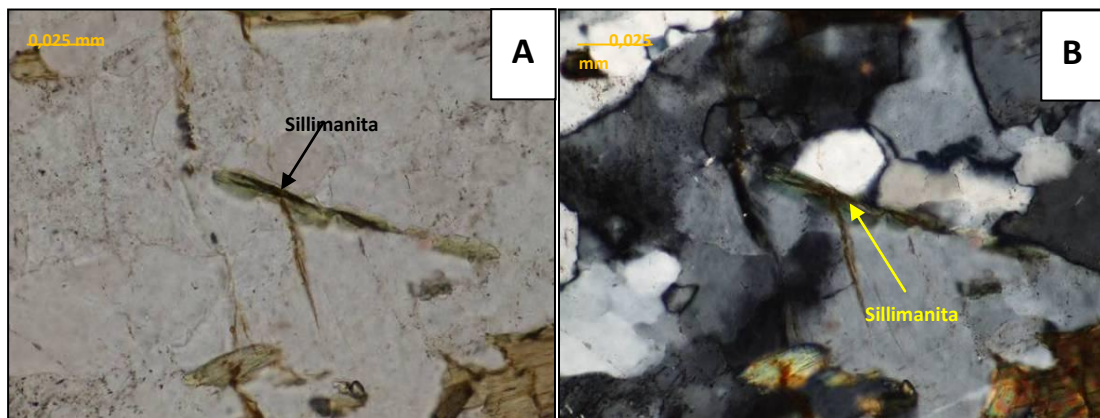


Fig. 55. Fotomicrografías QIN-04: Sillimanita en clorita. (A) N//. (B) NX.

### Augenesquisto cuarzo feldespático micáceo. Rocas miloníticas

**Ubicación:** Quebradas El Indio, El Roble (Fig. 56-A) y Banco Obrero (Fig. 56-B).

**Características generales:** Rocas con textura augenesquistosa formadas por escasos fenoblastos elípticos de hasta 7 mm en una matriz muy fina y uniforme (Fig. 57). La textura puede clasificarse también como milonítica. En las quebradas El Indio y El Roble estas rocas son de color gris verdoso y crema sin signos de meteorización. En la quebrada Banco Obrero son de color pardo grisáceo que pasa a pardo y crema con cierto brillo nacarado, muy meteorizadas. Las rocas de este grupo no presentan reacción al HCl, son muy micáceas, los cristales de moscovita y micas verdes se ven a simple vista están muy fracturadas.

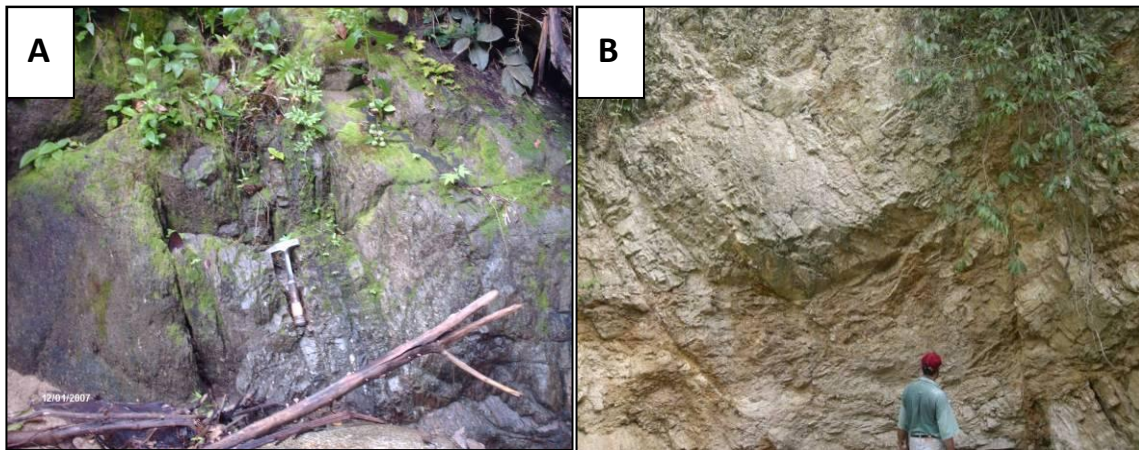


Fig. 56. (A) Afloramiento de esquistos feldespático cuarzo clorítico en la quebrada El Indio. Aparece como un intervalo en el gneis granítico. (B) Fallas en el afloramiento del augen-esquisto cuarzo micáceo feldespático en la quebrada Banco Obrero.



Fig. 57. Muestras de mano: (A) QIN-06. (B) QBAOB-06.

**Características petrográficas:** Roca compuesta por porfidoclastos de feldespato en una matriz de cuarzo policristalino, feldespatos y micas (Fig. 58). Los porfidoclastos miden entre 6 y 2 mm y los cristales de la matriz entre 0,2 y 0,01 mm. Textura esquistosa marcada. Los porfidoclastos de feldespato están fracturados y algunos atravesados por trenes de cuarzo microcristalino, presentan inclusiones de plagioclasa sericitizada, texturas mirmequítica y pertítica y están bordeados por mica definiendo una textura augen. La biotita, en parte



cloritizada, está asociada a titanita y opacos. La moscovita forma parte de la matriz aunque algunos cristales forman porfidoclastos que definen una textura augen (Fig. 59). Se observan cristales de sillimanita como mineral reliquia, asociado a biotita y a clorita. La roca puede clasificarse también como ultramilonítica. La mineralogía está resumida en la tabla 17 y el nombre petrográfico y protolítico de las rocas en la tabla 18.

Tabla 17. Composición mineralógica del augenesquisto porfidoclástico.

Muestra	Qzt	Kfs	Pl	Ms	Bt	Chl	*Opacos	Ep	Sil	Zrn	Ap	Stp	Ttn
QRO-09	35	25	18	20	1	1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
QIN-06	25	15	25	5	10	18	2	0	0	0	<1	<1	<1
QBAOB-03	39	20	25	10	5	1	0	<1	0	<1	<1	0	<1
QBAOB-06	30	25	20	5	20	<1	0	0	0	<1	<1	0	<1
Promedio	38,5	18,8	18,2	10	9	5	0,5	0	0	0	0	0	0
Máximo	50	25	25	20	20	18	2	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Mínimo	25	15	13	5	1	<1	0	0	0	0	0	0	0

\*Magnetita, Hematita

Tabla 18. Nombre de las muestras de las rocas miloníticas.

Muestra	Nombre petrográfico	Posible protolito
QRO-09	Augen esquisto feldespático cuarzo micáceo	Similar a los grupos anteriores aunque difícil de determinar por el grado de cataclasis.
QIN-06	Auge esquisto feldespático cuarzo clorítico	Similar a los grupos anteriores
QBAOB-03	Idem QRO-09	Similar a los grupos anteriores
QBAOB-06	Idem QRO-09	Similar a los grupos anteriores

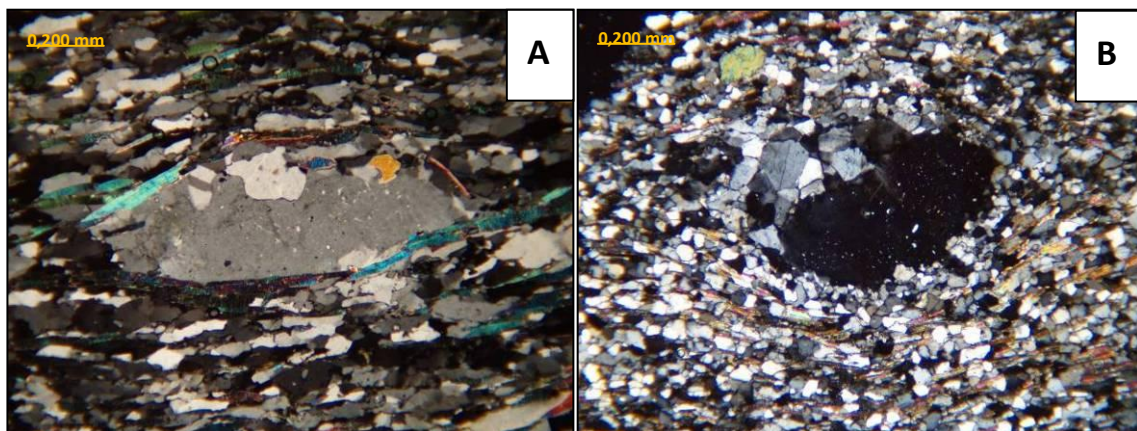


Fig. 58. Fotomicrografía QRO-09: (A) Vista general de la sección. Porfidoclasto de feldespato potásico. NX. Fotomicrografía QBAOB-06: (B) Porfidoclasto de feldespato potásico con sobrecrecimiento de cristales de cuarzo en uno de sus extremos NX.

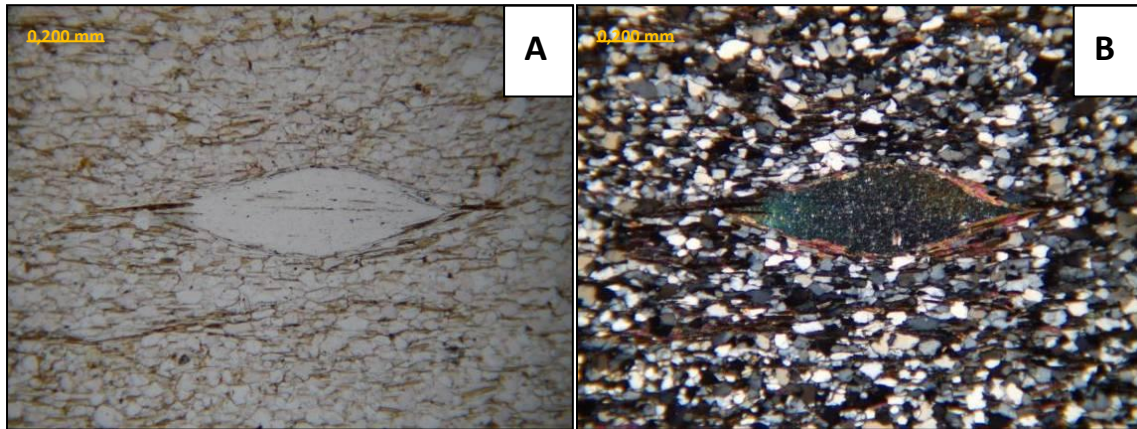


Fig. 59. Fotomicrografía QBAOB-06: Vista general de la sección. Augen de moscovita. (A) N//. (B) NX.

Según las normas de la BRITISH GEOLOGICAL SURVEY (1999) estas rocas se clasifican como:

Tabla 19. Clasificación de las rocas miloníticas según BGS (1999).

<i>Muestra</i>	<i>Nombre petrográfico</i>
QRO-09	Milonita porfidoclástica cuarzo feldespático micáceo
QIN-06	Ultramilonita porfidoclástica feldespático cuarzo clorítico
QBAOB-03	Milonita porfidoclástica feldespático cuarzo micácea
QBAOB-06	Ultramilonita porfidoclástica cuarzo feldespático micáceo

### Gneis porfidoblástico leucocrático

**Ubicación:** Quebradas Guayabito y El Roble (Fig. 60)

**Características generales:** Rocas levemente meteorizadas, de color gris claro, blanco y marfil que pasa a gris verdoso y crema (Fig. 61). Presentan una textura augengnéisica muy marcada con porfidoblastos de hasta 2 cm, y abundantes micas que forman bandas. Granulometría gruesa. Mineralógicamente están compuestas de cuarzo, feldespatos y micas blancas. No presenta reacción al HCL



Fig. 60. (A) y (B) Afloramientos de Gneis porfidoblástico leucocrático en la quebrada el Roble.



Fig. 61. Muestras de mano QRO-01.

**Características petrográficas:** Roca inequigranular compuesta por porfidoblastos de feldespato alcalino y plagioclasa maclada en una matriz de feldespato, micas y cuarzo. A pesar de que en muestra de mano se ve una textura gnéisica en sección fina es poco apreciable. Se observan texturas pertítica (Fig-63-B), mirmequítica (Fig. 62-B), poiquilítica, zonación y textura gráfica. Algunas pertitas exhiben maclado y las maclas de algunas plagioclasas están deformadas (Fig-62-A). Los feldespatos están levemente sericitizados y algunos exhiben un maclado enrejado incipiente (Fig. 63-A). La asociación de micas es de moscovita, biotita, estilpnomelano, clorita y opacos. La mineralogía está resumida en la tabla 20 y el nombre petrográfico y protolítico de las rocas en la tabla 21.

Tabla 20. Composición mineralógica del gneis porfidoblástico leucocrático.

<i>Muestra</i>	<i>Qzt</i>	<i>Pl</i>	<i>Kfs</i>	<i>Ms</i>	<i>Bt</i>	<i>Chl</i>	<i>Mag</i>	<i>Stp</i>	<i>Ep</i>	<i>Ttn</i>	<i>Sil</i>	<i>Zrn</i>	<i>Ap</i>	<i>Aln</i>
<i>QRO-01</i>	35	30	20	15	<1	<1	0	<1	<1	0	0	<1	0	0
<i>QRO-10</i>	25	30	30	10	3	1	1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
<i>Promedio</i>	30	30	25	12,5	1,5	0,5	0,5	0	0	0	0	0	0	0
<i>Máximo</i>	35	30	20	15	<1	<1	0	<1	<1	0	0	<1	0	0
<i>Mínimo</i>	25	30	30	10	3	1	1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1

Tabla 21. Nombre de las muestras del gneis porfidoblástico leucocrático.

<i>Muestra</i>	<i>Nombre petrográfico</i>	<i>Nombre Protolítico</i>
QRO-01	Gneis feldespático cuarzo micáceo	Roca granitoide - Meta monzogranito
QRO-10	Gneis feldespático cuarzo micáceo	Roca granitoide - Meta monzogranito



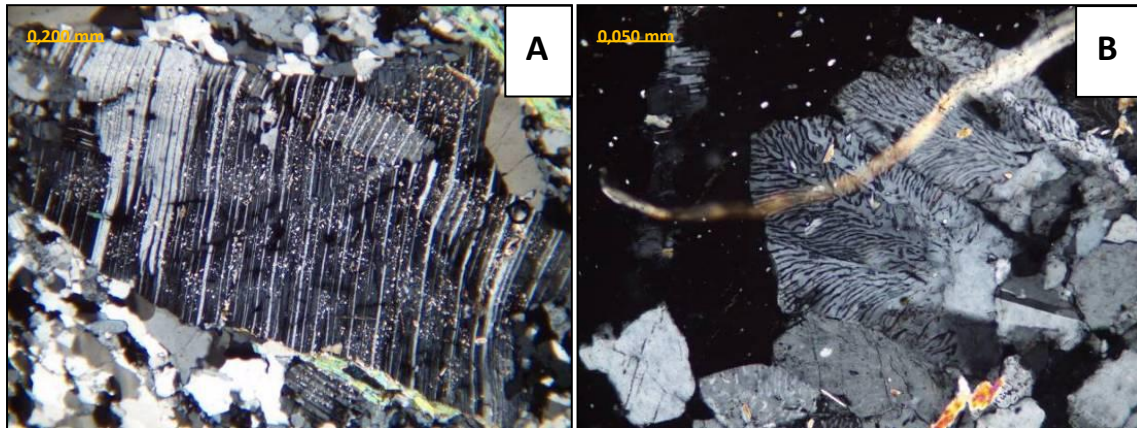


Fig. 62. Fotomicrografías QRO-01: (A) Porfidoblasto de plagioclasa con maclas deformadas. NX. (B) Pertita maclada en porfidoblasto de feldespato potásico y textura mirmequítica. NX.

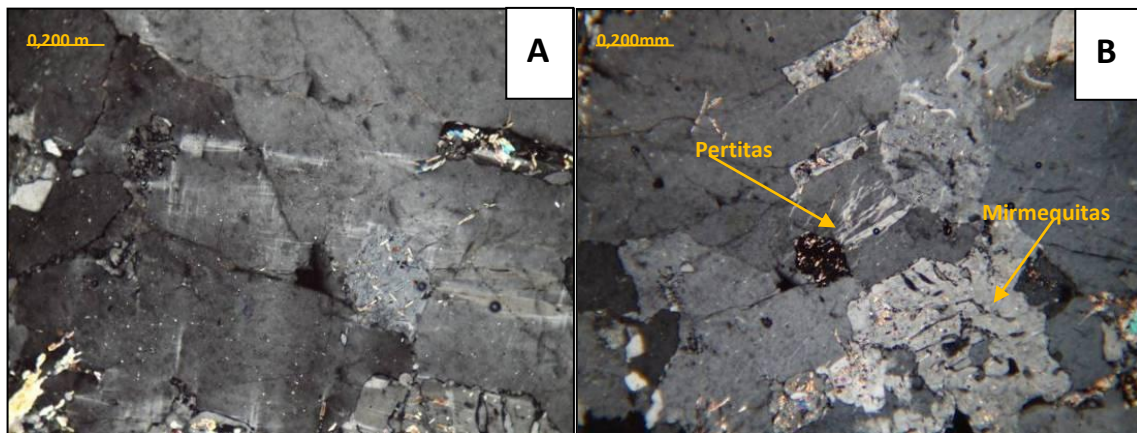


Fig. 63. Fotomicrografías QRO-10: (A) Porfidoblasto de feldespato alcalino exhibiendo un maclado enrejado incipiente y con inclusiones de plagioclasa sericitizada. NX. (B) Porfidoblasto con inclusiones de plagioclasa, texturas mirmequítica, poiquilítica y pertítica. NX.

### Esquisto cuarzo micáceo feldespático

**Ubicación:** Quebradas Charípano y El Indio.

**Características generales:** Rocas de color gris claro, blanco y marfil que pasa a gris verdoso y crema, presenta un grado intermedio de meteorización (Fig.65). Presentan textura de esquistosa muy marcada y abundantes micas (Fig. 64-A). Están compuestas de cuarzo, feldespatos y micas blancas; algunas muestras presentan escasa micas oscuras, otras porfidoblastos de granate de color pardo negruzco de hasta 1,5 cm de diámetro, probablemente del tipo almandino (Fig. 64-B). No presenta reacción al HCl.

**Características petrográficas:** Roca inequigranular, de foliación lepidoblástica marcada, compuesta por grandes porfidoblastos de feldespato y cúmulos de cuarzo, en una matriz bandeada de cuarzo policristalino y micas (Fig. 66). La muestra QIN-10 presenta fenoblastos de granate esqueletal (Fig. 67). En la matriz se observa bandas de cuarzo microcristalino y policristalino lo que sugiere una posible textura milonítica. El granate está muy alterado,

pasando a biotita y clorita. La mineralogía está resumida en la tabla 22 y el nombre petrográfico y protolítico de las rocas en la tabla 23.

Tabla 22. Composición mineralógica del esquistos cuarzo feldespático micáceo.

Muestra	Qzt	Pl	Ms	Kfs	Bt	Chl	Ep	Grt	*Opacos	Ttn	Zrn	Ap
QIN-10	45	9	20	20	1	2	0	3	<1	<1	<1	<1
QCHP-01	35	32	20	3	5	2	3	0	<1	<1	<1	<1
Promedio	40	20,5	20	11,5	3	2	1,5	1,5	0	0	0	0
Máximo	45	32	20	20	5	2	3	3	<1	<1	<1	<1
Mínimo	35	9	20	3	1	2	0	0	<1	<1	<1	<1

\*Magnetita, Hematita

Tabla 23. Nombre de las muestras del esquistos leucocrático.

Muestra	Nombre petrográfico	Nombre Protolítico
QIN-10	Esquistos cuarzo feldespático micáceo granatífero	Meta arcosa
QCHP-01	Esquistos cuarzo feldespático micáceo	Meta arcosa

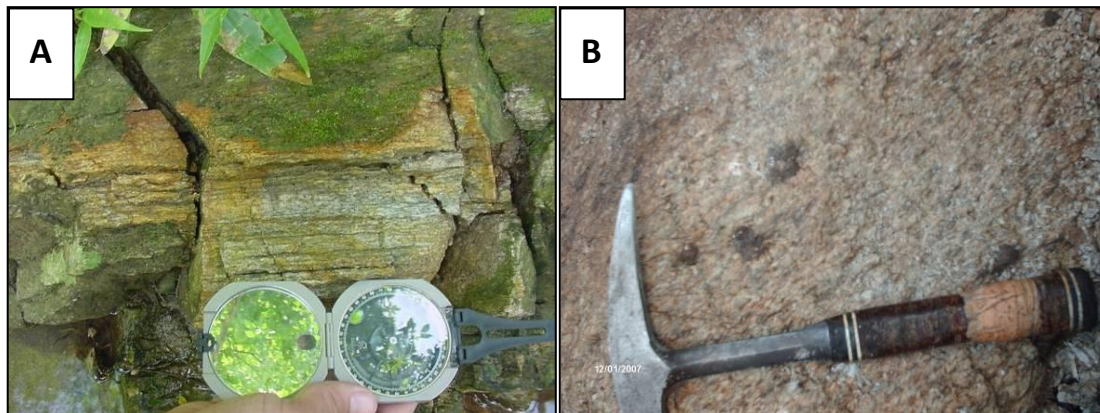


Fig. 64. (A) Afloramiento de esquistos cuarzo micáceo feldespático en la quebrada Charipano. (B) Cristales de granate en el esquistos cuarzo micáceo feldespático, Quebrada el Indio.

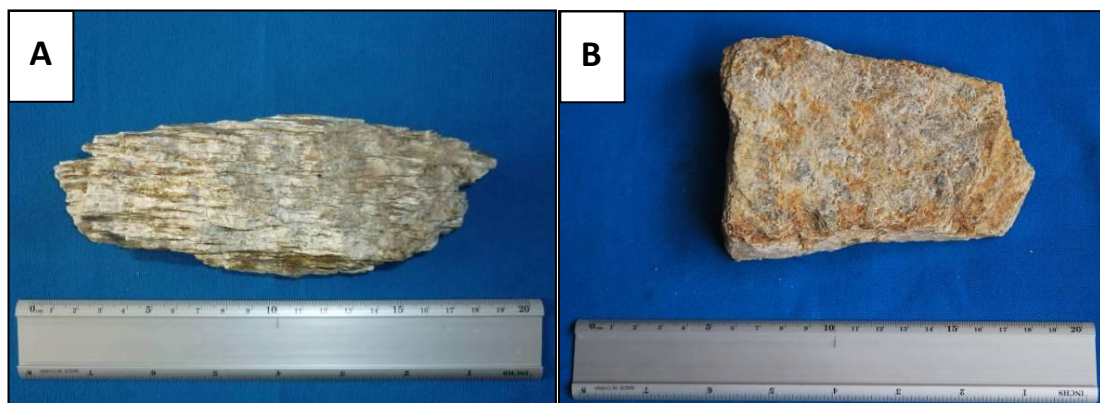


Fig. 65. Muestras de mano QIN-10 (izquierda) y QIN-11 (derecha).



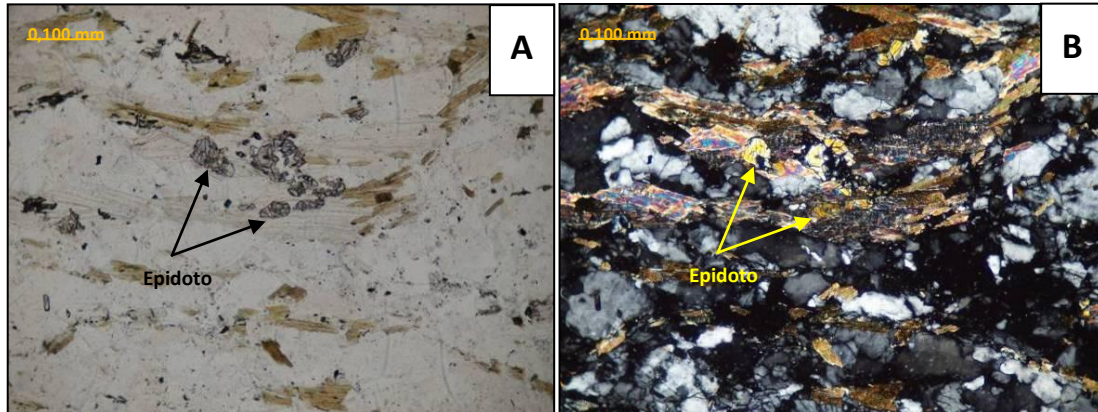


Fig. 66. Fotomicrografías QCHP-01: Textura de la roca: Cristales fracturados de epidoto en moscovita. (A) N// (B) NX.

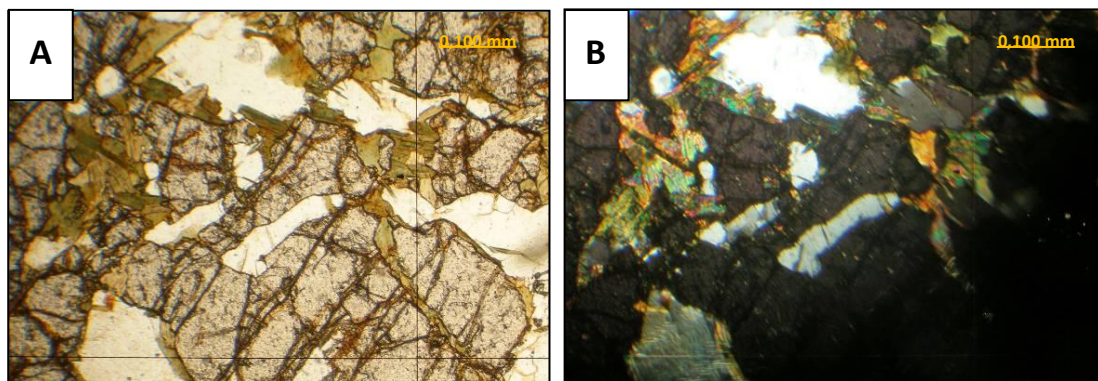


Fig. 67. Fotomicrografías QIN-10: Granate esquelético muy fracturado, alterando a clorita, biotita y con cuarzo intersticial. (A) N// (B) NX.

### Filita y esquistos micáceos cuarzosos. Enclaves

**Ubicación:** Quebradas Seca y El Roble.

**Características generales:** Aparece en forma de lentes o boudines alargados de diversos tamaños, orientados paralelamente a la foliación, dentro del gneis porfidoblástico (Fig. 68). En la quebrada El Roble miden como máximo 20 cm de largo y 6 cm de ancho. En la quebrada Seca los hay de diversos tamaños hasta alcanzar los 50 cm de ancho y los 2 m de largo. La roca está fresca, es de color negro grisáceo, grano muy fino, textura afanítica y presenta una foliación muy marcada entre filítica y esquistosa. Se observa vetillas de cuarzo que lo atraviesan y lentes del mismo mineral paralelos a la foliación (Fig. 69).

**Características petrográficas:** Roca equigranular, compuesta por bandas de cuarzo policristalino y feldespatos alternando con bandas de micas. Textura esquistosa muy marcada (Fig. 70). El porcentaje de micas, principalmente biotita, supera el 35%. Se observan pequeños lentes alargados de cuarzo policristalino que llegan a medir hasta 0,6 mm de largo, y cristales subhedrales de epidoto. La muestra QSC-04 y QSC-05 son de grano más grueso, tienen menor porcentaje de mica (Fig. 72-A) y presenta granate que llegan a medir hasta 0,6 mm (Fig. 71). Como en los grupos anteriores hay sillimanita (Fig. 72-B). La mineralogía está resumida en la tabla 24 y el nombre petrográfico y protolítico de las rocas en la tabla 25.

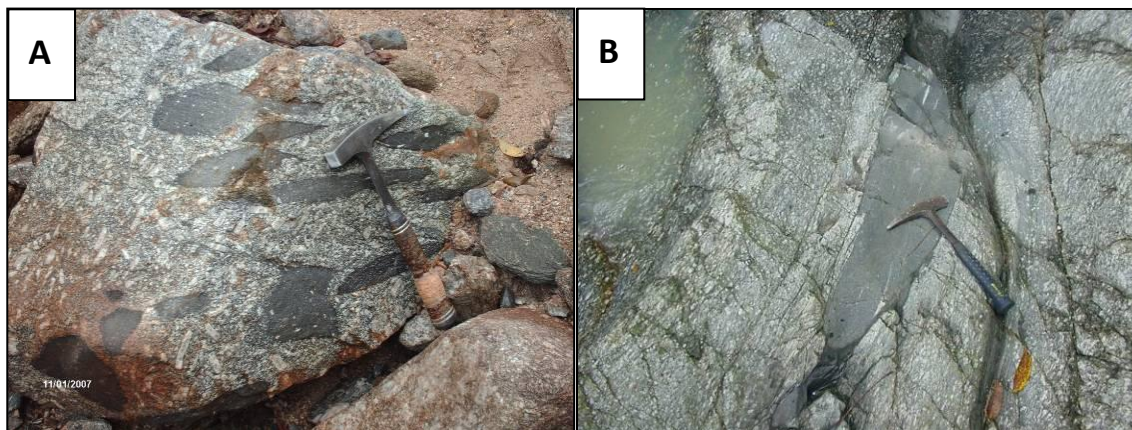


Fig. 68. (A) Canto rodado de gneis porfidoblástico con enclaves de filita micácea cuarzosa. Quebrada el Roble.  
(B) Enclave de filita micácea en gneis porfidoblástico. Lecho de la quebrada Seca.

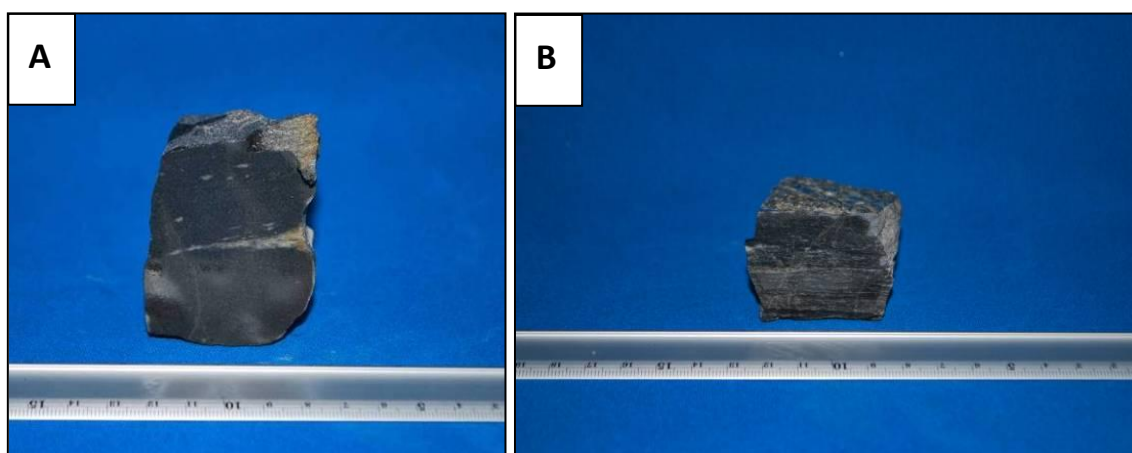


Fig. 69. Muestras de mano: (A) QSC-03 (B) QSC-05.

Tabla 24. Composición mineralógica de la filita micácea cuarzosa.

<i>Muestra</i>	<i>Bt</i>	<i>Qzt</i>	<i>Pl</i>	<i>Ep</i>	<i>Ms</i>	<i>Stp</i>	<i>Chl</i>	<i>Grt</i>	<i>*Opacos</i>	<i>Ap</i>	<i>Ttn</i>	<i>Zrn</i>	<i>Sil</i>
<i>QSC-03</i>	45	28	22	3	0	2	0	0	0	0	0	0	
<i>QSC-04</i>	35	32	20	3	3	2	3	1	1	<1	<1	<1	<1
<i>QSC-05</i>	25	30	25	3	5	3	3	3	2	1	<1	<1	<1
<i>Promedio</i>	35	30	22,3	3	2,7	2,3	2	1,3	1	0,3	0	0	
<i>Máximo</i>	45	32	25	3	5	3	3	3	2	1	<1	<1	
<i>Mínimo</i>	25	28	20	3	0	2	0	0	0	0	0	0	

\*Magnetita, Hematita

Tabla 25. Nombre de las muestras de la filita micácea cuarzosa.

<i>Muestra</i>	<i>Nombre petrográfico</i>	<i>Nombre Protolítico</i>
QSC-03	Filita micácea cuarzosa	Metapelita
QSC-04	Esquisto micáceo cuarzo feldespático	Metapelita
QSC-05	Esquisto micáceo cuarzo feldespático	Metapelita



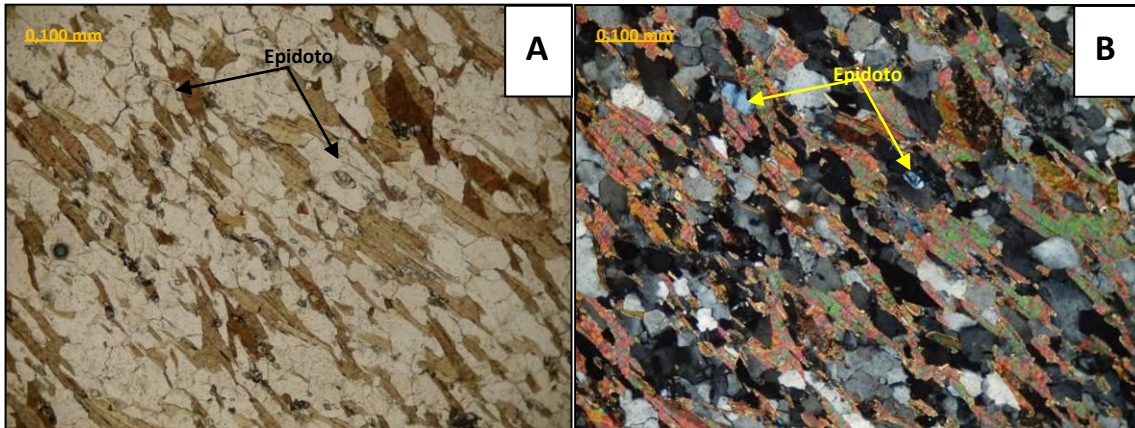


Fig. 70. Fotomicrografías QSC-03: Vista general de la sección. Cristales subhedrales de Epidoto.  
(A) N// (B) NX.

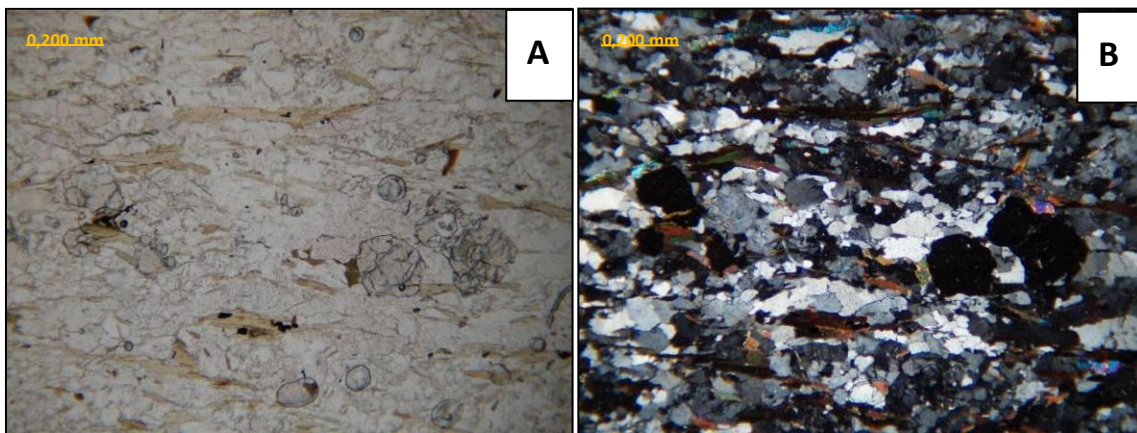


Fig. 71. Fotomicrografías QSC-05: Vista general de la sección. Granates subhedrales. (A) N// (B) NX.

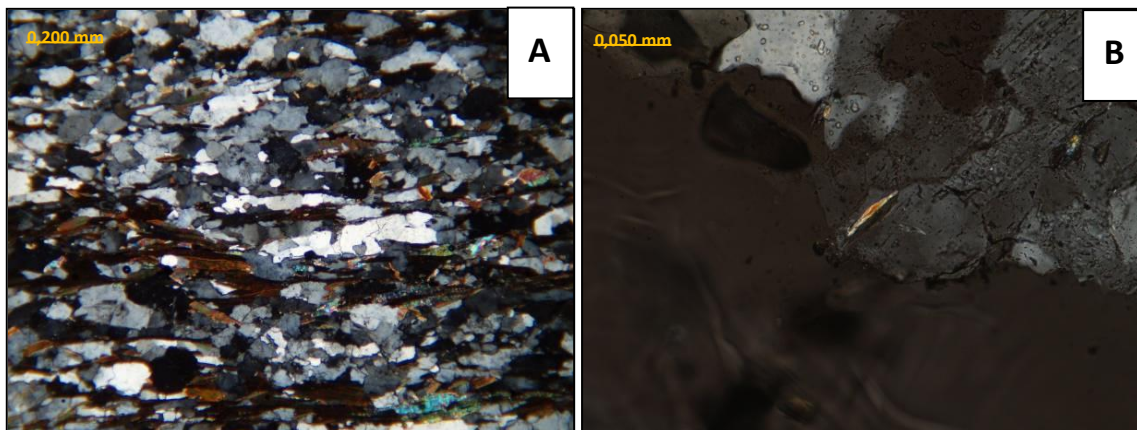


Fig. 72. Fotomicrografías QSC-04: (A) Vista general de la sección NX. (B) Cristales de sillimanita. NX.



## Metaconglomerado

**Ubicación:** Quebradas El Indio.

**Características generales:** Roca de color gris claro y crema con algunas bandas negras muy finas, fresco y de grano muy grueso. Presenta una marcada textura augengnéisica en donde los augen constituyen el mayor porcentaje de la roca, dándole un aspecto similar al de un racimo de uvas (Fig. 73). Los augen son de cuarzo y tienen un diámetro promedio de 6mm. Algunos son elipsoidales y pseudo tabulares y miden hasta 2 cm de largo por 0,5 cm de ancho. No presenta reacción al HCl.

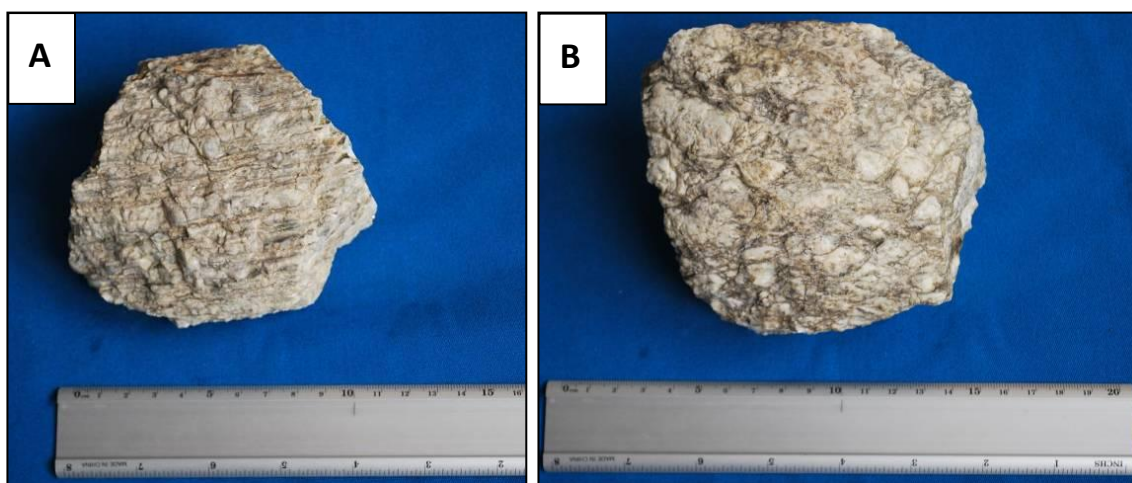


Fig. 73. Muestras de mano: (A) QIN-08 y (B) QIN-09.

**Características petrográficas:** Roca compuesta por escasos porfidoblastos de feldespato levemente sericitizados (Fig. 74-A) en una matriz bandeada de micas, cuarzo policristalino y feldespatos. La foliación es moderada. Se observan textura pertítica y mirmequítica (Fig. 74-B). Los porfidoblastos de feldespato alcalino tienen inclusiones de plagioclasa. La mineralogía está resumida en la tabla 26 y el nombre petrográfico en la tabla 27.

Tabla 26. Composición mineralógica del metaconglomerado.

Muestra	Qzt	Kfs	Pl	Bt	Chl	Ms	Mag	Ttn	Zrn	Ap
QIN-08	50	25	10	3	<1	12	<1	<1	<1	<1

Tabla 27. Nombre de las muestras del metaconglomerado.

Muestra	Nombre petrográfico	Nombre Protolítico
QIN-08	Augengneis cuarzo feldespático	Meta Conglomerado arcósico

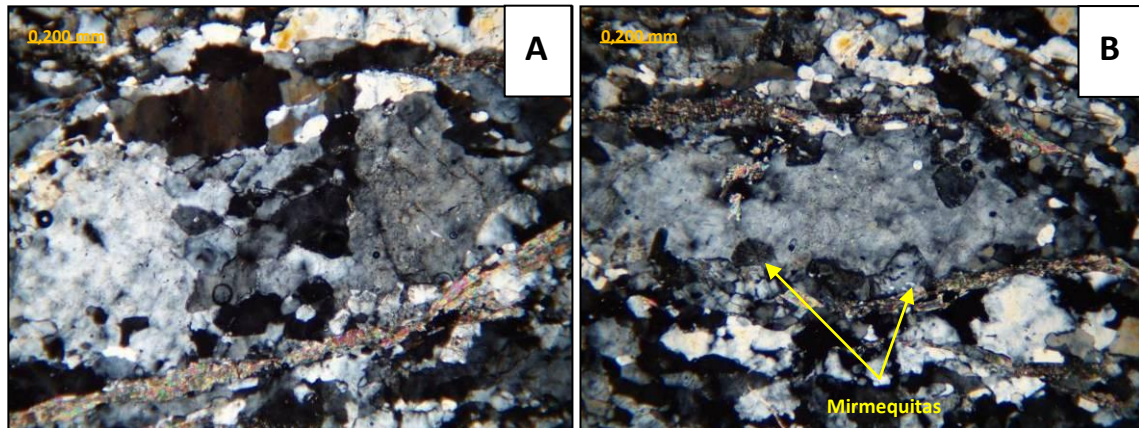


Fig. 74. Fotomicrograffías QIN-08: (A) Vista general de la sección. Porfidoblasto de feldespato potásico. NX. (B) Vista general de la sección. Porfidoblasto de feldespato potásico con textura mirmequítica en los bordes. NX.

### 3.2.3. Unidad de esquistos, anfibolitas y pegmatitas. (Ueap)

#### 3.2.3.1. Extensión

Aflora en un pequeño cerro al norte del pueblo de Farriar, en la carretera que conecta Farriar con Charípano. Abarca un área de 4,5 Km<sup>2</sup> aproximadamente, lo que corresponde al 1,5% del área de estudio(Ver anexo 7.4).

#### 3.2.3.2. Contactos

Esta unidad está en contacto con la unidad de gneises porfidoblásticos, esquistos y milonitas (Ugem) por medio de una falla de ángulo alto que pasa al pie de la serranía con un rumbo aproximado de N 51° E. El contacto con los sedimentos cuaternarios es una inconformidad.

#### 3.2.3.3. Tipos litológicos

Esta unidad se subdivide en varios tipos litológicos, basándose en las características similares observadas en los afloramientos (ver anexo 7.1), las muestras de mano y la petrografía de secciones finas (ver anexos 7.2, 7.3 y 7.4). El criterio para definir esta unidad fue geográfico ya que todos los tipos litológicos están en un área limitada. (Tabla 28).

Tabla 28. Tipos litológicos de Ueap.

<i>Tipo litológico</i>	<i>Muestra con sección fina</i>
Esquisto cuarzo biotítico	CT-02
Esquisto anfibolítico. Anfibolita	CT-01
Pegmatita turmanilífera	CT-03

### Anfibolita. Esquisto Anfibolítico

**Ubicación:** Cantera de Farriar.

**Características generales:** Aparece en forma de lentes y cuerpos pseudo tabulares en el esquisto cuarzo micáceo. Está fresca, es heterogénea y de color verde oscuro y crema. Presenta una textura gnéisica fina y grano medio fino. Mineralógicamente está compuesta de clorita, anfíbol, moscovita y feldespato. No presenta reacción al HCl.

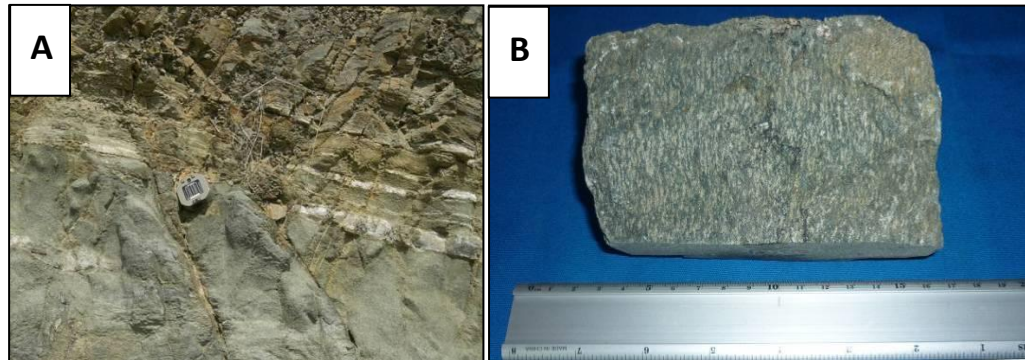


Fig. 75. (A) Lente de anfibolita (más masiva) en esquisto con vetas concordantes de cuarzo. (B) Muestra CT-02.

**Características petrográficas:** Roca no foliada (Fig. 76-B), aunque en muestra de mano se ve una textura esquistosa fina, compuesta por cristales anhedrales de actinolita (Fig. 76-A), epidoto y plagioclasa con textura poiquilítica. Presenta cristales subhedrales de titanita (Fig. 77). La mineralogía está resumida en la tabla 29 y el nombre petrográfico en la tabla 30.

Tabla 29. Composición mineralógica de la anfibolita.

Muestra	Act	Ep	Pl	Chl	Ms	Qtz	Ttn	Zr
CT-01	48	20	15	10	4	3	<1	<1

Tabla 30. Nombre de las muestras de la anfibolita.

Muestra	Nombre petrográfico	Nombre Protolítico
CT-02	Anfibolita epidótica feldespática Esquisto anfibolítico	Meta toba basáltica

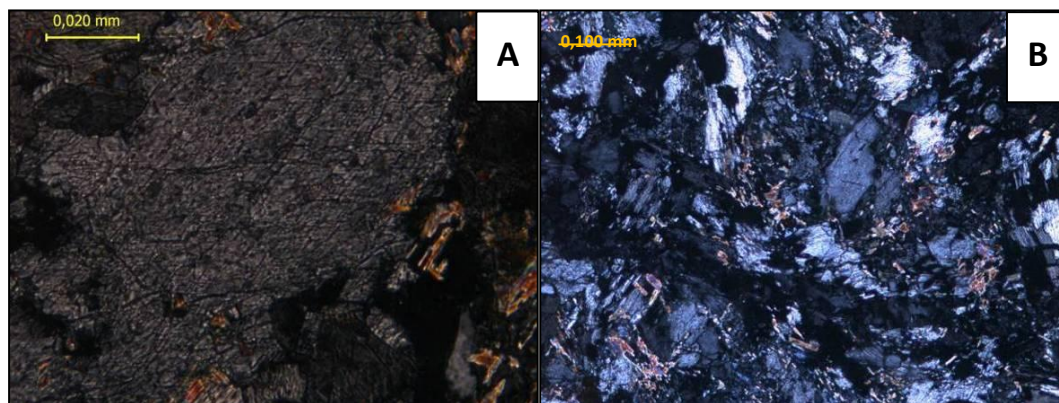


Fig. 76. Fotomicrografía CT-02: (A) Cristal basal de actinolita exhibiendo clivaje prismático rómbico. NX. (B) Vista general de la sección. NX.



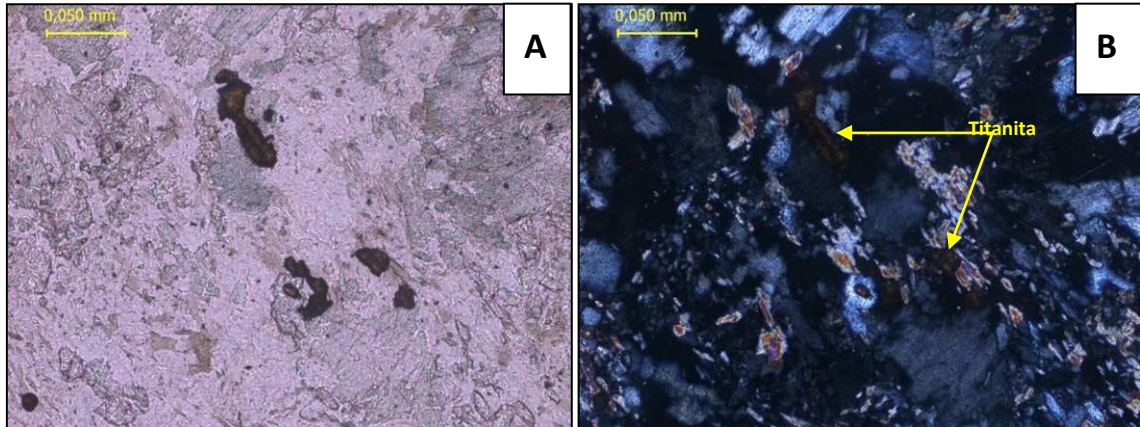


Fig. 77. Fotomicrografía CT-02: Cristales subhrrdres de titanita. (A) N//. (B) NX.

### Esquisto cuarzo biotítico

**Ubicación:** Cantera de Farriar (Fig. 78).

**Características generales:** La roca es de color gris verdoso que meteoriza a pardo verdoso y ocre. Presente meteorización leve a media, con áreas cubiertas por oxido. También se observan vetillas de cuarzo paralelas a la foliación y abundantes micas. No tiene reacción al HCl (Fig. 79). Junto al esquisto anfibolítico es roca caja de un gran cuerpo pegmatítico compuesto por cuarzo, feldespato, moscovita y turmalina.

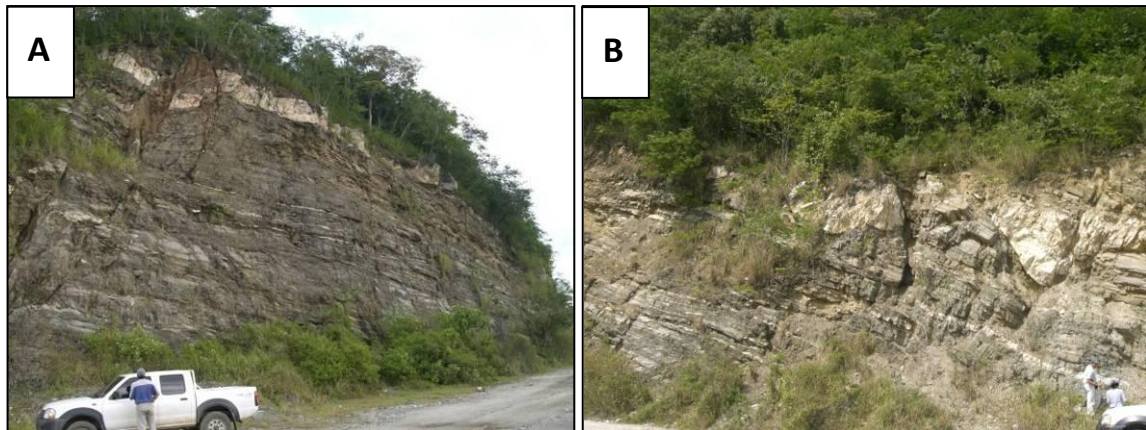


Fig. 78. (A) Talud de esquisto cuarzo biotítico. Se observan una veta concordante de pegmatita de 1 m de espesor en lo más alto del afloramiento. (B) Fallas y fracturas de reajuste en el talud del esquisto cuarzo biotítico, se observan varias vetas de pegmatita desplazadas.

**Características petrográficas:** Roca inequigranular, medianamente foliada, formada por bandas de cuarzo policristalino alternando con bandas de micas, cuarzo microcristalino, feldespatos y opacos (Fig. 80). Dentro de las bandas de cuarzo policristalino se pueden observar cristales de feldespato que son envueltos cuarzo microcristalino sin llegar a formar una textura augengnésica (Fig. 81). Se observan cristales subredondeados de plagioclasa maclada con pequeñas inclusiones. La mineralogía está resumida en la tabla 31 y el nombre petrográfico en la tabla 32.





Fig. 79. Muestras de mano CT-01

Tabla 31. Composición mineralógica del esquistu cuarzo biotítico.

Muestra	Qtz	Bt	Ms	Mag	Pl	Ap
CT-01	70	15	5	5	5	<1

Tabla 32. Nombre de las muestras del esquistu cuarzo micáceo.

Muestra	Nombre petrográfico	Nombre Protolítico
CT-01	Esquistu cuarzo biotítico	Meta grauvaca

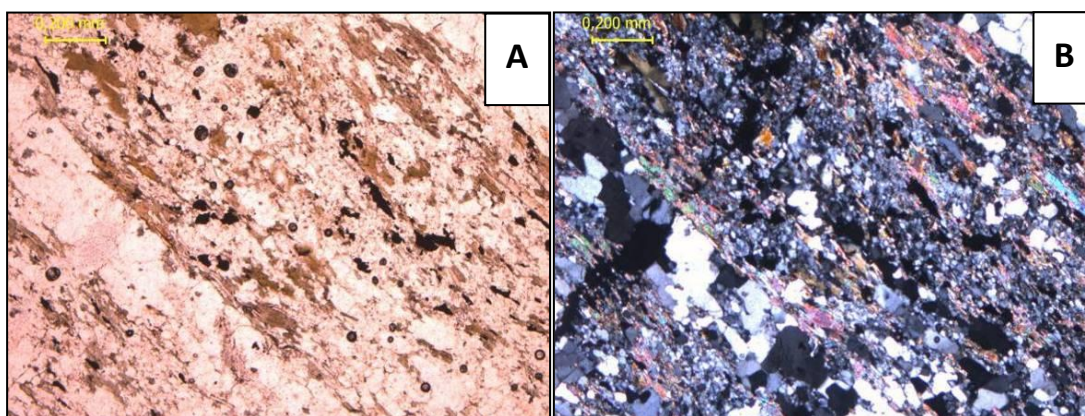


Fig. 80. Fotomicrografías CT-01: Vista general de la sección. (A) N//. (B) NX.

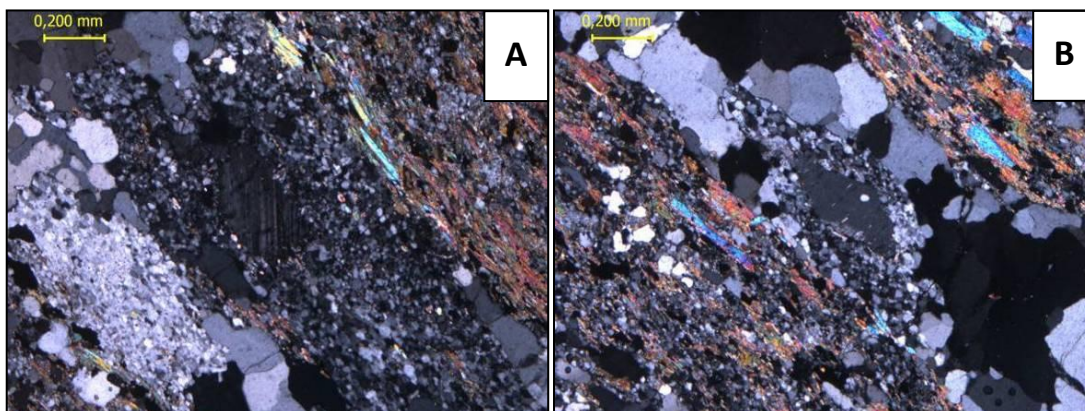


Fig. 81. Fotomicrografías CT-01: (A) Cristal de plagioclasa en banda de cuarzo microcristalino NX. (B) Cristal de feldespato potásico bordeado de cuarzo microcristalino en banda de cuarzo policristalino NX.

### Pegmatita Turmanilífera

**Ubicación:** Cantera de Farriar (Fig. 82)

**Características generales:** Está en forma cuerpos tabulares y masivos de diversos tamaño, concordantes y discordantes dentro del esquistos cuarzo biotítico. Es de color gris pálido y crema con cristales negros de gran tamaño (Fig. 84). La mineralogía, identificable a simple vista, es de cuarzo, feldespatos, moscovita, granate (Fig. 83-B) y megacristales subhedrales a euhedrales de turmalina fracturados (Fig. 83-A). Se observan acumulaciones de moscovita que alcanzan un área de hasta 250 cm<sup>2</sup>. La roca está fresca y sólo presenta áreas cubiertas por óxido de hierro. No tiene reacción al HCl. Por difracción de rayos X se determinó que el granate es del tipo espesartita  $Mn_3Al_2(SiO_4)_3$  (anexo 7.3). Esta roca fue datada usando el método Ar/Ar en moscovita dando una edad de  $\pm 26$  Ma, correspondiente al Oligoceno tardío y que posiblemente indica la última recrystalización (BAQUERO 2010).

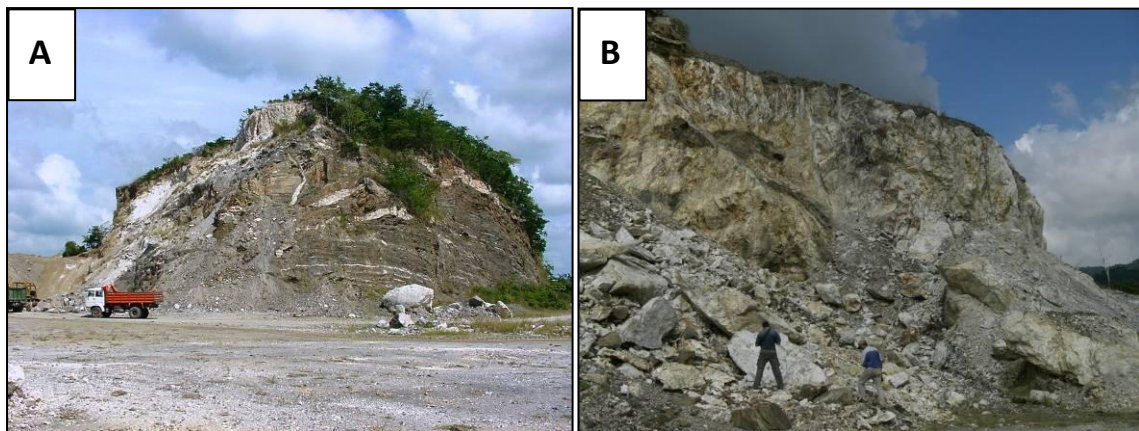


Fig. 82. (A) Cuerpos de pegmatita en el esquistos cuarzo biotítico. Cantera en Farriar. (B) Cuerpo masivo de pegmatita de gran tamaño en el área de explotación de la cantera.

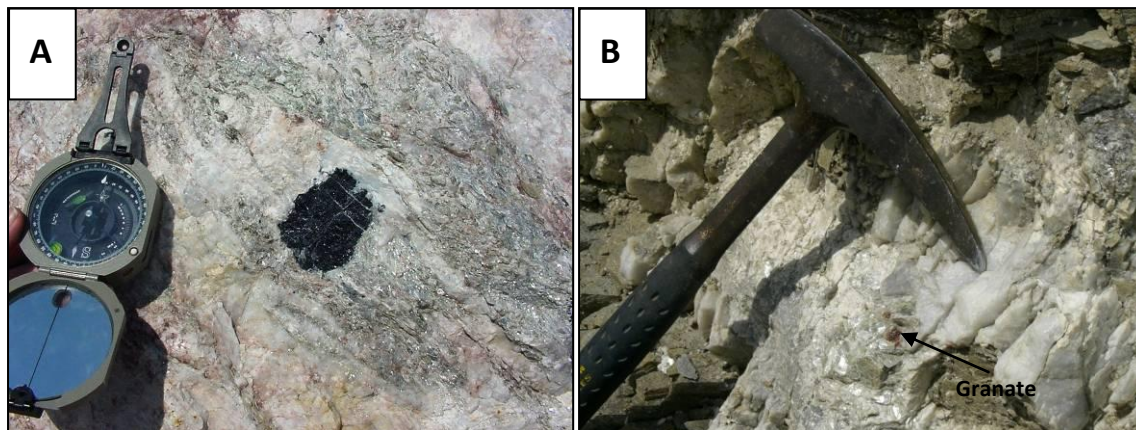


Fig. 83. (A) Cristal subhedral de turmalina y acumulación de moscovita en la pegmatita. (A) Veta de pegmatita en esquistos cuarzo micáceo. Se observa un pequeño cristal de granate cerca de la moscovita.



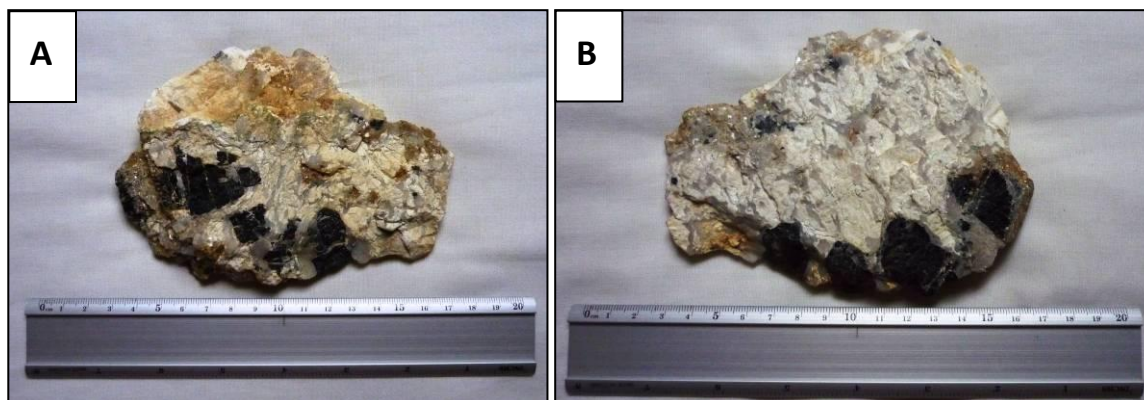


Fig. 84. (A) y (B) Muestra de mano CT-03. Se observan los megacristales subhedrales de turmalina y áreas de la muestra cubiertas de óxido.

### 3.2.4. Unidad de esquistos, mármoles y anfibolitas (Uema)

#### 3.2.4.1. Extensión

Esta unidad aflora en la parte centro-oriental de la serranía de Aroa, al oeste del valle de río Crucito. Es la litología predominante de la serranía y en la zona de estudio abarca un área de 117 Km<sup>2</sup> aproximadamente, lo que corresponde al 38% de la misma.

#### 3.2.4.2. Contactos

Los contactos con la unidad de gneis porfidoblástico, esquistos y milonitas (Ugem) son de falla de ángulo alto. El primero tiene un rumbo aproximado de N 24° E y pasa por valle del río Crucito, el otro pasa por el flanco sur de la serranía con un rumbo aproximado de N 51° E. El contacto con los sedimentos cuaternarios es una inconformidad.

#### 3.2.4.3. Tipos litológicos

Esta unidad se subdivide en varios tipos litológicos, basándose en las características similares observadas en los afloramientos (ver anexo 7.1), las muestras de mano y la petrografía de secciones finas (ver anexos 7.2, 7.3 y 7.4). El criterio para definir esta unidad fue geográfico ya que todos los tipos litológicos están en un área limitada (Tabla 33).

Tabla 33. Tipos litológicos de Uema

<i>Tipo litológico</i>	<i>Muestra con sección fina</i>
Esquistos cuarzosos, cuarcita y metarenisca	RT-01; QZA01
Mármol grafitoso	QPA-01, QPY-01, QPY-02, QPA-06
Esquistos carbonáticos grafitosos	RT-04
Anfibolita y esquistos anfibolíticos	QPY-03, QPY-04, QPY-05, RT-02, RT-03, RT-07, QPA-02, QPA-03, QPA-04, QPA-05, QZA-02, QZA-03, QZA-04, QBF-01, QGUA-02, RT-05
Tufa	RT-06, RT-08



### Esquisto cuarzoso y cuarcita

**Ubicación:** Río Tesorero (Fig. 85) y Quebrada el Zamuro (Fig. 86), ambas en el flanco norte del a serranía.

**Características generales:** Rocas de color gris oscuro que meteoriza a ocre y gris verdoso, levemente meteorizada, de grano fino y foliación tipo esquistosa, muy marcada en las muestras del río Tesorero y casi imperceptible en las de la quebrada Zamuro. La cuarcita no reacciona al HCl, el esquisto presenta una reacción leve. Las caras de las diaclasas están cubiertas con una capa fina de óxido.

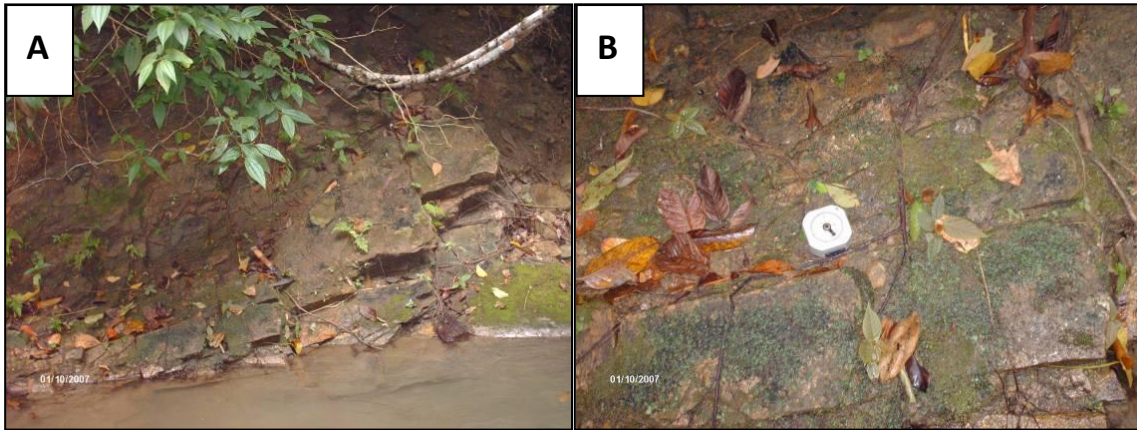


Fig. 85. (A) Afloramiento de esquisto cuarzo micáceo en el río Tesorero. (B) Detalle de las familias de diaclasas.



Fig. 86. (A) y (B) Afloramientos de cuarcita en la quebrada el Zamuro.

**Características petrográficas:** Roca medianamente equigranular, formada por una intercalación de bandas de cuarzo policristalino y micas y algunos fenoblastos de granate de origen pre tectónico. La muestra RT-01 presenta una foliación muy marcada, la muestra QZA-01 está levemente foliada. Los granates, esqueletales y alterados, forman textura augengneisica y están asociados opacos y clorita como producto de alteración (Fig. 87). Hay cristales no maclados de plagioclasa con textura poiquilítica (Fig. 88-A). Algunas cristales de titanita son esqueletales y conservan su forma euédrica (Fig. 88-B). La mineralogía está resumida en la tabla 34 y el nombre petrográfico en la tabla 35.

Tabla 34. Composición mineralógica del esquistos cuarzoso.

<i>Muestra</i>	<i>Qtz</i>	<i>Pl</i>	<i>Chl</i>	<i>Ms</i>	<i>*Opacos</i>	<i>Cal</i>	<i>Ttn</i>	<i>Gr</i>	<i>Ep</i>	<i>Grt</i>	<i>Zrn</i>	<i>Tur</i>
<i>RT-01</i>	40	5	20	15	7	5	3	3	2	<1	0	0
<i>QZA-01</i>	60	30	3	5	2	0	<1	0	<1	<1	<1	<1
<i>Promedio</i>	50	17,5	11,5	10	4,5	2,5	1,5	1,5	1	0	0	0
<i>Máximo</i>	60	30	20	15	7	5	3	3	2	<1	<1	<1
<i>Mínimo</i>	40	5	3	5	2	0	<1	0	<1	<1	0	0

\*Magnetita, Hematita

Tabla 35. Nombre de las muestras del esquistos cuarzoso.

<i>Muestra</i>	<i>Nombre petrográfico</i>	<i>Nombre protolítico</i>
RT-01	Esquistos cuarzo micáceo	Meta psamita micácea
QZA-01	Cuarcita feldespática	Meta arcosa

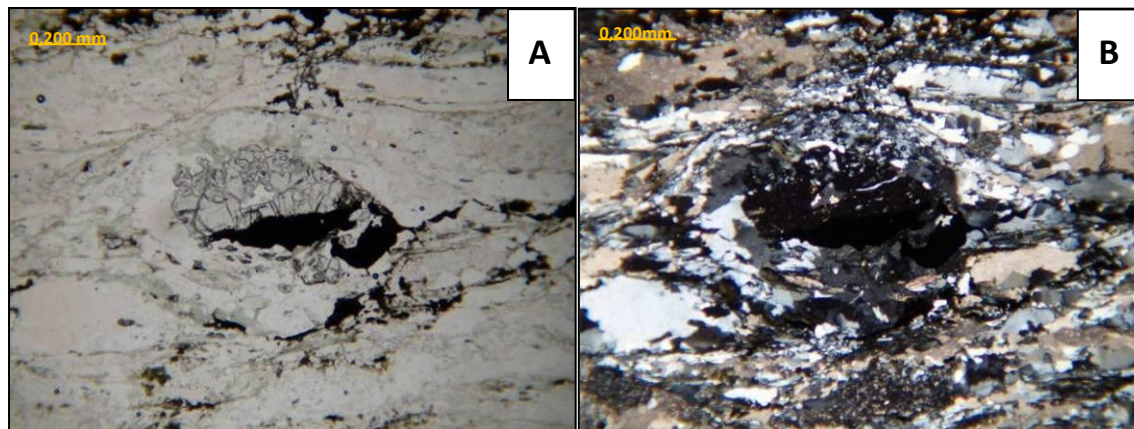


Fig. 87. Fotomicrografía RT-01: Cristal pre tectónico de Granate esqueletal asociado a hematita. (A) N//. (B) NX.

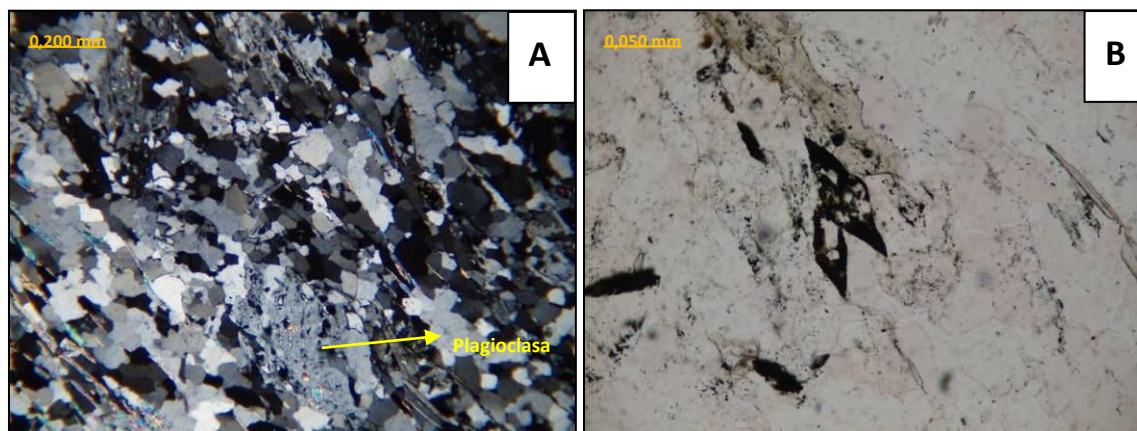


Fig. 88. Fotomicrografía QZA-01: (A) Plagioclasa poiquilítica NX. (B) Titanita esqueletal N//.



### Mármol grafitoso

**Ubicación:** Quebradas el Playón (Fig. 89-B), Parra y en el río Tesorero (Fig. 89-A).

**Características generales:** Rocas de grano medio y aspecto cristalino, color gris violáceo muy oscuro que meteoriza a grises de tonos más claros, verde grisáceo y pardo verdoso. Están entre muy leve y medianamente meteorizadas, presentan marcas de disolución y abundantes vetillas de calcita y óxido de hierro (Fig. 90).

Por difracción de rayos X se determinó que la composición mineralógica consta de: calcita, dolomita, moscovita, clorita y cuarzo (ver anexo 7.3).



Fig. 89. (A) Afloramiento de mármol en el lecho del río Tesorero. (B) Afloramiento de mármol medianamente meteorizado en la quebrada el Playón.

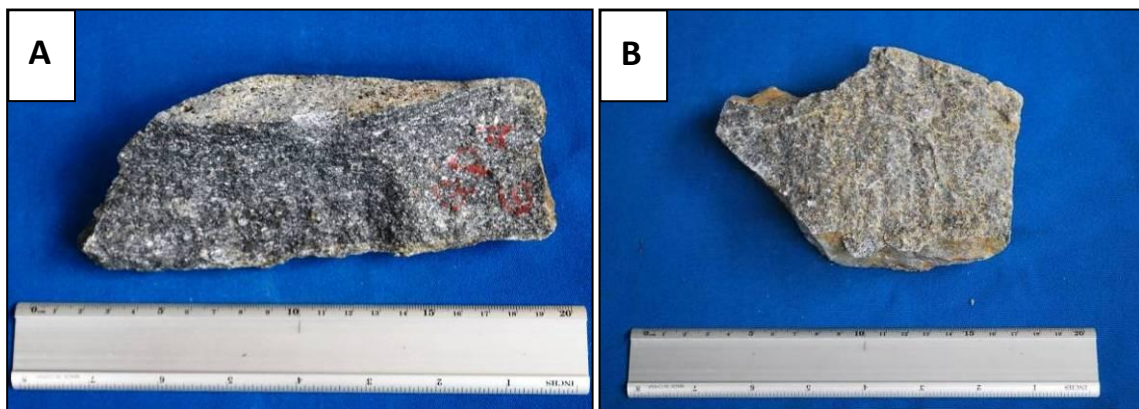


Fig. 90. Muestras de mano: (A) QPA-06. (B) QPY-01.

**Características petrográficas:** Roca medianamente equigranular compuesta casi en su totalidad por carbonatos y en menor proporción grafito, cuarzo, opacos (pirita y magnetita) y micas (Fig. 91). La mineralogía está resumida en la tabla 36 y el nombre petrográfico en la tabla 37.

Tabla 36. Composición mineralógica del mármol grafitoso.

Muestra	Cal	Gr	Ms	Qtz	Py	Mag
QPA-01	90	4	1	2	1	2



Tabla 37. Nombre de las muestras del mármol grafitoso.

Muestra	Nombre petrográfico
QPA-01	Mármol Grafitoso

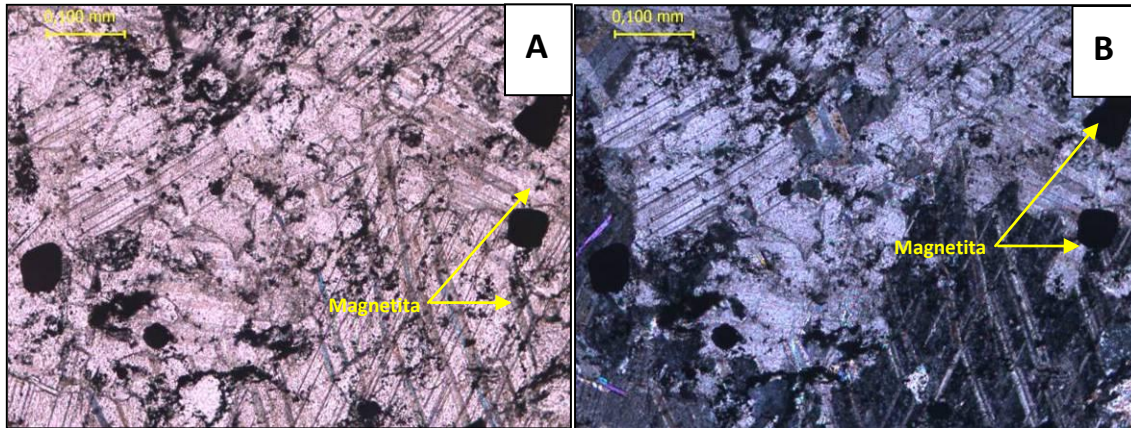


Fig. 91. Fotomicrografía QPA-01: Vista general de la sección. Calcita exhibiendo clivaje romboédrico, escamas de grafito y cristales subhedrales de magnetita. (A) N//. (B) NX.

### Esquisto grafitoso

**Ubicación:** Río Tesorero (Fig. 92-A), Quebradas Agua Colorada (Fig. 92-B) y Zamuro.

**Características generales:** Rocas de color negro grisáceo metálico que pasa a gris satinado y pardo ocre (Fig. 93). Están bastante meteorizadas y son de grano medio. Presentan textura esquistosa y foliación fuerte. Su composición mayoritaria es identificable a simple vista: grafito, micas claras y óxidos de hierro. En la muestra RT-04 se observan abundantes vetas de calcita y oxido y tiene una fuerte reacción al HCl. La muestra QGUA-01 presenta vetillas de cuarzo y es más micácea y no presenta reacción al HCl.



Fig. 92. (A) Afloramiento de Esquisto calcáreo micáceo grafitoso en el río Tesorero. (B) Afloramiento de esquisto micáceo grafitoso en la quebrada Agua Colorada.



Fig. 93. Muestras de mano: (A) QGUA-01. (B) RT-04.

**Características petrográficas:** Roca inequigranular de textura esquistosa compuesta de porfidoblastos anhedrales de cuarzo y plagioclasa en una matriz de carbonato, micas y cuarzo microcristalino (Fig. 96). El grafito presenta textura de crenulación (Fig. 95). Los porfidoblastos de plagioclasa están repletos de inclusiones. La clorita aparece formando cúmulos junto a otras micas, y en ellos se pueden observar cristales de titanita en forma de agregados granulares (Fig. 94). La mineralogía está resumida en la tabla 38 y el nombre petrográfico en la tabla 39.

Tabla 38. Composición mineralógica del esquistoso grafitoso.

Muestra	Qzt	Ms	Cal	Gr	Ttn	Hem	Ep	Chl	Ser*	Pl
RT-01	20	15	35	8	<1	3	<1	2	4	8

\*Producto de alteración de plagioclasa

Tabla 39. Nombre de la muestra del esquistoso grafitoso.

Muestra	Nombre petrográfico	Nombre Protolítico
RT-04	Esquistoso carbonático cuarzo micáceo grafitoso albitico	Meta pelita carbonática grafitosa – Marga grafitosa

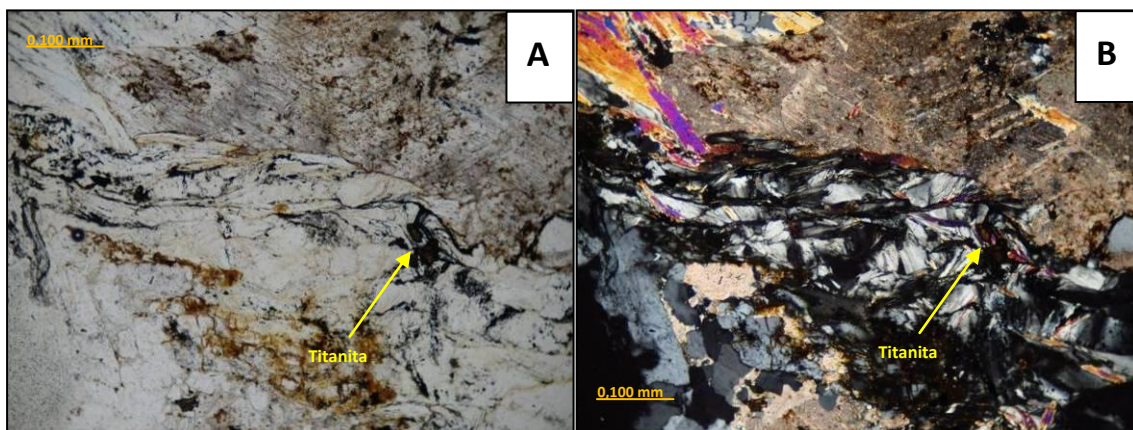


Fig. 94. Fotomicrografía RT-04: Cúmulo de clorita y otras micas entrelazadas. Se observan unos cristales subhedrales de titanita. (A) N//. (B) NX.



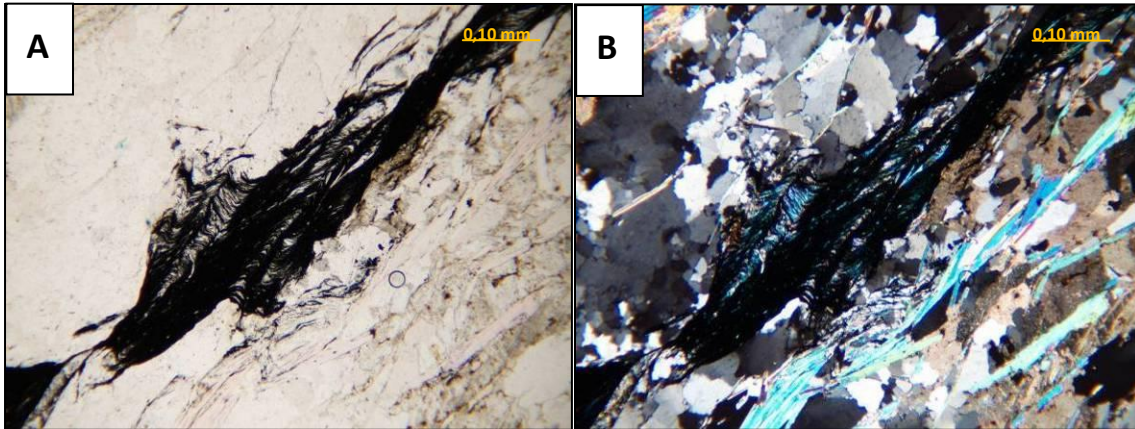


Fig. 95. Fotomicrografía RT-04: Textura de crenulación en grafito. (A) N//. (B) NX.

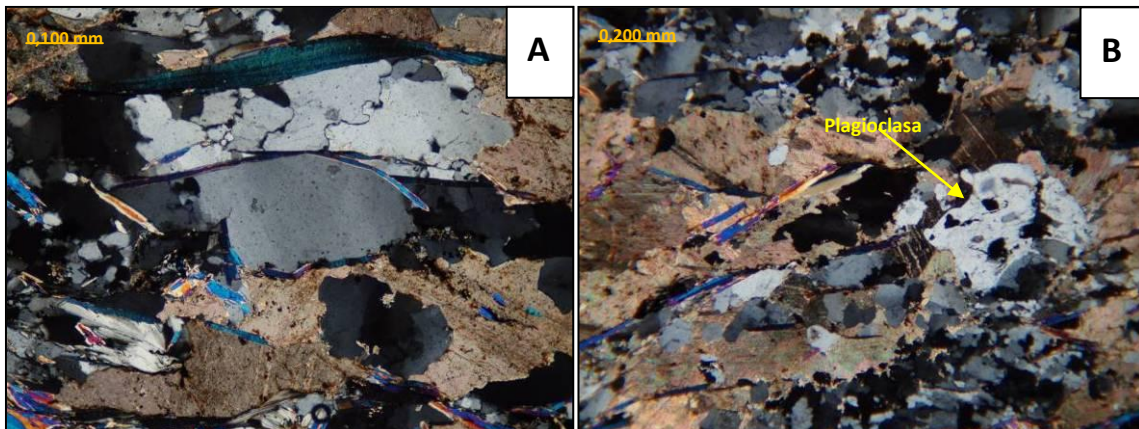


Fig. 96. Fotomicrografía RT-04: (A) Cristal anhedral de cuarzo bordeado por moscovita NX. (B) Textura poiquilítica en plagioclase NX.

### Anfibolita y esquistos anfibolíticos

**Ubicación:** Este tipo litológico es el de mayor ocurrencia en la zona. Aflora en las quebradas el Playón, Parra, Agua Colorada, Zamuro, Baño Frio y en el río Tesorero

**Características generales:** Se caracteriza por su color verde, producto de minerales como actinolita, epidoto y clorita. Dependiendo de su foliación se distinguen dos tipos de rocas: el esquistos anfibolítico (Fig. 97) y la anfibolita (Fig. 99).

El esquistos anfibolítico es equigranular, de tamaño de grano va de medio a fino, color verde grisáceo de distintos tonos que pasa a pardo verdoso claro, verde manzana, gris metalizado y ocre. Presenta un nivel de meteorización entre muy bajo y medio; y textura esquistosa de leve a media. Se observan vetas de calcita, cuarzo, hematita y pequeños cristales de pirita que miden menos de 1 mm. Algunas muestras tienen aspecto moteado debido a pequeños cristales de feldespato en una matriz de minerales verdosos. Las caras de algunas muestras están cubiertas de óxido. Mineralógicamente se distinguen actinolita, moscovita, clorita, hematita, cuarzo, calcita en forma de vetas, feldespato y pirita. No presenta reacción al HCl, salvo las vetas de calcita (Fig. 98).





Fig. 97. (A) Esquisto anfibolítico epidótico en la quebrada Parra. (B) Afloramiento de esquisto anfibolítico epidótico cuarzoso en la quebrada el Playón.

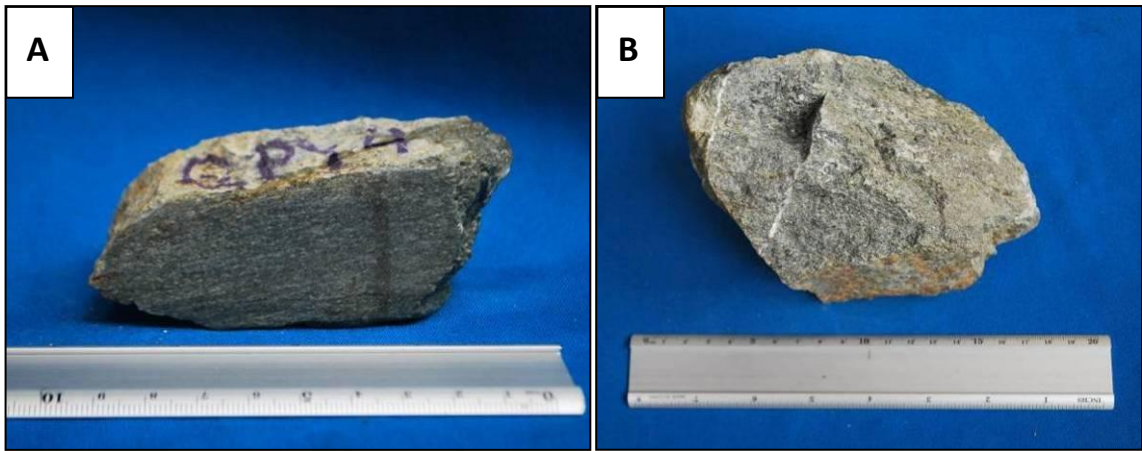


Fig. 98. Muestras de mano: (A) QPY-04. (B) QPA-03.

La anfibolita es de distintos tonos de verde, desde verde manzana a verde negruzco. Está levemente meteorizada, pasando a pardo verdoso. Es de grano fino, no foliada y sin reacción al HCl. En algunas muestras se observan pequeños cristales de pirita, feldespato y granate y algunas caras cubiertas de óxido de hierro (Fig. 100).



Fig. 99. Afloramiento de anfibolita epidótica en la quebrada el Zamuro (A) y en el río Tesorero (B).



Fig. 100. Muestras de mano: (A) QZA-02. (B) QGUA-02.

### Características petrográficas:

Esquisto: Roca medianamente equigranular, de foliación esquistosa leve dada por cristales tabulares de actinolita. Presenta porfidoblastos de plagioclasas sin maclas con textura poiquilitica y helicítica. Los opacos, piritita en su mayoría, están corroídos (Fig. 101). La clorita es del tipo proclorita. Forma agregados fibrosos entre las bandas de actinolita. Algunos cristales de actinolita exhiben el clivaje romboédrico característico del mineral (Fig. 102).

Anfibolita: Roca equigranular, granoblástica, no foliada compuesta de actinolita y epidoto mayoritariamente (Fig. 103). La plagioclasa tiene textura poiquilitica y forma cristales ligeramente más grandes que el resto. La muestra QZA-04 presenta cristales subhedrales de granate medianamente alterados (Fig. 104). Hay dos tipos de cloritas presentes, pennita como producto de alteración del granate y posible proclorita. La mineralogía está resumida en la tabla 40 y el nombre petrográfico en la tabla 41.

Tabla 40. Composición mineralógica del esquisto cuarzoso.

Muestra	Act	Ep	Pl	Chl	Cal	Qtz	Ttn	Zrn	Ap	stp	*Opacos	Ms	Grt
RT-03	15	70	5	3	0	2	<1	0	0	<1	2	3	0
QPY-04	30	25	20	10	7	5	<1	<1	<1	0	3	0	0
QPA-02	48	30	15	6	0	0	<1	<1	0	1	<1	0	0
QZA-04	35	30	8	10	<1	5	<1	<1	0	0	<1	0	12
QGUA-02	35	40	10	8	0	2	2	0	0	<1	3	0	<1
Promedio	32,5	39	11,6	7,4	1,4	2,8	0,4	0	0	0,2	1,6	0,6	2,4
Máximo	40	70	20	10	7	5	2	<1	<1	1	3	3	12
Mínimo	15	25	5	3	0	0	<1	0	0	0	<1	0	0

\*Magnetita, Hematita, Ilmenita, Leucoxeno, Piritita



Tabla 41. Nombre de las muestras del esquito anfibolítico.

Muestra	Nombre petrográfico	Nombre Protolítico
RT-03	Epidocita anfibólica	Metabasalto
QPY-04	Esquisto anfibolítico epidótico feldespático	Metabasalto
QPA-02	Esquisto anfibolítico epidótico feldespático	Metabasalto
QZA-04	Anfibolita epidótica granatífera	Metabasalto
QGUA-02	Epidocita anfibólica	Metabasalto

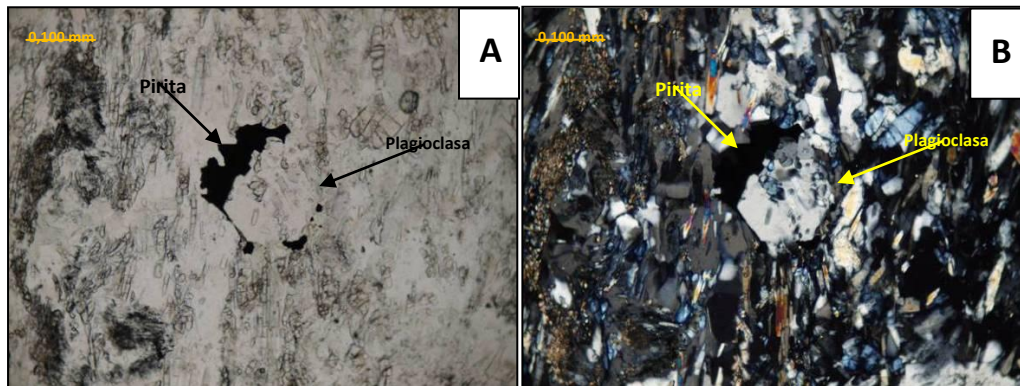


Fig. 101. Fotomicrografía QPY-04: Cristal euhedral de plagioclasa bordeado por pirita corroída y con textura poiquilítica. (A) N//. (B) NX.

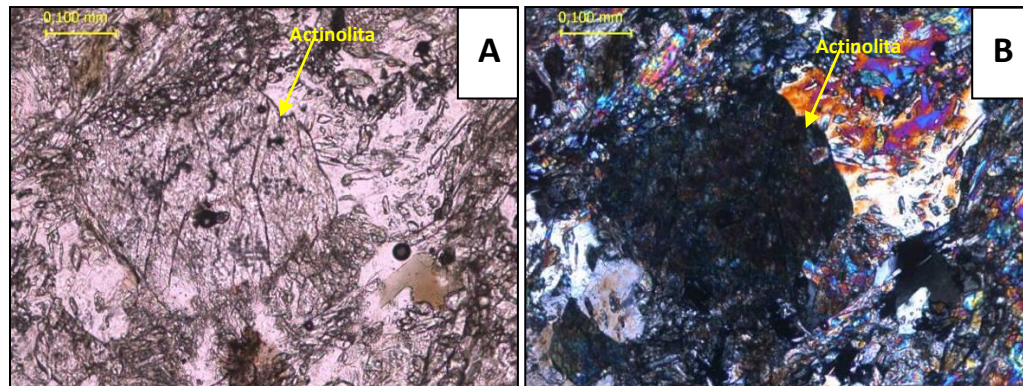


Fig. 102. Fotomicrografía QPA-02: Cristal de actinolita en sección basal exhibiendo un clivaje prismático rómbico. (A) N//. (B) NX.

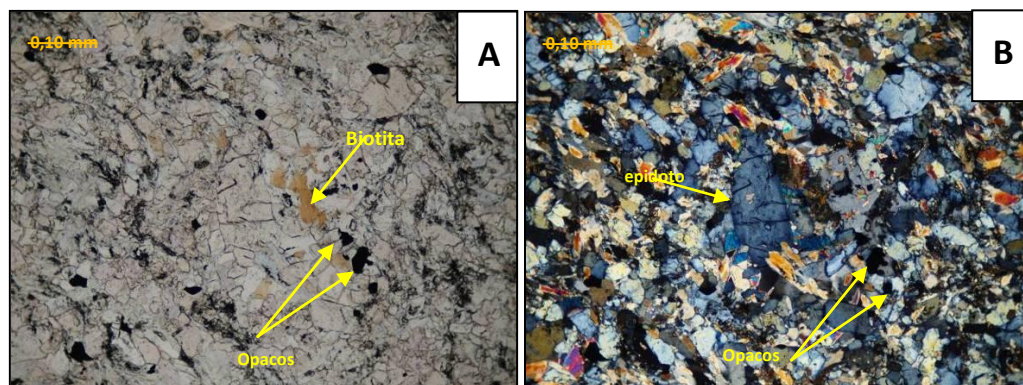


Fig. 103. RT-03: Vista general. Cristales de epidoto, biotita y opacos. (A) N//. (B) NX.



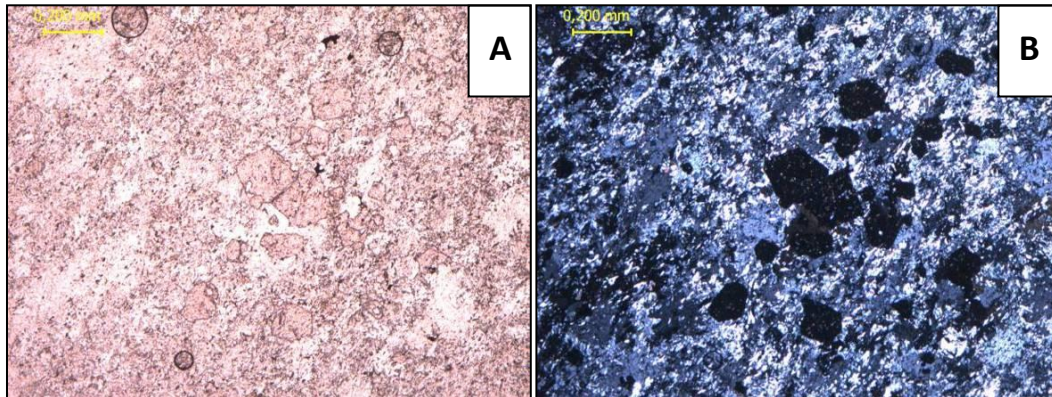


Fig. 104. QZA-04: Vista General de la Sección. Cristales euhedrales de granate. (A) N//. (B) NX.

### Tufa

**Ubicación:** Río Tesorero

**Características generales:** Son rocas poco densas, carbonáticas, de color blanco marfil. Se recogieron dos muestras que difieren notablemente, una formaba parte de una estalactita, es blanca, poco densa de aspecto terroso, mate y su forma asemeja a un racimo de uvas. La otra formaba parte de un manantial sobre el mármol, es cristalina, de color marfil y de mayor densidad, además en su interior conserva el molde de una hoja. A lo largo del río Tesorero en los extensos afloramientos de mármol se consiguen abundantes tufas de ambos tipos.

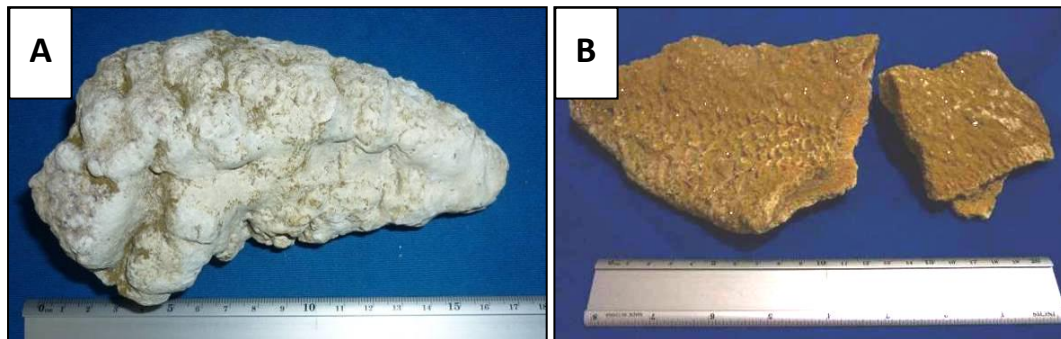


Fig. 105. Muestras de manos: (A) RT-06. (B) RT-08.



Fig. 106. (A) Afloramiento de mármol en el margen izquierdo del río Tesorero. (B) Entrada a unas cuevas, al parecer, de poca extensión cuyas paredes están cubiertas por tufa.

### 3.2.5. Unidad de Caliza Fosilífera (Ucf)

#### 3.2.5.1. Extensión

Esta unidad aflora al norte de la serranía de Aroa, en el lecho de la quebrada Aguas Calientes, en el sector las lajas. En campo no se pudo determinar con exactitud la extensión de la misma, pero al analizar los cambios en la densidad de vegetación vistos en las fotografías aéreas e imágenes satelitales, se pudo determinar que aflora en un área aproximada de 1,5 Km<sup>2</sup>, lo que corresponde al 0,5% del área estudiada (véase fig. 107)

#### 3.2.5.2. Contactos

El contacto con el resto de las unidades es discordante.



Fig. 107. Área aproximada de la unidad de caliza fosilífera en las zonas baja al norte de la serranía de Aroa. Imagen tomada de Google Earth, consultado en agosto del 2010 (derecha). Fotografía aérea 020354 095 (izquierda)

#### 3.2.5.3. Tipos litológicos

Esta unidad tiene un sólo tipo de roca.

#### Caliza fosilífera

Aflora en el lecho de la quebrada Aguas Calientes hasta la naciente de la misma (Fig. 108), en donde brota un pequeño manantial de aguas termales (Fig.109). Es de aspecto homogéneo, levemente porosa, de color gris claro amarillento que meteoriza a gris verdoso de distintas tonalidades y crema. Presenta marcas de disolución y abundantes fragmentos de conchas. Algunas áreas están oxidadas (Fig. 110).





Fig. 108. (A) Afloramiento de caliza fosilífera en la quebrada agua caliente. (B) Detalle del afloramiento.

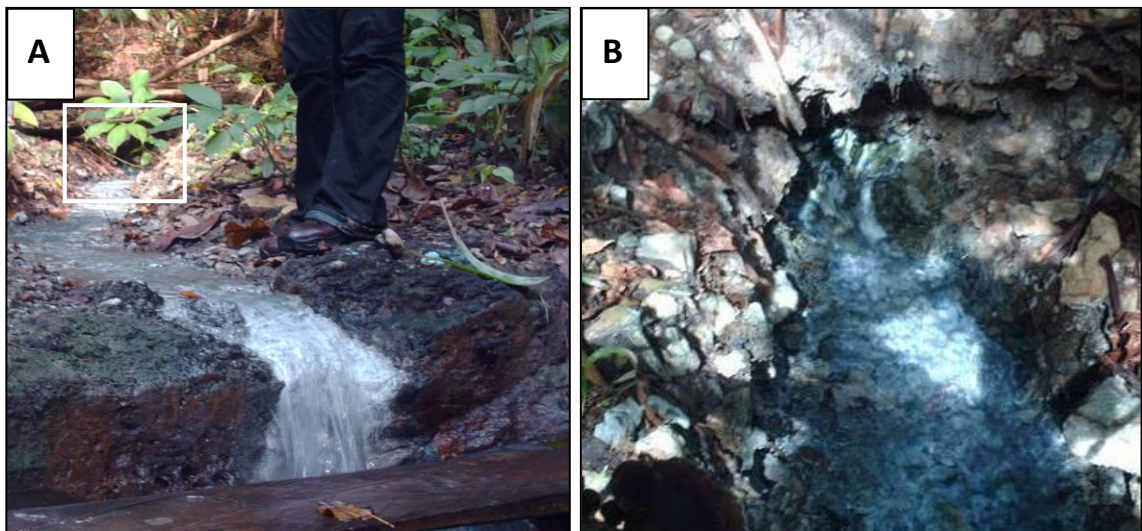


Fig. 109. (A) Brote de aguas termales en la quebrada Aguas Calientes, se observa la fractura en la capa de caliza por donde brota el agua y las algas filamentosas. En blanco el área mostrada en la imagen B. (B) Detalle de la imagen anterior.

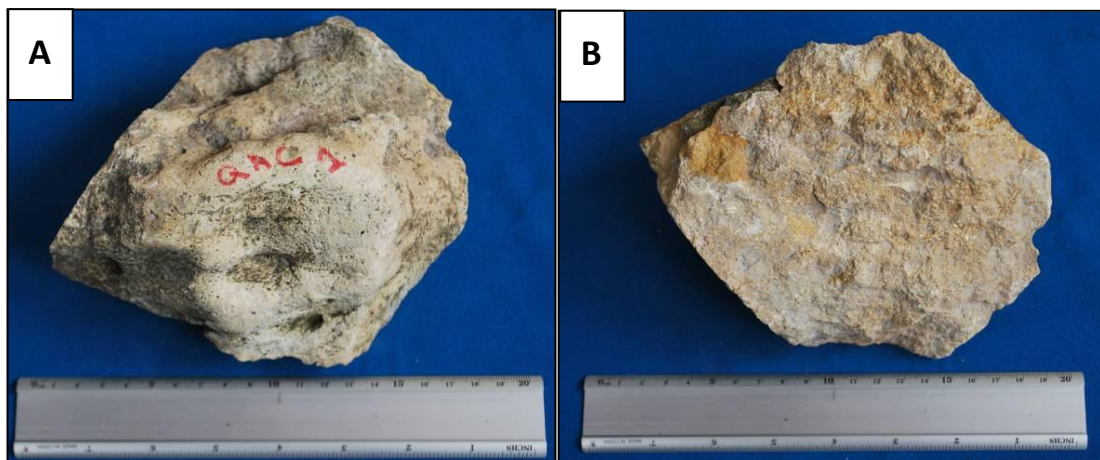


Fig. 110. (A) y (B) Muestra QAC-01.



**Características petrográficas:** Roca compuesta por una abundante fauna de foraminíferos, fragmentos de fósiles y fragmentos de roca (Fig. 111 y Fig. 114-B) embebidos en una matriz micrítica. Se observan envoltorios micríticos en radiolarios y los fragmentos de bivalvos presentan inversión homoaxial. Entre los fósiles presentes se encuentran fragmentos de equinodermos, algas rojas (Fig. 112-B), moluscos y foraminíferos grandes como el *Nummulites* sp. (Fig. 112-A y Fig. 114-A). Este último fue utilizado por el Dr. Max Furrer (Ver JAIMES 2008) para datar la roca la cual arrojó una edad Eoceno?. El ambiente para esta roca según los fósiles encontrados es de aguas someras muy oxigenadas y con muy poca influencia de sedimentos terrestres. La mineralogía está resumida en la tabla 42 y el nombre petrográfico en la tabla 43.

Tabla 42. Composición mineralógica de la caliza fosilífera.

Muestra	Qtz	Espato	Pl	Ms	Kfs	Fragmento de fósiles y foraminíferos	Micrita	Glauconita	Ap
QAC-01	7	10	3	<1	<1	45	35	<1	<1

Tabla 43. Nombre de la muestra de la caliza fosilífera.

Muestra	Nombre petrográfico
QAC-01	Caliza Lodosa

La presencia de fragmentos de moluscos con inversión homoaxial (Fig. 113) y de pellets de glauconita indica una diagénesis temprana. De acuerdo a los sistemas de clasificación de rocas carbonáticas de Dunham y Folk esta roca se clasifica como:

Tabla 44. Clasificación bajo distintos sistemas de clasificación de rocas carbonáticas.

Muestra	Dunham (1962)	Folk (1962)
QAC-01	Wackstone	Biomicrita

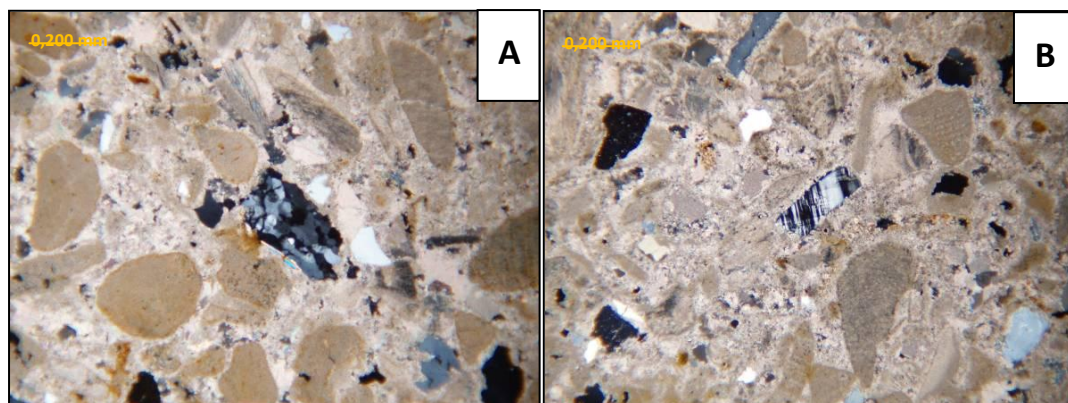


Fig. 111. Fotomicrografía QAC-01: (A) Fragmento de Roca NX. (B) Cristal de Microclino. NX.

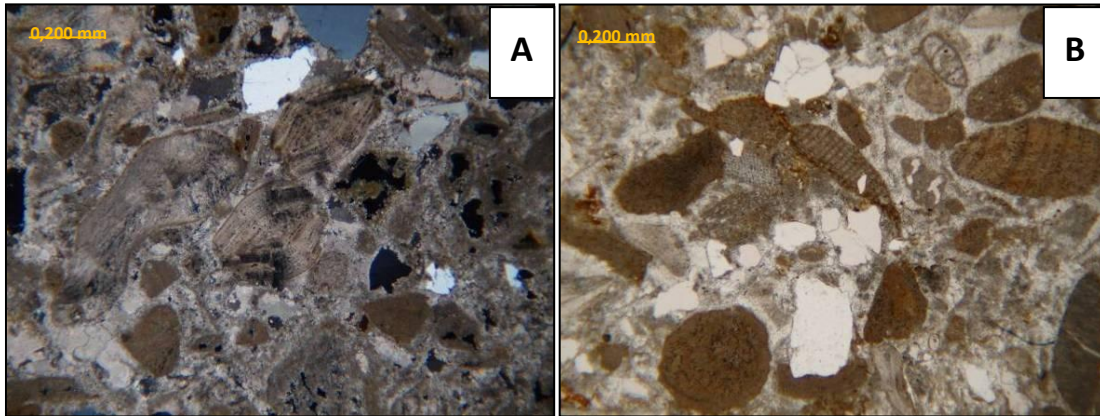


Fig. 112. Fotomicrografía QAC-01: (A) Nummulites Sp. NX. (B) Fragmento de Alga N//.

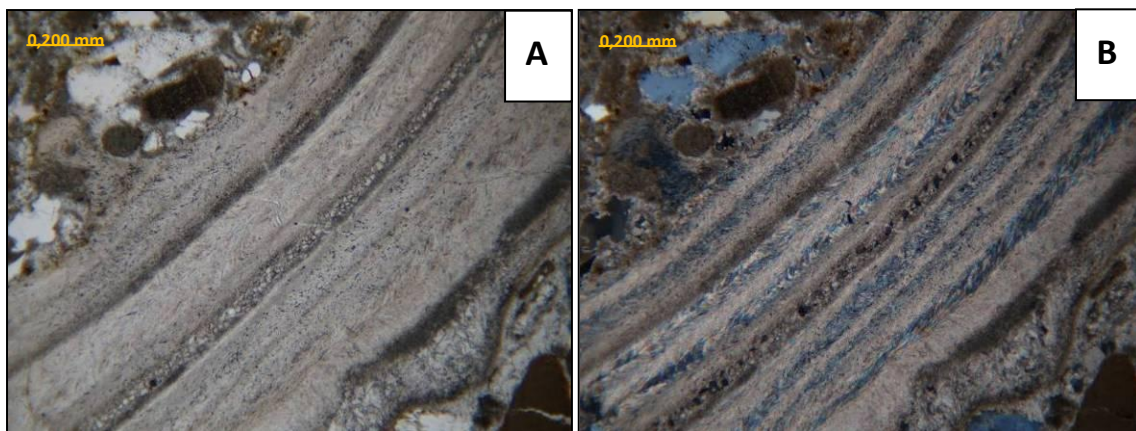


Fig. 113. Fotomicrografía QAC-01: Fragmento de bivalvo con inversión homoaxial (A) N//. (B) NX.

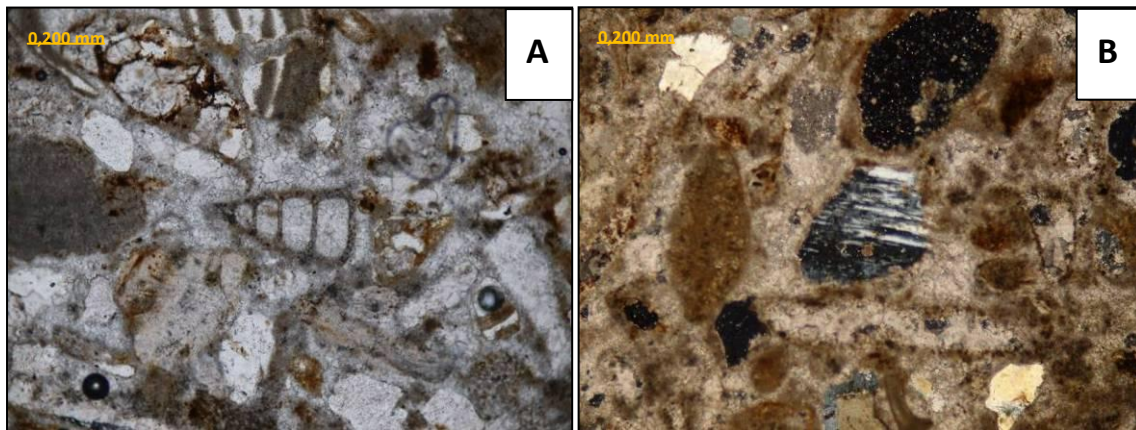


Fig. 114. Fotomicrografía QAC-01: (A) Foraminífero uniseriado multicameral N//. (B) Cristal anhedral de plagioclasa NX.



### 3.2.6. Unidad de Lutitas y Areniscas (U1a)

#### 3.2.6.1. Extensión

Esta unidad aflora en el valle del río Crucito (Fig. 115) y en las zonas bajas al norte de la serranía de Aroa. Abarca unos 62 Km<sup>2</sup> lo que corresponde al 20 % del área estudiada.

#### 3.2.6.2. Contactos

El contacto con las unidades metamórficas y los aluviones cuaternarios es discordante.

#### 3.2.6.3. Características de campo

Esta unidad consiste en una intercalación de areniscas y lutitas en estratos cuyo espesor no supera los 50 cm para las areniscas y los 2 m para las lutitas. La arenisca es de color amarillo ocre que meteoriza a pardo grisáceo claro. Es de grano grueso, sub-anguloso y está bien escogida. Mineralógicamente está compuesta de cuarzo, micas blancas y fragmento oscuros de roca, probablemente esquistos. La lutita es de tonos marrones. Tras el proceso de lavado de la misma se determinó que carece de fósiles y tiene un pequeño porcentaje de arena, lo que la clasifica como lutita arenosa. No presenta reacción al HCl.



Fig. 115. Afloramiento de la unidad de lutitas y areniscas en un saque de arena en el pueblo de Caripial, valle del río Crucito. Vista de la terraza superior.

### 3.2.7. Unidad de Aluviones y Terrazas

#### 3.2.7.1. Extensión

El aluvión se encuentra al norte y sur de la serranía de Aroa y en el trayecto del río Crucito. Abarca un área de 31 Km<sup>2</sup>, lo que corresponde al 10% del área estudiada.



### 3.2.7.2. Contactos

Esta unidad se encuentra en contacto discordante con el resto de las unidades estudiadas ya que se trata de sedimentos no consolidados que aún se encuentran en proceso de transporte y depositación.

### 3.2.7.3. Características de campo

Esta unidad consiste en acumulaciones de limos y arcillas con intervalos de gravas y lentes de arenas poco consolidadas (Fig. 116). En los cauces de las quebradas se observan niveles de gravas con cantos de hasta 40 cm de diámetro (Fig. 117).de la misma litología que aflora en la zona. La morfología y pendiente de los estratos sugiere un nivel de abanico aluvial.

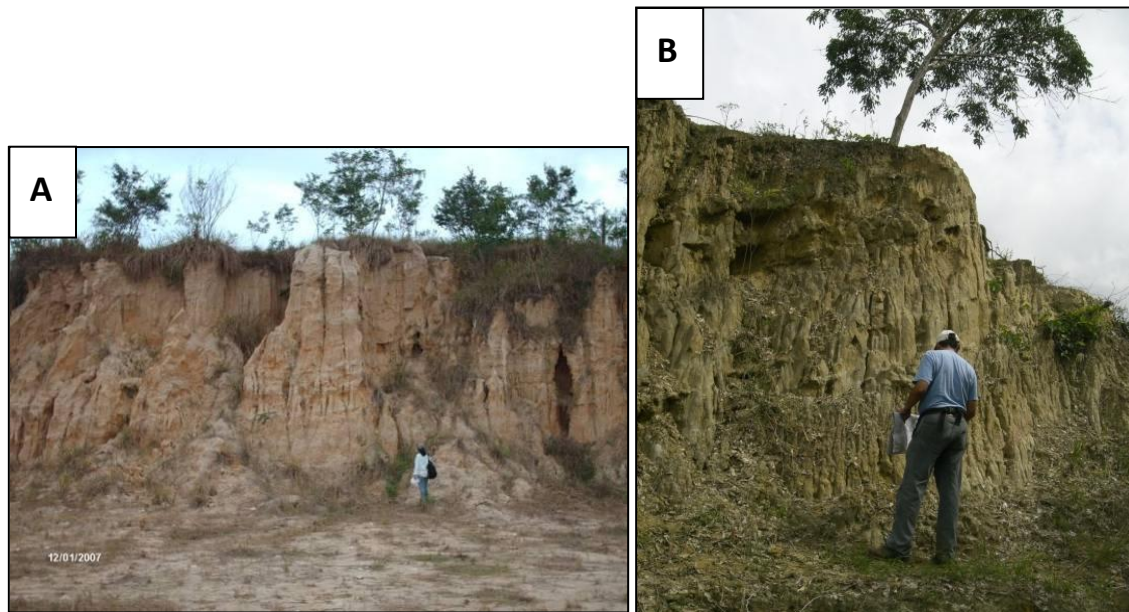


Fig. 116. (A) Afloramiento de arcillas poco consolidadas en la urbanización Santa Eduvigés, carretera hacia Yumare. (B) Afloramiento Limo interestratificado con arenas poco consolidada a un lado de la carretera. Sector Macagua.

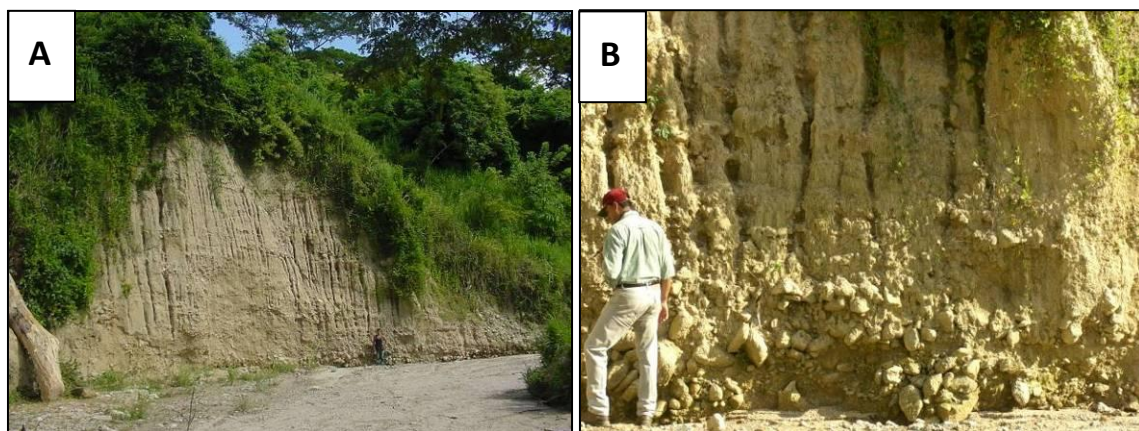


Fig. 117. (A) Afloramiento de aluviones en la parte baja de la quebrada Banco Obrero, cerca del punto inicial de levantamiento. (B) Niveles conglomeráticos en la base del afloramiento.

### 3.3. GEOLOGÍA ESTRUCTURAL LOCAL

#### 3.3.1. Generalidades

En la zona de estudio se identificaron diversos rasgos estructurales: fallas, foliaciones y diaclasas, siendo las primeras las de mayor relevancia por tener un gran efecto en el modelado del paisaje y limitar las principales unidades litológicas estudiadas.

La foliación es otro de los rasgos predominantes y a través de su análisis se pudo determinar la tendencia de dichas estructuras y la dirección de los esfuerzos que las generaron. El análisis de las diaclasas permitió conocer las familias más comunes y la dirección de esfuerzos posteriores a la deformación post metamórfica.

Se observaron pliegues parásitos aunque no se descarta estructuras de mayor tamaño ya que al norte de la serranía hay un frente de corrimiento. A continuación se describen cada una de las estructuras observadas.

#### 3.3.2. Fallas

A nivel de afloramiento se identificaron una serie de fallas que indican reacomodo de bloques en respuesta a la deformación (figuras 118 y 120). Producto del desplazamiento de la falla se originan algunos pliegues de arrastre como los mostrados en la figura antes mencionadas. En la figura 118-A se observan bloques caídos que indican un régimen extensivo con sus respectivas fallas normales.

En cuanto a las estructuras observadas en las fotografías aéreas se pudo corroborar en campo la existencia de una brecha de falla en el río Crucito que corresponde con la familia de falla de orientación N50E, identificada en naranja en la Fig. 119. También se observó una falla en la carretera Yumare - Albarico que corresponde con dicho sistema (Fig. 121).

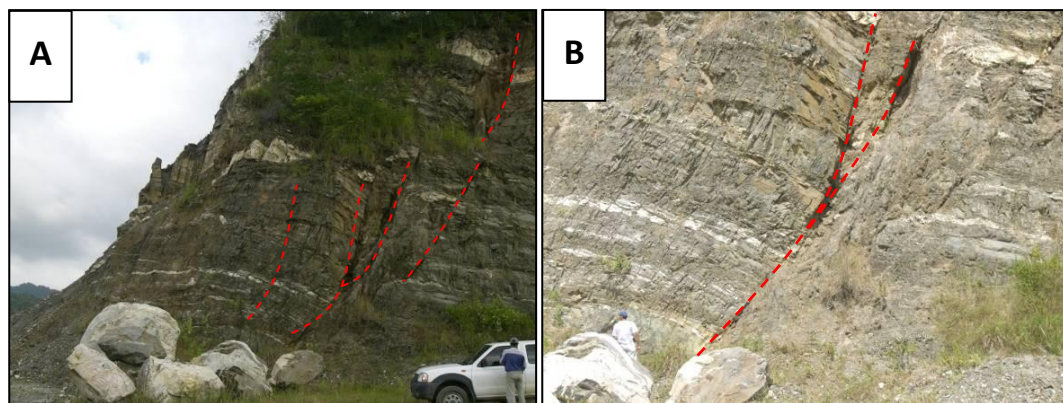


Fig. 118. (A) Fallas normales en el talud de la cantera de Farriar. (B) Detalle de la foto anterior, se observa el desplazamiento de las vetas de pegmatita y un pliegue de arrastre incipiente. Plano de falla: N50E50N.





Fig. 119. Falla que corresponde con una de las observadas en fotografía aéreas. La brecha mide unos 2 m de espesor. Plano de Falla: N50E85N.

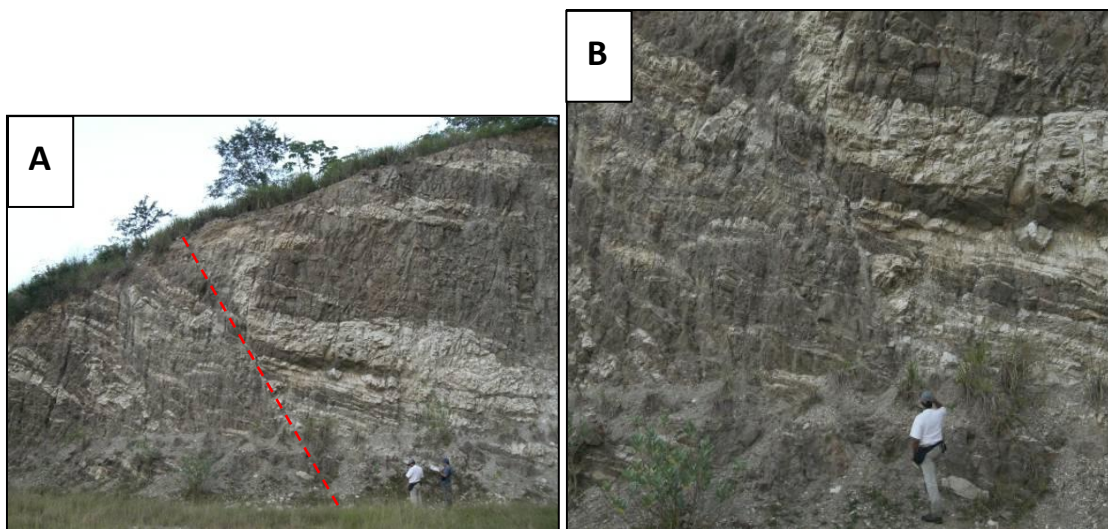


Fig. 120. (A) Falla en el Talud San Antonio. Se observan un pliegue de arrastre en la veta de cuarzo. Plano de Falla: N6E60S. (B) Detalle de la foto anterior.

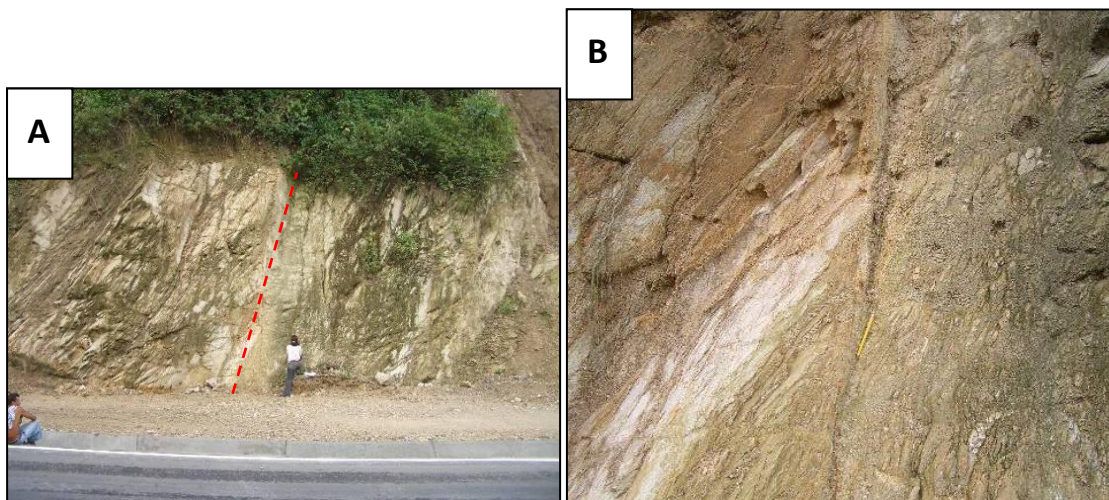


Fig. 121. (A) Falla en un talud en la carretera Yumare-Albarico. La brecha de falla mide 2cm. Plano de falla: N80E85N. (B) Detalle de la foto anterior.



### 3.3.3. Pliegues

Los pliegues mostrados en la figura 122-A corresponden a una estructura secundaria producto de la deformación dúctil sobre el esquistos anfibolítico, sin aparente relación con estructuras de mayor orden. En la figura 122 B se observa un pliegue parásito producto de la deformación del augengneis.

La figura 123-A corresponde a un canto rodado exhibiendo un pliegue de orden mayor. En la figura 123-B se aprecia un pliegue antiforme volcado del cual se derivó el bloque anterior. Al ubicar esta estructura en el mapa geológico del estado Yaracuy, elaborado por BELLIZZIA *et al* (1968) (Fig. 124) se observa que este pliegue corresponde a una serie de plegamientos interpretados por estos autores.

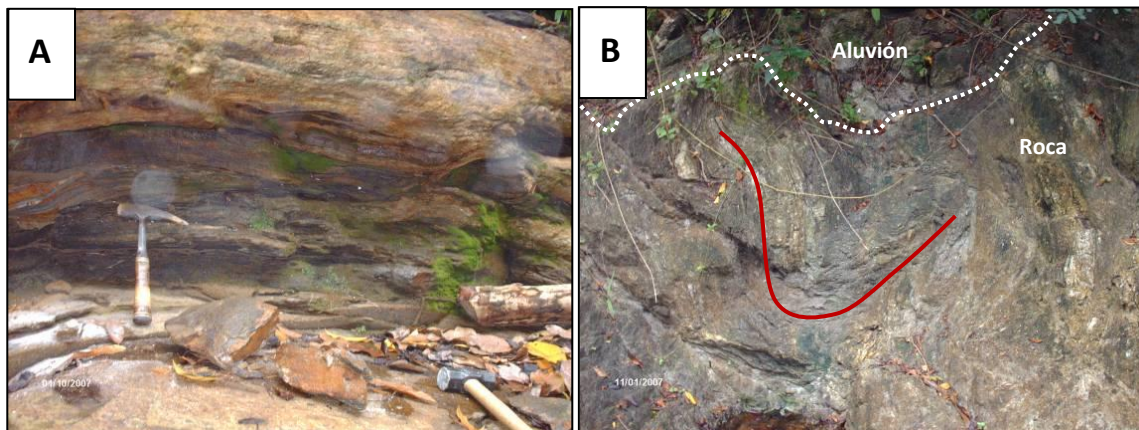


Fig. 122. (A) Leve plegamiento en el afloramiento de anfibolita epidótica en el río Tesorero. (B) Pliegue sinforme (en rojo) y contacto (en blanco) entre el aluvión y el augengneis cuarzo-feldespático-micáceo en la quebrada el Roble.

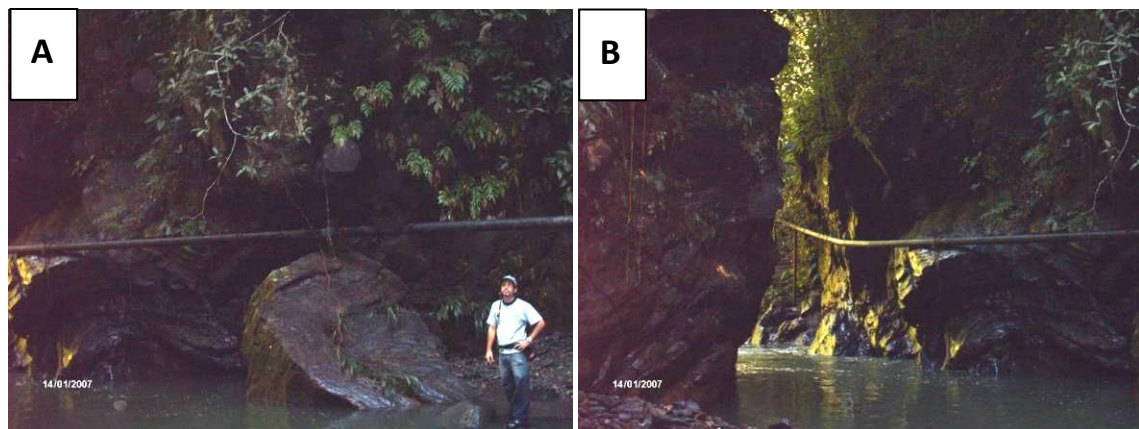


Fig. 123. (A) Canto rodado de esquistos carbonáticos micáceos grafitosos que exhibe un pliegue. (B) Pliegue antiforme volcado en el afloramiento de esquistos. Quebrada Agua Colorada.

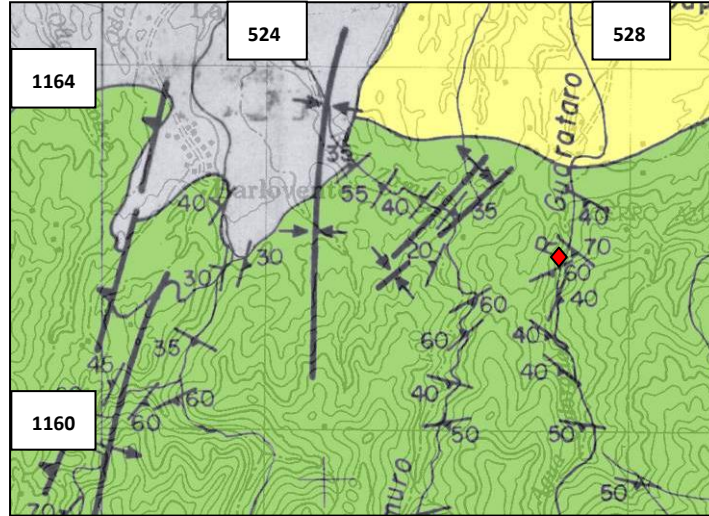


Fig. 124. Sección del Mapa Geológico del estado Yaracuy. El punto rojo muestra la ubicación de las fotos mostradas en la figura anterior.

### 3.3.4. Foliación

Con los datos recogidos en campo se realizaron unos gráficos en que muestran las tendencias preferencial de la foliación de cada grupo. El Gráfico (A) es un diagrama de Rosas (BILLINGS 1976) que muestra y el rumbo preferencial de los planos y el Gráfico (B) es un gráfico de densidad de polos. Los resultados obtenidos son los siguientes:

#### 3.3.4.1. Unidad de gneis porfidoblástico, esquistos y milonitas (Ugem)

Se tomaron 44 mediciones de planos de foliación, de los cuales el 70% aproximadamente presentaron un rumbo preferencial entre N75E y N80W. El resto de las mediciones no presentó ningún rumbo preferencial. En cuanto a los buzamientos más del 90% de los planos tienen una magnitud preferencial entre 55° y 85°. De estos el 95% buza hacia el norte. En las figuras 125 y 126 se señalan en azul y rojo las tendencias más marcadas en los planos de foliación. La figura 127 muestra ejemplos de la foliación en la unidad.

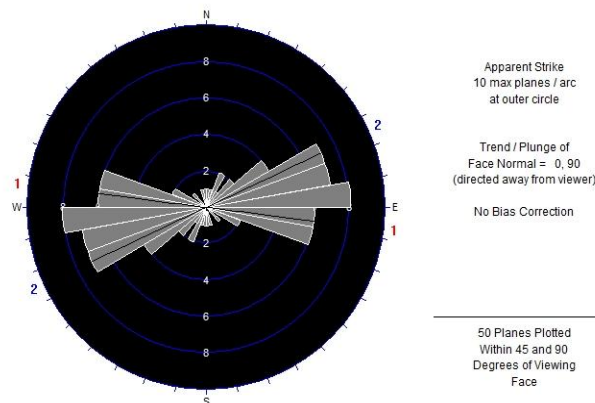


Fig. 125. Roseta de rumbos de los planos de foliación observados en la Ugem. En azul y rojo se observan las dos tendencias más marcadas.

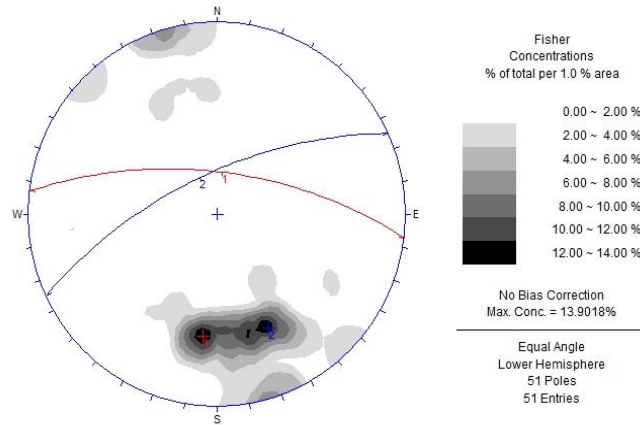


Fig. 126. Diagrama de Densidad de Polos de los planos de foliación observados en la Ugem. En azul y rojo se observan las dos tendencias más marcadas.

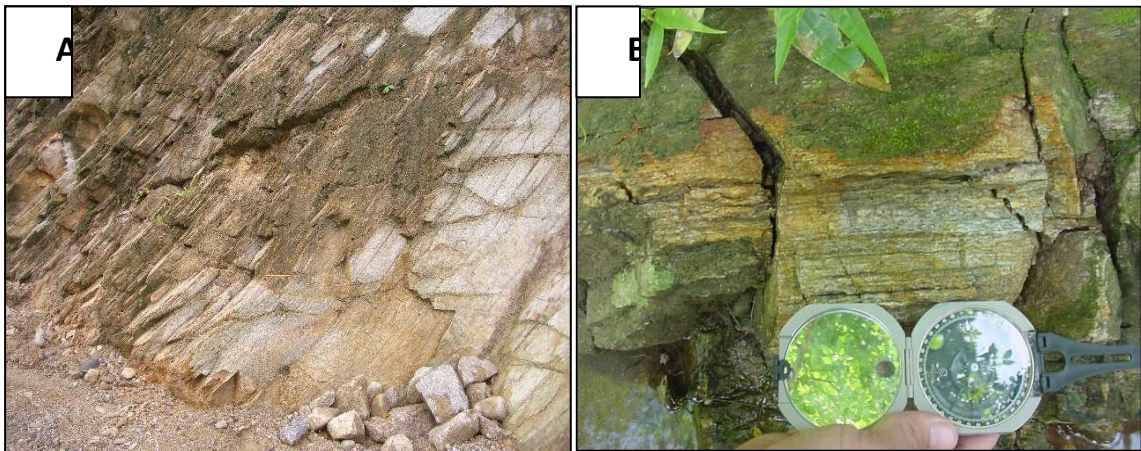


Fig. 127. Foliación en rocas de la Ugem (A) Afloramiento en la carretera Albarico- Yumare. (B) Afloramiento en la quebrada Charípano.

### 3.3.4.2. Unidad de esquisto, mármoles y anfibolitas (Uema)

Se tomaron 27 mediciones de planos de foliación, de los cuales el 40% presentan un rumbo preferencial entre N10E y N35E, el 25% de los planos presentan un rumbo N60W y el resto de las mediciones no presenta ningún rumbo preferencial. En cuanto a los buzamientos se observan tres tendencias. Aproximadamente el 25% presenta una magnitud entre 10° y 20° buzando al norte, el resto presenta una magnitud entre 40° y 50° buzando hacia el N y S. En la figuras 128 y 129 se señalan en azul, verde y rojo las tendencias más marcadas en los planos de foliación. La figura 130 muestra ejemplos de la foliación en la unidad.



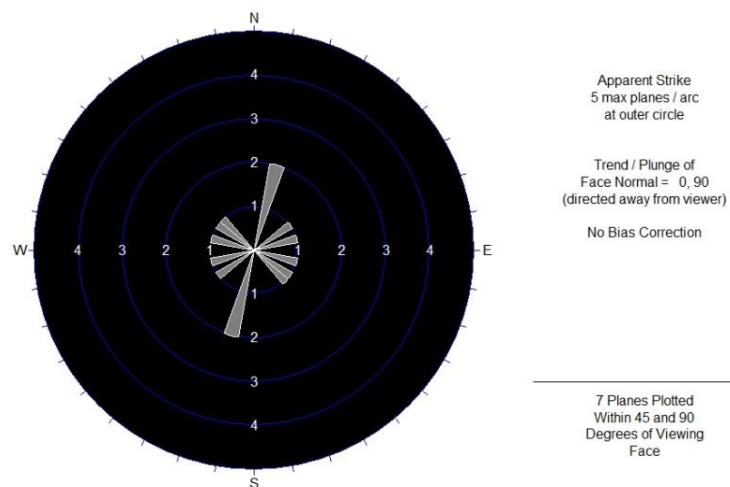


Fig. 128. Roseta de rumbos de los planos de foliación observados en la Uema.

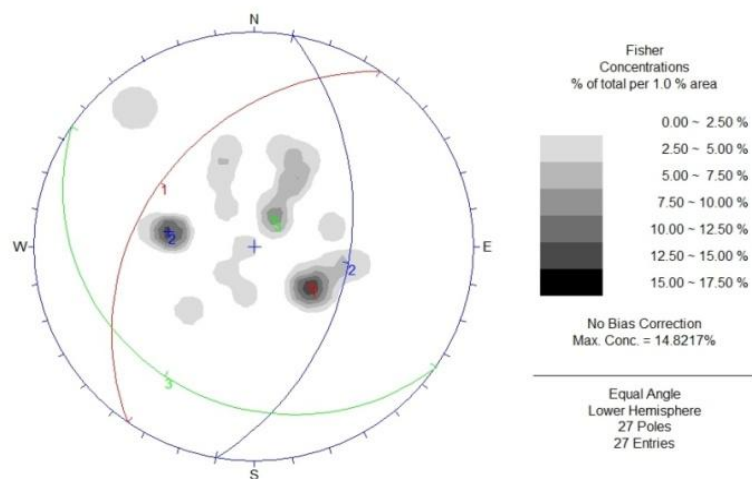


Fig. 129. Diagrama de Densidad de Polos de los planos de foliación observados en la Ugem. En azul, verde y rojo se observan las tres tendencias más marcadas.

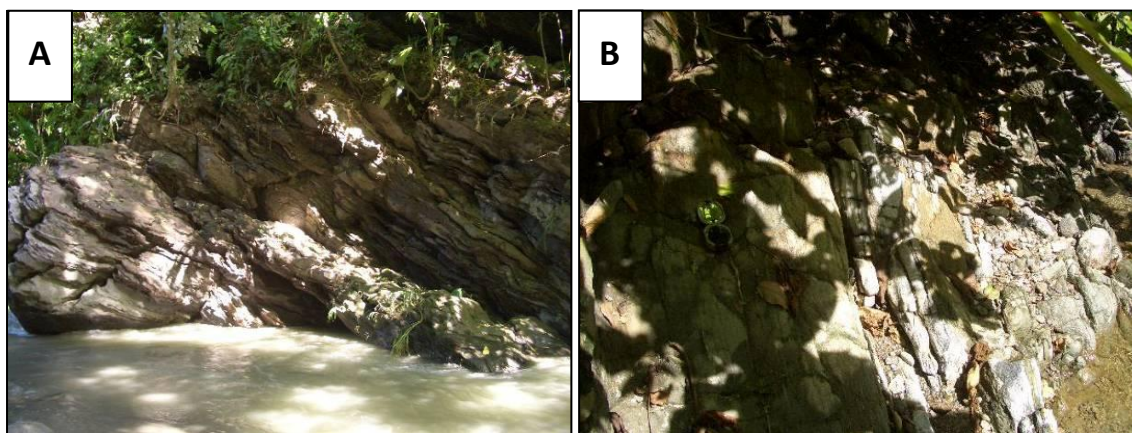


Fig. 130. Foliación en rocas de la Uema (A) Afloramiento en la quebrada el Zamuro. (B) Afloramiento en la quebrada el Playón.

### 3.3.4.3. Unidad de esquistos, anfibolitas y pegmatitas (Ueap)

Se tomó una sola medición de planos de foliación en la cantera de farria la cual es N20W24N (Fig. 131).



Fig. 131. Foliación en rocas de la Ueap. Afloramiento en la Cantera de Farriar.

### 3.3.5. Diaclasas

#### 3.3.5.1. Unidad de gneis porfidoblástico, esquistos y milonitas (Ugem)

Se tomaron 74 mediciones de estas estructuras. En la figuras 132 y 133 se observan dos tendencias claras que definen familias de diaclasas. Estas tienen una orientación entre N10W y N30W para una de las familias, y N30E para la otra, siendo las primeras las más frecuentes. Todos los planos son prácticamente verticales. En la figura 137 están graficados 4 de los planos de mayor ocurrencia. La figura 134 muestra ejemplos de las diaclasas en la unidad.

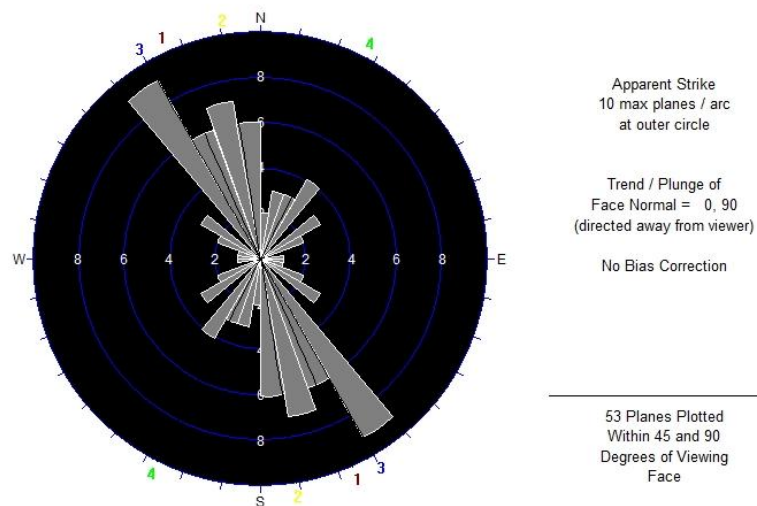


Fig. 132. Roseta de rumbos de los planos de diaclasas observados en la Ugem, se observan dos tendencias marcadas, siendo la N30W la más frecuente.

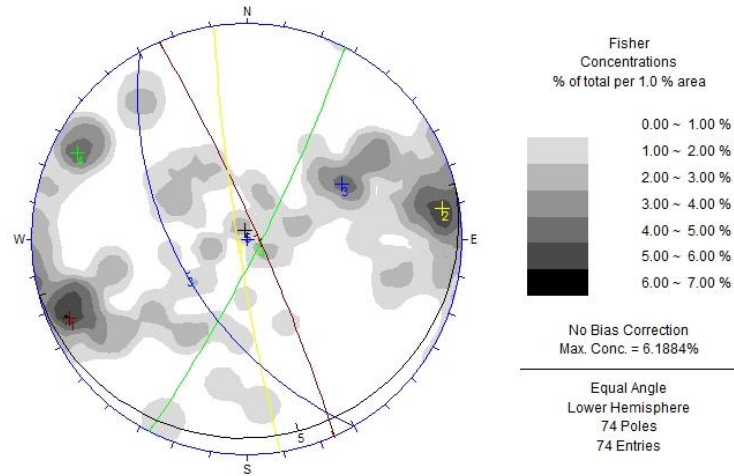


Fig. 133. Diagrama de Densidad de Polos de los planos de diaclasas observados en la Ugem. En azul, amarillo, rojo y verde se observan las cuatro tendencias más marcadas, las tres primeras forman parte de una misma familia de diaclasas. En negro se marca la familia más reciente, la cual es prácticamente horizontal.

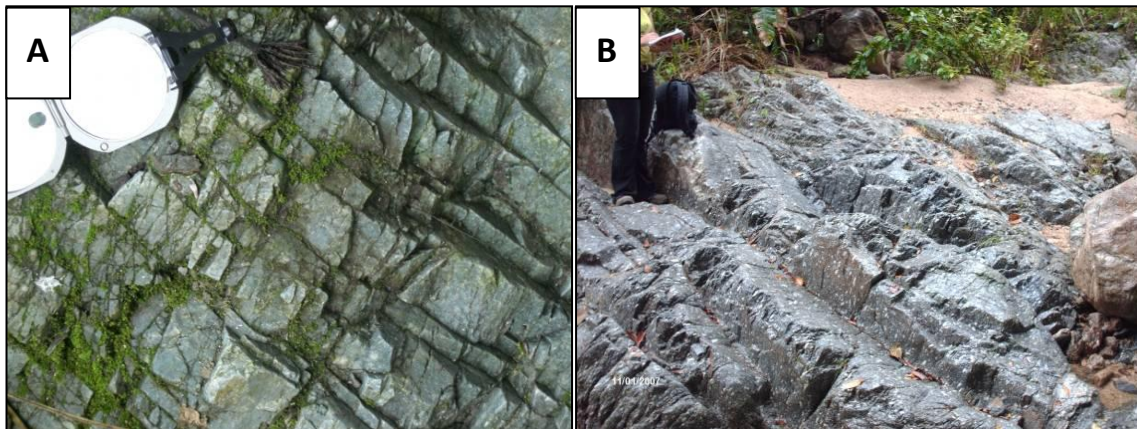


Fig. 134. Diaclasas en rocas de la Ugem (A) Afloramiento en la quebrada las Tinajas. (B) Afloramiento en la quebrada el Roble.

### 3.3.5.2. Unidad de esquisto, mármoles y anfibolitas (Uema)

Se tomaron 43 mediciones de estas estructuras. En la fig. 135 se observan dos tendencias en el rumbo de las diaclasas las cuales son entre N10-20W y N10-20E para la primera familia, que es la más frecuente, y entre N50-60W y N80-90W para la segunda. Por la diferencia de ángulos pareciese que ambas familias fuesen conjugadas. No hay una tendencia en el buzamiento, siendo los planos bastante variados tanto en la magnitud como en la orientación. En la fig. 136 están graficados siete de los planos de mayor ocurrencia. La figura 137 muestra ejemplos de las diaclasas en la unidad



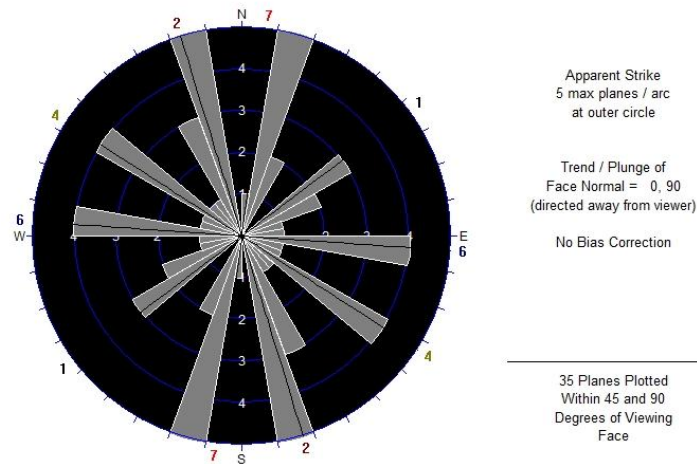


Fig. 135. Roseta de rumbos de los planos de diaclasas observados en la Uema, se observan dos tendencias claras, siendo la que está entre N10-20W y N10-20E la más frecuente.

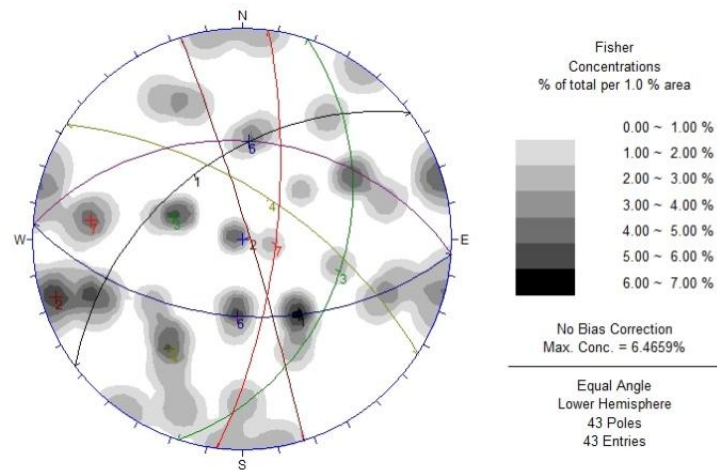


Fig. 136. Diagrama de Densidad de Polos de los planos de foliación observados en la Uema. En el gráfico están marcadas las familias más comunes y no se observa una tendencia en particular.

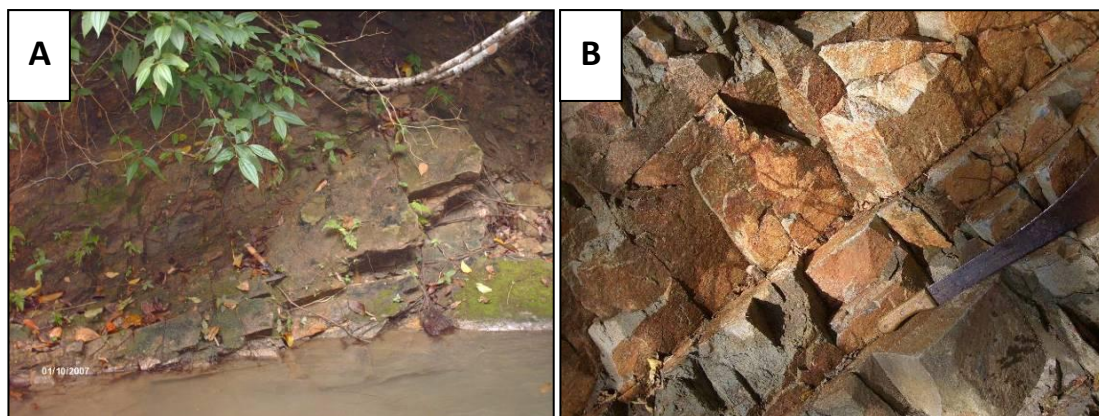


Fig. 137. Diaclasas en rocas de la Ugem (A) Afloramiento en el río Tesorero. (B) Afloramiento en la quebrada el Zamuro.

### 3.3.5.3. Unidad de esquistos, anfibolitas y pegmatitas (Ueap)

Se tomó una sola medición de planos diaclasas la cual es N80E68N (Fig. 138).

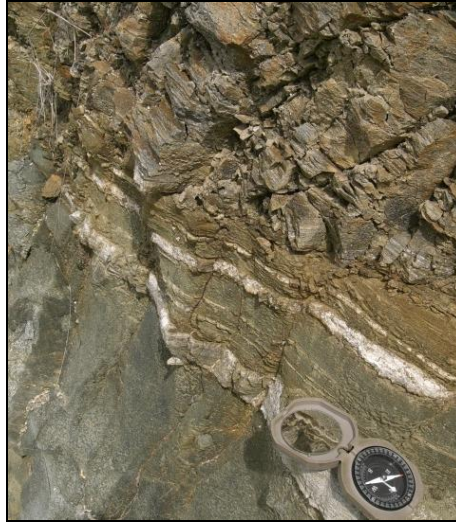


Fig. 138. Diaclasas en rocas de la Ueap. Afloramiento en la Cantera de Farriar.

## 4. INTERPRETACIONES

### 4.1. METAMORFISMO

#### 4.1.1 Generalidades

Las unidades igneo-metamórficas que afloran en la zona de estudio están compuestas por una amplia variedad de protolitos ígneos y sedimentarios. Sin embargo, es posible conseguir minerales y asociaciones mineralógicas comunes que permiten identificar algunos de los procesos que han tenido lugar desde su formación. Para determinar dichos procesos y el posible protolito de las rocas se hizo un análisis a cada una de las unidades utilizando el esquema de Ostos (1981):

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

Para determinar las facies metamórficas se utilizó el modelo de Turner (1981), el cual relaciona presión, temperatura y profundidad a la que fue sometida la roca. Las fuentes del diagrama mostrado en la figura 139 son: límites de facies según SPEAR (1993); reacciones metamórficas para metapelitas tomadas de la parrilla petrogenética de SPEAR y CHENEY (1989); reacciones de Caolinita-out y Pirofilita-out de BUCHER y FREY (1994); solidus graníticos de JOHANNES y HOLTZ (1996); condiciones PT para las Moho oceánica y continental de CONDIE (1989).

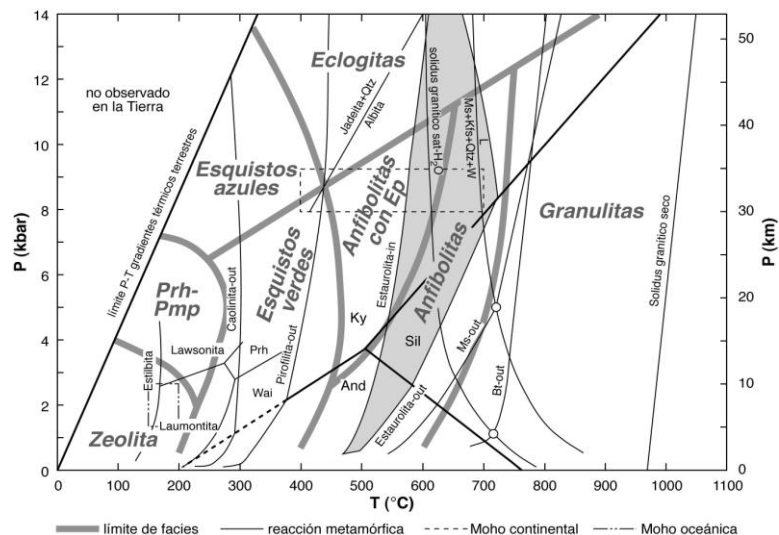


Fig. 139. Diagrama de Facies Metamórficas. Tomado de UGR (2011). Abreviaturas: Bt (biotita), L (líquido), Ms (moscovita), Pmp (pumpellita), Prh (prehnita), Qtz (cuarzo) y Wai (wairakita).



#### 4.1.2. Unidad de gneis porfidoblástico, esquistos y milonitas (Ugem)

Esta unidad está representada por rocas ígneas plutónicas e ígneas volcánicas de composición cuarzo feldespática y sedimentarias metamorfizadas.

##### Rocas cuarzo feldespática

- Grupo I: cuarzo + feldespato potásico + plagioclasa + biotita + clorita + moscovita ± estilpnomelano ± granate + epidoto + titanita + sillimanita.
- Grupo II: cuarzo + feldespato potásico + plagioclasa + biotita + clorita + moscovita + epidoto + titanita + granate
- Grupo III: cuarzo + feldespato potásico + plagioclasa + biotita + clorita + moscovita + titanita

##### Rocas pelíticas

- Grupo I: cuarzo + plagioclasa + biotita + clorita + moscovita + estilpnomelano + epidoto + titanita + granate + sillimanita

Las rocas de esta unidad sufrieron probablemente dos eventos metamórficos así como efectos cataclásticos tardíos, evidenciados por la presencia de cristales fracturados, trenes cuarzo y maclas de plagioclasas deformadas. La mayor parte de las rocas presentan una textura augen y en algunos casos el cizallamiento es tan marcado que entra en la categoría de las milonitas y ultramilonitas. También hay presencia de boudines lo que indica un flujo plástico en zona de cizalla.

El primer evento metamórfico fue al menos de grado medio en la facies de anfibolita almandínica, a presión elevada y relación P/T intermedia, indicado por la presencia de sillimanita, granate y abundantes mirmequitas y pertitas de origen tectónico. Este evento está asociado posiblemente al orógeno Grenvilliano (GRANDE com. pers. 2010)

Un segundo proceso metamórfico se observa mediante la asociación de minerales, albita-epidoto-clorita de la facies del esquisto verde de una serie probablemente de media relación P/T, alcanzando temperaturas de un intervalo 300 a 450 °C y presiones de un intervalo 5 a 7 kb. Este evento está asociado a la tectónica caribeña (GRANDE com. pers. 2010)

El protolito de algunas de las rocas esquistosas posiblemente corresponde a sedimentos pelítico argilíticos. El resto de rocas gnéisicas son claramente de protolito ígneo granítico félsico con características que sugieren una textura hipoabisal a plutónica.

Localmente algunos grupos pueden haber tenido alteraciones hidrotermales.

#### **4.1.3. Unidad de esquistos, anfíbolitas y pegmatitas (Ueap)**

##### **Rocas pelíticas**

- Grupo I: biotita + cuarzo + magnetita + albita + apatito + moscovita.

##### **Rocas máficas**

- Grupo I: actinolita + epidoto + albita + cuarzo + moscovita + clorita + titanita.

Las rocas de esta unidad probablemente estuvieron sometidas a un metamorfismo que alcanzó la facies del esquistos verde en la zona de la biotita, con una media relación P/T, alcanzando temperaturas de un intervalo 300 a 450 °C y presiones de un intervalo 5 a 7 kb. Este evento está asociado a la tectónica caribeña (GRANDE com. pers. 2010).

Se observan abundantes evidencias de efectos cataclásticos tardíos, en algunos casos muy marcado, llegando a la milonitización. También hay presencia de boudines lo que indica un flujo plástico en zona de cizalla

El protolito del esquistos probablemente corresponde a sedimentos pelíticos, interstratificados con material volcánico ultramáfico.

La pegmatita turmanilífera no muestra indicios de metamorfismo por lo que no se incluye en este análisis.

#### **4.1.4. Unidad de esquistos, mármoles y anfíbolitas. (Uema)**

##### **Rocas pelíticas**

- Grupo I: cuarzo + moscovita + titanita + epidoto + clorita + albita

Las rocas de este grupo probablemente estuvieron sometidas a un metamorfismo que alcanzó la facies del esquistos verde en la zona de la clorita, con una media relación P/T, alcanzando temperaturas de un intervalo 300 a 450 °C y presiones de un intervalo 5 a 7 kb.

Hay evidencias de dos posibles periodos de deformación, indicado por la presencia de texturas de crenulación asociadas al grafito.

El protolito de estas rocas corresponde a sedimentos pelíticos ricos en materia orgánica.

##### **Rocas cuarzo feldespáticas**

- Grupo I: cuarzo + albita + moscovita + clorita + epidoto + granate + titanita.

Las rocas de este grupo probablemente estuvieron sometidas a un metamorfismo que alcanzó la facies del esquistos verde en la zona del almandino, indicado por la presencia de minerales índices como el granate con ausencia de biotita, con una media relación P/T, alcanzando temperaturas de un intervalo 300 a 450 °C y presiones de un intervalo 5 a 7 kb.

Hay evidencias efectos cataclásticos indicados por la presencia de augen de granates.

El protolito corresponde a sedimentos ricos en cuarzo, probablemente chert o arenisca cuarzosa.

### **Rocas carbonáticas**

- Grupo I: calcita + grafito + moscovita + cuarzo + piritita + magnetita

Las rocas de este grupo probablemente estuvieron sometidas a un metamorfismo que alcanzó la facies del esquisto verde en la zona de la clorita, con una media relación P/T, alcanzando temperaturas de un intervalo 300 a 450 °C y presiones de un intervalo 5 a 7 kb.

El protolito corresponde a sedimentos calcáreos con material carbonoso.

### **Rocas máficas**

- Grupo I: actinolita + epidoto + albita + clorita + cuarzo + titanita + estilpnomelano + moscovita + granate

Las rocas de este grupo probablemente estuvieron sometidas a un metamorfismo que alcanzó la facies del esquisto verde en la zona del almandino, indicado por la presencia de minerales índices como el granate con ausencia de biotita, con una media relación P/T, alcanzando temperaturas de un intervalo 300 a 450 °C y presiones de un intervalo 5 a 7 kb.

El protolito corresponde a material volcánico ultramáfico. Hay evidencia de alteraciones hidrotermales.

En la tabla 45 se resume la información de este análisis



Tabla 45. Resumen del análisis metamórfico.

Unidad	Tipo Litológico	Asociación metamórfica	Facies metamórfica	Posible Protolito	Características	Evidencias
Unidad de gneis porfidoblástico, esquistos y rocas miloníticas (Ugem)	Rocas cuarzo feldespáticas	cuarzo + feldespato potásico + plagioclasa + biotita + clorita + moscovita + titanita ± estilpnomelano ± granate ± epidoto ± sillimanita	Facies anfibolítica almándinica + Facies esquistos verdes zona clorita	Protolito ígneo granítico félsico	Dos eventos metamórficos  Flujo plástico en zona de cizalla  Efectos cataclásticos tardíos  Alteraciones hidrotermales  Textura hipoabisal a plutónica	Primer evento: Sillimanita + granate + texturas de origen syntectónico  Segundo evento: albita + epidoto + clorita  Boudines  Cristales fracturados, trenes cuarzo y maclas de plagioclasas deformadas  Biotita - Clorita  Posible textura blastoamigdaloides + fenoblastos que sugieren una textura porfidítica previa
	Rocas pelíticas	cuarzo + plagioclasa + biotita + clorita + moscovita + estilpnomelano + epidoto + titanita + granate + sillimanita		Sedimentos pelítico argilíticos		
Unidad de esquistos, anfibolitas y pegmatitas (Ueap)	Rocas máficas	actinolita + epidoto + albita + cuarzo + moscovita + clorita + titanita	Facies esquistos verdes zona biotita	Material volcánico ultramáfico	Flujo plástico en zona de cizalla  Efectos cataclásticos tardíos	Boudines  Trenes cuarzo y maclas de plagioclasas deformadas
	Rocas pelíticas	biotita + cuarzo + magnetita + albita + apatito + moscovita		Sedimentos pelíticos		
Unidad de esquistos, mármoles y anfibolitas (Uema)	Rocas máficas	actinolita + epidoto + albita + clorita + cuarzo + titanita + estilpnomelano + moscovita + granate	Facies esquistos verdes zona almandino	Material volcánico ultramáfico	Alteraciones hidrotermales	Biotita - Clorita
	Rocas pelíticas	cuarzo + moscovita + titanita + epidoto + clorita + albita	Facies esquistos verdes zona clorita	Sedimentos pelíticos ricos en materia orgánica	Dos posibles periodos de deformación	Texturas de crenulación asociadas al grafito
	Rocas cuarzo feldespáticas	cuarzo + albita + moscovita + clorita + epidoto + granate + titanita	Facies esquistos verdes zona almandino	Sedimentos ricos en cuarzo, probablemente chert	Efectos cataclásticos tardíos	Augen de granates
	Rocas carbonáticas	calcita + grafito + moscovita + cuarzo + pirita + magnetita	Facies esquistos verdes zona clorita	Sedimentos calcáreos con material carbonoso		

## 4.2. UNIDADES LITOLÓGICAS

### 4.2.1. Generalidades

Las unidades definidas en este trabajo guardan una gran relación con las unidades formales descritas para la zona de estudio. No obstante se encontraron ciertas características que bien podrían ampliar o redefinir la descripción de cada unidad. A continuación se describe y comparan las unidades informales con las establecidas en la literatura.

### 4.2.2. Unidad de gneis porfidoblástico, esquistos y milonitas (Ugem)

Las rocas de esta unidad pueden ser correlacionadas con el Gneis Yaritagua, descrito originalmente por BUSHMAN (1959) y ampliado por BELLIZZIA & RODRÍGUEZ (1976).

Entre las principales similitudes resaltan la mineralogía y la presencia del gneis porfidoblástico, roca más resaltante de la unidad. Sin embargo, hay otras características como la presencia de rocas con posible apariencia metavolcánica, los xenolitos o enclaves de metapelita en el gneis porfidoblástico y la presencia de sillimanita en casi todas las rocas de la unidad que difieren notablemente con la descripción original. Estas características son muy similares a las del Gneis de Cabriales (GRANDE com. pers. 2010) descrito en los trabajos de FRASS (1981), FLORES (1983), GRANDE (1983) y AGUILERA & VALLENILLA (1985). Además hay muchas similitudes en los tipos litológicos descritos en dichos trabajos y en la mineralogía, incluyendo el porcentaje de cada mineral.

Es probable que esta unidad esté más relacionada con dicho cuerpo que con el Gneis de Yaritagua, ya que en ambos se indica la presencia del gneis porfidoblástico y la mineralogía es muy similar.

En las figuras 140 y 141 se puede observar las semejanzas entre las rocas del Gneis de Cabriales y las rocas de la unidad de gneis porfidoblástico definida en este trabajo.

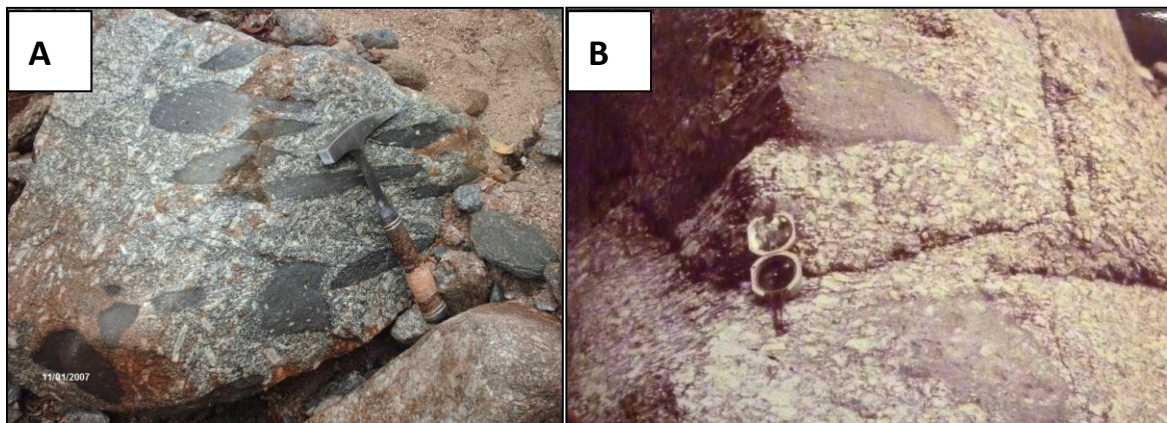


Fig. 140. (A) canto rodado de Gneis porfidoblástico con enclaves de filita micácea. Quebrada el Roble. Ugem. JAIMES (2011). (B) Enclaves de filita en gneis porfidoblástico. Ugp. AGUILERA & VALLENILLA (1985).

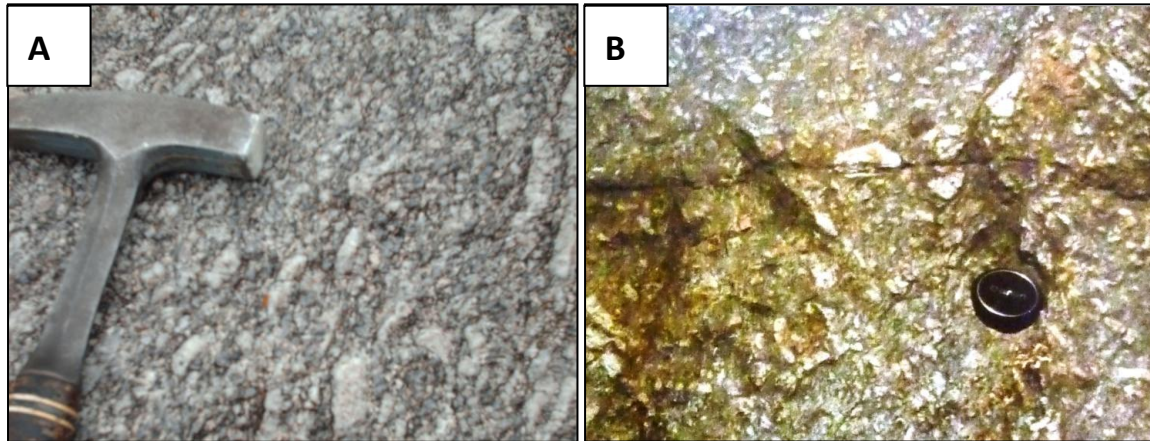


Fig. 141.(A) Gneis porfidoblástico. Quebrada el Roble. Ugem. .JAIMES (2011). (B) Gneis porfidoblástico. Ugp. GRANDE (1983).

#### **4.2.3. Unidad de esquistos, anfibolitas y pegmatitas (Ueap)**

En la descripción del Gneis de Yaritagua se indica la presencia de diques de pegmatitas, esquistos biotíticos y lentes de anfibolita (BUSHMAN (1959), BELLIZZIA & RODRÍGUEZ (1976)) y esto coincide con las rocas que componen esta unidad por lo que se puede concluir que la misma corresponde al Gneis de Yaritagua.

#### **4.2.4. Unidad de esquistos, mármoles y anfibolitas (Uema)**

Las rocas de esta unidad coinciden en la mineralogía, texturas y relaciones estructurales con las descritas para el Complejo Nirgua (BELLIZZIA & RODRÍGUEZ (1967)), por lo que se concluye que son la misma unidad.

#### **4.2.5. Unidad de Caliza Fosilífera (Ucf)**

Las rocas de esta unidad presentan características que indican un ambiente plataformal somero, además la presencia de *Nummulites sp.* da a la roca una edad Eoceno (JAIMES 2008). En el mapa geológico de BELLIZZIA ET AL. (1968) está señalado que las unidades que afloran en la zona son las Formaciones Casupal, Ojo de Agua, Capadare sin diferenciar. Varias de estas unidades presentan características ambientales similares a las observadas en Ucf, sin embargo, no hay concordancia con la edad descrita. Las formaciones cuya edad es correspondiente y que se encuentran en las cercanías de la zona de estudio son las formaciones Cerro Misión y Urama pero las características litológicas de estas las ubican en un ambiente batial, lo que no concuerda con el ambiente descrito.

Es difícil llegar a una idea concluyente acerca de esta unidad y su correspondencia con la literatura. Bien puede tratarse de una unidad nueva o de una fase no descrita de alguna de las unidades eocenas cercanas. Para determinarlo es necesario realizar estudios de mayor detalle y de esta manera ampliar la descripción que se tiene de la zona.



#### 4.2.5. Unidad de lutitas y areniscas (Ula)

Las rocas de esta unidad guardan una correspondencia con las rocas de la Formación Ojo de Agua (SENN (1940) y RENZ (1956)) por lo que se concluye que se trata de la misma unidad.

En la tabla 46 se resume la información de este análisis

<i>Unidad litológica informal</i>	<i>Posible unidad formal equivalente</i>	<i>Características</i>
Unidad de lutitas y areniscas	Formación Ojo de Agua	Corresponden en la litología y el paleoambiente asociado.
Unidad de calizas fosilíferas	Formación Urama?	Corresponden en la edad y en que están en contacto discordante con una unidad miocena suprayacente. La litología y el paleoambiente asociado no corresponden.
Unidad de esquistos, mármoles y anfibolitas.	Complejo Nirgua	Corresponden en la mineralogía, paleoambiente y, facies metamórficas
Unidad de gneis porfidoblástico, esquistos y rocas metavolcánico félsicas	Gneis de Yaritagua. + Gneis de Cabriales	Corresponden con el Gneis de Yaritagua en la mineralogía. Difiere con el Gneis de Yaritagua por: presencia de rocas de apariencia metavolcánica, xenolitos de metapelita, sillimanita en casi todas las rocas de la unidad, texturas de deformación (trenes de cuarzos, porfidoblastos fraturados), diques de pegmatita. Estas características corresponden más al Gneis de Cabriales.
Unidad de esquistos, anfibolitas y pegmatitas	Gneis de Yariyagua	Corresponden en la mineralogía, paleoambiente y facies metamórficas.

### 4.3. GEOLOGÍA ESTRUCTURAL Y RELACIONES GEOMORFOLÓGICAS

#### 4.3.1. Generalidades

La complejidad estructural de la zona así como la contrastantes litologías presentes ejercen una importante influencia en las formas del relieve, siendo la primera la que mayor efecto tiene. A continuación se analizan cada uno de estos controles y las principales evidencias sobre el paisaje.

### 4.3.2. Relaciones Geomorfológicas

#### 4.3.2.1 Control morfo-litológico

Las quebradas estudiadas pueden ser divididas en dos grupos según la dinámica del cauce y el tamaño de los sedimentos observados. Las quebradas al este del río Crucito y las ubicadas en el flanco sur de la serranía de Aroa presentan sedimentos gruesos, tipo grava y/o arenas con escasos cantos rodados (Fig. 142-A). Las quebradas presentan una pendiente muy baja y el lecho es escalonado, es decir grandes tramos planos intercalados con saltos de hasta tres metros de altura. Además están encajadas en valles de fondo planos y laderas convexas. En muchos casos estas quebradas parecen intermitentes, ya que el agua es absorbida por el lecho arenoso, pasando a acuíferos.

Por el contrario las quebradas al oeste del río Crucito y las ubicadas en el flanco norte de la serranía presentan una pendiente de baja a moderada, con un aumento de pendiente constante y abundantes cantos de diversos tamaños, en su mayoría superiores a 1 m de diámetro (Fig. 142-B). El lecho presenta pocas acumulaciones de arena y en muchos casos el río corre sobre la roca. Están emplazadas en valles encajados simétricos con laderas rectas y de pendiente abrupta. Hay gran abundancia de saltos y cascadas. Estas quebradas son permanentes con grandes cantidades de agua.

Estas diferencias son consecuencia directa de la litología presente. Las quebradas ubicadas al este del río Crucito atraviesan rocas de la unidad de gneis porfidoblástico, esquistos y milonitas (Ugem), que poseen una mineralogía del tipo granítica félsica y generan sedimentos arenosos, saprolitos y formas redondeadas, lo que coincide con lo observado en las quebradas. Las quebradas ubicadas al oeste del río Crucito atraviesan rocas de la unidad de esquistos, mármoles y anfibolitas (Uema), cuyas características litológicas generan pocos sedimentos los cuales son drenados rápidamente por las corrientes, dejando expuestas las afloramientos y además generan esas formas abruptas. En el río Crucito confluyen ambos grupos ya que el valle por donde este transcurre marca el contacto de ambas unidades litológicas (Fig. 143). En el mismo se puede ver la diferencia entre los sedimentos que arrastran cada grupo de quebradas.



Fig. 142. (A) Parte alta de la Quebrada Guayabito que atraviesa rocas de la Ugem. (B) Cauce de la Quebrada Agua Colorada que atraviesa rocas de la Uema.



Fig. 143. Punto de confluencia entre la Quebrada Guayabito que atraviesa rocas de la Ugem (izquierda) y la quebrada el Playón, que atraviesa rocas de la Uema (Derecha). Río Crucito.

#### 4.3.2.2 Control morfo-estructural

La zona montañosa de relieve intermedio y pendiente moderada a escarpada, que corresponde a la serranía de Aroa, representa la expresión morfológica actual de un amesetamiento de edad Plioceno (Singer com. pers. 2011) basculado hacia el norte. Este está afectado por un sistema de fallas de orientación N20E, relacionadas al sistema de fallas de Boconó, que lo segmenta en cinco bloques en el extremo más oriental de la serranía. Estas fallas generan valles que disectan la forma principal formando gargantas y segmentando la línea de cresta principal (Fig. 144-A).

El contraste de relieve y la presencia de pliegues al norte de la serranía son consecuencia de un corrimiento, que pone en contacto las unidades ígneo-metamórficas con las rocas sedimentarias terciarias. Las evidencias de este corrimiento son la deformación en las terrazas formadas por sedimentos cuaternarios y el contacto por falla de ángulo bajo de unidades litológicas contrastantes.

También se observan algunos drenajes desadaptado con las formas del relieve, esto como consecuencia del evidente control estructural sobre el drenaje. Es frecuente observar que largos tramos de los ríos están entallados en las trazas de falla (Fig. 144-B).



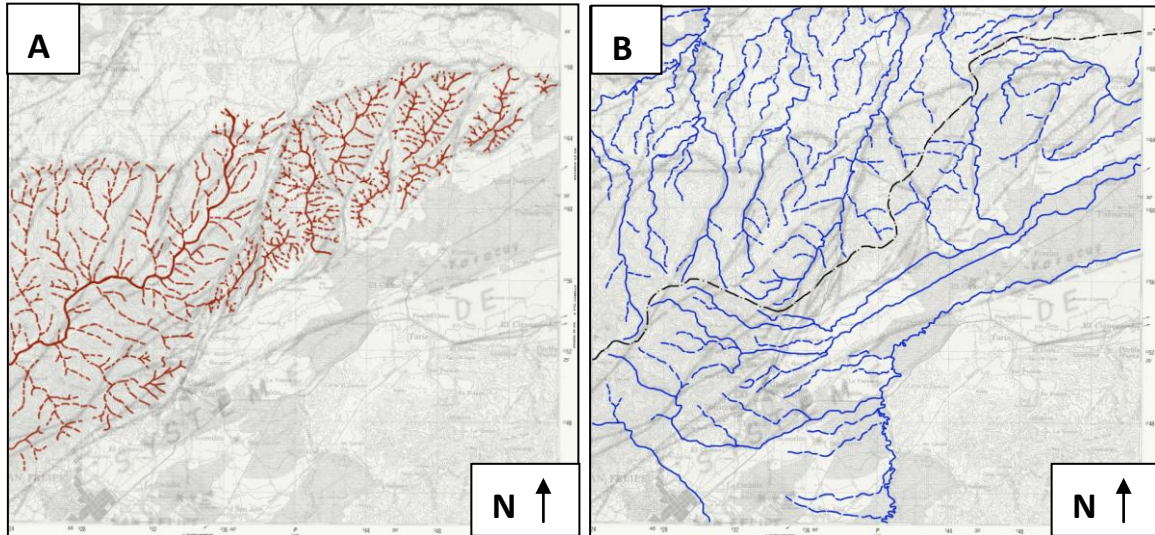


Fig. 144. (A) Mapa Estructural (AUDEMARD *et al.* (1993)). Vs. Mapa de líneas de cresta.  
(B) Mapa Mapa Estructural (AUDEMARD *et al.* (1993)). Vs. Mapa de drenaje

#### 4.3.2. Geología Estructural

Tras analizar las características estructurales en las rocas que conforman cada una de las unidades se puede establecer lo siguiente:

La foliación observada en la unidad de gneis porfidoblástico, esquistos y miloníticas (Ugem), indica esfuerzos compresivos con orientación N-S, siendo el de mayor intensidad de sur a norte. Se observan varias familias de diaclasas verticales las cuales se formaron simultáneamente, debido a esfuerzos en diferentes direcciones. Estas están cortadas por una familia de diaclasas horizontales generadas bajo el régimen de esfuerzo actual.

La foliación observada en la unidad de esquistos, mármoles y anfibolitas (Uema) no indica una orientación preferencial en el régimen de esfuerzos. La variedad de direcciones de foliación y diaclasas se debe a la amplia variedad de litologías que la componen.

## 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 5.1 CONCLUSIONES

- En el área estudiada se observaron diferentes unidades litológicas informales, mineralógica y ambientalmente muy diferentes. De estas tres tuvieron correspondencia con las unidades formales descritas para la zona de estudio por diferentes autores. Estas son:
  - La unidad de areniscas y lutitas (Ula), compuesta por una secuencia de areniscas y lutitas de origen continental y que corresponde a la Formación Ojo de Agua de edad Mioceno.
  - La unidad de esquistos, mármoles y anfibolitas (Uema), compuesta por rocas verdes, mármoles, esquistos grafitosos y cuarcitas y que corresponde con el Complejo Nirgua de edad Mesozoico.
  - La unidad de gneises, esquistos y milonitas (Ugem), compuestas principalmente por gneises porfidoblásticos y esquistos cuarzo feldespáticos. Esta unidad corresponde con el Gneis de Yaritagua, sin embargo guarda muchas similitudes con el Gneis de Cabriales por lo que no se puede llegar a una conclusión definitiva.
- La unidad carbonática de ambiente plataformal somero y edad Eoceno no tiene correspondencia con ninguna de las unidades descritas en la literatura, por lo que se concluye que es posible de que se trate de una nueva unidad o fase aun o descrita de las unidades eocenas cercanas (Formación Urama y Formación Cerro Misión).
- Las aguas termales, ubicadas al norte de la serranía y asociadas a la Caliza Eocena son indicativo de la actividad estructural de la zona.
- La presencia de sillimanita y granate en las rocas de la Ugem indican un régimen de relación P/T intermedia, alcanzado en el orógeno Grenvilliano (Pre - Cámbrico) (GRANDE com. pers. 2010)
- Debido a los efectos del segundo evento metamórfico en la facies de esquistos verdes y efectos cataclásticos tardíos, se ha enmascarado mucho las características propias de un metamorfismo de grado medio en las rocas de la Ugem, dado que la asociación mineralógica original ha sido alterada durante la segunda etapa metamórfica de ámbito caribeño.
- Todas las rocas estudiadas presentan un metamorfismo de la facies de los esquistos verdes generado durante el régimen caribeño.
- La complejidad estructural actual de la zona está relacionada al sistema de fallas de Boconó, activo desde el Mioceno Todos los contactos litológicos entre las rocas ígneo-metamórficas y las sedimentarias del terciario son de fallas asociadas a dicho sistema, pero ha sido la tectónica caribeña, activa desde finales del cretácico, la que ha puesto en contacto rocas de mineralogía y génesis tan variadas.

- Las estructuras interpretadas en el análisis fotogeológico corresponden con las señaladas en el mapa estructural de AUDEMARD et al. (1993).
- El principal control geomorfológico en la zona es el estructural, ya que este define en gran medida las formas del relieve y las características del drenaje.
- El control morfo-litológico también genera diferencias en las formas de relieve, apreciables principalmente en la densidad del drenaje.

## 5.2 RECOMENDACIONES

- Hacer un estudio más detallado de la unidad de caliza fosilífera (Ucf) y su relación con las rocas circundantes para determinar su origen y ampliar la descripción de la zona.
- Hacer un estudio de la unidad de gneis porfidoblástico, esquistos y rocas miloníticas (Ugem) y la unidad de esquistos, anfibolitas y pegmatitas (Ueap), junto con el Gneis de Cabriales y la localidad tipo del Gneis de Yaritagua para determinar si se trata de un mismo tipo litológico.
- Realizar un estudio de neotectónica en los sedimentos cuaternarios para determinar la actividad del sistema de fallas presente en la zona.
- Realizar un estudio de las actividad termal presente en la zona.



## 6. BIBLIOGRAFÍA

Abreviatura: UCV-G = Universidad Central de Venezuela, Facultad de Ingeniería, Escuela de Geología, Minas y Geofísica. Trabajo Especial de Grado para optar al título de Ingeniero Geólogo, inédito.

- AGUILERA, Z. & VALLENILLA, D. (1985) *Geología de la zona de La Entrada - Naguanagua, Carabobo*. UCV-G, 316 pp.
- ARELLANO, R. & UMÉREZ, J. (2004) *Interpretación estructural y restauración de dos secciones del flanco norte de la sierra de San Luis, ubicada entre el río Mitare y la carretera Coro - Cruz de Taratara*. UCV-G, 115 pp.
- AUDEMARD, F. (1993) *Neotectonique, Sismotectonique, et Alén sismique du Nord-ouest du Vénézuéla (système de failles d'Oca-Acón)*. Université Montpellier II, Montpellier, Francia. Ph.D. dissertation.
- AUGUSTITHIS S. (1973) *Atlas of the Textural Patterns of granites, gneisses and associated rock types*. Amsterdam. Elsevier Scientific Publishing Company. 378 pp.
- BAAMONDE J. 2007. *Petrología*. Caracas: PDVSA Intevep & Facultad de Ciencias, U.C.V.363 p.
- BAQUERO, M. (2011) *Evolución geodinámica de la cuenca de Falcón y su basamento: basados en datos de geocronología, geoquímica e isótopos*. Facultad de Ingeniería. Tesis Doctoral. Inédito. (En publicación).
- BELLIZZIA, A. & D. RODRÍGUEZ, G. (1967) Guía de la excursión a la región de Duaca - Barquismeto - Bobare. *Bol. Geol.*, Caracas, 8(16): 289-309.
- \_\_\_\_\_ (1968) *Mapa geológico del estado Yaracuy*. Min. Minas Hidrocarburos, Dir. Geología. Mapa 1:100.000, inédito.
- \_\_\_\_\_ (1968) Consideraciones sobre la estratigrafía de los estados Lara, Yaracuy, Cojedes y Carabobo. *Bol. Geol.*, Caracas, 9(18): 515-563.
- \_\_\_\_\_ (1976) Geología del estado Yaracuy. *Mem. IV Congr. Geol. Venezolano*, Caracas 1969. *Bol. Geol. Public. Esp.*, Caracas, 5(6): 3317-3417.
- BELLIZZIA, A. (1985) Sistema montañoso del Caribe. Una cordillera alóctona en la parte norte de América del Sur. *Mem. VI Congr. Geol. Venezolano*, Caracas, 10: 6657-6836.
- BILLINGS, M. (1972). *Geología Estructural*. Buenos Aires: Eudeba. 564 pp.
- BLANCO, B. (1980) *Geología de una zona ubicada al este de Chivacoa, Distrito Sucre Bruzual y Nirgua*. UCV-G, 177 pp.

- BUSHMAN, J. (1965) Geología del área de Barquisimeto, Venezuela. *Bol. Geol.*, Caracas, 6(11): 311-336.
- CASAS, A. (1995) Geomorphological and sedimentary features along an active right-lateral reverse fault (Yaracuy basin, Venezuela). *Zeitschrift für Geomorphologie*. 39(3): 363-380.
- CASTILLO, H. (1975) *Diagnóstico morfodinámico de la cuenca media del río Yaracuy estado Yaracuy*. Ministerio de Obras Públicas. Dirección General de Recursos Hidráulicos, Caracas, YAR-15, inédito, 81pp.
- CHOY, J. *et al* (2003) Implicaciones tectónicas del terremoto de El Tocuyo, del 3 de agosto de 1950, Venezuela. *Revista Geográfica Venezolana* 44(2): 207-217.
- COVENIN-COMISIÓN VENEZOLANA DE NORMAS INDUSTRIALES (1982) *Edificaciones antisísmicas*. Caracas: Norma Venezolana, MINDUR-COVENIN 1756-82. 67 pp.
- COPLANARH- COMISIÓN DEL PLAN NACIONAL DE APROVECHAMIENTO DE LOS RECURSOS HIDRÁULICOS (1975) *Estudio geomorfológico de las regiones Noroccidental, Centro occidental y Central. Sistema Montañoso Noroccidental*. Caracas: Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales Renovables MARNR. Public. Esp. 44 pp.
- CVET- COMISIÓN VENEZOLANA DE ESTRATIGRAFÍA Y TERMINOLOGÍA. 1970. *Léxico Estratigráfico de Venezuela*. Caracas: Bol. Geol. Public. Esp. 1, 728 pp.
- DANA, H. 1960. *Manual de Mineralogía*. México D.F: Editorial Reverte. 600 pp.
- DENGO, G. (1950) *Geología de la Región de Caracas*. *Bol. Geol.*, Caracas, 1: 39-115.
- EHLERS, E. & BLATT, H. (1982) *Petrology: Igneous, Sedimentary and Metamorphic*. San Francisco: W.H. Freeman Company. 732 pp.
- FALCÓN R. (1980) *Geología de la zona de El Palito - El Cambur, estado Carabobo*. UCV-G, 236 pp.
- FLORES, G. (1983) *Geología de la región de Vigirima - San Diego, Carabobo*. UCV-G, 266 pp.
- FOUQUOIRE, J. (1980) *Estudio geomorfodinámico alrededores de Chivacoa, estado Yaracuy*. MARNR-Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales Renovables, Dirección de Suelos, Vegetación y Fauna. Caracas, SYAR-09, inédito, 9 pp.
- FRASS, M. (1981) *Geología de la región de Valencia - Naguanagua, Carabobo*. UCV-G. 281 pp.
- FUDECO (1971) *Valles de Aroa y Yaracuy. Venezuela*. Fundación para el desarrollo de la región Centro Occidental de Venezuela, Caracas, Doc. 1051, inédito, 105 pp.
- FOLK, R. (1969) *Petrología de las rocas sedimentarias*. México D.F.: Instituto de Geología de la U.N.A.N. , México. 405 pp.

- GIRALDO, C. (1985) Neotectónica y sismotectónica de la región de El Tocuyo - San Felipe (Venezuela Centro-Occidental). *Memorias VI Congreso Geológico Venezolano* 6: 2415 – 2451.
- GÓMEZ, A. & MAYORA, M. (2006) *Caracterización Geológica de la faja dolomítica de la zona ubicada entre Gañango y Patanemo, distrito Puerto Cabello, estado Carabobo*. UCV-G, 140 pp.
- GÓMEZ, F. & SANDOVAL, R. (2008) Estudio geofísico integrado en la zona de Yumare – Aroa, estados Yaracuy y Falcón. UCV-G, 225 pp.
- GONZÁLEZ DE JUANA, C.; ITURRALDE, J. & PICARD, X. (1980) *Geología de Venezuela y de sus Cuencas Petrolíferas*. Caracas: Editorial Foninves. 2 tomos. 1031 pp.
- GONZÁLEZ SILVA, L. A. (1972) Geología de la cordillera de la costa, zona centroccidental. *Bol. Geol. Public. Esp.*, Caracas, 5 (3): 1589-1618.
- GRANDE, S. (1982) *Geología de la zona de las Trincheras – Vallecitos, estado Carabobo*. UCV-G, 434 pp.
- GRASES, J. (2002) *Introducción a la evaluación de la amenaza sísmica en Venezuela. Acciones de mitigación. Conmemoración del Terremoto Cuatricentenario de Caracas*. Fundación Pedro Grases, inédito, 249 pp.
- HEINRICH, E. (1960) *Petrografía Microscópica*. Barcelona: Ediciones Omega, 320 pp.
- HERRERA, J. (1980) *Prospección de Arenas en el valle del Río Yaracuy, sector comprendido entre San Felipe y Campo Elías, Edo. Yaracuy*. Ministerio de Energía y Minas, Dirección de Geología, inédito, 22pp.
- HYNDMAN, D. (1972) *Petrology of Igneous and Metamorphic Rock*. New York: McGraw-Hill Book Company, 533 pp.
- JAIMES, M. (2008) Notas geológicas de la zona de quebrada Aguas Calientes al sur de Yumare, estado Yaracuy. *Geos* (UCV, Caracas), 39:206 + 6 pp. en CD.
- KERR, P. (1965) *Mineralogía Óptica*. New York: McGraw-Hill Book Company. 433 pp.
- LOZANO, F. & MUSSARI, A. (2007) *Geología de los Macizos Ígneo-Metamórficos del norte de Yumare, estados Yaracuy y Falcón*. UCV-G. 282 pp.
- MACIA, A. (1990) *Evaluación geológica geotécnica de la región centro Occidental, estados Lara, Yaracuy, Falcón y Portuguesa*. MARNR - Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales Renovables, Dirección de Suelos, Vegetación y Fauna, Caracas, Doc. 65, inédito, 100 pp.



- MARNR (1983) *Sistemas Ambientales Venezolanos. Región Natural 16. Macizo coriano sub-húmedo*. Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales Renovables. Caracas. 500 pp.
- MARNR (1987). *Estudio de evaluación integral de las condiciones de inundaciones y sedimentos en la cuenca del río Yaracuy, estado Yaracuy*. Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales Renovables, Centro Interamericano de Desarrollo Integral de Aguas y Tierras, Caracas, DT YAR-17, inédito, 20 pp.
- MENDI, D. & RODRÍGUEZ, E. (2005) *Integración Geológica de la Península de Paraguaná, Estado Falcón*. UCV-G. 184 pp.
- MENDOZA, S. & SALAZAR, M. (1988) *Caracterización del medio físico de la sierra de Aroa, estados Yaracuy y Lara*. Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales Renovables, Zona 3, Caracas, SYAR-02, inédito, 28 pp.
- MENÉNDEZ V. (1966) Tectónica de la Parte Central de las Montañas Occidentales del Caribe, Venezuela. *Bol. Geol.*, Caracas, 8(15): 116-139.
- MORGAN, B. A. (1969) Geología de la región de Valencia, estado Carabobo, Venezuela. *Bol. Geol.*, Caracas, 10 (20):3-316.
- NATERA, B. R. (1957) *Geología de Superficie. Hoja C-6-C*. Creole Petroleum Corp. Mapa 1:50.000, inédito.
- NAVARRO, E., OSTOS, M. & YORIS, F. (1988) Revisión y Definición de unidades litoestratigráficas y Síntesis de un Modelo Tectónico para la Evolución de la Parte Nor-central de Venezuela durante el Jurásico medio - Paleógeno. *Acta científica Venezolana*. 39:427-436.
- NAVARRO, E. & OSTOS, M. (1986) Faja de Villa de Cura. ¿Realmente un complejo de arco de isla alóctono? *Mem. VI Congreso Geológico Venezolano*, Caracas, 10: 6615-6637.
- OSTOS, M. (1981) *Geología de una zona ubicada entre la autopista Caracas-La Guaira y el estribo Galindo, Parque Nacional El Ávila, D.F.* UCV. Escuela de Geología, Trabajo de ascenso, inédito. 279 pp.
- OSTOS, M. (1990) Evolución Tectónica del margen sur-Central del Caribe. *Geos* (UCV, Caracas) 30:1-294.
- PÉREZ, D. (1970) *Erosión en la Región Yaracuy, estado Yaracuy*. Ministerio de Obras Públicas, Dirección de Obras Hidráulicas, División de Hidrología, Sedimentología, Caracas, 5-44.H, inédito, 16 pp.

- PÉREZ, D. (1986) *Diagnóstico y Evaluación de los problemas erosionales e hidrológicos en el estado Yaracuy / Venezuela*. MARNR-Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales Renovables, Dirección de Hidrología, Caracas, Doc. 171, inédito, 29 pp.
- RENZ, H. (1948). Stratigraphy and fauna of the Agua Salada group, State of Falcón, Venezuela, *Geol. Soc. Am.*, Mem. 32, 219 pp.
- ROBERTSON, S. (1999) *Classification of metamorphic rocks. BGS Classification Scheme*. British Geological Survey, Research Report. 26 pp.
- \_\_\_\_\_ (1999) *Classification of igneous rocks. BGS Classification Scheme*. British Geological Survey, Research Report. 54 pp.
- RODRÍGUEZ, S. (1970) *Importancia del Factor Geológico en el Estudio Integral de la Cuenca Alta y Media del Río Yaracuy*. Ministerio de Minas e Hidrocarburos, Dirección de Geología, Caracas, DRM.II.000029, inédito, 12 pp.
- SENN, A. (1940) Paleogene of Barbados and its bearing on history and structure of Antillean-Caribbean region, *Am. Assoc. Petrol. Geol.*, Bull. 24(9): 1548-1610.
- SCHUBERT, C. (1983) La Cuenca de Yaracuy: Una estructura neotectónica en la Región Centro-Occidental. *Geol. Norandina*. 8: 3-44.
- SIIVOLA, J. & SCHMID, R. (2007) *List of Mineral Abbreviations. Recommendations by the IUGS Subcommittee on the Systematics of Metamorphic Rocks*. US Geological Survey, Research Report. 14 pp.
- SMITH, C. A. *et al.* (1999) Two contrasting pressure-temperature-time paths in the Villa de Cura blueshist belt, Venezuela: Possible evidence for Late Cretaceous initiation of subduction in the Caribbean. *Geological Society of America*. Bull: 111(6): 831-848.
- SOULAS, J. P. (1985) Neotectónica del flanco occidental de los Andes de Venezuela, entre 70°30' y 71°00' W (fallas de Boconó, Valera, Tuñame, Piñango y del Piedemonte). *Mem. VI Congr. Geol. Venezolano*, Caracas, 6: 2687-2711.
- SPRY, A. (1969) *Metamorphic Textures*. Oxford: Pergamon Press. 350 pp.
- SUEIRO, R. & URBINA L. (2005) Petrografía y Geoquímica de las rocas de la Serranía del Litoral. UCV-G. 343 pp.
- STEPHAN, J. F. (1982) *Evolution géodynamique du domain Caraïbe, Andes et Chaîne Caraïbe sur la transversale de Barquisimeto (Venezuela)*. Univ. Pierre et Marie Curie (Paris VI), Tesis doctoral, 512 p. (Reimpreso en Geos, UCV, Caracas, 41, en prensa, 2011).

- TALUKDAR, S. & LOUREIRO, D. (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 Sudamérica en el marco de la Tectónica de Placas. *Geos* (UCV, Caracas) 27:15-76.
- TURNER, F. (1981) *Metamorphic Petrology. Mineralogical Field and Tectonic Aspects*. New York: McGraw-Hill Book Company. 524 pp.
- UGR-UNIVERSIDAD DE GRANADA. (2011) *Apuntes geológicos: Petrología ígneo-metamórfica* <http://www.ugr.es/~geopeta/ej6.htm>. Consultado en Julio 2011
- URBANI F. (1982) Cometarios sobre algunas edades de las rocas de la parte central de la Cordillera de la Costa. *Geos* (UCV, Caracas) 27:77-84.
- URBANI, F. & OSTOS, M. (1989) El Complejo Avila, Cordillera de La Costa, Venezuela. *Geos*, UCV, Caracas, (29): 205-217.
- URBANI, F. & RODRÍGUEZ, J. A. (2004) *Atlas Geológico de la Cordillera de la Costa, Venezuela*. Caracas: Edic. Fundación GEOS, UCV y FUNVISIS. 148 mapas geológicos a escala 1:25,000
- URBANI, F. & GRANDE, S (2005) Abreviaturas de minerales formadores de rocas. *Geos* (Caracas) 38:126.
- URBANI, F. *et al.* (2005) Cordillera de La Costa, Venezuela: Excursión geológica de campo. *Geos* (UCV, Caracas) 38: 125-126 (+ 39 p. en CD).
- URBANI, F. (2007) Síntesis de la Nomenclatura de Unidades de Rocas ígneas y metamórficas del Norte de Venezuela. *Geos* (UCV, Caracas) 39:142-143.
- URBANI, F. & GRANDE, S (2009) Presence of high-grade rock in NW Venezuela of possible Grenvillian affinity. *Geol. Soc. London, Special Publication*. 328:533-548
- URBANI, F. (2010) Fajas, Terrenos Y Napas De La Cordillera De La Costa, Venezuela Norcentral. *Geos* (UCV, Caracas) en publicación.
- WINKLER, H. (1979) *Petrogénesis de rocas metamórficas*. Madrid: Editorial H. Blume. 346 pp.
- WOODCOCK, N. & MORT K. (2008) Classification of fault breccias and related fault rocks. *Geol.Mag.* 145 (3): 435–440.
- ZAMBRANO, A. (1973) Estudio Fisiográfico Regional de las Cuencas Yaracuy-Aroa, Estado Yaracuy. *Mem. II Congr. Latinoamericano de Geología*. 2: 849-1324.
- ZEMAN M. & LONDOÑO D. 1994. *Degradación de la cuenca alta, media y baja del río Yaracuy, estado Yaracuy*. Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales Renovables, Servicio de Conservación, Caracas, DTYAR-35, inédito, 12p.